



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA–UFSM  
PÓS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA  
AOS PROCESSOS PRODUTIVOS**



**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM  
EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NA CIDADE  
DE CARAZINHO-RS**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Berenice de Oliveira Bona**

**Panambi, dezembro de 2014.**

# Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho (RS)

*Berenice de Oliveira Bona<sup>1</sup>  
Geomar Machado Martins<sup>2</sup>  
Alberto Pedro Antonello Neto<sup>3</sup>*

## Resumo

A água para o consumo está se tornando cada vez mais restrita, havendo uma crescente preocupação com o seu uso não planejado que podem acarretar desperdícios e uma possível insuficiência. O aproveitamento da água da chuva, por se tratar de uma das soluções simples e baratas pode auxiliar na preservação da água potável, trazendo ainda como benefício à redução do escoamento superficial e minimizando os problemas com enchentes. Com isso, faz-se importante pesquisar e adotar formas que amenizem esse problema. Uma delas é a captação de água de chuvas, seu aproveitamento e seu reuso. Esta pesquisa trata do aproveitamento da água de chuva e estuda o seu potencial de utilização em uma edificação multifamiliar da área urbana com vistas ao seu aproveitamento para fins de uso em vasos sanitários, torneiras de jardins, lava-jatos abastecidos com a água da chuva para lavagem de calçadas e automóveis. O sistema foi instalado num prédio residencial multifamiliar situado na cidade de Carazinho RS e é composto por telhado metálico, calha em chapa de alumínio, filtro de eliminação de resíduos, reservatório de armazenamento e bomba recalque para a elevação ao reservatório final. Através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foi registrado as precipitações média anual da cidade de Carazinho sendo possível estimar quantificações de demanda a serem atendida pela água da chuva e o dimensionamento de reservas. O modelo de dimensionamento deve resultar no menor volume de reservação, sem perda na eficiência e qualidade do sistema. A amortização do investimento na edificação multifamiliar em sistemas de aproveitamento de água de chuva ocorre de forma lenta, num período de 7 a 10 anos, sobretudo devido ao baixo custo da água potável. Estima-se ser necessário 0,6 kWh de energia elétrica para produzir 1m<sup>3</sup> de água potável sendo indispensável a eficiência hidráulica e energética para o bom gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água.

**Palavras-chave:** *Água* da chuva. Reuso da água. Sustentabilidade na edificação.

---

<sup>1</sup> Prof<sup>a</sup> da Universidade Luterana do Brasil, doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de Burgos, [berebona@gmail.com](mailto:berebona@gmail.com)

<sup>2</sup> Orientador- Prof<sup>o</sup> da Universidade Federal de Santa Maria, doutor em Engenharia Elétrica pela UNICAMP. [geomarmm@gmail.com](mailto:geomarmm@gmail.com)

<sup>3</sup> Coorientador- graduação em Matemática pela Universidade Federal de Santa Maria- [aantonellont@gmail.com](mailto:aantonellont@gmail.com)

# 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado aos padrões de consumo impostos pela oferta de novos produtos, resultantes do desenvolvimento tecnológico e das condições climáticas com falta de chuvas e altas temperaturas vem resultando nas últimas décadas, num excessivo aumento da utilização de água, gerando a escassez de água potável. O consumo excessivo sugere a procura de alternativas para redução dos gastos e a urgência de criar alternativas de sua reutilização. Dentre estas alternativas se destaca o aproveitamento da água da chuva, por se tratar de uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável, trazendo ainda como benefício à redução do escoamento superficial, minimizando os problemas com enxurradas e inundações.

A água é um dos recursos natural fundamental para a sobrevivência dos seres humanos, sendo este estudo é importante, pois o que se acreditava ser um recurso natural inesgotável está se esaurindo. Os benefícios da coleta de água de chuvas, aproveitamento e reuso são diversas, tais como lavagem de automóveis, calçadas e descargas para o uso doméstico, resultando em uma excelente possibilidade.

Alguns dos benefícios da captação de água de chuvas das quais podemos destacar:

- ✓ A água fica disponível onde é necessária;
- ✓ É possível a utilização das estruturas já existentes (telhados, lajes, entre outros), para a coleta, com um impacto econômico e ambiental baixo, pois a utilização de materiais é o mais simples possível;
- ✓ Água relativamente limpa;
- ✓ Qualidade aceitável para muitos objetivos (com pouco ou mesmo sem tratamento);
- ✓ Propriedades físicas e químicas normalmente superiores à água subterrânea (contaminadas pelo contato com o solo), isso do ponto de vista ambiental, para lugares onde a atmosfera não está tão poluída, considerando que a superfície de coleta está sem contaminantes;
- ✓ Ajuda a diminuir a demanda de água tratada;
- ✓ Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público;
- ✓ Redução da carga de drenagem e enchentes;
- ✓ Redução dos problemas causados pelos alagamentos;
- ✓ Operação e gerenciamento do sistema são feitos pelo usuário.

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre aproveitamento de água de chuva expondo algumas relações entre recursos energéticos e hídricos e aplica em um estudo de caso.

## **2 OBJETIVO GERAL**

O objetivo desta pesquisa é estudar o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- ✓ Aplicar o aproveitamento da água da chuva em um estudo de caso dimensionando os componentes necessários;
- ✓ Estabelecer um sistema de aproveitamento e utilização de água de chuva em uma edificação multifamiliar para uso em vaso sanitário, torneiras de jardins, lavagem de calçadas e automóveis;
- ✓ Avaliar o consumo de água potável da edificação multifamiliar, visando à conservação de energia e a economia.
- ✓ Conhecer as relações entre água e energia.

## **3 REVISÃO DE LITERATURA**

O aproveitamento e reuso é citado como uma das soluções para o problema de escassez da água, por se tratar de uma das soluções mais simples e baratas para a preservação da água potável. A necessidade e o crescente interesse pelo aproveitamento da água da chuva têm sido alvo de muitas pesquisas e investigações.

Nesta seção apresenta-se uma revisão de literatura avaliando principalmente as vantagens e desvantagens, tipos de sistemas de captação de água de chuva bem como as formas de utilização dessa coleta em edificações levando em considerações a legislação vigente.

### **3.1 Utilização da Água da Chuva ao Longo da História**

O manejo e o aproveitamento da água da chuva não é uma prática nova, existem relatos desse tipo de atividade a milhares de anos atrás, antes mesmo da era cristã.

No Planalto de Loess na China já existiam cacimbas e tanques para armazenamento de água de chuva há dois mil anos atrás. Na Índia existem inúmeras

experiências tradicionais de coleta e aproveitamento de água de chuva. No deserto de Negev, hoje território de Israel e da Jordânia, há 2.000 anos existiu um sistema integrado de manejo de água de chuva (GNADLINGER, 2000).

Existem relatos do uso da água da chuva por vários povos, como os Incas, os Maias e os Astecas. No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva, sendo a água armazenada em cisternas com capacidade de 20 a 45 m<sup>3</sup>, chamadas de Chultuns pelos Maias (GNADLINGER, 2000). As cisternas Chultuns eram escavadas no subsolo calcário e revestidas com reboco impermeável, acima delas havia uma área de coleta de 100 a 200 m<sup>2</sup>.

A coleta e o aproveitamento da água da chuva pela sociedade perdeu força com a inserção de tecnologias mais modernas de abastecimento. Entretanto, atualmente a utilização da água da chuva voltou a ser realidade, fazendo parte da gestão moderna de grandes cidades em países desenvolvidos. Vários países europeus e asiáticos utilizam amplamente a água da chuva nas residências, nas indústrias e na agricultura, pois sabe-se que a mesma possui qualidade compatível com usos importantes, sendo considerada um meio simples e eficaz para atenuar o problema ambiental de escassez de água.

Um dos primeiros estudos realizados neste século sobre o aproveitamento da água da chuva através de cisternas, foi reportado por Kenyon (1929), citado por Myers (1967), composto por um sistema artificial de armazenamento de água de chuva

No Japão, a coleta da água da chuva ocorre de forma bastante intensa e difundida, em especial em Tóquio, que atualmente depende de grandes barragens, localizadas em regiões de montanha a cerca de 190 km do centro da cidade, para promover o abastecimento de água de forma convencional. Nas cidades do Japão, a água da chuva coletada, geralmente, é armazenada em reservatórios que podem ser individuais ou comunitários, esses, chamados “Tensuison”, são equipados com bombas manuais e torneiras para que a água fique disponível para qualquer pessoa. A água excedente do reservatório é direcionada para canais de infiltração, garantindo assim a recarga de aquíferos e evitando enchentes, problema também enfrentado pelas cidades japonesas, devido ao grande percentual de superfícies impermeáveis (FENDRICH & OLIYNIK, 2002).

