



## IX-032 - ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA RESIDÊNCIAS POPULARES

**Marcus Vinícius de Oliveira Batista<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba.

**Hamilton Belchior Duarte Garcia Neto**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba.

**Lineker Max Goulart Coelho**

Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, *Ecole des Ponts Paristech*.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Goiás, 807 – Dona Alexandrina – Lagoa da Prata - MG - CEP: 35590-000 - Brasil - Tel: (37) 9-8829-0796 - e-mail: [marcus.eng.civil@hotmail.com](mailto:marcus.eng.civil@hotmail.com)

### RESUMO

A água é e sempre foi, desde o princípio um recurso fundamental e decisivo à sobrevivência da humanidade. Atualmente tornou-se motivo de preocupação mundial devido a seu uso irracional o que acarretou na busca de alternativas de uso consciente deste recurso. Dentre as atividades humanas relacionadas ao consumo de água, uma parcela refere-se a fins potáveis, como consumo e higiene pessoal enquanto outras possuem finalidades menos nobres, como a rega de jardins, limpeza em geral, máquinas de lavar roupa e descarga em bacias sanitárias, não havendo a necessidade do uso de águas potáveis. Uma realidade presente no Brasil, são os projetos do plano “Minha Casa Minha Vida” da CAIXA, possibilitam que a população de baixa renda adquira a tão sonhada casa própria. Portanto, o trabalho objetiva realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento e tratamento de águas pluviais em projetos de moradias padrão “Minha Casa Minha Vida. Primeiramente, foram estimados os consumos de água potável da residência, relacionada a parcela desta que poderia ser substituída por água pluvial. Em seguida, determinou-se o volume de águas pluviais gerado mensalmente possibilitando o dimensionamento dos reservatórios, das instalações do sistema de aproveitamento de água pluvial, bem como do sistema elevatório e do sistema de tratamento. Como o público alvo, refere-se à uma população de baixa renda, determinou-se a necessidade de baixos custos de implantação. Os resultados indicam um custo de implantação de R\$ 3.361,61, valor relativamente baixo se comparada ao custo total da residência. Entretanto foi encontrado um período de retorno do investimento inicial de aproximadamente 21 anos que apesar de resultar em um longo período, não se deve analisar a implantação apenas economicamente, uma vez que a situação da água se agrava a cada ano. Deste modo, medidas como estas reduzirão o consumo dos mananciais, assim como a sobrecarga do sistema de drenagem pluvial. Além disto, um diferencial para esses modelos de residência consiste em buscar apoio do governo através de subsídios e o enriquecimento do empreendimento, uma vez que almejam o selo Casa Azul que objetiva a construção de casas sustentáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas pluviais, Aproveitamento, Usos não potáveis, Dimensionamento.

### INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional, a redução da taxa vegetativa e o surgimento de novas tecnologias, observa-se um consumo exacerbado da água e uma produção maior de elementos poluentes, que prejudicam a qualidade deste recurso vital à sobrevivência. Junto ao aumento do consumo de água, o crescimento acelerado da população gerou um decréscimo de área verde e conseqüentemente uma mudança climática, ocasionando uma redução nos índices pluviométricos, atingindo demasiadamente áreas naturais de reserva e acúmulo de água como rios, nascentes e áreas urbanas.

No ano de 2014, o Brasil vivenciou os primeiros indícios da redução do sistema de abastecimento de água, que pode ser considerada uma das maiores crises hídricas de sua história. Em várias regiões do país houve a necessidade de reduzir e em casos extremos, interromper o abastecimento, o que afetou consideravelmente a

