

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALINE RAQUEL SCHROTH

**CUSTO ADICIONAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE USO  
RACIONAL DE ÁGUA PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

CURITIBA  
2016

ALINE RAQUEL SCHROTH

## **CUSTO ADICIONAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil -DACOC- da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa do Rocio Nahhas Scandelari

Co-orientadora: Profa. Dra. Stella Maris da Cruz Bezerra

CURITIBA  
2016

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### ***CUSTO ADICIONAL DA IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL***

Por

**Aline Raquel Schroth**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, defendido e aprovado em 20 de junho de 2016, pela seguinte banca de avaliação:

---

Vanessa do Rocio Nahhas Scandelari, Dra.  
Orientadora  
UTFPR

---

Stella Maris da Cruz Bezerra, Dra.  
Co-orientadora  
UTFPR

---

Celimar Azambuja Teixeira, Dra.  
UTFPR

## RESUMO

SCHROTH, Aline Raquel. Custo adicional da implementação de medidas de uso racional de água para habitação de interesse social. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

A economia de água potável e a construção de habitações de interesse social têm sido duas temáticas importantes para o Brasil na atualidade. A primeira teve maior destaque a partir de 2014, devido à crise hídrica da região sudeste. Por conta disso, políticas públicas de incentivo às medidas de redução no consumo de água potável e utilização de fontes alternativas de água nos sistemas prediais vem sendo mais estimuladas pelo poder público. Ao mesmo tempo, a construção de habitações de interesse social tem aumentado devido à necessidade de suprir o déficit habitacional que atinge uma faixa significativa da população. Por estas razões, este trabalho determinou o investimento necessário para implementar medidas de uso racional de água em habitações de interesse social, por meio de comparação entre o orçamento de um projeto proposto com medidas de uso racional de água e o orçamento de um projeto convencional (sem estas medidas). O projeto convencional utilizado foi efetivamente construído em 2013, por isso, os resultados são compatíveis com obras semelhantes. As medidas analisadas foram substituição de metais e louça sanitária por semelhantes de menor vazão e a implementação de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Os resultados indicaram que o custo adicional para implementação de medidas de uso racional de água foi de R\$ 1171,39, que corresponde a aproximadamente 3% do custo total da obra sem as medidas de uso racional. Portanto, concluiu-se que a adoção destas medidas é viável, técnica e economicamente, nos projetos de habitação de interesse social. Como benefícios sociais em consequência da redução do consumo de água potável, têm-se a redução no valor da conta mensal de água para os moradores e a maior disponibilidade de água para a comunidade. Portanto, a adoção destas medidas é relevante nos projetos de habitação de interesse social.

**Palavras-chave:** Uso racional de água. Habitação de interesse social. Aproveitamento de água de chuva

## **ABSTRACT**

SCHROTH, Aline Raquel. Additional cost due to implementation of rational water use measures in social housing. 2016. Final work for the Civil Engineering Undergraduation course - Federal University of Technology - Paraná. Curitiba, 2016.

Potable water savings and the construction of social housing have been two important topics of Brazilian current affairs. The first one has received more attention since the southeast region's water crisis of 2014. In the light of that, public authorities are promoting policies that encourage reduction of potable water usage and the implementation of alternative sources of water in building environment. Moreover, the construction of social housing has increased in order to make up for the housing shortage of the less wealthy. For those reasons, this research seeks to determine the additional cost of rational water use measurements in social housing. The methodology used was a comparison between the budget of a proposed project which contemplated rational water use measurements and the budget of a conventional project (without these measurements). The conventional project used was built in 2013, thus the results can be effectively applied to similar constructions. The following measurements were proposed: replacement of traditional bathroom fixtures for similar ones of lower flow, and implementation of rainwater harvesting for non-potable uses and subsequent use for non-potable purposes. The results obtained in this research showed that the cost for the implementation of rational water use measurements was in R\$ 1171,39, that corresponds to about 3% of the total cost of the construction without this measures. Therefore, the conclusion is that certainly the rational water use measurements proposed have proved themselves technically and economically viable in social housing projects. Considering the additional benefits reaped due to the decreased potable water consumption there is the reduction on the monthly water bill for the residents and greater availability of water to the community. Therefore, it is relevant the use of this measurements in social housing projects.

Key-words: Rational water use. Social housing. Rainwater use.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Barril de chuva .....	21
Figura 2 - Distribuição percentual do déficit habitacional urbano por faixas de renda média familiar mensal.....	24
Figura 3 - Planta baixa da habitação de interesse social utilizada neste trabalho.....	29
Figura 4 - Cobertura em projeção com calhas nas bordas.....	37
Figura 5 - Planta baixa do projeto de captação pluvial .....	39
Figura 6 - Calhas e condutor vertical.....	40
Figura 7 - Calha, condutor vertical e condutor horizontal .....	40
Figura 8 - Área de cobertura .....	42
Figura 9 - Sistema simplificado com bombonas.....	54
Figura 10 - Planta baixa para projeto de aproveitamento de água de chuva com duas bombonas.....	55
Figura 11 - Calhas e condutores verticais indicando a entrada de água de chuva na primeira bombona .....	56
Figura 12 - Detalhe do posicionamento das duas bombonas.....	56
Figura 13 - Detalhe da saída de limpeza das bombonas .....	57
Figura 14 - Detalhe das bombonas instaladas em série .....	57
Figura 15 - Sistema simplificado com caixa d'água.....	58
Figura 16 - Planta baixa para projeto de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água.....	59
Figura 17 - Calhas e condutor vertical indicando a entrada de água de chuva para a caixa d'água .....	59
Figura 18 - Detalhe do posicionamento da caixa d'água para armazenamento da água de chuva.....	60
Figura 19 - Aumento comparativo do custo total da obra para os diferentes cenários .....	69
Figura 20 - Custo adicional de metais e louça sanitária para o Cenário D.....	70
Figura 21 - Aproveitamento de água de chuva para Cenário D .....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de legislações municipais relacionadas ao uso racional de água, para o período entre 2002 e 2016 .....	16
Quadro 2 - Parâmetros necessários de qualidade de água de chuva.....	23
Quadro 3 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva .....	23
Quadro 4 - Faixas salariais e características específicas no programa MCMV.....	25
Quadro 5 - Número de usos diários de bacia sanitária .....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição e custo dos metais e louça sanitária do projeto convencional no ano 2012 .....	32
Tabela 2 - Especificação e orçamentos de metais e louça sanitária de vazões reduzidas em 2016 .....	34
Tabela 3 - Precipitação média mensal e anual para o período de 2006 à 2015.....	42
Tabela 4 - Volume de água de chuva aproveitável ao longo dos meses do ano.....	43
Tabela 5 - Comparação entre volume de água de chuva aproveitável e demanda de descargas do vaso sanitário.....	46
Tabela 6 - Comparativo entre o volume de reservatório obtido por diferentes métodos para o sistema completo .....	50
Tabela 7 - Comparação entre volume de água de chuva aproveitável e demanda de limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim .....	52
Tabela 8 - Comparativo entre volume de reservatório obtido por diferentes métodos para o sistema simplificado .....	53
Tabela 9 - Levantamento quantitativo e orçamento de metais e louça sanitária de vazões reduzidas .....	61
Tabela 10 - Levantamento quantitativo e orçamento do projeto de águas pluviais e do aproveitamento de água de chuva para sistema simplificado com bombona.....	63
Tabela 11 - Levantamento quantitativo e orçamento do projeto de águas pluviais e do aproveitamento de água de chuva para sistema simplificado com caixa d'água .....	64
Tabela 12 - Variação do CUB para o período de Maio de 2012 à Abril de 2016 para residências de baixo padrão.....	65
Tabela 13 - Atualização do orçamento dos metais e louça sanitária do projeto convencional .....	65
Tabela 14 - Atualização do custo total da obra com projeto convencional .....	65
Tabela 15 - Custo para o Cenário A.....	67
Tabela 16 - Comparativo do custo total da obra para os diferentes cenários.....	69



## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADASA	Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEI	Centro de Estatística e Informações
CUB	Custo Unitário Básico da Construção Civil
EPA	United States Environmental Protection Agency
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FJP	Fundação João Pinheiro
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MCMV	Minha Casa Minha Vida
ONU	Organização das Nações Unidas
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SINDUSCON PR	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
4.1	OBJETIVO GERAL .....	12
5.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
6.1	JUSTIFICATIVA.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	USO RACIONAL DE ÁGUA.....	14
2.1.1	Políticas públicas, incentivos financeiros e educação ambiental .....	14
2.1.2	Medição individualizada de consumo .....	17
2.1.3	Metais e louças sanitárias eficientes.....	18
2.1.4	Fontes alternativas de água.....	19
2.2	PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS .....	21
2.3	HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL .....	24
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
3.1	AVALIAÇÃO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL.....	29
3.2	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO COM MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA .....	29
3.3	ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO DAS PROPOSTAS COM MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA .....	30
3.4	AVALIAÇÃO DO CUSTO ADICIONAL DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO COM MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA .....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	32
4.1	DADOS COMPILADOS DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL E ORÇAMENTO.....	32
4.2	PROPOSTA DA SUBSTITUIÇÃO DE METAIS E LOUÇA SANITÁRIA.....	33
4.3	PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	35
4.3.1	Dimensionamento das calhas.....	36
4.3.2	Dimensionamento dos condutores verticais .....	38
4.3.3	Dimensionamento dos condutores horizontais .....	38
4.4	PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS .....	41
4.4.1	Sistema completo para descarga de bacia sanitária.....	44
4.4.2	Sistema simplificado para limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim.....	50
4.5	ORÇAMENTO DAS MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA SELECIONADAS .....	61
4.6	COMPARATIVO DE CUSTOS PARA DETERMINAÇÃO DE VALOR ADICIONAL DAS MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA SELECIONADAS.....	64
4.6.1	Cenário A: Aquisição de metais sanitários eficientes e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva..	66

4.6.2 Cenário B: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva.....	67
4.6.3 Cenário C: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, com implantação de aproveitamento de água de chuva com bombona .....	68
4.6.4 Cenário D: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, com implantação de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água .....	68
5 CONCLUSÕES .....	71
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	74
REFERÊNCIAS.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade hídrica do Brasil é um tema fundamental de discussões sobre o desenvolvimento socioeconômico do país. Do ponto de vista qualitativo há escassez em algumas cidades, devido à poluição de áreas de mananciais (GONÇALVES; JORDÃO, 2006). Quantitativamente também ocorrem problemas de abastecimento, em função da distribuição desigual dos recursos hídricos em relação ao espaço geográfico. Exemplo disso são as cidades que possuem alta concentração populacional e estão localizadas em regiões com acesso limitado aos mananciais (TELLES; COSTA, 2007).

Neste cenário, em 2014, a região Sudeste registrou uma crise hídrica, em função de chuvas abaixo da média histórica. Este fator ocasionou a diminuição do volume de água armazenado nos reservatórios associados aos mananciais que abastecem a região mais densamente habitada do país (SABESP, 2015). Diante deste panorama, as práticas de redução do consumo de água potável e de desenvolvimento de técnicas de estocagem de fontes alternativas têm sido valorizadas pelo mercado imobiliário (NAKAMURA; GIRIBOLA, 2014).