Segundo Gardner, Coombes e Marks (2004), os sistemas de aproveitamento de água de chuva na Austrália proporcionam uma economia de 45% do consumo de água nas residências, já na agricultura, a economia chega a 60%. Estudos realizados no sul da Austrália em 1996 mostraram que 82% da população rural desta região utilizam a água

da chuva como fonte primária de abastecimento, contra 28% da população urbana (HEYWORTH, MAYNARD & CUNLIFFE, 1998).

No Reino Unido, o uso da água da chuva também é incentivado, visto que 30% do consumo de água potável das residências é gasto na descarga sanitária (FEWKES, 1999).

Além das residências, outros segmentos da sociedade também começam a olhar com interesse para o aproveitamento da água da chuva. Indústrias, instituições e até mesmo estabelecimentos comerciais. Um exemplo são lava-jatos abastecidos com a água da chuva visando tanto o retorno da economia de água potável quanto o retorno publicitário, se intitulando como indústrias e estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003).

### **3.2 Ciclo hidrológico**

A superfície do nosso planeta é composta por 70% de água. Essa água tem um ciclo natural, que começa com sua evaporação, formando as nuvens que depois vão retornar para a terra através das chuvas. Porém, de toda água existente no planeta, 97,5% estão nos oceanos e dos 2,5% restantes, 1,5% estão nos polos (geleiras e icebergs), ficando apenas 1% disponível para nosso consumo, sendo que a maior parte esta em leitos subterrâneos, atmosfera, plantas e animais. Atualmente usamos para nosso consumo as águas de nascentes, lagos, rios e extrações de leitos subterrâneos, os aquíferos (TUCCI, 2000).

O ciclo da água inicia-se da superfície para a atmosfera com a energia solar que incide na Terra. A transferência da água da superfície terrestre para a atmosfera, passando do estado líquido ao estado gasoso, processa-se através da evaporação direta, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação (passagem direta da água da fase sólida para a de vapor). A vegetação tem um papel importante neste ciclo, pois uma parte da água que cai é absorvida pelas raízes e acaba por voltar à atmosfera pela transpiração ou pela simples e direta evaporação. Toda esta movimentação é influenciada pelo movimento de rotação da Terra e das correntes atmosféricas.

A água que atinge o solo tem diferentes destinos. Parte é devolvida à atmosfera através da evaporação, parte infiltra-se no interior do solo, alimentando os lençóis freáticos. O restante escorre sobre a superfície em direção às áreas de altitudes mais baixas, alimentando diretamente os lagos, riachos, rios, mares e oceanos. A infiltração é importante para regular a vazão dos rios, distribuindo-a ao longo de todo o ano,

evitando, assim, os fluxos repentinos, que provocam inundações. Caindo sobre uma superfície coberta com vegetação, parte da chuva fica retida nas folhas. A água interceptada evapora, voltando à atmosfera na forma de vapor.

O ciclo hidrológico atua como um agente modelador da crosta terrestre devido à erosão e ao transporte e deposição de sedimentos por via hidráulica, condicionando a cobertura vegetal e, de modo mais genérico, toda a vida na terra.

### **3.3 A Problemática da Escassez da Água**

Atualmente vários países enfrentam o problema da escassez da água, em decorrência do desenvolvimento desordenado das cidades, da poluição dos recursos hídricos, do crescimento populacional e industrial, que geram um aumento na demanda pela água, provocando o esgotamento desse recurso.

Um aspecto importante a cerca dos recursos hídricos é a desigualdade com que o mesmo se distribui nas regiões do mundo e até mesmo no Brasil. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação, 2002), o Brasil detém cerca de 13,7% de toda a água superficial da Terra, sendo que desse total, 70% está localizado na região amazônica e apenas 30% está distribuído pelo resto do país.

Além das residências, outros segmentos da sociedade também começam a olhar com interesse para o aproveitamento da água da chuva. Indústrias, instituições e até mesmo estabelecimentos comerciais. Um exemplo são os lava-jatos abastecidos com a água da chuva visando tanto o retorno da economia de água potável quanto o retorno publicitário, se intitulando como indústrias e estabelecimentos ecologicamente corretos e conscientes (KOENIG, 2003).

### **3.4 O Aproveitamento da Água da Chuva no Brasil**

Segundo Ghanayem (2001), no Brasil a instalação mais antiga de aproveitamento da água da chuva foi construída por norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha. Ainda nos dias de hoje a água da chuva é utilizada para o abastecimento da população.

No Brasil, uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Alguns programas foram

criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semi-árido brasileiro.

Além disso, o armazenamento da água da chuva nessas regiões também é incentivado e financiado por Organizações Não Governamentais em parceria com o governo. Como exemplo, pode-se citar a Cáritas, instituição de assistência social de atuação internacional, criada no Brasil em 1957 que, atualmente, desenvolve projetos como o “Programa de Convivência com o Semi-árido”, orientando e incentivando a construção de cisternas para armazenamento da água da chuva. Essas organizações ensinam a população a construir suas cisternas, buscando um maior envolvimento dos mesmos com o projeto. Estima-se que nos últimos anos mais de cinquenta mil cisternas foram construídas no semi-árido brasileiro (PORTO et al., 1999).

Em algumas metrópoles brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, a coleta da água da chuva tornou-se obrigatória para alguns empreendimentos, visando a redução das enchentes.

### **3.5 Legislações de incentivo a captação e aproveitamento da Água da Chuva no Brasil**

Não foi encontrada nenhuma Lei Federal, aprovada, que incentive o aproveitamento de água de chuva nas áreas urbanas brasileiras. O que existem são Normas e Portarias que estabelecem padrões de qualidade da água.

Existem algumas leis de incentivo ao aproveitamento de água de chuva, tanto municipais quanto estaduais, a saber:

*1) Lei Municipal Nº 13.276/2002 – São Paulo - estado de São Paulo*

Lei que torna obrigatória a execução de reservatório para armazenar águas de chuva coletadas por coberturas e pavimentos localizados em lotes ou edificações que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>.

*2) Lei Municipal Nº 10.785/2003 – Curitiba - estado do Paraná*

Objetiva instituir medidas visando induzir à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações.

*3) Lei Municipal Nº 6.345/2003 – Maringá - estado do Paraná*



Lei que institui o Programa de Reaproveitamento de Águas de Maringá e que possui como objetivos diminuir a demanda de água potável no município e aumentar a capacidade de atendimento à população.

4) *Lei Municipal Nº 2.349/2004 – Pato Branco - estado do Paraná*

Essa lei cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água e objetiva instituir medidas que induzam à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações.

5) *Lei Estadual Nº 4.393/2004 - estado do Rio de Janeiro*

Lei que obriga empresas projetistas e de construção civil que realizam projetos para o estado do Rio de Janeiro a fazerem previsão de coletores, caixas de armazenamento e distribuidores de água de chuva para as edificações (residências) que abriguem mais de 50 famílias e empresas comerciais com mais de 50 m<sup>2</sup> de área construída.

6) *Lei Estadual Nº 5.722/2006 - estado de Santa Catarina*

Lei que obriga edifícios com um número igual ou superior a 3 pavimentos e área superior a 600m<sup>2</sup> a instalarem sistema de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva.

7) *Lei Municipal Nº 12.474/2006 – Campinas - estado de São Paulo*

Essa lei faz parte do Programa Municipal de Conservação, Uso Racional e Reutilização de Água em Edificações. Possui como objetivos a conscientização dos moradores sobre a importância da conservação da água potável, e o incentivo para o uso de águas pluviais e servidas.

8) *Lei Estadual Nº 12.526/2007 - estado de São Paulo*

Lei que torna obrigatório em todo o estado de São Paulo o uso de sistemas que capturem as águas pluviais contidas em áreas cobertas com mais de 500 m<sup>2</sup>, onde telhados, coberturas, terraços e pavimentos, em lotes edificados ou não, terão que adotar um fim para a água reservada.