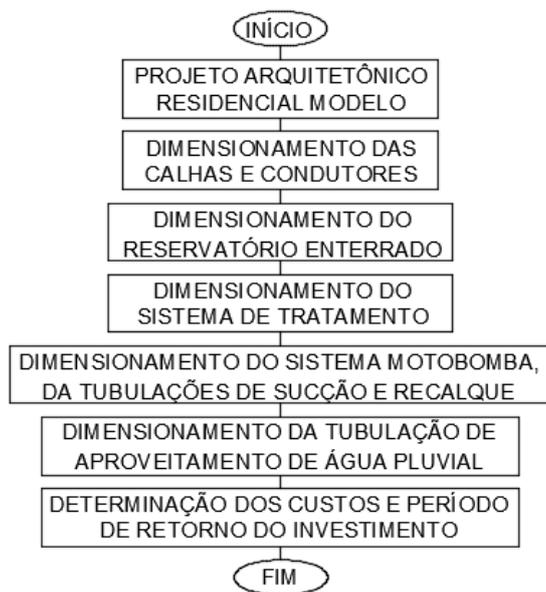
população, e a economia no país. Um exemplo do problema é o município de Rio Paranaíba em Minas Gerais, onde houve necessidade de um rodízio de abastecimentos nos bairros. Uma alternativa para diminuir os impactos relacionados à falta de água, é o aproveitamento da mesma para fins não potáveis, como por exemplo o de águas pluviais. Assim, órgãos governamentais e científicos, buscaram e buscam medidas, estudos e diretrizes de sustentabilidade, para auxiliar na orientação e conscientização popular no sentido da adoção de sistemas de aproveitamento de água.

Mesmo com a criação de campanhas em prol da melhoria da situação hídrica do país, as reduções consideráveis dos índices pluviométricos associados à má distribuição das chuvas, gerou um agravante no quadro nacional. Um exemplo deste agravante é observado nas regiões Sudeste e Nordeste, onde existe maior concentração populacional, porém são regiões com os maiores históricos de secas, enquanto a Amazônia, é uma região onde está a maior quantidade de água do país e menor concentração populacional.

O presente trabalho visa realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica de um sistema de aproveitamento de águas pluviais implantados em residências do programa “Minha Casa Minha Vida” do Governo Federal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do projeto de aproveitamento de águas pluviais, foram utilizados os projetos arquitetônicos fornecidos pelo programa Minha Casa Minha Vida. O dimensionamento de todas as tubulações, bem como os reservatórios e o sistema de tratamento foram realizados através do fluxograma expressado pela figura 1.



**Figura 1: Fluxograma das etapas desenvolvidas no dimensionamento do projeto de aproveitamento de água pluvial.**

De posse das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 10844:1989, NBR 12211:1992, NBR 12214:1992, NBR 5626:1998, NBR 15527:2007 foi possível encontrar todos os parâmetros necessários para o dimensionamento de cada etapa do fluxograma.

Conforme os valores encontrados nos dimensionamentos, e utilizando um sistema de tratamento adequado para as águas aproveitadas, determinou-se o volume de reservação necessário para suprir a necessidade da residência.

Além das normas técnicas brasileiras, foram utilizadas as planilhas do SINAPI e SETOP para levantar os custos de implantação deste sistema e o período de retorno do investimento. Através de uma análise detalhada buscou-se o melhor custo benefício.

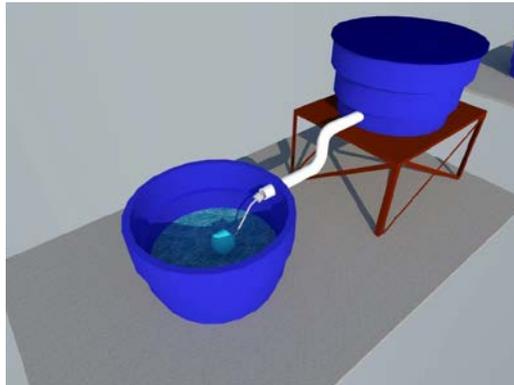
O dimensionamento de todo o sistema de aproveitamento pode ser dividido em três etapas, descritas a seguir:

### **DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO**

NO dimensionamento do sistema de captação (calhas, condutores horizontais e verticais) foi realizado conforme a NBR 10844:1989. Verificou-se o consumo de água e a disposição das calhas, bem como dos condutores horizontais e verticais para determinar os diâmetros necessários para atender a vazão bem como o volume do reservatório necessário.

No dimensionamento do reservatório foi utilizado uma análise entre os seis métodos dispostos na norma, sendo eles: Método de Rippl, Método da Simulação, Método de Azevedo Neto, Método prático Australiano, Método prático Alemão e Método prático Inglês conforme descrito na NBR 15527:2007.