Do ponto de vista da sustentabilidade, no tripé social, econômico e ambiental, a gestão adequada dos recursos hídricos é um fator essencial para se atingir um desenvolvimento sustentável. Neste sentido, várias cidades estão implementando políticas públicas para expandir práticas de minimização de uso de água potável e reutilização de efluentes (BEZERRA *et al.*, 2010). Isto pode ser exemplificado pela utilização de louças e metais sanitários mais eficientes, pelo desenvolvimento de projetos hidrossanitários contemplando abastecimento de água de melhor qualidade apenas para fins que exijam este grau de tratamento, e pela hierarquização dos ciclos de descarte de efluentes, de forma a possibilitar sua reutilização (GONÇALVES *et al.*, 2006). Além do reúso de efluentes, outra fonte alternativa, utilizada para abastecimento de pontos que não exijam padrões de potabilidade, é o uso de água de chuva. Estudos têm demonstrado economia significativa de consumo de água potável, resultante do aproveitamento de água de chuva. Como exemplo, pode-se citar o caso um edifício residencial localizado no Sul do Brasil que apresentou redução de 48% no consumo de água potável, por meio da implementação desta solução (GHISI, 2006).

Os projetos hidrossanitários baseados em premissas de uso racional de água podem ser desenvolvidos para usos residenciais, de serviços e comerciais. A economia resultante destas ações é referente ao menor volume de água potável consumido, contemplando o benefício ambiental, mas também à redução de despesas mensais com contas de água, gerando também benefícios econômicos e sociais.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo verificar o custo adicional decorrente da implantação de medidas de uso racional de água. Para tanto, foi selecionado um projeto de uma habitação de interesse social sobre o qual foram propostas medidas de uso racional de água. Estas medidas poderão possibilitar economia para os moradores. Economias estas resultantes tanto da diminuição do volume de água potável consumido, quanto das reduções das respectivas despesas mensais com a conta de água. O projeto arquitetônico selecionado faz parte de um conjunto residencial composto por habitações de interesse social construído em 2013, em um município do interior do estado do Paraná, no sul do Brasil. Os dados de localização do empreendimento e da construtora não serão fornecidos, por razões de confidencialidade.

#### 4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho consiste em determinar o custo adicional de implementação de medidas de uso racional de água em habitação de interesse social, em comparação à um projeto hidrossanitário sem estas medidas. Este último será denominado neste trabalho como projeto hidrossanitário convencional.

#### 5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliação do projeto hidrossanitário convencional de uma habitação de interesse social e do respectivo orçamento, ambos fornecidos pela construtora responsável pelo empreendimento.
- Proposição de medidas de uso racional de água, incluindo substituição de metais e louças convencionais por similares de menor vazão e implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva.
- Elaboração do orçamento das medidas de uso racional de água propostas.

- Determinação do custo adicional das medidas de uso racional de água, em comparação ao projeto hidrossanitário convencional.

## 6.1 JUSTIFICATIVA

A oferta de empreendimentos para construção de habitações de interesse social está aumentando nos últimos no Brasil, tendo em vista a necessidade de redução do déficit habitacional. A importância da economia de água potável também está sendo mais enfatizada no país, principalmente em função da crise hídrica vivenciada na região sudeste em 2015. Portanto, estudos que avaliem o uso racional da água em projetos de interesse social são de suma importância. O presente trabalho foi realizado a partir de um projeto arquitetônico de habitação de interesse social, para avaliar o custo adicional necessário ao se optar pela implementação de medidas de uso racional de água. A consequente economia de água potável é uma contribuição que resulta em benefícios financeiros diretamente para os moradores na esfera individual, mas também em benefícios ambientais e sociais indiretamente para a comunidade no entorno da habitação.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os conceitos principais relacionados ao tema deste trabalho de conclusão de curso são apresentados neste capítulo, a partir da investigação de informações disponíveis na literatura. Inicialmente são apresentadas as definições e medidas referentes ao uso racional de água, seguidas das respectivas informações sobre os projetos hidrossanitários. Além destas, segue uma breve apresentação do conceito de habitação de interesse social, que é o objeto de estudo deste trabalho, e dos dados associados ao custo destas obras.

### 2.1 USO RACIONAL DE ÁGUA

Medidas de redução de desperdício de água potável nos sistemas prediais e aproveitamento de água de fontes alternativas têm sido adotadas atualmente no Brasil, devido aos problemas de abastecimento em diversas regiões (FARIA, 2014). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), na região sudeste, o maior problema hídrico refere-se à alta demanda aliada à poluição decorrente do lançamento de esgoto nas bacias hidrográficas. Por outro lado, na região nordeste o problema está associado à escassez quantitativa de disponibilidade hídrica (ANA, 2014). Apesar das diferentes razões para cada região brasileira, nota-se a necessidade comum de gerenciar os recursos hídricos de forma racional para reduzir o desperdício de água (SANEPAR, 2016).

#### 2.1.1 Políticas públicas, incentivos financeiros e educação ambiental

Políticas públicas para desenvolver o uso racional de água nas edificações estão sendo implantadas em vários municípios brasileiros. O Quadro 1 é apresentada uma relação de vinte e sete (27) legislações referentes ao uso racional de água em esfera municipal no Brasil. Este Quadro 1 foi elaborado através de busca, no acervo do site JusBrasil, por legislações que continham as palavras “uso racional de água” (JUSBRASIL, 2016). Vale salientar aqui dois aspectos: (1) que não foi feita uma investigação para confirmar se estas leis estão em vigor ou se foram criados decretos adicionais, e (2) que outros municípios que disponham de legislação não estejam listados no site. De qualquer forma, é interessante notar que a regulamentação deste tema está se popularizando nos últimos quinze (15) anos no Brasil.

Outra estratégia para incentivar a adoção de medidas de uso racional de água é o incentivo econômico a estas medidas. Por exemplo, no estado de São Paulo o Decreto 61180/15 propõe um apoio financeiro na forma de financiamento não reembolsável às ações que visem à conservação e o uso racional de água em creches, escolas, hospitais, unidades de saúde, habitações de interesse social e para entidades administrativas dos municípios paulistas (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2015). Outra possibilidade de incentivo econômico são os descontos no valor do imposto municipal oferecidos pela prefeitura, quando da aquisição de louças sanitárias eficientes. Como exemplo, na cidade de Guelph, no Canadá, um desconto é oferecido através do programa municipal intitulado “*Royal Flush Toilet Rebate*”, o qual pode ser traduzido como reembolso para descargas sanitárias (GUELPH CITY HALL, 2016). Ao instalar uma bacia sanitária de vazão reduzida ou de duplo acionamento, o consumidor recebe o valor de CAD\$ 75 (setenta e cinco dólares canadenses, equivalente à aproximadamente duzentos reais). Naquele município canadense há também incentivo financeiro ao reúso de águas cinzas e aproveitamento de água da chuva (GUELPH CITY HALL, 2016).

Todavia, é importante ressaltar que a educação ambiental é fundamental para garantir os resultados positivos ao programar medidas de uso racional de água. A educação ambiental pode ser entendida como um processo de divulgação das questões ambientais e busca por soluções de melhoria para o ambiente, a partir do conhecimento mais aprofundado dos problemas ambientais (EPA, 2016). Uma das ações de educação ambiental envolve a publicação de materiais informativos que abordam o uso racional da água em hábitos cotidianos. Como exemplo destes materiais estão a cartilha intitulada “A água que você desperdiça pode fazer falta amanhã” e o folder “O uso racional da água tem que fazer parte do seu dia-a-dia”, publicados respectivamente pela Companhia Vale do Rio Doce (COMPANHIA..., 2004) e pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA, 2016). Outra forma de conscientização e reflexão sobre o tema foi a criação, pela Organização das Nações Unidas (ONU), de uma data para comemorar o “Dia mundial da água” em 22 de março de 1992 (UNWATER, 2016). Seguindo esta estratégia, diversas cidades brasileiras implantaram leis para definição de dias e semanas de conscientização. Apenas para citar dois exemplos estão a Lei 5342/2004 de Governador Valadares, em Minas Gerais (JUSBRASIL, 2016) e a Lei 7875/2009 em Florianópolis, Santa Catarina (JUSBRASIL, 2016).



<b>Local</b>	<b>Legislação</b>	<b>Linhas Gerais</b>
Governador Valadares - MG	Lei 4952/02	Cria o programa de conservação e uso racional de água potável
Curitiba - PR	Lei 10785/03	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE
São José - SC	Lei Ordinária nº 4082/2003	Institui o programa de conservação e uso racional da água nas edificações – PROAGUA
Guarujá - SP	Lei 3153/04	Cria o programa conscientização e uso racional da água nas edificações.
Foz do Iguaçu - PR	Lei 2896/04	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações
São José dos Pinhais - PR	Lei 554/04	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE
Pato Branco - PR	Lei 2349/04	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações
Brusque - SC	Lei Complementar 114/05	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PROCURAE
São Vicente -SP	Lei 1549/05	Institui o programa de conservação e uso racional de água em edificações e dá outras providências
Recife - PE	Lei 17081/05	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações
São Paulo - SP	Lei 14018/05	Institui o programa de conservação e uso racional da água em edificações e dá outras providências
Diadema - SP	Lei 2451/05	Institui o programa de conservação e uso racional da água nas edificações e dá outras providências
Ponta Grossa - PR	Lei 8718/06	Institui o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial nas edificações urbanas
Taubaté - SP	Lei 3938/06	Institui o programa de conservação e uso racional da água e reúso em edificações e espaços públicos
Americana - SP	Lei 4389/06	Cria o "Programa Uso Racional da Água" e dá outras providências
Amparo - SP	Lei 3286/07	Cria o "Programa Uso Racional da Água"
Gaspar - SC	Lei 2904/07	Cria o programa de conservação e uso racional de água nas edificações
Itajaí - SC	Lei 4799/07	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações
Blumenau - SC	Lei 7216/08	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações
Porto Alegre - RS	Lei 10506/08	Institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas
Passo Fundo - RS	Lei 198/08	Cria o "programa uso racional" e dá outras providências

**Quadro 1 - Exemplos de legislações municipais relacionadas ao uso racional de água, para o período entre 2002 e 2016**

Local	Legislação	Linhas Gerais
Divinópolis - MG	Lei 6827/08	Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água e dá outras providências
Biguaçu - SC	Lei 2783/09	Dispõe sobre a criação do programa de conservação e uso racional da água e dá outras providências.
Santana do Parnaíba - SP	Lei 2942/09	Dispõe sobre a instituição do programa municipal de conservação e uso racional da água nas edificações públicas e privadas e dá outras providências
Florianópolis - SC	Lei 8080/09	Institui o programa de conservação, uso racional e reúso da água em edificações e dá outras providências
Canoas - RS	Lei 5434/09	Institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações
Garibaldi - RS	Lei 4038/10	Cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações

**Continuação Quadro 1 - Exemplos de legislações municipais relacionadas ao uso racional de água, para o período entre 2002 e 2016**

**Fonte: Compilado a partir de JusBrasil (2016).**

Outras estratégias para evitar o desperdício de água, especificamente em instalações prediais, são abordadas na sequência, incluindo medição individualizada de consumo, instalação de metais e louças sanitárias eficientes e uso de fontes alternativas de água.

### 2.1.2 Medição individualizada de consumo

Os sistemas de medição individualizada caracterizam-se pela instalação de medidores de consumo de água em unidades individuais de um conjunto maior, para que se possa verificar o consumo de cada unidade separadamente e não apenas o consumo total (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

Um estudo realizado por Peres e Oliveira (2006) constatou uma mudança no hábito dos usuários quanto ao uso de água, após uma reforma nas instalações prediais de um edifício, para implementação de medição individualizada. Antes da instalação dos medidores individualizados, a postura dos moradores era de despreocupação, mas depois passou a ser mais parcimoniosa, resultando em uma redução de aproximadamente 20% no consumo de água potável.