9) *Projeto de Lei Municipal Nº 68/2009 – Belo Horizonte - estado de Minas Gerais*

O projeto busca a minimização da ocorrência de enchentes na cidade de Belo Horizonte - MG. Prevê-se a implantação de coletor de águas pluviais e reservatórios em edificações com área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>.

### **3.6 Captação e Manejo da água de chuva**

#### *3.6.1 Cálculo do Potencial de captação*

A quantidade de chuva disponível é o fator decisivo do potencial de captação. O índice anual de chuva do local onde se deseja instalar o sistema é uma informação fundamental.

Nesta pesquisa vamos usar os dados referentes a cidade de Carazinho local da edificação onde será implantado o sistema de captação. **Carazinho** é um município brasileiro do estado do Rio Grande do Sul. Localiza-se na latitude 28°17'02" sul e longitude 52°47'11" oeste, altitude de 603 metros acima do nível do mar. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Carazinho chove em média por ano 1668 mm/m<sup>2</sup>, que equivalem a 1.668 litros ou 1,668 m<sup>3</sup> por metro por ano.

A figura 1, a seguir mostra o comportamento da chuva em Carazinho, os dados foram obtidos do Instituto Rio Grandense do arroz (IRGA), e apresenta as médias das precipitações calculados a partir de uma série de dados de 30 anos e observados de 1960 -1990- (Dados interpolados).

## Precipitação média mensal em Carazinho-RS

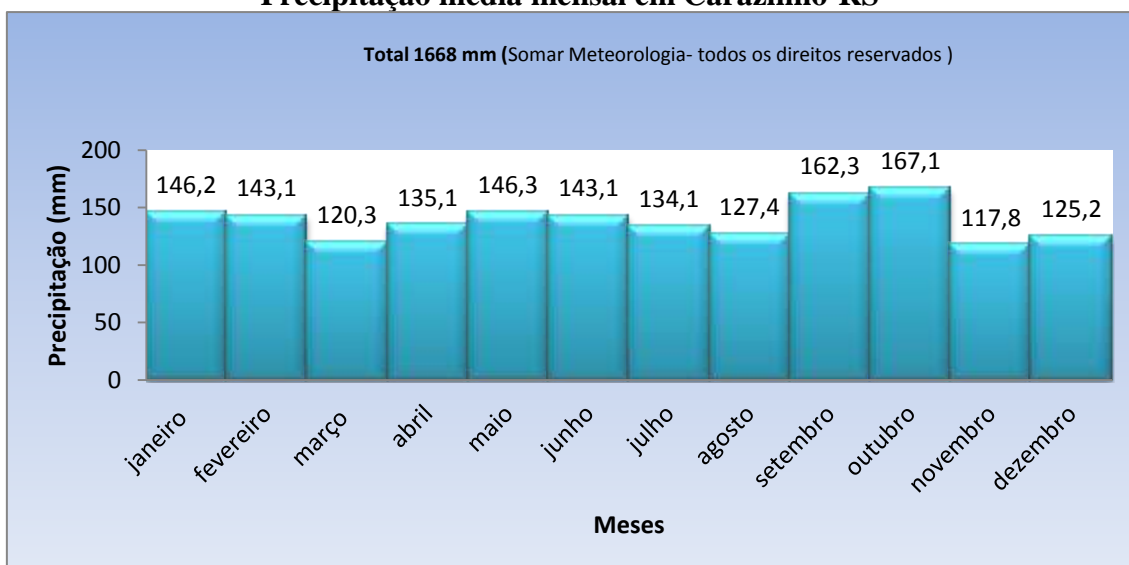


Figura 1- Precipitações médias de Carazinho- período 1960 a 1990.  
Fonte: <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/766/médias-climatológicas>

Já a tabela 1, do Instituto Rio Grandense do arroz (IRGA) apresenta os índices pluviométricos diários da cidade de Carazinho de dezembro de 2013 a novembro de 2014.

Índices pluviométricos da cidade de Carazinho-2013/2014												
	dez/13	jan/14	fev/14	mar/14	abr/14	mai/14	jun/14	jul/14	ago/14	set/14	out/14	nov/14
	5,4	6	0	0	0	33,4	22,8	0,7	0	4,6	25,6	0
	6,8	4,9	0	0	0	0,1	0,3	0	15,9	1,1	0	2,4
	0	71,5	0	0	0	0	0	5,9	0	35,8	0	2
	0	13,2	50,4	50,4	0	0,1	0	0	0,4	0	0	18,5
	7,6	0	24,9	24,9	0	4,1	12,2	1	3,5	1,7	0	1,3
	6,4	0	0	0	0	0,1	15,5	2	0	0	4,3	0,1
	0	0	0	0	0	0	1,6	14,1	0	16,1	9,2	29,3
	0	3,7	0	0	0	4	0,4	0	0,5	0	0	2,2
	22,7	0,4	0	0	24,7	0,1	1	0	0	0	0	0
	0	0	1,7	1,7	0	0	0	0,9	10	0	0	0
	0	18,5	4,1	4,1	0,2	0	0	0	0	10,5	0,2	0
	0	5	0	0	67,1	0	0	0	7,6	13,3	4,5	2,7
	2,4	12,2	0	0	0	0,4	1,6	0	3,6	0	1	3,6
	2,7	0,1	0	0	0	0	24,1	0	0	0	17,9	0
	0	5,5	12,4	12,4	0	0,2	3,8	0	0	4,4	0	0
	0	1,7	6,4	6,4	0	9,7	0	0	26,6	1,9	0	0
	0	0	0,5	0,5	0	0	1,8	0,3	5,4	0	6,8	0
	0	0	3,3	3,3	1,9	0	1	11	0	0	23,6	0
	0	2,4	8	8	1,8	0	0,4	0	0	9	54,3	0
	0	0	52,3	52,3	3,3	0	0	0	0	0,3	4,5	4,9
	0	0	20	20	0	6,8	0	0	0	0,1	0,1	1,2
	0	0	0,4	0,4	2,4	96,9	0	0	0	0	0	1,7
	0	0	0,1	0,1	0	0,9	20	7,7	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	8,1	18,2	50,9	0	27,9	0	0
	0	4,3	0	0	0	0	43,9	9,6	1	0	0	44,6
	0	0,3	0	0	0	21,7	34,9	0	15,5	26	0	1,2
	0	18,6	0	0	0	0	19,8	0	0	0,1	0	0
	7,6	0	0	0	0	0,2	23,5	0	0	0,2	0	0
	0	0	0,1	0,1	0	0,1	14,4	0	0	57,3	0	0
	7	0		1,7	15	0	12,1	0	0	21	4	0
	1,1								16,5			
<b>Total</b>	<b>69,7</b>	<b>168,3</b>	<b>184,6</b>	<b>186,3</b>	<b>116,4</b>	<b>186,9</b>	<b>273,3</b>	<b>104,1</b>	<b>106,5</b>	<b>231,3</b>	<b>156</b>	<b>115,7</b>

Tabela 1- Índices pluviométricos diários da cidade de Carazinho-2013/2014.  
Fonte: <http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/766/médias-climatológicas>.

Os dados apresentados nesta seção serviram de base para o cálculo de parâmetros para o dimensionamento do volume máximo do reservatório e a relação custo-benefício do sistema de captação.

O potencial máximo aproximado de captação deste sistema depende do índice pluviométrico de Carazinho (1668 mm/m<sup>2</sup>) x a área de captação 250m<sup>2</sup> (área de captação).

### 3.6.2 “Perdas” de escoamento

Conforme a Aquastock empresa especializada no desenvolvimento de soluções para o gerenciamento de águas de chuva (<http://aquastock.com.br/>) o material de que é feita a superfície de captação (material de que é feito o telhado), a porosidade, a inclinação e mesmo o estado de conservação afetam a eficiência da drenagem do telhado. Por exemplo: telhados lisos e metálicos são mais impermeáveis do que os de cerâmica, facilitando o escoamento da água para a calha. Os materiais de captação ou telhado também afetam a qualidade da água, como no caso dos metálicos, que soltam metais na água, e os verdes intensivos, cuja água resultante é turva.