De forma a garantir a funcionalidade do sistema durante os períodos de seca, adotou-se um sistema onde a água fornecida pela concessionária, suprirá a demanda, preenchendo a caixa d'água de aproveitamento. Foi adotada uma boia com haste estendida garantido que a água da concessionária não preencha por completo a caixa. Esta medida evita o gasto excessivo de água potável relacionado ao abastecimento da caixa d'água de aproveitamento, uma vez que possa ocorrer uma chuva frontal, comum na região sudeste em estações secas, suprimindo a necessidade do reservatório. O sistema pode ser observado nas figuras 2 e 3.



**Figura 2: Caixa d'água com baixo nível de água.**

No dimensionamento do reservatório, utilizou-se uma série histórica pluviométrica obtida através do Sistema de Informações Hidrológicas, denominado Hidroweb, criado pela ANA, para o município de Patos de Minas. Adotou-se a média anual de uma série pluviométrica dos últimos cinco anos, ressaltando que o ano de 2015 foi desconsiderado devido à ausência de dados posteriores ao mês de setembro. A tabela 1 apresenta os dados de série histórica adotados.

### **SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PLUVIAL CAPTADA**

Primeiramente determinou-se o consumo de água na residência. Consoante Carvalho Júnior (2013), o consumo por pessoa diária equivale a 150 litros em residências populares. Adotando-se no projeto modelo uma residência com quatro moradores sendo, um casal e dois filhos, é possível determinar o consumo mensal de água potável.

De posse do volume de água necessário para o abastecimento, determinou-se a vazão de serviço, os diâmetros de recalque e sucção, altura manométrica e a potência necessária para a bomba.

Em seguida realizou-se o dimensionamento do sistema de tratamento e das tubulações de distribuição da água pluvial onde foram realizadas alterações no projeto inicial fornecido pelo programa Minha Casa Minha Vida.

Tais mudanças constituem o acréscimo de duas torneiras de jardim objetivando um maior aproveitamento das águas pluviais. O dimensionamento destas tubulações foi realizado conforme as diretrizes da norma NBR 5626:1998.

**Tabela 1: Série histórica de chuva anual utilizada no dimensionamento (HIDROWEB).**

MÊS/ANO	2010	2011	2012	2013	2014
Janeiro	214,9	494,4	321	344,3	76,7
Fevereiro	81,2	129,9	127,2	79,1	112
Março	90,5	474,1	167,7	166,2	192,6
Abril	77,8	40,9	37,1	185	107
Mai	7,6	0	17,3	20,1	10,2
Junho	7,8	4,4	72,2	3	3,8
Julho	0	0	0	0	48,6
Agosto	0	0	0	6,3	0
Setembro	14,3	4,6	32	23,7	4,1
Outubro	98,8	217,6	46,5	118,2	57,2
Novembro	265,9	93,3	410,1	255,5	333,9
Dezembro	248,8	467,1	126,2	311,4	230,7
Índice pluviométrico ANUAL (mm)	1107,6	1926,3	1357,3	1512,8	1176,8

Fonte: Estação Pluviométrica Rocinha no município de Patos de Minas (HIDROWEB).

## ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Os custos referentes à implantação foram obtidos nas planilhas referenciais de preços unitários para obras de edificação e infraestrutura (SETOP) da região do Triângulo e Alto Paranaíba, atualizada em junho de 2015. Também foram utilizadas as planilhas do (SINAPI) referente a insumos, atualizada em novembro de 2015. Os custos referentes à manutenção variam conforme a região de implantação do sistema, pois leva em consideração o custo da matéria prima, o cloro e a inspeção dos componentes.

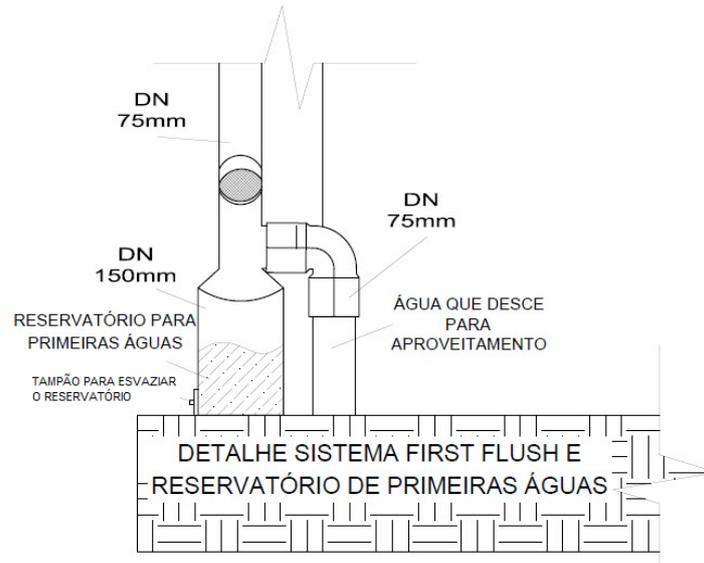
O período de retorno do investimento corresponde ao tempo que um determinado projeto necessita para retomar o capital inicialmente investido. Este período de recuperação consiste no prazo em que o montante gasto na concepção do sistema seja recuperado por meio de economias geradas pelo mesmo.