Outra vantagem da instalação destes medidores é a separação do valor total das despesas condominiais. Ou seja, a conta de água passa a ser cobrada independentemente da taxa de condomínio, assim como geralmente ocorre com as

contas de gás encanado e energia elétrica. Desta forma, uma conta é emitida pela concessionária para cada unidade consumidora e, em caso de inadimplência, o fornecimento pode ser suspenso apenas para a unidade inadimplente (COELHO; AULICINO, 2011).

Em diversos municípios brasileiros a medição individualizada está sendo obrigatória na elaboração de novos projetos como, por exemplo, nas cidades de Olinda (PE), São Paulo (SP), Porto Alegre (RS), Rio de Janeiro (RJ) e Vitória (ES) (NAKAMURA; GIRIBOLA, 2014). Em Curitiba (PR) a medição individualizada do consumo de água também é obrigatória desde o ano de 2006 para edifícios de habitação coletiva com área individual igual ou superior a 260 m<sup>2</sup> e nas construções de habitações unifamiliares em série e conjuntos habitacionais independentemente da área construída (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2006).

Além da medição individualizada, a especificação de metais e louças sanitárias eficientes também é uma medida utilizada que está se popularizando no Brasil para gerar economia no consumo de água (SUSTENTABILIDADE...,2012), conforme descrito a seguir.

### 2.1.3 Metais e louças sanitárias eficientes

Atualmente, no mercado brasileiro há diversos modelos de equipamentos sanitários que visam o uso eficiente de água (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Para especificação destes modelos devem ser considerados o perfil do usuário, as atividades desempenhadas no local e as características específicas dos equipamentos (FIGUEROLA, 2002). Além disso, certamente devem ser avaliadas a durabilidade e o custo de manutenção na escolha de determinado sistema (NAKAMURA; GIRIBOLA, 2014).

A norma brasileira ABNT NBR 15097:2011, intitulada “Aparelhos sanitários de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio”, recomenda valores mínimos para descarga em bacias sanitárias, sendo 6,5 litros para o modelo convencional e 5,8 litros para o modelo de caixa acoplada (ABNT, 2011). Porém, as bacias sanitárias em outros países podem possuir volume inferior ao determinado pela norma brasileira, por exemplo 4,8 litros, em função das condições locais do sistema hidráulico predial e da rede pública de esgoto (SUSTENTABILIDADE..., 2012).

Um estudo realizado por Uchida e Oliveira (2006) constatou uma redução de consumo de água de 19% em instalações prediais contendo bacias sanitárias de

acionamento duplo, em relação às instalações com bacias sanitárias de volume fixo. As bacias sanitárias de acionamento duplo possuem opção de acionamento de 3 litros para resíduos líquidos e de 6 litros para dejetos sólidos (UCHIDA; OLIVEIRA, 2006).

Também com relação ao uso eficiente e racional da água, detecta-se a necessidade de redução de consumo em metais sanitários que não possuam controle de vazão. Por exemplo, a utilização de arejadores instalados no corpo da torneira colabora para reduzir o volume de água utilizado por acionamento. Nos chuveiros, a redução pode ser obtida pela inserção de restritor de vazão no ramal de abastecimento.

A importância do uso de metais e louças sanitárias eficientes está diretamente relacionada ao consumo de água de cada aparelho. Em edificações públicas como escolas e hospitais, o consumo é majoritariamente definido pelas bacias sanitárias e corresponde de 35% a 50% do consumo total (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Isto também é observado em edifícios comerciais, de escritórios, restaurantes e hotéis, porém com adição de consumo para sistemas de resfriamento de ar condicionados e irrigação (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Em residências, no entanto, o consumo de água é bastante variável de acordo o perfil dos ocupantes. Estudos realizados nas cidades de Malvern e Mansfield, no Reino Unido (os quais são considerados precursores na análise de consumo por tipo de uso), também apresentaram as bacias sanitárias como responsáveis pelo maior consumo em residências, sendo aproximadamente 30% do consumo total (THACKRAY *et al.*, 1978 apud BARRETO, 2008). No entanto, para Barreto (2008), as bacias com caixa acoplada corresponderam a apenas 5,5% do consumo doméstico de água para consumidores na faixa de 15 a 20 m<sup>3</sup>/mês na capital paulista. Nos estudos de Barreto (2008), o consumo foi majoritariamente definido pelo chuveiro (13,9% do consumo total), em seguida por torneiras de cozinha (12% do consumo total) e máquinas de lavar (10,9% do consumo total).

Além da instalação de louças e metais sanitários eficientes, o aproveitamento de fontes alternativas de água, como o aproveitamento de água da chuva e o reúso de águas cinzas, está se tornando uma prática comum (NAKAMURA, 2014), conforme descrito a seguir.

#### 2.1.4 Fontes alternativas de água

É considerada uma fonte alternativa de abastecimento, toda água que não está sob concessão de órgãos públicos, que não tem cobrança pelo uso, ou que tem

características de composição diferentes da água potável fornecida pela concessionária (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

Em geral, as fontes alternativas mais utilizadas em sistemas prediais são a água cinza e a água da chuva (CONSELHO..., 2009). É importante que as tubulações nestes sistemas sejam diferenciadas por cores e que tenha comunicação visual suficiente para evitar o uso indevido da água não potável (CONSELHO..., 2009).

A água da chuva vem sendo utilizada como fonte de abastecimento alternativo em diversos lugares do mundo. Por exemplo, desde o século XIX, a prática de coletar e aproveitar a água proveniente da chuva já era comum nos Estados Unidos (HOWKEN *et al.*, 2010). Na Alemanha, desde 1980, a água da chuva já é utilizada para fins como irrigação, descarga de bacias sanitárias e máquinas de lavar roupa (TOMAZ, 2003).

No Brasil, a água de chuva também vem sendo aproveitada há vários anos. Em 2007 foi publicada uma norma que estabelece requisitos para o aproveitamento de água de chuva de para finalidades não potáveis. Esta norma é intitulada ABNT NBR 15527:2007 - Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas pra fins não potáveis – Requisitos e foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ABNT, 2007).

O sistema convencional de aproveitamento de água de chuva é formado por área de captação, calhas, condutores e reservatório, sendo que mais dispositivos podem ser adicionados ao sistema para garantir a qualidade desta água, de forma a não comprometer a saúde dos usuários deste sistema (NAKAMURA, 2014).

Um sistema simplificado tem sido utilizado na América do Norte, os chamados *Rain Barrels* ou barris de chuva. Este sistema consiste basicamente de um barril, ou bombona, para armazenamento de água da chuva, conectado diretamente ao condutor de águas pluviais (RAIN BARREL GUIDE, 2016). São considerados dispositivos eficientes de baixo custo e fácil manutenção, que possibilitam o uso da água de chuva para finalidades não-potáveis (SOUZA e TUCCI, 2016). A água armazenada é normalmente utilizada para irrigação e limpeza de áreas externas, conforme apresentado na Figura 1. Atualmente, há diversos fornecedores norte-americanos que produzem e comercializam este sistema pronto e sua montagem pode ser feita a partir de materiais facilmente encontrados no mercado.





**Figura 1 - Barril de chuva**

**Fonte: a) THIS OLD HOUSE (2016); b) APPLE BAUM REALTY (2016) e c) STORMWATER MANAGEMENT (2016).**

## 2.2 PROJETOS HIDROSSANITÁRIOS

Os projetos hidrossanitários contemplam instalações prediais de água fria, de esgotamento sanitário e de captação de águas pluviais. Neste trabalho o foco é relacionado a propostas de substituição de metais e louça sanitária em um projeto de água fria existente, mas também de implementação de um sistema de aproveitamento de água de chuva. O projeto de aproveitamento de água de chuva utiliza os componentes do projeto de captação de águas pluviais, conforme descrito a seguir.

### 2.2.1 Projeto de Águas Pluviais

A instalação predial de águas pluviais tem como função básica a drenagem das águas pluviais em coberturas, terraços, pátios e quintais. No Brasil, o documento que estabelece os parâmetros, exigências e critérios que devem ser seguidos, dentro deste escopo, é a norma ABNT NBR 10844:1989 (ABNT, 1989).

Para uma habitação de interesse social, uma residência de pequeno porte, os itens que são dimensionados a partir das recomendações da norma ABNT NBR 10844:1989 são: calha, condutores verticais e condutores horizontais (ABNT, 1989).

### 2.2.2 Projeto de Aproveitamento de Água de Chuva

Um sistema convencional de aproveitamento de água de chuva é formado por calhas, condutores, reservatório e sistema de distribuição para usos não potáveis. Se necessário, dispositivos podem ser adicionados ao sistema para proporcionar melhoria na qualidade da água de chuva armazenada.

Para o dimensionamento dos demais componentes do sistema e dos requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a ABNT publicou, em 2007, a norma ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007).

O item do sistema de aproveitamento de água de chuva que gera maiores discussões no meio acadêmico é o dimensionamento do reservatório e diversos métodos são sugeridos na referida norma. Segundo Ghisi (2011), os métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto resultam em reservatórios maiores do que o necessário. Enquanto que Bezerra *et al.* (2010), salientam a importância de comparação dos volumes obtidos pelos métodos sugeridos naquela norma, de acordo com aspectos específicos de cada projeto, como a área disponível para inserção do reservatório e o custo de sua construção.

A mesma norma orienta a instalação de dispositivos adicionais para remoção de detritos, como grades e telas, e de equipamentos de descarte da primeira chuva. Para remoção das partículas maiores, o mecanismo utilizado é de filtragem e diversos fornecedores já produzem e comercializam modelos no Brasil. Além disso, em sistemas simplificados, pode-se optar pelo uso de telas de nylon ou de polipropileno, que também são eficientes na remoção do material grosseiro como galhos, folhas e insetos (IPT, 2015).

Os sistemas de descarte da primeira chuva, também chamados de *first flush* são pequenos reservatórios que descartam o volume equivalente à primeira água de uma chuva (NAKAMURA, 2014). Esta água seria a responsável pela lavagem do telhado e por isso contém maior carga de contaminantes (MIERZWA *et al.*, 2007). Costa (2011) identificou uma melhora significativa na qualidade da água aproveitada

com sistema de descarte do escoamento inicial, quando comparada a um projeto sem este mecanismo.

Além destes itens, em alguns casos, pode ser necessária a desinfecção de água de chuva devido à grande carga de poluentes, caso observado em regiões próximas a centros urbanos ou áreas industrializadas (SILVA e DOMINGOS, 2007). A desinfecção consiste em inativar os organismos patogênicos a partir da utilização de compostos químicos oxidantes ou corrosivos, raios ultravioleta, calor ou processo de separação física por membranas (SAUTCHUK *et al.*, 2005). Segundo Nakamura (2014), o sistema normalmente utilizado é de inserção de cloro.

Ainda, na ABNT NBR 15527:2007 são estabelecidos parâmetros mínimos de qualidade da água de chuva para aproveitamento em fins não potáveis (Quadro 2) e da frequência de manutenção dos componentes do sistema (Quadro 3).