Cardoso, (2009) realizou um estudo no Município de Belo Horizonte-MG sobre a viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas e sua qualidade. Este estudo mostra a diferença entre a qualidade das águas captadas em dois tipos de telhas concluindo que as águas captadas pelas telhas metálicas apresentam qualidade microbiológica superior às captadas nas telhas cerâmicas.

## 3.7 Tipos de Água

Silva (2010) classifica os tipos de água, bem como onde é possível fazer a sua reutilização:

- **Águas Azuis:** São águas das chuvas que são captadas pelos telhados e são armazenadas e filtradas. Depois de armazenada é feita a reutilização bem como para lavar a roupa, lavar as calçadas e até fazer uma irrigação para plantas.
- **Águas Cinza:** São águas de lavatórios, chuveiros, pias de cozinha que são captadas para reuso de fins não potáveis tais como lavagem de carros e rega de jardins.
- **Águas Amarelas:** São águas compostas da urina, essas águas podem ser recuperadas sem tratamento para irrigação considerando que são importantes fontes de nitrogênio e fósforo na agricultura.

- **Águas Negras:** São águas compostas das fezes, que podem ser reaproveitadas para lavar calçadas e carros.

Nesta pesquisa vamos tratar de um estudo de caso de Águas Azuis que são águas das chuvas captadas no telhado de uma edificação multifamiliar.

### 3.8 Padrões de qualidade

A água de chuva cai destilada das nuvens, mas acaba se contaminando com impurezas acumuladas nas coberturas, como terra, poeira, galhos, folhas, fezes de aves etc.

Para Silva (2010), a água para ter boa qualidade deve estar sem cheiro e sem cor. O autor classifica da seguinte forma:

#### *Água de Reuso Classe 1*

Os usos preponderantes para as águas tratadas desta classe, nos edifícios, são basicamente os seguintes: descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.); lavagem de roupas e de veículos. Exigências mínimas da água não potável: Não deve apresentar mau-cheiro; Não deve ser abrasiva; Não deve manchar superfícies;

#### *Água de Reuso Classe 2*

Os usos preponderantes nessa classe são associados às fases de construção da edificação: Lavagem de agregados; Preparação de concreto; Compactação do solo e; Controle de poeira.

#### *Água de Reuso Classe 3*

O uso preponderante das águas dessa classe é na irrigação de áreas verdes e rega de jardins. Exigências mínimas da água não potável: - não deve apresentar mau cheiro; - não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;

#### *Água de Reuso Classe 4*

O uso preponderante para esta classe é no resfriamento de equipamentos de ar condicionado (torres de resfriamento). Exigências mínimas da água não potável: - não deve apresentar mau cheiro; - não deve ser abrasiva; - não deve manchar superfícies.

Neste estudo de caso a água deverá ser de Reuso Classe 1.

### **3.9 Previsões de consumo Residencial**

Em uma residência padrão, a água de chuva pode substituir a água tratada (e potável) da rede pública em diversas aplicações, tais como vasos sanitários, máquinas de lavar, irrigação de jardins, lavagens de carro, limpeza de pisos e piscinas, representando em média 50% do consumo físico.

Dorneles (2012) realizou pesquisa sobre o aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. Ele propôs, uma metodologia de dimensionamento e os resultados apontaram para uma ineficácia na redução do pico de vazão na rede pluvial, para as características pluviométricas, de consumo e hidrológicas das bacias urbanas de Porto Alegre pode ser explicada pelo próprio propósito do aproveitamento de água de chuva que é o de apenas atender à demanda de água, não garantindo volumes de espera suficientes para causar efeito no pico de vazão da rede pluvial.

### **3.10 A relação entre água e energia**

O setor de energia é um dos maiores usuários de recursos hídricos no mundo. A água é um recurso fundamental para o processamento de recursos energéticos ao ser demandado nos diferentes ciclos do suprimento de energia, nos quais estão inclusos a extração de energéticos (mineração e refino de petróleo, gás natural, beneficiamento de carvão e urânio, liquefação de gás natural e gaseificação de carvão, sequestro de carbono) e a geração de eletricidade (em de usinas térmicas movidas a carvão, gás natural, óleo combustível, solar, biomassa e termonucleares) (RIO CARRILLO E FREI, 2009).

Para Moura (2010) a utilização dos recursos hídricos pelo setor energético tende a aumentar devido ao aumento na produção de bioenergia, pois a produção e processamento de biomassa para fins energéticos (por exemplo, queima para geração de eletricidade e produção de biocombustíveis como o etanol) demandam volumes significativos de água. Por outro lado, a água represada em barragens de usinas hidroelétricas atua como “combustível” que move as turbinas gerando eletricidade.

Os processos que tornam disponíveis as fontes primárias de energia quase sempre demandam água, em diferentes quantidades. A “pegada hídrica” (volume de água doce necessária para a produção de bens e serviços) apresentada por Gleick

(1994) apresenta estimativas para as principais fontes primárias de energia consumidas no mundo como: petróleo, carvão, gás natural, urânio, hidroeletricidade, biomassa, energia eólica e solar.

Segundo Moura (2010) a “pegada hídrica” da biomassa é maior que das demais fontes primárias, o que ocorre devido ao consumo intensivo de água para o crescimento das culturas energéticas. A produção de eletricidade em usinas hidroelétricas também possui uma “pegada hídrica” elevada, mas é importante destacar que, diferentemente das demais fontes, a água retorna aos rios após passar pelas turbinas.

As principais demandas de água em diferentes sistemas energéticos são:

- Demanda de água para a produção de eletricidade em usinas hidroelétricas;
- Demanda de água para a produção de eletricidade em usinas termoelétricas;
- Demanda de água para a extração de energéticos e produção de derivados de Petróleo;
- Demanda de água para a produção de bioenergia;
- Demanda de energia para o suprimento de água;
- Demanda de energia para o suprimento de água na agricultura;
- Demanda de energia para o suprimento urbano de água;

Os recursos hídricos e energéticos estão fortemente relacionados. A água é um importante insumo nas diferentes cadeias produtivas dos sistemas energéticos que tornam disponível o consumo de recursos energéticos e a energia é um importante insumo para o abastecimento de água confiável, de qualidade e eficiente.

Portanto, é importante o desenvolvimento de programas e projetos que integrem o planejamento e gestão dos recursos hídricos e energéticos, que estejam baseados em economizar energia elétrica através da economia de água e reduzir a demanda de energia elétrica dos sistemas de abastecimento de água.

Apresentado por Moura (2010) os conceitos de “pegada hídrica” dos sistemas energéticos e da “pegada energética” para o suprimento de água é possível conhecer melhor a relação entre os recursos hídricos e energéticos. A água doce é um recurso cada vez mais demandado pelo atual modelo de desenvolvimento. Caso ocorra uma expansão da bioenergia na matriz energética mundial visando a diminuição do impacto ambiental causado pelas fontes de energia fósseis, aumentará significativamente a demanda por água e, por conseguinte, podem surgir conflitos entre “uso da água para produção de alimentos” e “uso da água para a produção de energia”.

A energia elétrica é utilizada desde a captação de água até a distribuição aos consumidores. Segundo a Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental – ReCESA (2008) mais de dois por cento do consumo total de energia elétrica do Brasil são consumidos pelos prestadores de serviços de saneamento, sendo que 90% dessa energia são consumidas pelos conjuntos motobomba. Estima-se que esse consumo pode ser reduzido em pelo menos 25% na maioria dos sistemas de água.

O custo para produzir um metro cúbico ( $1\text{m}^3$ ) de água potável tem grande oscilação, pois depende das características de cada sistema de abastecimento de água, por exemplo: topografia da região, sistema de captação e distribuição (gravidade ou bombeamento), rede de distribuição, entre outras variáveis.

As perdas de água têm relação direta com o consumo de energia, pois é necessário cerca de 0,6 kWh para produzir  $1\text{m}^3$  de água potável. Isso mostra que eficiência hidráulica e a eficiência energética são fundamentais para o bom gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água.

## **4 METODOLOGIA**

Nesta pesquisa, a partir de dados da revisão bibliográfica e de levantamentos de campo foram avaliados modelos de dimensionamento de reservatório de armazenamento em relação ao volume de reservação de água de chuva, visando otimizar a relação entre a disponibilidade da água da chuva e a demanda da mesma na edificação.