## RESULTADOS

### DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

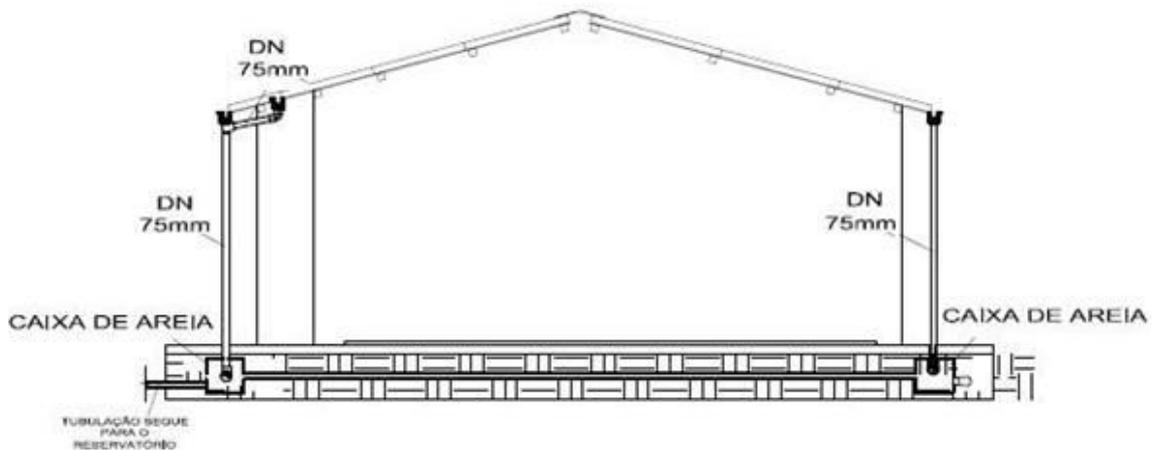
A calha adotada foi retirada do catálogo de calhas de uma fabricante do ramo. Os condutores verticais e os horizontais foram dimensionados onde foram encontrados diâmetros de 75 mm para todos os condutores, uma vez que uma limitação da norma define que o diâmetro dos condutores horizontais não podem ser inferiores aos dos condutores verticais.

Foram adotados três reservatórios *first-flush*, com um volume total de 22,5 litros. Esse reservatório é responsável por eliminar as primeiras águas, utilizadas na lavagem do detalhado. Para um melhor entendimento, o reservatório é detalhado na figura 3.



**Figura 3: Reservatório *first-flush*.**

O detalhamento das tubulações e a disposição das caixas de areia podem ser observados nas figuras 4,5,6 e 7.