Parâmetro	Periodicidade das análises
1. Coliformes totais	Semestral
2. Coliformes termotolerantes	Semestral
3. Cloro residual livre	Mensal
4. Turbidez	Mensal
5. Cor aparente	Mensal
6. Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal

**Quadro 2 - Parâmetros necessários de qualidade de água de chuva**

Fonte: ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007)

Componente	Manutenção
1. Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
2. Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
3. Calhas, condutores verticais e horizontais	Limpeza semestral
4. Dispositivos de desinfecção	Limpeza Mensal
5. Bombas	Limpeza Mensal
6. Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

**Quadro 3 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva**

Fonte: ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007)

Como a proposta de implementação de medidas de uso racional de água, desenvolvida neste trabalho, foi elaborada a partir de um projeto de habitação de



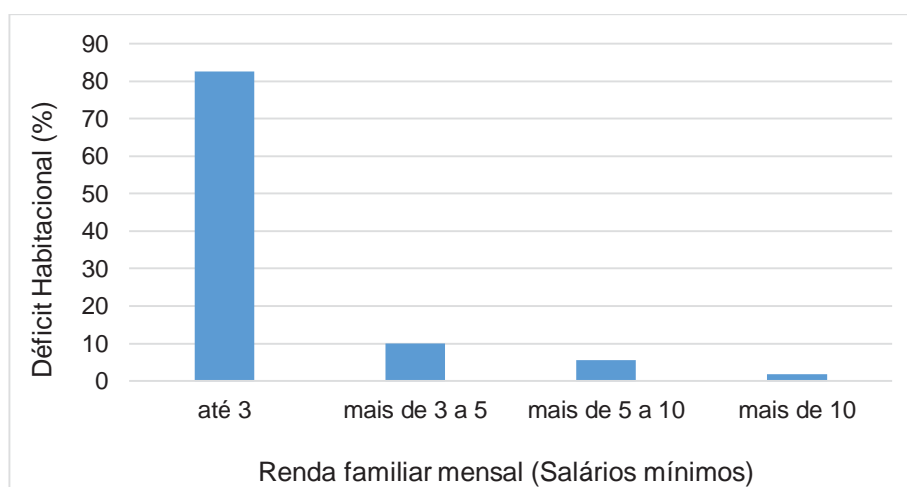
interesse social, o próximo tópico trata de algumas informações para contextualizar o assunto.

### 2.3 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

O termo habitação de interesse social neste trabalho considera as moradias para o segmento da população de renda familiar inferior a três (3) salários mínimos (CAIXA, 2016). É também nesta classe que está a maior carência de moradias, uma vez que famílias com esta faixa de renda familiar correspondem a 82,5% do déficit habitacional do Brasil (FJP; CEI, 2012).

Habitação de interesse social é também chamada de popular, social, sub-normal, de baixo custo ou para população de baixa renda. Todavia, há diferenças entre estes conceitos, como o termo “baixo custo” que se refere a uma habitação barata (não necessariamente destinada à população de menor renda), e o termo “popular” que é exemplificado pelas favelas, cortiços e outras habitações carentes (ABIKO, 1995). Já a denominação de moradia para “população de baixa renda” é similar à habitação de interesse social (ABIKO, 1995)

A Figura 2 apresenta o déficit habitacional de acordo com a renda familiar. O déficit habitacional é o indicador que apresenta de modo imediato a necessidade de construção de novas moradias, como forma de solucionar problemas sociais (FJP, 2013).



**Figura 2 - Distribuição percentual do déficit habitacional urbano por faixas de renda média familiar mensal**

Fonte: Elaborado a partir de FJP e CEI (2012)

Atualmente no Brasil o déficit habitacional corresponde a 5,85 milhão de moradias (FJP, 2015). Destes, 85% referem-se ao meio urbano e as regiões com maior déficit habitacional absoluto são Sudeste e Nordeste (FJP, 2015). Segundo o Ministério das Cidades (2009), as estratégias para aumentar a construção de moradias são o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Ao programa MCMV atribui-se a redução de 2,8% ao ano no déficit habitacional, entre os anos de 2010 e 2014 (FIESP, 2016).

O MCMV é um programa do governo federal destinado às famílias de baixa renda, classificadas em faixas de renda bruta mensal, para as quais há diferentes condições de financiamento. O Quadro 4 apresenta essas variações dentro do programa. As faixas salariais foram calculadas considerando o salário mínimo nacional no ano de 2016, sendo oitocentos e oitenta reais (R\$ 880).

<b>Faixa do MCMV</b>	<b>Renda familiar mensal</b>	<b>Característica</b>
Faixa 1	Até R\$1800 (aproximadamente 2 salários mínimos)	Até 90% de subsídio do valor do imóvel. Pago em até 120 prestações mensais de no máximo R\$270, sem juros.
Faixa 1,5	Até R\$ 2350 (aproximadamente 2,5 salários mínimos)	Até R\$ 45000 de subsídio, com 5% de juros ao ano.
Faixa 2	Até R\$ 3600 (aproximadamente 4 salários mínimos)	Até R\$ 45000 de subsídio, com 5,5% a 7% de juros ao ano.
Faixa 3	Até R\$ 6500 (aproximadamente 7,5 salários mínimos)	Sem subsídio, com 8,16% de juros ao ano.

**Quadro 4 - Faixas salariais e características específicas no programa MCMV**

Fonte: Adaptado de CAIXA (2016)

Além destas faixas, em 2010 foi criada uma nova modalidade, dentro do MCMV, destinada a organizações da sociedade civil sem fins lucrativos, o Minha Casa Minha Vida Entidades, para o qual já foram contratadas aproximadamente 60 mil moradias (CAIXA, 2016). Nesta categoria, inserida na Faixa 1 (renda mensal de até R\$1800, ou 2 salários mínimos), famílias organizadas de forma associativas (Associações, Cooperativas e outros) produzem e administram a obra de sua própria unidade habitacional e por esta razão é possível elaborar unidades maiores e com material de melhor qualidade (CAIXA, 2016).

A construção de habitações de interesse social, além de contribuir para suprir a demanda reprimida, deve considerar a qualidade dos projetos entregues. Estes devem apresentar condições de habitabilidade, necessárias para garantir saúde,

integridade física e durabilidade, de forma a melhorar a qualidade de vida dos moradores e gerar valorização do imóvel (BLUMENSCHNEIN *et al.*, 2012). Segundo Reis e Lay (2010), apenas a partir de projetos arquitetônicos adequados é possível tornar a habitação de interesse social também socialmente sustentável. Neste ponto de vista sustentável, deve-se buscar pelo equilíbrio entre características técnicas, econômicas, sociais e de preservação ambiental (BLUMENSCHNEIN *et al.*, 2012). Um dos desafios nesse sentido, para a construção de habitações de interesse social como as do programa MCMV, tem sido atender requisitos mínimos da norma de desempenho ABNT NBR 15.575:2013 (WEBBER, 2014).

A norma ABNT NBR 15.575:2013 trata do desempenho de edificações habitacionais e pode ser considerada um avanço para o setor, a medida que nela estão definidos requisitos mínimos para conformidades nos projetos entregues (ANDRADE, 2013). Nesta norma, por exemplo, são apresentados padrões de vida útil para projetos de estruturas, vedações, fachadas e instalações prediais, além de apresentar a importância de manutenção adequada, durabilidade e desempenhos térmico e acústico (GUIA...,2013). Por outro lado, as edificações construídas de acordo com esta norma, geralmente possuem um custo mais elevado do que o convencional, por conta da seleção de materiais mais adequados e projetos mais detalhados (MARQUES, 2015). Por este motivo, esta norma representa um grande desafio para a construção de casas no padrão popular/ habitação de interesse social.

Por outro lado, há casos no Brasil de soluções sustentáveis viáveis economicamente em habitações de interesse social. Como exemplo tem-se a instalação de sistema de aquecimento solar em casas do programa habitacional de Curitiba, capaz de reduzir em 50% o consumo de energia elétrica, com um investimento inicial de apenas 5% em relação ao custo total da obra (CAMARGO, 2014). Atualmente, a Portaria nº 93 (2010) do Ministério das Cidades prioriza projetos com sistemas de energia solar, dentro do programa MCMV, para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Neste sentido, há também um projeto de lei, para tornar obrigatório o sistema de captação de água de chuva nas moradias do programa MCMV (SENADO, 2015).

Além da questão de redução no consumo de energia, diversos estudos tem avaliado a viabilidade de implantação de sistemas que economizem água em habitações de interesse social, por exemplo, a partir do abastecimento por fonte alternativa para fins não potáveis (CARDOSO, 2010; GERHARDT *et al.*, 2014). Do

ponto de vista financeiro, segundo David (2015), quando estas medidas são implementadas na fase de projeto é possível diluir seu custo e implantá-las da melhor forma.

Conforme indicado anteriormente, o objetivo geral deste trabalho consiste em determinar o custo adicional de implementação de medidas de uso racional de água em habitação de interesse social, em comparação com um projeto convencional, ou seja, sem estas medidas. Para tanto, descreve-se a seguir a metodologia utilizada.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os projetos arquitetônico e hidrossanitário de uma habitação de interesse social construída no Paraná em 2013, bem como seus respectivos orçamentos executivos, são a base deste trabalho. Os funcionários da construtora que executou a obra forneceram todos os dados necessários para a compilação destas informações. A habitação totaliza 40,80 m<sup>2</sup> de área construída e é dividida em cinco cômodos: cozinha, sala de estar, banheiro e dois quartos. O projeto contempla também a instalação de um tanque na parte externa (Figura 3). Conforme mencionado no Capítulo 1, os dados exatos da localização do empreendimento e da construtora não estão descritos, por razões de confidencialidade.

O projeto hidrossanitário utilizado pela construtora está sendo denominado neste trabalho como “projeto convencional”, por não contemplar medidas de uso racional de água. Este projeto hidrossanitário inclui o projeto de instalações prediais de água fria e de esgoto. A obra não possui projeto de captação de águas pluviais.

As informações contidas no orçamento fornecido pela construtora contemplam todos os itens e serviços necessários para a construção, bem como seu respectivo custo. Para o presente trabalho os itens analisados foram: a) instalações hidráulicas, b) aparelhos. Em “instalações hidráulicas” estão inclusas as tubulações de água fria e a especificação do reservatório e na categoria “aparelhos” estão descritas as especificações de metais e louças sanitárias. Estas categorias foram assim indicadas no orçamento fornecido pela construtora.