Foi realizado um levantamento do custo do sistema e da economia gerada pelo mesmo, considerando valores de mercado e tarifas de água reais fornecidas pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), de forma a compará-los e medindo a amortização do investimento no tempo. É apresentada a edificação do estudo experimental e realizadas algumas definições referentes ao sistema a ser simulado para mesma. Também traz os desenvolvimentos e finalizações com relação aos benefícios gerados e por fim, as considerações finais, fazem um fechamento do argumento da pesquisa e recomendam possibilidades de trabalhos futuros.

### **4.1 Apresentação da Edificação Multifamiliar**

#### **- Localização**



A edificação alvo deste trabalho experimental é um conjunto residencial multifamiliar em processo de construção, situado na Rua Arthur Bernardes, 268, bairro Sassi, Carazinho, RS. Na figura 2 é apresentada a edificação multifamiliar.



Figura 2 - Edificação multifamiliar do desenvolvimento do projeto de reaproveitamento de água de chuva.

#### - Tipo de telhado

O telhado da edificação é de bobinas de aço zincado ou Cincalum. O revestimento em Cincalum é uma liga de alumínio (55%) + zinco (43%) + Silício(1,6%) que proporciona resistência a corrosão atmosférica, alto nível de reflexão e conforto térmico. Na figura 3, é apresentado o telhado da edificação.



Figura 3 – Telhado em duas águas da edificação.

- **Áreas de captação:** A área de captação de água de chuva do telhado é de 250 m<sup>2</sup>.

- **Calhas Pluviais:** As calhas e condutores do sistema instalado estão de acordo com a NBR 10.844/89, da ABNT, que trata de instalações prediais de águas pluviais. Nas instalações existentes toda água captada da chuva no telhado é encaminhada o sistema de filtragem. A Figura 4 mostra parcialmente o sistema de calhas.



Figura 4 – Sistema de calhas da edificação.

#### - Tubos de queda verticais e horizontais e complementos

Os canais de transporte da água do telhado são 6 (seis) canos de PVC de 100 mm verticais que escoam até o sistema de filtragem. A Figura 5 mostra, onde estão localizados alguns destes condutores.



Figura 5- Canais de transporte da água do telhado.

#### - Tratamento

Para o tratamento será usado o filtro de água da chuva Fibratec D1 370 mm. Esse tipo de filtro é produzido de acordo com a orientação da norma técnica NBR 15527/07, e tem a finalidade de separar a água da chuva de impurezas acumuladas no telhado ou calha como galhos, folhas, insetos, entre outros. De fácil e baixa manutenção, o corpo do filtro é produzido em Polietileno de Média Densidade e o filtro interno em aço inox. Os detritos são encaminhados para galeria pluvial e a água filtrada

é direcionada para a cisterna, pronta para ser utilizada. Este tipo de filtro é autolimpante; retém partículas de até 0,5mm; com alta eficiência na filtragem; oxigena a água e pode ser instalado na parede ou enterrado. A Figura 6 apresenta as medidas do filtro D1 370 mm:

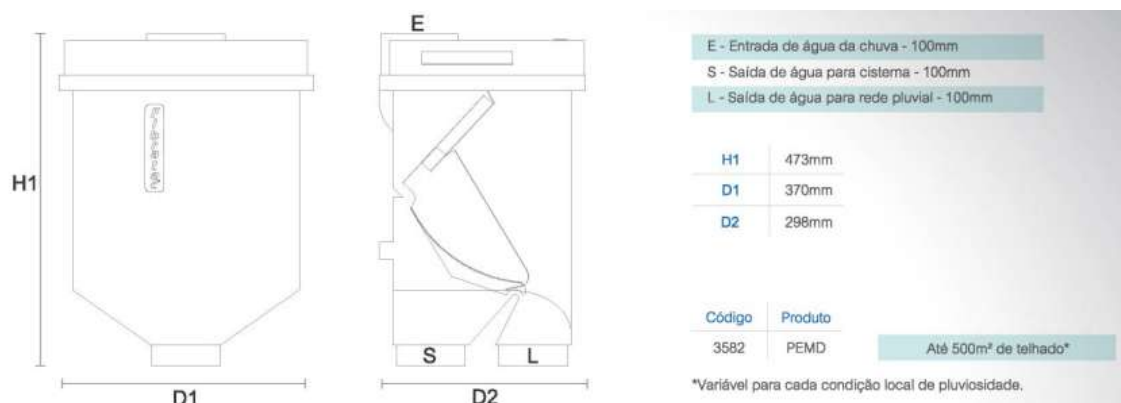


Figura 6: filtro de água de chuva D1 370 mm

A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão. As tubulações e demais componentes devem ser diferenciados e independentes das tubulações de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com ABNT NBR 5626. Pontos de consumo devem ser de uso restrito e identificados e os reservatórios de água de distribuição de água potável e de água de chuva devem ser separados.

#### - Cisterna ou reservatório

É o lugar onde é reservada a água de chuva coletada. Na edificação foram usados dois reservatórios de fibra (certificadas pela ABNT na NBR 13.210 e 14.799), um de 2 000 litros na parte superior da edificação e um de 10 000 litros na parte inferior (subsolo).

#### - Bomba

A usada é a bomba submersa Bluma 5.0 que possibilita alcançar grandes elevações com baixa potência proporcionando um excelente custo x benefício.

## 4.2 Dimensionamento

O dimensionamento de sistemas de captação de água da chuva depende de diferentes fatores, tais como o tamanho do reservatório, padrões de chuva locais e da demanda de água.

#### 4.2.1 Definição das demandas

A edificação apresenta 6 apartamento de 01 dormitório, 2 apartamento de dois dormitórios e uma sala comercial, perfazendo um total de onze banheiros, nas quais teremos onze caixas de descargas de vasos sanitários que serão abastecidas com água de chuva. Em nossos cálculos vamos considerar como prioridade o abastecimento das caixas de descargas, se houver excedente de água de chuva será usada para outras finalidades.

#### 4.2.2 Estimativa da População de Edificação

Como não se sabe exatamente quantas pessoas vão morar no edifício, vamos utilizar os dados apresentados na tabela-2 disponível em <http://manualdoarquiteto.blogspot.com.br/2014/04/calculo-do-dimensionamento-aceso-04/11/2014-do.html>.

ESTIMATIVA DE POPULAÇÃO DE EDIFICAÇÕES	
AMBIENTE	NÚMERO DE PESSOAS
Dormitório	2 pessoas
Dormitório empregada	1 pessoa
Prédios de escritório	1 pessoa a cada 6 m <sup>2</sup>

Tabela 2-Estimativa da população da edificação  
Fonte: Manual do arquiteto < acesso 04/11/2014 >

Considerando a estimativa do número de pessoas da Tabela 2 a edificação deverá contar com uma população de aproximadamente 25 pessoas, assim distribuídas por:

- ✓ Número de dormitório da edificação:  $10 \times 2 = 20$  pessoas
- ✓ Loja comercial:  $30 \text{ m}^2 / 6\text{m}^2 = 5$  pessoas
- ✓ **Total de pessoas da edificação= 25 pessoas**

#### 4.2.3 Estimativa de gastos com água potável

De acordo com a tabela AF01 da *NBR 5626* (1998), a estimativa de consumo médio predial diário para uma pessoa é 150 litros de água por dia e para lojas comerciais e escritórios considera-se 50 litros/dia por pessoa.

De acordo com esta tabela a previsão de gasto diário com água potável da edificação ficará em torno de:

- ✓ 20 pessoas (apartamentos) x 150 litros = 3000 litros diários.
- ✓ 5 pessoas (loja comercial) x 50 litros = 250 litros diários.
- ✓ Estimativa total diária gasto com água potável na edificação para 25 pessoas = **3250 litros/dia; 97500 litros/mês; 1 186 250 litros/ano= 1186,25 m<sup>3</sup>/anuais.**

Conforme a Norma *NBR 5626* define o tamanho certo dos reservatórios Inferior e Superior. A função da caixa d'água é ser um reservatório para dois dias de consumo (por precaução para eventuais faltas de abastecimento público de água), sendo que o reservatório inferior deve ser 3/5 e o superior 2/5 do total de consumo para esse período. No caso de prédios, ainda deve ser acrescentar de 15 a 20% desse total para reserva de incêndio.