**Figura 4: Detalhe condutores horizontais, verticais de caixas de areia.**

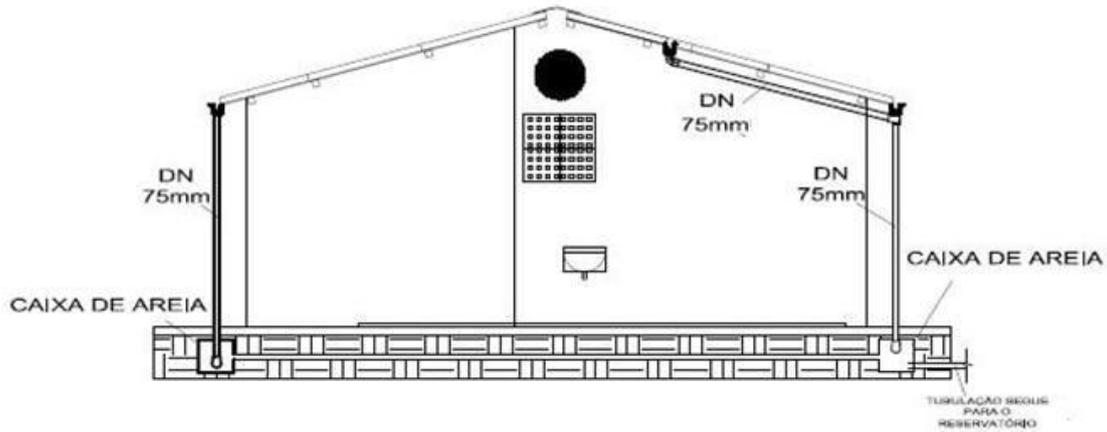


Figura 5: Detalhe condutores horizontais, verticais de caixas de areia.

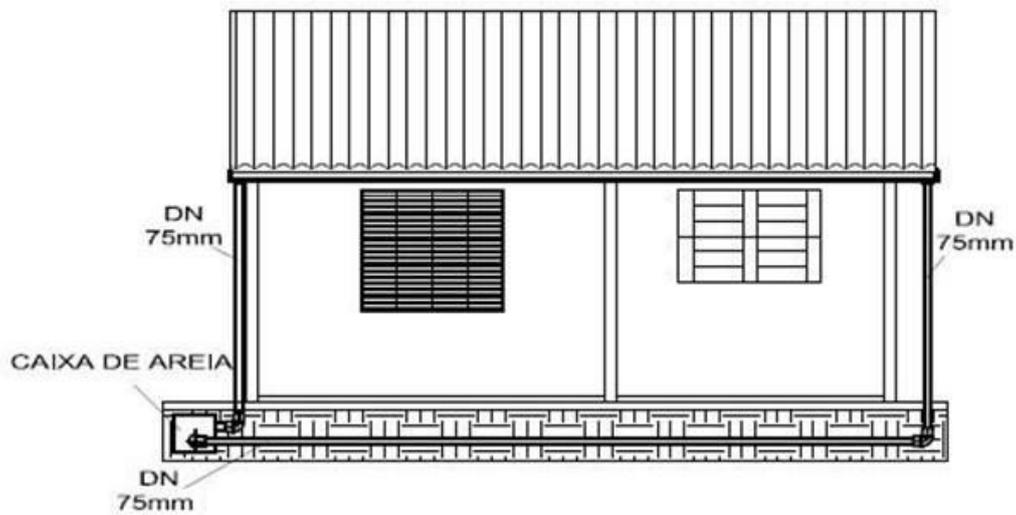


Figura 6: Detalhe condutores horizontais, verticais de caixas de areia.

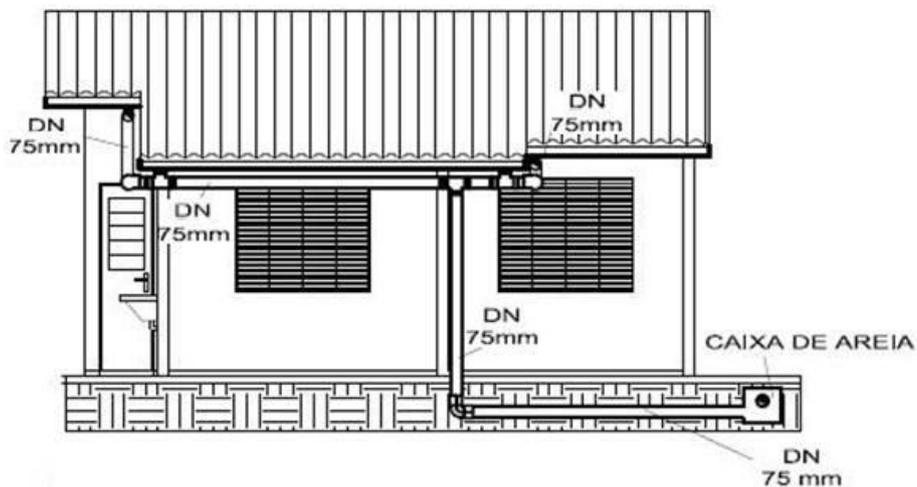


Figura 7: Detalhe condutores horizontais, verticais de caixas de areia

No dimensionamento do reservatório, analisou-se a demanda residencial, e encontrou-se uma parcela referente a 27% desta demanda que poderia ser substituída por água pluvial. De posse destes dados, totalizou-se uma demanda mensal de 4,86m<sup>3</sup>. Dimensionou-se o reservatório pelos seis métodos já apresentados, encontrando os valores apresentados na tabela 2.