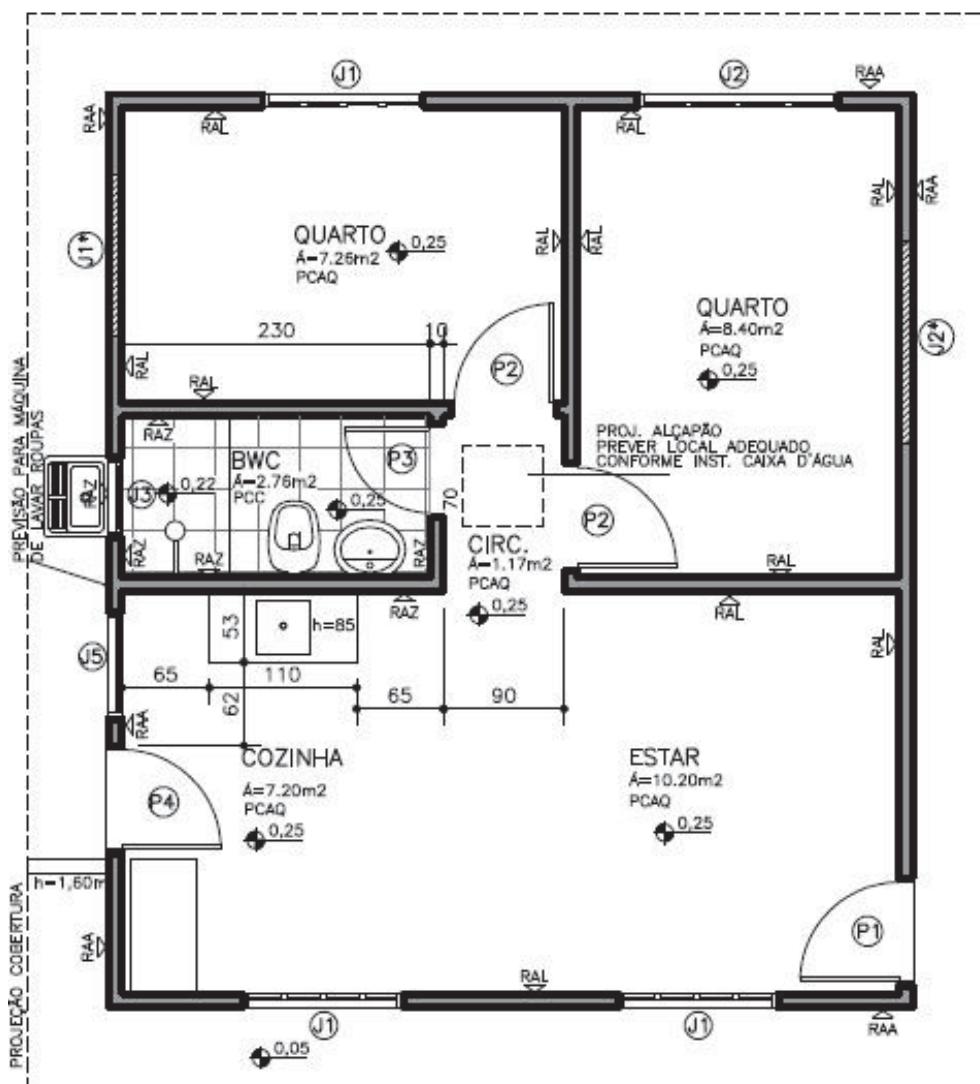


Figura 3 - Planta baixa da habitação de interesse social utilizada neste trabalho  
 Fonte: Omitida por razões de confidencialidade.

### 3.1 AVALIAÇÃO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL

A avaliação do projeto hidrossanitário foi realizada a partir da análise das plantas, orçamentos e memorial descritivo, fornecidos pela construtora.

### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO COM MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA

A partir dos dados fornecidos pela construtora, foram desenvolvidas as seguintes propostas de projeto hidrossanitário com medidas de uso racional de água.

### 3.2.1 Substituição de metais e louças

A primeira medida de uso racional de água proposta para a habitação de interesse social em questão foi a substituição dos metais e louça sanitária especificados no projeto convencional, por similares de menor vazão. Os itens avaliados foram: bacia sanitária, torneira de lavatório, torneira de cozinha, torneira para o tanque de limpeza e chuveiro.

### 3.2.2 Aproveitamento de água de chuva

Além da substituição dos metais e louças sanitárias, foi desenvolvido o projeto de instalações prediais de captação de águas pluviais, para posterior armazenamento e aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Estes projetos foram elaborados segundo as recomendações das normas brasileiras ABNT NBR 10844:1989 - Instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1998) e ABNT NBR 15527:2007 – Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos (ABNT, 2007).

O projeto de instalações prediais de drenagem de águas pluviais foi desenvolvido com auxílio do software Revit, versão 2016, a partir do qual foram obtidas as plantas, cortes e detalhamentos necessários.

O Revit é um software desenvolvido pela Autodesk a partir do conceito BIM, do inglês *Building Information Modeling*, que significa Modelagem da Informação da Construção. Dessa forma, o software permite o trabalho colaborativo interdisciplinar, ou seja, sua plataforma permite a modelagem do projeto arquitetônico simultaneamente ao desenvolvimento de projetos complementares, de forma que a compatibilização seja precisa. Além disso, a partir do software é possível acessar ferramentas auxiliares como especificação de materiais e levantamento quantitativo.

Neste trabalho, o Revit foi utilizado para modelagem do projeto arquitetônico, de captação de águas pluviais e de aproveitamento de água de chuva. Os itens do projeto foram pré-dimensionados de acordo com as normas mas a modelagem foi feita com o uso do software.

## 3.3 ELABORAÇÃO DE ORÇAMENTO DAS PROPOSTAS COM MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA

Na sequência foi realizado o levantamento quantitativo de metais e louças sanitárias eficientes e dos componentes do projeto de aproveitamento de água de

chuva. O levantamento quantitativo dos componentes do projeto foi obtido a partir de informações compiladas no software Revit, o qual foi utilizado para elaboração do projeto de drenagem de águas pluviais, e das especificações no projeto de aproveitamento de água de chuva.

O orçamento das tubulações, conexões, metais, louças sanitárias eficientes, e do reservatório de água de chuva, foi obtido em pesquisa de mercado.

### 3.4 AVALIAÇÃO DO CUSTO ADICIONAL DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO COM MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA

A determinação do custo adicional de implementação das medidas de uso racional de água foi realizada por análise comparativa dos custos associados ao projeto hidrossanitário convencional. Os custos presentes no orçamento convencional foram atualizados de acordo com a variação do CUB no período analisado, para que a comparação fosse efetiva.

Os resultados foram apresentados em quatro cenários diferentes, sendo respectivamente:

- Cenário A: Aquisição de metais e louça sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva;
- Cenário B: Aquisição de adaptadores e arejadores para os metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva;
- Cenário C: Aquisição de adaptadores e arejadores para os metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva com bombona;

Cenário D: Aquisição de adaptadores e arejadores para os metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água.

No próximo capítulo são apresentados os resultados e discussões destes quatro cenários diferentes.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão apresentados e discutidos os principais resultados. A apresentação é iniciada a partir da análise do projeto fornecido pela construtora e segue com a descrição das propostas deste trabalho, para implementação de medidas de uso racional de água. A primeira proposta apresentada trata da substituição dos metais e louça sanitária. Depois segue o desenvolvimento de um projeto para captação de águas pluviais, acrescido de dois sistemas distintos para aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

### 4.1 DADOS COMPILADOS DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO CONVENCIONAL E ORÇAMENTO

O projeto hidrossanitário convencional, disponibilizado pela construtora, contemplava o projeto de água fria e esgoto, mas não estava previsto projeto de captação de água pluvial.

A partir do projeto de água fria convencional, foram compilados os dados das pranchas de detalhamento e do orçamento, para posteriormente serem comparados com a proposta de substituição por metais e louça de menor vazão de consumo de água.

Os itens relativos aos metais e louça são apresentados na Tabela 1. Estes itens totalizavam trezentos e vinte e um reais e sessenta e oito centavos (R\$ 321,68), que correspondiam a aproximadamente 1% do custo total direto da construção. O custo total direto da construção estava orçado em trinta mil seiscentos e noventa e cinco (R\$ 30695,00). Estes valores são referentes ao ano de 2012, quando orçamento foi elaborado pela construtora.

**Tabela 1 - Descrição e custo dos metais e louça sanitária do projeto convencional no ano 2012**

<b>Materiais</b>	<b>Unid.</b>	<b>Qtidade.</b>	<b>Custo</b>
Chuveiro plástico elétrico 220V 4000W	un	1	R\$ 30,08
Vaso sanitário, auto sifonado, com caixa acoplada, de louça	un	1	R\$ 236,27
Torneira metálica - 1/2" p/ lavatório	un	1	R\$ 20,95
Torneira metálica - longa - 3/4" (parede) p/cozinha	un	1	R\$ 17,19
Torneira metálica - curta - 3/4" (parede) c/bico p/tanque	un	1	R\$ 17,19
<b>Total</b>			
Custo Total			R\$ 321,68

**Fonte: Omitida por razões de confidencialidade**

Conforme indicado anteriormente, o projeto disponibilizado pela construtora não contemplou projeto de captação de águas pluviais, e portanto não há compilação para componentes desta informação.

#### 4.2 PROPOSTA DA SUBSTITUIÇÃO DE METAIS E LOUÇA SANITÁRIA

A seleção de metais e louça sanitária foi baseada na busca por modelos similares aos descritos no orçamento fornecido pela construtora, porém, contemplando vazões fixas e volumes reduzidos de consumo de água. Este levantamento foi realizado das seguintes formas:

- Pesquisa de mercado em lojas especializadas em metais e louças sanitárias na cidade de Curitiba – PR;
- Pesquisa de mercado em sítios da internet; e
- Consulta direta aos fornecedores.

A única louça sanitária indicada no projeto convencional era uma bacia sanitária de caixa acoplada, porém não havia especificação do tipo de acionamento. A proposta de substituição incluiu um sistema de duplo-acionamento de 3 e 6 litros, porque oferece a opção de descarga reduzida (3 L) para resíduos apenas líquidos, conseqüentemente demanda menor volume de água comparado ao sistema de acionamento único de 6 litros. Além disso, atualmente há ampla disponibilidade deste produto no mercado e o valor da caixa acoplada de 3 e 6 litros está similar ao de acionamento único de 6 litros (Tabela 2).

Os metais sanitários contemplavam torneiras e chuveiro. Para todas as torneiras (lavatório, cozinha e tanque de limpeza) foram obtidas duas opções de sistemas que geram economia no consumo de água. A primeira opção refere-se à compra apenas dos adaptadores e arejadores compatíveis com as torneiras já indicadas no orçamento da construtora, e a segunda opção refere-se à compra de torneiras que já possuem um sistema de redução de vazão embutido em sua estrutura.

A indicação no projeto era de um chuveiro elétrico de 4000 W (Watts). Porém, ao realizar esta pesquisa agora em 2016, não foi encontrado no mercado o chuveiro elétrico de 4000 W. Optou-se então pela especificação de um chuveiro de 4400 W e, além disso, não foi adicionado sistema de restrição de vazão para este equipamento. A ausência de sistema de restrição de vazão é por conta da instalação ser feita em uma habitação térrea, cuja pressão da instalação hidráulica é inferior a 3 mca (metros de coluna d'água). No manual de instruções deste chuveiro de 4400 W, e de outros

similares, consta a advertência ao uso de restritor para casos em que a pressão é inferior a 8 mca, pois implica no mal funcionamento do equipamento.

As especificações e orçamentos obtidos estão compilados na Tabela 2. Estes valores são referentes ao ano de 2016.