#### 4.2.4 *Válvula de descarga dos sanitários*

Os vasos sanitários é um dos aparelhos onde se buscam soluções de racionalização do consumo de água. Isso ocorre em função de o vaso sanitário ser apontado, em estudos de usos finais de água, como um dos responsáveis pela maior parcela do consumo de água nas edificações (GHISI; FERREIRA, 2007). Sendo assim, é importante que sejam utilizados vasos sanitários com válvula de descarga de acionamento seletivo, que possui um sistema duplo de descarga, possibilitando ao usuário escolher o volume a ser utilizado.

De acordo com a Sabesp uma bacia sanitária com válvula e tempo de acionamento de 6 segundos gasta de **10 a 14 litros**. Bacias sanitárias de **6 litros** por acionamento, fabricadas a partir de 2001 e normatizado pela *NBR 15.097/04*, permite uma economia sensível de água em relação aos modelos mais antigos e necessitam um tempo de acionamento **50% menor** para efetuar a limpeza, e neste caso pode-se chegar a volumes de 6 litros por descarga.

Na edificação serão utilizadas caixas acopladas com sistema inteligente que possuem botões de acionamento a hidra duo (descarga com duplo acionamento). Este tipo de caixa possui dois botões que regulam a quantidade de água. O botão menor é de descarga reduzida e de limpeza rápida utilizando 3 litros, a de botão maior é de descarga completa e utiliza 6 litros, gerando assim uma economia de água na edificação.

#### 4.2.5 Média de Descargas Diárias por Pessoa e Estimativa de Consumo de Água nos Vasos Sanitários.

O objetivo da criação deste sistema é eliminar todo o consumo de água (potável) com as descargas sanitárias.

✓ *Consumo médio diário com descargas:*

Na edificação utilizar-se-á vasos sanitários econômicos com caixa acoplada onde a vazão de cada descarga terá um volume de água aproximada de 6 litros.

Segundo a literatura a média de descargas diária por pessoa é de cinco descargas. (<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/reusodeagua/reuso-de-agua-do-banho.htm>). Desta forma o consumo estimado da edificação será em torno de:

a) **Média de descargas por pessoa/dia**

5 vezes ao dia x 6 litros (volume da descarga)= **30 litros/dia/pessoa.**

b) **Média de descargas por pessoa/mês**

30 litros /dia/pessoa X 30 dias = **900 litros/mês/pessoa = 0,9 m<sup>3</sup> mensal por pessoa.**

c) **Consumo diário em descargas sanitárias da edificação.**

25 pessoas x 5 vezes ao dia x 6 litros = **750 litros /dia = 0,75 m<sup>3</sup> por dia.**

d) **Consumo mensal em descargas sanitárias da edificação.**

750 litros por dia X 30 dias = **22 500 litros por mês = 22,5 m<sup>3</sup> por mês.**

e) **Consumo anual em descargas sanitárias da edificação:**

750 litros por dia X 365 dias= **273 750 litros por ano = 273,75 m<sup>3</sup> anuais.**

De acordo com nossas estimativas de cálculos teremos uma economia aproximada de 23,1 % de água potável anual na edificação que será substituída por água de chuva nas descargas.

#### 4.2.6 *Dimensionamento dos Reservatórios*

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta os requisitos para aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis, aprovada em setembro de 2007, contém alguns métodos para dimensionamento de reservatório para água pluvial, são eles: Rippl, Maior período de Estiagem, Métodos empíricos (Brasileiro, Alemão e Inglês) e Simulações.

**Neste item vamos dimensionar o reservatório para receber a água de chuva** da edificação. De acordo com a norma técnica *NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria*, a capacidade dos reservatórios de água de chuva deve atender ao padrão de consumo de água para o qual está destinado no edifício considerando ainda a frequência e duração das chuvas bem como as informações sobre o índice pluviométrico.

Dependendo do local ou da finalidade da edificação, a capacidade de reservação de água potável da rede pode variar de acordo com as necessidades do cliente, no caso de apartamentos o consumo médio considerado pela *NBR 5626* é de 150 litros/dia por pessoa.

Para o dimensionamento do sistema da edificação que se localiza na área urbana e possui sistema público de abastecimento de água com inexistência de áreas livres para instalação de grandes volumes de reservação, tomaremos a utilização de água pluvial como uma fonte complementar, que será utilizada durante o período de chuvas, permitindo, porém que este sistema seja abastecido pela rede pública durante as estiagens.

Neste projeto vamos dimensionar **o reservatório** para reservar a água de chuva considerando:

O índice pluviométrico da **cidade de Carazinho** de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é em média por ano **1668 mm/m<sup>2</sup>. A menor média**

mensal constante e séries históricas de precipitações **equivale aproximadamente a 69,7 mm/m<sup>2</sup> mensais** (IRGA, 2014) e ainda devemos considerar que esses índices são variáveis ao longo do ano no Estado, podendo se ter um excedente de água de chuva armazenada que poderá ser destinada para outros usos, como lavagem de garagens e calçadas, entre outros.

O produto da menor média mensal de chuva e a área de captação nos fornece o volume do reservatório. Neste estudo de caso teremos: **69,7 mm/m<sup>2</sup> mensais x 250 m<sup>2</sup>= 17 425 mm/m<sup>2</sup>.**

Já o volume de água aproveitável (fator de captação=Va) conforme ABNT NBR 15527 de 2007, pode ser obtido pelo Método prático inglês apresentado na Equação 1.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (1)$$

Onde:

**P** é a precipitação média anual, em milímetros;

**A** é a área de coleta, em metros quadrados;

**V** é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

De acordo com a equação (1) o volume de água aproveitável (fator de captação=Va) de água de chuva será de:

$$V = 0,05 \times 1668 \text{mm/m}^2 \times 250 \text{ m}^2 = \mathbf{20850 \text{ litros por mês.}}$$

O consumo mensal em descargas sanitárias da edificação é de 22500 litros por mês, usaremos uma caixa de 10 000 mil litros no subsolo e uma de 2000 mil na parte superior da edificação. Os reservatórios usados foram os de fibra de vidro, pois possuem um custo menor, sendo economicamente mais viável, pois é padrão e está disponível em qualquer loja de material de construção.

As duas caixas (10000 litros (enterrada no solo) e 2000 litros (elevado)) = totalizam 12000 litros que será suficiente para atender a demanda dos vasos sanitários por 16 dias sem chuva, atendendo em 100% da demanda não potável. O sistema implantado neste projeto atua de forma complementar ao sistema convencional da rede da CORSAN cobrindo de forma parcial ou total a demanda, no caso de ter-se mais de 16 dias sem chuva será acionada a ligação da água potável CORSAN para atender a



demanda. O excedente de água de chuva será usado irrigação de jardim, lavagem de automóveis, entre outros.

#### 4.2.7 Custo total do sistema implantado

A tabela 3 informa os valores dos custos da implantação do sistema.

<b>Datas</b>	<b>Atividade realizada</b>	<b>Custo aproximado (R\$)</b>
<b>Ano 2013</b>	- Colocação de calhas e canos condutores. - Reservatórios de PVC 2000 litros no topo da edificação.	<b>R\$ 2 300,00</b>
<b>Ano 2014</b>	- Colocação de caixa PVC -10000 litros de reservatórios da água da chuva no subsolo. - Colocação de bomba submersa Bluma 5.0. - Filtro o filtro de água da chuva Fibratex D1 370 mm. - Mão de obra. - Outras despesas.	<b>R\$ 8 900,00</b>
<b>TOTAL INVESTIDO</b>		<b>R\$ 11 200,00</b>

Fonte: autor

Tabela 3- Custo do sistema implantado

#### 4.2.8 Custo da Água Potável da CORSAN

As tarifas da CORSAN são estabelecidas segundo as categorias das economias abastecidas. Na edificação é cobrada a tarifa - IV. Industrial “I”/30m<sup>3</sup>, com o valor de R\$ 68,96 do serviço básico, mais o valor de R\$ 5,28 para o consumo de 1m<sup>3</sup> de água, totalizando o valor de R\$ 74,24 em novembro/2014.