**Tabela2: Volume do reservatório dimensionado pelos seis métodos**

MÉTODO	VOLUME DO RESERVATÓRIO (M <sup>3</sup> )
Rippl	21,95
Alemão	3,50
Inglês	3,89
Azevedo Neto	16,36
Simulação	22,00
Australiano	19,00

Estudos comparativos afirmam que normalmente, são indicados os métodos Alemão e Inglês para residências unifamiliares e pequenos estabelecimentos. Deste modo, adotou-se o volume de reservação estimado pelo método Alemão. Na busca de melhores resultados, foi realizado um estudo relacionando o método Australiano ao método Alemão. Na tabela 3 fica evidente que os reservatórios de 4m<sup>3</sup>, 3m<sup>3</sup>, 2m<sup>3</sup> e 1m<sup>3</sup> apresentam o mesmo valor de confiança e atendem os mesmo 7 meses no decorrer do ano.

**Tabela3: Valores de confiança relacionando o método Alemão ao método Australiano**

VOLUME DO RESERVATÓRIO (M <sup>3</sup> )	NR (MESES)	CONFIANÇA (%)	MESES ATENDIDOS PELO RESERVATÓRIO
4,00	5	58,33	7
3,00	5	58,33	7
2,00	5	58,33	7
1,00	5	58,33	7

Uma vez que a confiança foi igual para todos os volumes estudados, há a necessidade de uma análise sobre a eficiência do reservatório no devido mês. Entretanto, os reservatórios de 1m<sup>3</sup> e 2m<sup>3</sup>, exigiriam chuvas homogêneas ao longo do mês no decorrer no mês. Caso contrário, não o atenderiam o sistema por completo por seu volume ser menor que a metade da demanda mensal. Enquanto os reservatórios de 3m<sup>3</sup> e 4m<sup>3</sup>, exigiriam apenas picos de chuva no início, meio ou final do mês, garantindo a eficiência por completo no mês em questão. Dessa maneira, dentre as duas opções, adotou-se um reservatório de 3m<sup>3</sup> ou 3000 litros por possuir uma melhor relação custo/benefício.

## SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PLUVIAL CAPTADA

Encontrou-se uma vazão de serviço de 1,5m<sup>3</sup>/h para a bomba de recalque. As tubulações de recalque e sucção resultaram um diâmetro nominam de 20 e 25mm respectivamente. Juntamente à perda de carga, a altura manométrica determinou-se uma bomba de 0,11cv. Dessa forma, adotou-se uma bomba BCR-2000 que atendesse o sistema realizando apenas um ajuste, igualando os diâmetros de recalque e sucção para 25mm.

Respeitando os componentes básicos necessários para um sistema de tratamento de água pluvial, recomenda-se a utilização de um sistema físico, composto por filtração simples (filtro de piscina ou filtro de areia). Posteriormente realizar uma desinfecção por cloração através de um dosador automático de cloro.

As tubulações de abastecimento das peças que utilizam a água pluvial foram dimensionadas analisando os comprimentos equivalentes das singularidades e analisadas as relações entre valores de pressão e velocidade nas tubulações. A tabela 4 apresenta os resultados de pressão e velocidade para cada trecho do sistema.

**Tabela 4: Características dos trechos da tubulação de distribuição de água pluvial.**

Trecho	Comp. Tubu.(m)	Diâmetro interno (mm)	Velocidade (m/s)	Pressões (kPa)
1-2	1,86	27,8	0,3	5,8
2-3	3,45	27,8	0,3	5,5
3-4	0,30	27,8	0,3	5,3
4-5	2,40	17	0,9	26,8
5-PI	0,00	17	0,9	11,4
1-6	2,14	27,8	0,5	5,2
6-7	0,31	27,8	0,5	5,0
7-8	1,60	21,6	0,8	19,7
8-PI	0,00	21,6	0,8	13,8
9-10	1,79	27,8	0,3	5,8
10-11	2,95	27,8	0,3	5,5
11-12	1,04	27,8	0,3	5,3
12-13	2,40	17	0,9	26,7
13-PI	0,00	17	0,9	17,8
9-14	1,59	21,6	0,4	5,3
14-15	0,85	17	0,7	13,4
15-BS	0,60	17	0,7	12,7

#### ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

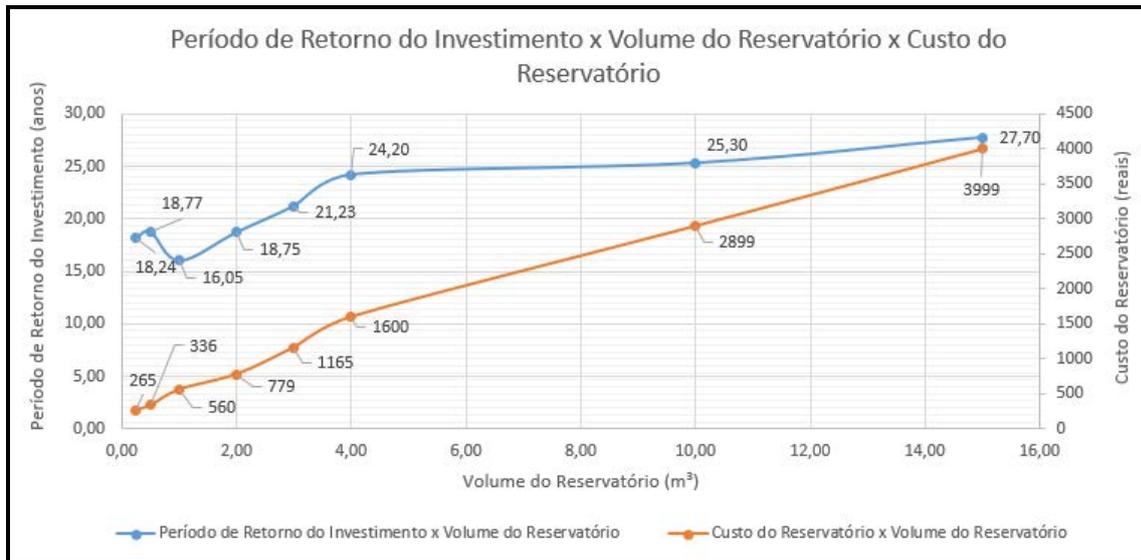
Os custos relacionados a implantação são demonstrados na tabela 5, onde é observado um valor de maior relevância na etapa de reservatório e tratamento.

**Tabela5: Custos de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva avaliado.**

ETAPAS	PREÇOS(R\$)
Tubulação de captação de água pluvial	443,59
Reservatórios e tratamento	2069,93
Sistema elevatório	420,25
Sistema de aproveitamento	118,20
Mão-de-Obra	259,64
Total	3311,61

Os custos relacionados à manutenção do sistema foram obtidos segundo mercado local, visto que o sistema foi projetado para ser implantado no município de Patos de Minas – MG. O custo refere-se a reposição de cloro, limpeza do reservatório enterrado e lubrificação do sistema motobomba. Totalizando um valor mensal de R\$50,00. Deste modo o custo de implantação do sistema fica em R\$ 3.3611,61.

O período de retorno do investimento foi obtido através de uma simulação realizada pela própria COPASA em seu endereço eletrônico. Através da simulação, obteve-se a tarifa cobrada pelo fornecimento da água e foi possível determinar a economia gerada pelo sistema. Foi realizado uma análise considerando diferentes volumes de reservação, buscando o melhor período de retorno. Na figura 8, pode se observar o gráfico da análise de todos os volumes de reservatório.



**Figura 8: Gráfico relacionando período de retorno com volume do reservatório.**

Através da análise, poderia ser adotado um reservatório de 2m<sup>3</sup>, visto que atenderia os mesmos sete meses, como observado anteriormente, com uma economia de aproximadamente R\$390,00 e redução de 2,5 anos no período de retorno do investimento. Entretanto com uma demanda de 4,86m<sup>3</sup> mensais, um reservatório de 2m<sup>3</sup> necessitaria de chuvas frequentes no decorrer do mês, podendo tornar o sistema falho em alguns meses. Baseado nessa informação junto a análise do gráfico da figura 8, determinou-se a utilização de um reservatório de 3m<sup>3</sup> com um período de retorno do investimento de aproximadamente 21 anos. Devido a melhor relação custo/benefício, uma vez que, mesmo com um período de retorno maior, não há necessidade de chuvas constantes durante o mês para garantir a funcionalidade do sistema.