**Tabela 2 - Especificação e orçamentos de metais e louça sanitária de vazões reduzidas em 2016**

<b>Materiais</b>	<b>Marca</b>	<b>Vazão</b>	<b>Custo*1</b>
Chuveiro plástico elétrico 220 V 4000 W*2	-	-	-
Chuveiro plástico elétrico 220 V 4400 W	Enerbras	4,1 L/min (*3)	R\$ 35,90
Vaso sanitário, auto sifonado, com caixa acoplada, de louça	Logasa	6 L	R\$ 169,90
Vaso sanitário com caixa acoplada de duplo acionamento	Celite	3 e 6 L/acionamento	R\$ 174,90
Torneira metálica de 1/2" p/ lavatório, sem arejador, conforme especificação no orçamento da construtora	Fortmetais	-	R\$ 29,77
Carcaça para arejador da torneira metálica 1/2" p/ lavatório	Blukit	-	R\$ 17,18
Arejador para torneira metálica de 1/2" p/ lavatório	Fabrimar	1,8 L/min	R\$ 27,95
Torneira metálica de 1/2" (lavatório) com arejador acoplado *4	Deca	8 L/min	R\$ 305,90
Torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha sem arejador, conforme especificação no orçamento da construtora	Famosa	-	R\$ 41,29
Carcaça para arejador da torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha	Blukit	-	R\$ 17,18
Arejador para torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha	Fabrimar	6 L/min	R\$ 18,86
Torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha com arejador acoplado *4	Deca	8 L/min	R\$ 335,90

**Fonte: Autoria própria.**

**Continuação da Tabela 2 - Especificação e orçamentos de metais e louça sanitária de vazões reduzidas em 2016**

<b>Materiais</b>	<b>Marca</b>	<b>Vazão</b>	<b>Custo<sup>*1</sup></b>
Torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque sem arejador, conforme especificação no orçamento da construtora	Famosa	-	R\$ 21,00
Carcaça para arejador da torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque	Blukit	-	R\$ 17,18
Arejador para torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque	Fabrimar	6L/min	R\$ 18,86
Torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque com arejador acoplado <sup>*4</sup>	Deca	8 L/min <sup>*5</sup>	R\$ 335,90
Adaptador para bico de torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque	( <sup>*6</sup> )	-	R\$ 5,96

Obs.: <sup>\*1</sup> Valores para o ano de 2016.

<sup>\*2</sup> Produto não encontrado no mercado em 2016.

<sup>\*3</sup> Corresponde a vazão mínima de funcionamento do chuveiro.

<sup>\*4</sup> Produto com fechamento automático, pois não foi encontrado produto similar com sistema de abrir e nem com bico e arejador acoplado juntos ou.

<sup>\*5</sup> Não foi encontrado produto com arejador acoplado de vazão inferior a 8 L/min.

<sup>\*6</sup> Marca não indicada pelo fornecedor.

**Fonte: A autoria própria.**

Com base nas informações da Tabela 2, nota-se que não foram encontradas torneiras de abrir (simples) que possuíssem arejador acoplado de fábrica. Este mecanismo estava disponível apenas para modelos de torneiras com fechamento automático. Estes valores serão utilizados para a análise comparativa nas opções de substituir os metais e louça sanitária previstos no orçamento convencional, via aquisição de metais com os dispositivos de redução de vazão já incorporados, ou pela aquisição de adaptadores e arejadores para os metais previstos.

Além desta proposta de substituição dos materiais, um projeto de captação de águas pluviais foi desenvolvido, conforme apresentado a seguir.

#### 4.3 PROJETO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O dimensionamento dos componentes do projeto de instalações prediais de águas pluviais foi feito com base na norma ABNT NBR 10844:1989. Os componentes deste projeto são: a) calhas, b) condutores verticais e c) condutores horizontais. As calhas são os componentes que recebem a água da chuva diretamente das

coberturas, terraços e similares. Os condutores verticais são as tubulações verticais que conduzem a água das calhas para a parte inferior de uma edificação. Os condutores horizontais são as tubulações horizontais destinadas a conduzir a água de um ponto à outro horizontalmente, normalmente são enterrados.

#### 4.3.1 Dimensionamento das calhas

Para o dimensionamento das calhas é necessário determinar a vazão de projeto, expressa pela Equação (1):

$$Q = I \times A/60 \quad (1)$$

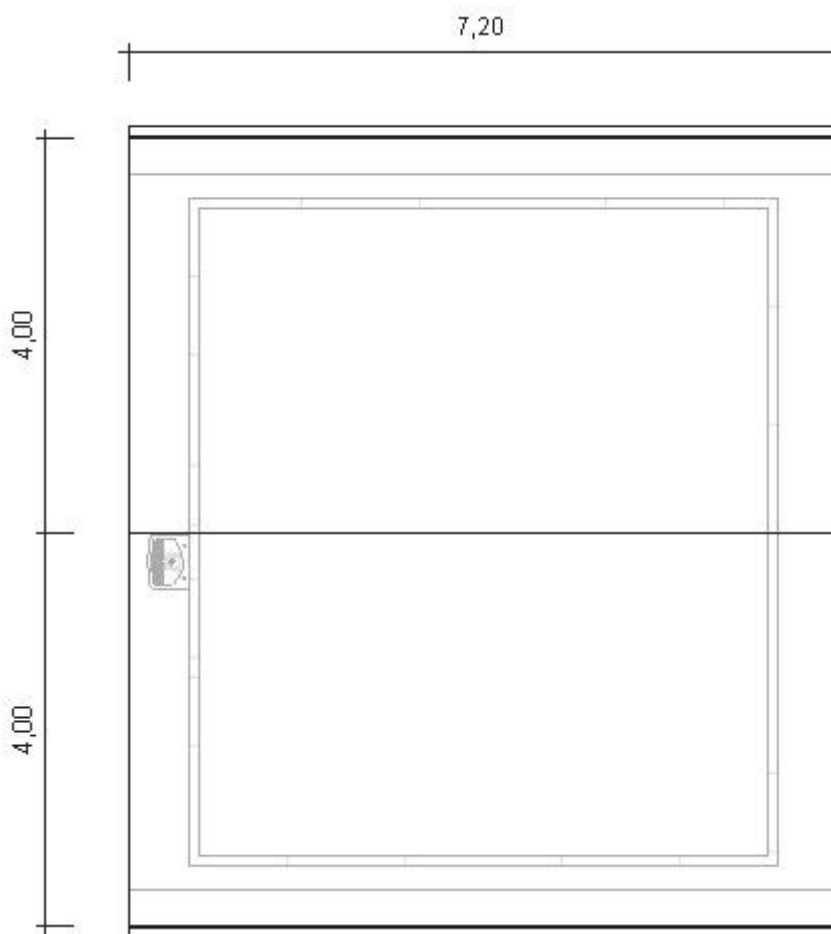
Onde:

$Q$  = Vazão de projeto em litros por minuto (L/min)

$I$  = Intensidade pluviométrica em milímetros por hora (mm/h)

$A$  = Área de cobertura em projeção (m<sup>2</sup>)

Neste projeto, a área de cobertura em projeção ( $A$ ) corresponde a 28,8 m<sup>2</sup> para cada calha, conforme apresentado na Figura 4. A intensidade pluviométrica ( $I$ ) foi estimada em 150 mm/h, conforme recomendação da norma para coberturas com área de projeção inferior a 100 m<sup>2</sup>.



**Figura 4 - Cobertura em projeção com calhas nas bordas**  
**Fonte: Autoria própria.**

No entanto, para casos onde a saída da calha está a uma distância inferior a 4 metros de uma mudança de sentido, deve-se utilizar um coeficiente multiplicativo da vazão do projeto. Neste caso, este valor corresponde a 1,05 e a vazão de projeto obtida é expressa pela Equação (2):

$$Q = 1,05 \times I \times A \quad (2)$$

Realizando os cálculos, a vazão de projeto resultante foi de 75,6 L/min para cada calha, uma para cada água de telhado.

Outro parâmetro necessário para o dimensionamento da calha é o coeficiente de rugosidade do material utilizado na calha. Neste caso, a calha indicada será de plástico (PVC) e seu coeficiente de rugosidade é 0,011. Este valor segue o indicado na Tabela 2 da norma ABNT NBR 10844:1989.

A calha será de seção semicircular e a inclinação adotada será a mínima de 0,5%, conforme a norma de referência. A partir destes resultados (vazão de projeto, coeficiente de rugosidade e inclinação) e da Tabela 3 da referida norma, foi definido um diâmetro de 100 mm para a calha semicircular.

Todavia, devido à dificuldade de encontrar no mercado a calha semicircular e seus componentes com diâmetro de 100 mm, optou-se pela utilização de calha semicircular de 125 mm de diâmetro, que por ter maior volume, também atende aos requisitos da norma ABNT NBR 10844:1989.

#### 4.3.2 Dimensionamento dos condutores verticais

Para o dimensionamento dos condutores verticais, também foram seguidas as recomendações da norma ABNT NBR 10844:1989. O dimensionamento destes componentes pode ser feito com base em ábacos apresentados na referida norma, para os quais a entrada dos dados é comprimento do condutor vertical, altura da lâmina de água e vazão de projeto.

O comprimento vertical do condutor corresponde ao pé-direito da habitação, igual a 2,5 m. A altura mínima da lâmina de água na calha corresponde à metade da altura da seção da respectiva calha. Neste caso, a altura da lâmina de água adotada é de 50 mm. A vazão de projeto para o condutor vertical corresponde a soma da vazão de projeto de cada calha. Portanto, a vazão de projeto é igual a 151,2 L/min. Vale ressaltar que está sendo proposto um único condutor vertical, o qual receberá a contribuição pluvial das duas calhas projetadas, sendo uma calha em cada água do telhado.

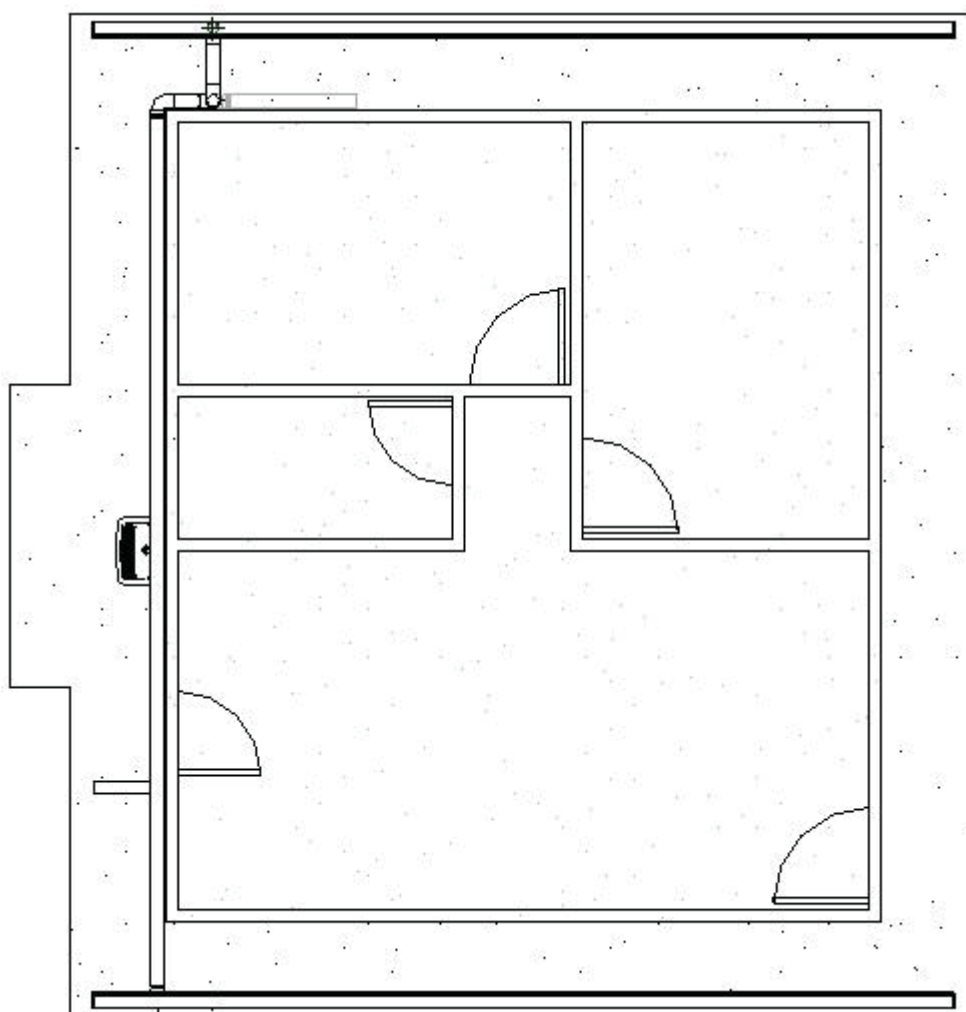
A partir destes resultados, obtém-se um diâmetro de 50 mm no ábaco da norma ABNT NBR 10844:1989. Todavia, é também indicado, na referida norma, que o diâmetro mínimo deve ser de 70 mm. Portanto este diâmetro maior foi adotado.