A previsão de consumo da edificação quando a mesma estiver sendo habitada será em torno de **97 500 litros/mês, ou seja, 97,5 m<sup>3</sup> mensais ou 3250 litros/dia.**

O custo mensal de água potável edificação deverá ser em torno de:

**-TAXA DE SERVIÇOS BÁSICO = R\$ 68,96 + VALOR DO CONSUMO = 97,5 m<sup>3</sup> x 5,28 = R\$ 514,80. TOTAL = R\$ 583,76 mensais.**

### 4.3 Análise dos Benefícios

#### 4.3.1 Custo e economia gerada

O custo total do projeto esquematizado no item 3.5 com a implantação do reservatório, filtro e suas conexões para o sistema de aproveitamento de água da chuva, ficou estimado em torno de R\$ 11 200,00. Na tabela 4, apresenta-se os resultados da economia gerada com a implantação do sistema:

	Água Potável da CORSAN	Água de chuva usada em descargas sanitária.	Economia mensal obtida com descargas (%)
<b>Consumo mensal</b>	3250 litros/dia = 97500 litros/mês	750 litros/dia = 22500 litros/mês	23,1%
<b>Preço mensal</b>	R\$ 583,76 mensais	R\$ 134,71 ao mês =1616,52 anuais	

Fonte: autor

Tabela 4 - *Custo e economia gerada*

#### 4.3.2 *Tempo de Retorno do investimento ou Payback*

É o número de períodos de tempo necessário para se recuperar o capital investido, ou seja, o espaço de tempo suficiente para que o somatório dos recebimentos se iguale ao investimento inicial ou desembolsos. Análise é feita dividindo-se o custo de implantação do empreendimento (2), pela receita, ou custo evitado ou pelo benefício auferido, (A).

$$PBS = \frac{I}{A} \quad (2)$$

Aplicando a equação (2) para este estudo de caso obtemos um **tempo de retorno do investimento aproximado de 6 anos e 9 meses:**

#### 4.3.3 *Relação custo-benefício (RCB)*

É a relação entre o custo total atual ou anual pelo benefício total ou anual. A RCB é uma análise que embute o conceito da TIR e é muito comum seu emprego em

empreendimentos energéticos que a consideram como viável se o projeto apresentar valores menores que 0,8. Se  $i$  é considerada a taxa interna de retorno, TIR, então:

$$TIR = \frac{A}{I} \quad (3)$$

Aplicando a equação (3) para este estudo de caso obtemos uma **relação custo-benefício de 0,144** e o projeto é viável.

#### **4.4 Projeto - Especificações dos componentes do sistema de captação.**

No item a seguir é apresentado um memorial descritivo do sistema.

## SISTEMA DE CAPATAÇÃO AGUA CHUVA ESBOÇO MERAMENTE ILLUSTRATIVO

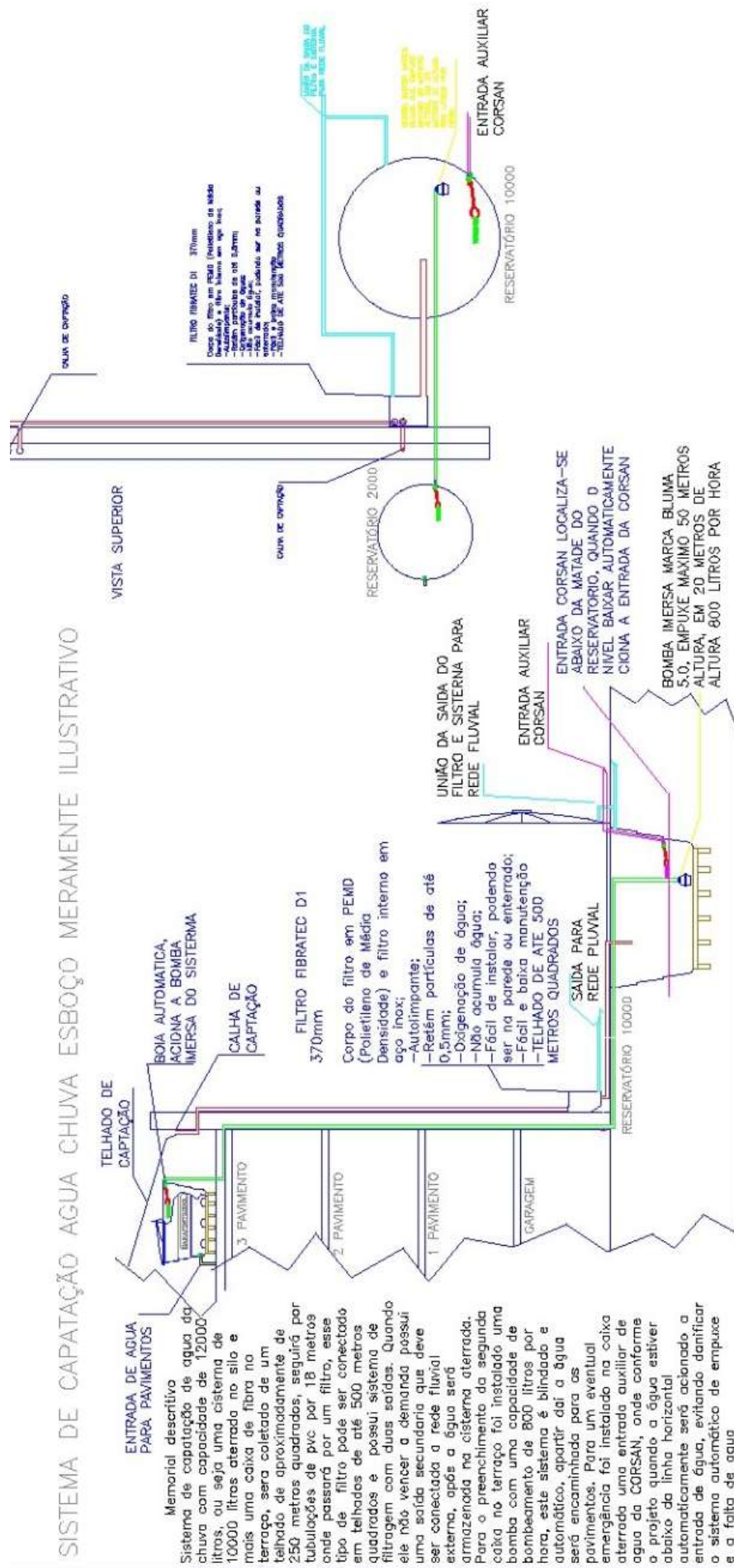


Figura 7 - Componente do sistema de captação

## 5 SINOPSE DOS RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta uma sinopse dos resultados deste estudo de caso

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	
Estimativa da População de Edificação	25 pessoas.
Previsão de gasto diário com água potável	3250 litros/dia ou 97 500 litros/mês.
Demanda de água de chuva. (somente vasos sanitários)	750 litros/dia ou 22500 litros/mês
Volume do reservatório=Ind.Pluv. x área de capt.	17 450 litros/mês
Tamanho dos reservatórios utilizados( Inferior e Superior).	Inferior 10 000 litros superior 2000 litros.
Volume de água aproveitável (fator de captação= $V_a$ ) de água de chuva	27 880 litros por mês.
Custo total do projeto	R\$ 11 200,00.
O custo mensal com água potável da edificação	R\$ 583,76 mensais
Economia gerada pelo de água de chuva (vaso sanitário)	23,1% ou R\$ 134,71 mensais; 1616,52 anuais.
Tempo de retorno do capital investido (PBS)	Aproximadamente 6 anos e 11 meses.
Relação custo benefício (RCB)	0,144 (Projeto Viável).

Tabela 4- Resultados apresentados na edificação

## 6 CONCLUSÕES E DISCUSSÕES FINAIS

Ao final deste estudo sobre captação e aproveitamento de água da chuva da edificação multifamiliar, levando-se em consideração a precipitação da região e o fato de a mesma ainda não estar ocupada, pois está em processo de construção, observou-se que o sistema desenvolvido é viável tecnicamente.

Na avaliação da economia de água na edificação multifamiliar verificou-se, com base nas simulações de consumo, que toda água potável destinada as descargas sanitárias podem ser atendida por água de chuva. A demanda de água potável poderá ser reduzida em aproximadamente 23,1 % em função da utilização do aproveitamento de água de chuva , isto significa que com o uso usando da água pluvial pode-se chegar a uma economia de 273.750 litros de água potável por ano.

Em termos financeiros, a economia média mensal obtida no estudo foi de R\$ 134,71, o que representa 23,1 % de economia na conta de água e tarifa básica. Considerando o custo investido no sistema, pode-se estimar que o sistema se pague em aproximadamente 83 meses ou seja, 6 anos e 11 meses.