Entretanto, se analisado somente o período de retorno do investimento, o sistema torna-se inviável economicamente, devido ao extenso tempo necessário para recuperar o investimento inicial. Contudo, o sistema de aproveitamento pode ser considerado viável se analisada a atual situação hídrica vivenciada pelo país e a busca por medidas sustentáveis. Outro fator que complementa a importância do sistema, refere-se ao cumprimento de quatro critérios exigidos na obtenção do Selo Casa Azul, os quais são: aproveitamento de águas pluviais, retenção de águas pluviais, infiltração de águas pluviais e áreas permeáveis. Além dos fatores como o aproveitamento de águas pluviais que gera um alívio na rede em termos de menor demanda de água pela concessionária e reduz a sobrecarga sobre o sistema de drenagem pluvial.

Atualmente a preservação dos recursos naturais está cada vez mais difundida nas políticas de incentivo governamentais podendo inferir que estas práticas se tornarão cada vez mais comuns. Portanto pode ser realizada uma análise global, envolvendo os prós e os contras da implantação do sistema, onde tais práticas poderiam acarretar em um aumento dos subsídios. Países de primeiro mundo, como Alemanha são concedidos gratuitamente quantias entre US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 para residências que aproveitam águas pluviais. Deste modo, o sistema pode se tornar um requisito obrigatório nos padrões CAIXA, ampliando-se pelo país, tornando o sistema completamente viável.

## CONCLUSÕES

A crescente preocupação com o uso irracional da água potável, junto a redução dos volumes dos mananciais, obrigou a sociedade a criar campanhas de conscientização buscando medidas alternativas de consumo deste recurso.

O aproveitamento das águas pluviais, surge como uma alternativa na busca de minimizar os impactos nos mananciais, bem como diminuir a sobrecarga sobre o sistema de drenagem pluvial. A utilização deste sistema, não requer grandes gastos referentes a tratamentos o que torna o sistema mais acessível a uma grande parcela



da população brasileira. Entretanto, deve-se atentar ao fato destas águas serem consideradas, não potáveis, ou seja, imprópria para o consumo humano.

O intuito do trabalho foi dimensionar um sistema para aproveitamento de águas pluviais em pontos de consumo menos nobres, como: rega de jardim, descarga de bacias sanitárias e máquinas de lavar roupas. Além de realizar uma análise da viabilidade técnica e econômica da implantação deste sistema em projetos de moradia padrão “Minha Casa Minha Vida”.

Relacionando a economia gerada ao custo de implantação, encontrou-se um período de retorno do investimento de 21 anos, considerado inviável. Este alto valor é justificado pelos baixos valores cobrados no fornecimento de água no Brasil. Fato que direto e indiretamente, influencia no consumo irracional da água. Portanto deve-se enfatizar a necessidade de incentivos a práticas sustentáveis. Deste modo, quando analisado os benefícios gerados pela implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, fica evidente o domínio sobre o fator econômico. A implantação deste sistema em um âmbito nacional, acarretaria não só em uma economia de água, mas aumentaria a pressão sobre o governo em busca de subsídios. Consequentemente, através de projetos subsidiados, surge um maior incentivo na criação de projetos sustentáveis, tornando o sistema completamente viável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
2. \_\_\_\_\_. NBR 12211 NB 587: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
3. \_\_\_\_\_. NBR 12214 NB 590: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
4. \_\_\_\_\_. NBR 5626 NB 92: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
5. \_\_\_\_\_. NBR 15527: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
6. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Projeto modelo Minha Casa Minha Vida. Disponível em <[www.caixa.gov.br](http://www.caixa.gov.br)>
7. CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura. São Paulo: Blucher, 2013. 340 p.
8. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA). Tarifas em vigor. 2015. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agencia-virtual/mais-servicos/atendimento-informacoes/tarifas-em-vigor-2015>>.
9. FERREIRA, D. F. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC, Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005.
10. TOMAZ, P. Economia de água para empresas e residências, Navegar Editora, São Paulo, 2001.
11. \_\_\_\_\_. Previsão de consumo de água, 1999.
12. \_\_\_\_\_. Água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2009.
13. \_\_\_\_\_. Água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2010.