#### 4.3.3 Dimensionamento dos condutores horizontais

Quanto ao dimensionamento dos condutores horizontais, a mesma norma fornece uma tabela (Tabela 4, na norma ABNT NBR 10844:1989) com as capacidades destes condutores quanto à vazão em L/min. As informações necessárias para consultar esta tabela são o coeficiente de rugosidade do material e a declividade. Para os condutores horizontais, também foram propostas declividade mínima de 0,5% e coeficiente de rugosidade de 0,011, pois o material é o mesmo da calha. Como a

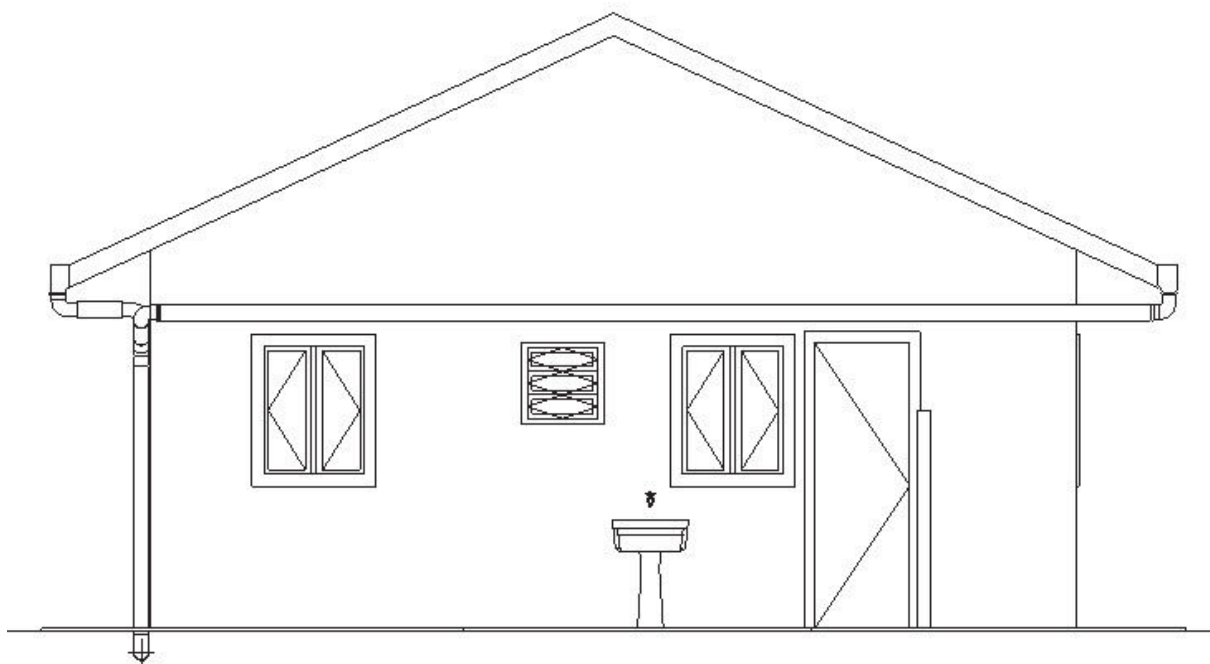
vazão de projeto, calculada anteriormente para o condutor vertical, corresponde a 151,2 L/min, o diâmetro obtido a partir da referida norma é de 100 mm.

Como o condutor vertical é interligado aos condutores horizontais, optou-se por adotar o mesmo diâmetro para estes dois componentes. Além de facilitar construtivamente, esta consideração otimiza o orçamento, uma vez que não é necessária a adoção de conexões redutoras. O diâmetro adotado para condutores horizontais e verticais foi de 100mm.

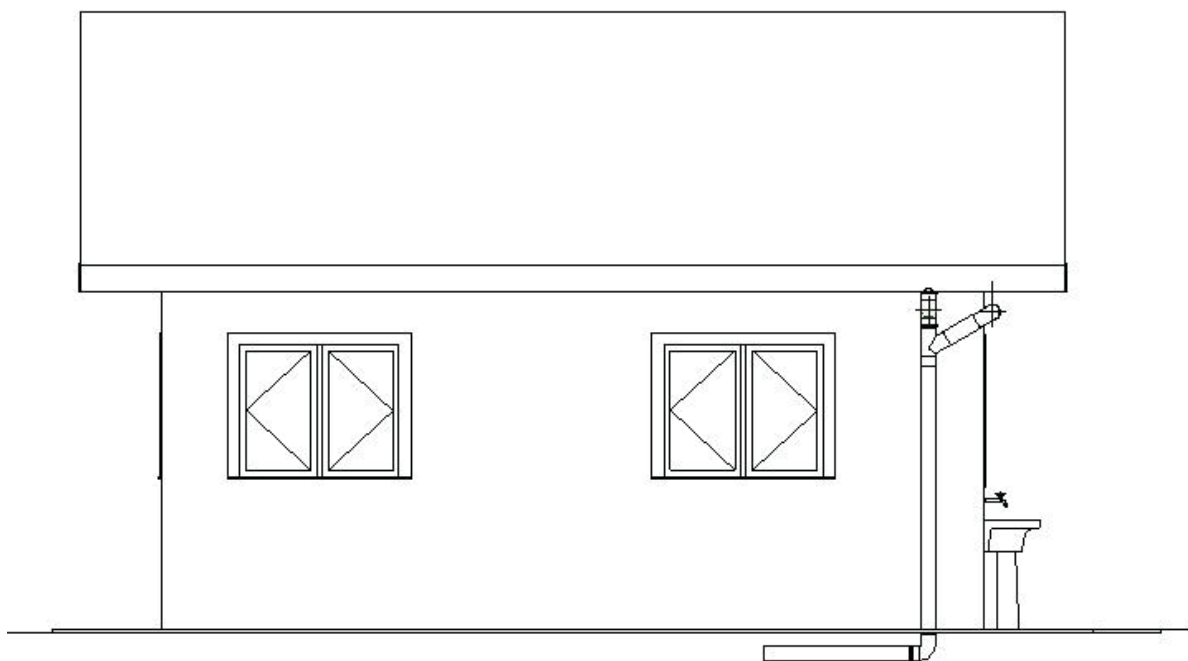


**Figura 5 - Planta baixa do projeto de captação pluvial**  
**Fonte: Autoria própria.**





**Figura 6 - Calhas e condutor vertical**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 7 - Calha, condutor vertical e condutor horizontal**  
Fonte: Autoria própria.

O projeto de captação de águas pluviais aqui apresentado foi acrescido de duas propostas para aproveitamento de água de chuva, conforme descrito a seguir.

#### 4.4 PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

A partir do projeto de captação pluvial, foram desenvolvidos dois projetos de aproveitamento de água de chuva para finalidades não potáveis, sendo denominados: a) sistema completo e b) sistema simplificado. O sistema completo é assim denominado por incluir todos os componentes de um sistema de aproveitamento de água da chuva, como sistema de filtração e desinfecção, descarte da primeira chuva, além de um reservatório inferior e um superior. No sistema completo a água de chuva armazenada abastece a bacia sanitária. No sistema simplificado, há apenas um filtro grosseiro e a água da chuva segue para um barril de chuva. Neste sistema a água da chuva é utilizada limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim.

O projeto de aproveitamento de água de chuva foi desenvolvido com base na norma ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007). Nesta norma, a disponibilidade de água de chuva é denominada “volume de água de chuva aproveitável”. Este último é definido a partir de quatro variáveis: precipitação média mensal (P), área de captação (A), coeficiente de escoamento da superfície de captação (C) e coeficiente de aproveitamento do sistema ( $\eta$ ).

O volume de chuva aproveitável, segundo a norma ABNT NBR 15527:2007 é expresso pela Equação (3)

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (3)$$

Onde:

V = Volume de água de chuva aproveitável (m<sup>3</sup>)

A = Área de captação (m<sup>2</sup>)

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional)

$\eta$  = Eficiência do sistema de captação (adimensional)

Para determinação da precipitação média mensal (P) foram compilados dados históricos da precipitação da estação meteorológica de Londrina, estado do Paraná (PR), localizada nas imediações do local de construção deste projeto. Os dados foram solicitados ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para os anos de 2006 a 2015, para contemplar um período de 10 anos, o qual forma uma base razoável de informação (Tabela 3).

Tabela 3- Precipitação média mensal e anual para o período de 2006 à 2015

Mês	Precipitação (mm)										Média
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
<b>Janeiro</b>	85,2	458,6	184,3	359,8	366,4	262,5	263,2	203,3	196,2	237,6	261,71
<b>Fevereiro</b>	372,3	176,6	164,8	270,8	170,3	218,6	57,2	246,6	179,4	187,4	204,4
<b>Março</b>	65,1	159,5	216,6	96,2	240,7	107,7	102,4	166,1	150,7	112,4	141,74
<b>Abril</b>	49,2	42	124,1	33,3	165,5	110	168,4	160,5	122,8	70,2	104,6
<b>Mai</b>	36,2	92	85,9	82	75,4	7,6	78,4	159,3	95,6	142,2	85,46
<b>Junho</b>	26	9,4	43,8	82,6	19,2	79,2	428,4	257,2	66,6	8,4	102,08
<b>Julho</b>	23,6	210,2	21,6	249,7	29,5	92,2	39,6	51	108,8	346	117,22
<b>Agosto</b>	17	12,8	187	90,6	30,6	46,9	1,2	0	31	35	45,21
<b>Setembro</b>	144,2	2	86,7	237,9	116,6	6,4	72,4	101,2	180,4	269	121,68
<b>Outubro</b>	73,4	92,7	95,4	364,1	161	359,3	81,5	202	27,4	263,8	172,06
<b>Novembro</b>	122,8	187,5	196,9	203,8	98,2	132	107,4	94	112,4	421,4	167,64
<b>Dezembro</b>	297	316,4	39,1	240,9	340,2	75,7	241,8	128,6	312,6	340,6	233,29
<b>Total</b>	1312	1759,7	1446,2	2311,7	1813,6	1498,1	1641,9	1769,8	1583,9	2434	1757,09

Fonte: INMET (2016)

Na última coluna da Tabela 3 são apresentados os valores de precipitação média mensal (mm).

A área de captação (A) foi definida como toda superfície de cobertura da habitação, considerando a inclinação do telhado, que é 40 % (Figura 8). Cada água do telhado possui extensão de 7,20 metros de comprimento por 4,40 metros de largura. Desta forma a área de captação ficou em 63,36 m<sup>2</sup>.