Portanto, os resultados das estratégias de uso racional da água adotadas na Edificação Multifamiliar indicam a viabilidade e importância da utilização da água de

chuva, água de reuso e componentes economizadores de água em residências, servindo assim como modelo de conservação da água e sustentabilidade para o setor habitacional.

Observando-se o objetivo principal deste trabalho, ou seja, estudar o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações, considera-se que o mesmo foi atingido, pois foi amplamente analisado.

Da mesma forma, os objetivos secundários, foram notados e alcançados no desenvolvimento do trabalho. A caracterização das variáveis que envolvem o dimensionamento de sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva destinada a usos não potáveis foi realizada; o consumo de água potável da edificação multifamiliar foi avaliado, e, finalmente, caracterização do potencial de chuvas de Carazinho.

O estudo dos benefícios diretos, nesta pesquisa examinados sob o viés econômico, demonstrou, que a grande disponibilidade de água potável em Carazinho, que chega às residências por um custo bastante baixo, é o maior entrave à implantação de sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva. Tal facilidade de acesso à água também gera situações cotidianas de desperdício, facilmente observadas nos usos e costumes da população, como por exemplo, lavagem de calçadas e carros, rega de jardins e descuidos com fugas de água na rede.

Portanto, os resultados das estratégias adotadas na edificação poderão servir como um modelo de sustentabilidade para o setor habitacional.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As pesquisas realizadas, referentes ao uso racional da água, indicam que as estratégias adotadas na Edificação Multifamiliar contribuem para a conservação da água e a sustentabilidade da habitação, visto que, usamos nas simulações apenas o consumo nas bacias sanitárias, sem considerar o excedente de água de chuva que poderá ser aproveitado com outras finalidades.

Os condicionantes locais tornam possível a utilização da água de chuva como um recurso hídrico complementar alternativo, possibilitando o uso da água de chuva para fins não potáveis, contribuindo para a redução do consumo de água de abastecimento e priorizando o uso de água tratada para fins onde se necessita de água potável.

Este estudo permitiu conhecer a relação entre recursos energéticos e hídricos, pois é grande a intensidade hídrica e energética para a produção de recursos energéticos e água potável. A disponibilidade de recursos energéticos e hídricos é uma condição

imprescindível para proporcionar o desenvolvimento econômico sustentável almejado pelos países e o fato de que estão relacionados ainda não é muito compreendido.

Os recursos hídricos e energéticos estão fortemente relacionados. Neste sentido, este estudo permitiu compreender a relevância da água como importante insumo nas diferentes cadeias produtivas dos sistemas energéticos e, por outro, o peso do insumo energia para o abastecimento de água confiável, de qualidade e eficiente.

Finalizando, é importante neste contexto, sugerir estudos futuro sobre metodologias que quantifiquem a demanda de água, atual e futura, para o suprimento energético do país. Isto permite conhecer os limites impostos pela disponibilidade de recursos hídricos do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12213. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ACQUASAVE. Aproveite a água da chuva. Disponível em: <http://www.acquasave.com.br>. Acesso em: outubro de 2014.

A

ANA; FIESP; SindusCon-SP. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica. 2005.

CARDOSO, M.P. **Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva Em Zonas Urbanas: Estudo De Caso No Município De Belo Horizonte – MG**. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Belo Horizonte 2009.

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS.

[http://meusite.mackenzie.com.br/ernestot/arquivosArq2/%C1GUA%20FRIA%20-%20C%E1culo%20de%20Reservat%F3rios%20\(AULA%202\).pdf](http://meusite.mackenzie.com.br/ernestot/arquivosArq2/%C1GUA%20FRIA%20-%20C%E1culo%20de%20Reservat%F3rios%20(AULA%202).pdf) < acesso 12/11/2014>

DOURADO, Pollyana Vilela & MOITINHO, Bruno Jardim da Silva. **Aproveitamento da Água Pluvial em Edificações Residenciais.** Disponível em <[http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3\\_0032.pdf](http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0032.pdf)> Acesso em 03/07/2014.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de Água de Chuva no Meio Urbano e seu Efeito na Drenagem Pluvial.** 2012. 224 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/55968>

ESCOLA DE ENGENHARIA. <http://www.escolaengenharia.com.br/dimensionamento-caixa-dagua/> < acesso 15/11/2014 >

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas.** Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FEWKES, A. **The use of rainwater for WC flushing: the field-testing of a collection system.** *Building and Environment*, v. 34, n. 9, p. 765-772, 1999.

GARDNER, T.; COOMBES, P.; MARKS, R. **Use of rainwater at a rang of scale in Australian urban environments.** Disponível em: <<http://www.eng.Newcastle.edu.au/~cegak/Coombes/RainwaterScale.htm>>. Acesso em: 12 jul. 2004.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais.** In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 14 mai. 2014.

GHANAYEM, M. **Environmental considerations with respect to rainwater harvesting.** IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10., 2001, Manheim. Proceedings... Germany, 2001.

GLEICK, P. H. **Water and energy.** *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol. 19. pags. 267–299 (1994).

HEYWORTH, J. S., MAYNARD, E. J., CUNLIFFE, D. **Who consumes what: potable water consumption in South Australia.** *Water* v. 1, n. 25, p. 9-13, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). <http://www.inmet.gov.br/portal/> < acesso 13/11/2014 >

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. <http://www.irga.rs.gov.br/busca=carazinho> < acesso 12/11/2014 >

RIO CARRILLO, A. M., FREI, C. **Water: a key resource in energy production.** *Energy Policy* (2009).

SANTOS, Diego S. dos; HIRT, Bruno F. Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável. 2012. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.



SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (org). Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2 – Salvador: ReCESA, 2008. 139p

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

KOENIG, K. **Rainwater harvesting: public need or private pleasure?** Water 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

LAMBERTS, R. [et.al.]. **Casa eficiente : uso racional da água** . Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v. 3 (72 p.) : il. ; graf. ; tabs.

TECNOLOGIA PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA  
<http://aquastock.com.br/qualidade.php> < acesso em 12 /06/2014>

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento da Água de Chuva. São Paulo: Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**, 2ª edição, ABRH, 2000.

MANO, R.S. **Captação Residencial de Água da Chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema**. 2004. 177f. Dissertação (Mestrado) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2004.

MENDONÇA, Pedro de A. Ornelas; **Reuso de água em edifícios públicos**. Disponível em:[www.teclim.ufba.br site material online dissertacoes dis pedro de a o mendonca.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_pedro_de_a_o_mendonca.pdf). Acesso em: <19 de maio de 2014>.

MOURA, G. N. P. **A Relação Entre Água e Energia: Gestão Energética nos Sistemas de Abastecimento de Água das Companhias de Saneamento Básico do Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

MYERS, L. E. Recent advances in water harvesting. Journal of soil and water conservation, v. 22, n. 3, p. 95-97, 1967.

OLIVEIRA, F. M. B. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis no Campus da Universidade Federal de Ouro Preto**. 2008. 113 f. Dissertação (mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.

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. Disponível em: <[http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/doc/agriculture/8\\_4\\_everaldo\\_Rocha\\_Porto.doc](http://www.cpatosa.embrapa.br/catalogo/doc/agriculture/8_4_everaldo_Rocha_Porto.doc)>. Acesso em: 09 junho. 2014.

PORTAL ECO HOSPEDAGEM. <http://ecohospedagem.com/como-instalar-um-sistema-para-captar-agua-da-chuva/> < acesso 12/11/2014>

SABESP, Norma Técnica NTS 181. **Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação.** Disponível em <http://site.sabesp.com.br/> Acesso< 07/11/2014>

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (org). Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2 – Salvador: ReCESA, 2008. 139p

SEMPRESUSTENTÁVEL.COM.BR.<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/reuso-de-agua-do-banho.htm>< acesso 15/11/2014>

SILVA, Simoni Rosa da; **Reuso de Água em Edificações.** Disponível em: [www.pec.poli.br/conteudo\\_aulaIJDITC\\_Aula\\_Reuso\\_%E1gua\\_10-05-10-1.pdf](http://www.pec.poli.br/conteudo_aulaIJDITC_Aula_Reuso_%E1gua_10-05-10-1.pdf). <Acesso em: 19 de maio de 2014).