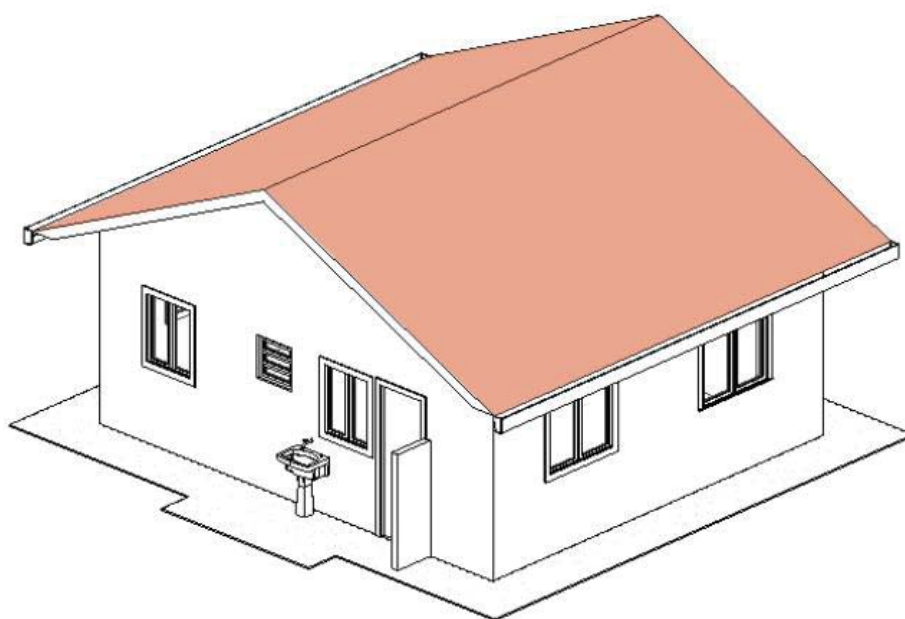


Figura 8 - Área de cobertura  
Fonte: Autoria própria

O coeficiente de escoamento superficial da cobertura (C) é um parâmetro que considera o material utilizado na cobertura. Neste caso, com base no orçamento da construtora, foi deduzido que a cobertura seria em telha cerâmica. O coeficiente de escoamento para telha cerâmica foi considerado 0,56, segundo Khan (2001) apud Tomaz (2003).

Já o fator de eficiência do sistema de captação ( $\eta$ ) é estimado de acordo com a utilização ou não de sistema de filtragem e/ou de sistema de descarte da primeira chuva. Neste projeto, adotou-se o valor 0,8 para a eficiência do sistema de captação, pois é um valor considerado coerente às boas práticas de projeto (TOMAZ, 2003).

O cálculo do volume de água de chuva aproveitável foi feito para cada mês do ano, considerando as precipitações médias mensais para o período de 2006 a 2015 (Tabela 3), e as demais variáveis obtidas anteriormente. Estes resultados são apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Volume de água de chuva aproveitável ao longo dos meses do ano**

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Coeficiente de escoamento (C)	Coeficiente de aproveitamento ( $\eta$ )	Volume de água de chuva aproveitável (m <sup>3</sup> )
Janeiro	261,71				7,43
Fevereiro	204,4				5,80
Março	141,74				4,02
Abril	104,6				2,97
Maio	85,46				2,43
Junho	102,08				2,90
Julho	117,22	63,36	0,56	0,8	3,33
Agosto	45,21				1,28
Setembro	121,68				3,45
Outubro	172,06				4,88
Novembro	167,64				4,76
Dezembro	233,29				6,62

Fonte: Autoria própria

O cálculo da demanda para água de chuva variou de acordo com os pontos de utilização considerados em cada uma das opções (no completo, a bacia sanitária e no simplificado, a limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim). Primeiro serão apresentados os resultados para o sistema completo e na sequência os resultados para o sistema simplificado.

#### 4.4.1 Sistema completo para descarga de bacia sanitária

A primeira opção de projeto de aproveitamento de água de chuva foi denominado “sistema completo”. Neste sistema, a água de chuva coletada passa por um filtro para remoção de detritos e por um sistema de descarte da primeira chuva, antes de ser armazenada temporariamente em um reservatório inferior. Neste reservatório é feita a desinfecção e depois a água de chuva armazenada é bombeada para um reservatório superior. Este segundo reservatório armazenará a água de chuva para abastecimento da descarga da bacia sanitária.

Os componentes do sistema completo totalizaram então quatro itens principais: a) filtro para remoção de detritos, b) sistema de descarte da primeira chuva, c) reservatório de aproveitamento de água da chuva e d) bomba de recalque.

O dimensionamento do filtro para remoção de detritos foi feito conforme recomendação da norma ABNT NBR 15527:2007, portanto com base na norma ABNT NBR 12213:1992, intitulada “Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público” (ABNT, 1992). Segundo a norma ABNT NBR 12213:1992, o filtro constitui basicamente de um sistema de gradeamento com material anticorrosivo ou protegido por tratamento especial, que neste caso será feito com tela de arame galvanizada acoplada à entrada do reservatório inferior. Também com base na referida norma, o espaçamento entre as barras paralelas da tela deve ser de 2 a 4 cm. A malha de arame utilizada para este projeto é de uma (1) polegada (dimensões da malha de aproximadamente 2,5 x 2,5 cm). Optou-se pela utilização de tela metálica devido a disponibilidade no mercado e ao baixo custo deste material comparado ao custo de filtros comerciais. O custo dos filtros comerciais corresponde a aproximadamente trezentos e noventa reais (R\$ 390,00), enquanto que a tela de arame está disponível a partir de quarenta e cinco reais (R\$ 45,00) de 1,0 m. Para o projeto é necessária uma tela de dimensões inferiores a esta.

O sistema de descarte da primeira chuva, ou seja, da água de lavagem do telhado, foi dimensionado de acordo com a norma ABNT NBR 15527:2007 e recomendação do IPT (2015). O volume de água de chuva que deve ser descartado corresponde à altura de 2 mm de chuva sobre a área de captação considerada (63,36 m<sup>2</sup>). Portanto, para este projeto, o volume estimado do sistema de descarte é de 126,72 L.

Após passar pelo filtro de remoção dos detritos e pelo sistema de descarte da primeira chuva, o volume de água de chuva aproveitável é armazenado em um

reservatório inferior. O volume total a ser armazenado nos reservatórios, inferior e superior, foi calculado a partir de três métodos apresentados na norma ABNT NBR 15527:2007. O Método de Azevedo Neto, Método Prático Inglês e o Método Prático Alemão. Os dois primeiros métodos citados determinam o volume de água de chuva com base na precipitação e área de captação, enquanto que o último considera a demanda.

Para o cálculo da demanda mensal para abastecimento da descarga da bacia sanitária foi considerado o método de cálculo do LEED (2009), que pode ser expresso pela equação (4).

$$D = O \times Nd \times V \quad (4)$$

Onde:

$D$  = Demanda diária (L)

$O$  = Número de ocupantes (hab)

$Nd$  = Número de usos diários (uso)

$V$  = Vazão do equipamento analisado para cada uso (L/uso)

O parâmetro número de ocupantes ( $O$ ) foi definido como 4 habitantes para a residência, considerando 2 pessoas por quarto.

Estimou-se  $Nd$  em 5 usos da bacia sanitária diários por pessoa, com base em LEED (2009) e Tomaz (2000), conforme apresentado no Quadro 5.

Local	Número de usos		Valor adotado	
	LEED (2009)	TOMAZ (2000)		
Bacia sanitária	5 usos/dia	4 a 6 usos/dia	5	usos/dia

**Quadro 5 - Número de usos diários de bacia sanitária**

**Fonte: Elaborado a partir de LEED (2009) e TOMAZ (2000)**

A partir dessas premissas, calculou-se a vazão da bacia sanitária para cada uso diário. Considerou-se uma bacia sanitária de duplo acionamento, sendo 3 litros para dejetos líquidos e 6 litros para dejetos sólidos. Por tratar-se de vazões diferentes pra cada tipo de uso, foi necessário estimar o número de usos diários de cada acionamento. Com base em LEED (2009), foi estimado que cada ocupante utilizará o banheiro três vezes ao dia para urinar e duas vezes para evacuar. Portanto, calculou-

se a média ponderada do número de usos diários e respectivas vazões de acionamento a cada uso (Equação 5). Obteve-se uma vazão ( $V_u$ ) de 4,2 litros por uso.

$$V_u = (V_b \times N_{db}) + (V_a \times N_{da}) / (N_{db} + N_{da}) \quad (5)$$

Onde:

$V_u$  = Vazão por uso (L/uso)

$V_b$  = Vazão baixa para dejetos líquidos (L/uso)

$N_{db}$  = Usos diários para vazão baixa (uso)

$V_a$  = Vazão alta para dejetos sólidos (L/uso)

$N_{da}$  = Usos diários para vazão alta (uso)

Realizando os cálculos, nota-se que:

$$V_u = (3 \times 3) + (6 \times 2) / 5$$

$$V_u = 4,2 \text{ L/uso}$$

Com base neste resultado e na Equação (4) estimou-se que a demanda diária (D) de água de chuva para abastecimento de descargas sanitárias é de 84 L. Considerando 30 dias no mês, a demanda mensal é de aproximadamente 2,52 m<sup>3</sup>.

Após a determinação do volume mensal de água de chuva aproveitável (Tabela 5) e da demanda mensal para o sistema completo, foi feita uma comparação entre estes resultados para verificar se a oferta de água de chuva seria suficiente para suprir a demanda em questão (Tabela 5).

**Tabela 5 - Comparação entre volume de água de chuva aproveitável e demanda de descargas do vaso sanitário**

Mês	Volume de água de chuva aproveitável (m <sup>3</sup> )	Demanda mensal das descargas do vaso sanitário (m <sup>3</sup> )	Volume resultante (m <sup>3</sup> )	Resultado
Janeiro	7,43		4,91	ATENDE
Fevereiro	5,80		3,28	ATENDE
Março	4,02	2,52	1,50	ATENDE
Abril	2,97		0,45	ATENDE
Maior	2,43		-0,09	FALTA

Fonte: Aatoria própria

**Continuação da Tabela 5 - Comparação entre volume de água de chuva aproveitável e demanda de descargas do vaso sanitário**

<b>Mês</b>	<b>Volume de água de chuva aproveitável (m³)</b>	<b>Demanda mensal das descargas do vaso sanitário (m³)</b>	<b>Volume resultante (m³)</b>	<b>Resultado</b>
<b>Junho</b>	2,90		0,38	ATENDE
<b>Julho</b>	3,33		0,81	ATENDE
<b>Agosto</b>	1,28		-1,24	FALTA
<b>Setembro</b>	3,45		0,93	ATENDE
<b>Outubro</b>	4,88		2,36	ATENDE
<b>Novembro</b>	4,76		2,24	ATENDE
<b>Dezembro</b>	6,62		4,10	ATENDE

Fonte: Autoria própria

Com base na Tabela 5, nota-se que o volume de água de chuva aproveitável seria suficiente para suprir a demanda de descarga de vasos sanitários para a maioria dos meses do ano. No entanto, para os meses de maio e agosto, haveria necessidade de complementação com água potável. Dessa forma, deve ser previsto um sistema, interligado ao de aproveitamento de água de chuva, que forneça água potável durante estes meses de pouca chuva.

A interligação de um sistema de água potável ao sistema de água de chuva pode ser feito conectando-se uma entrada de água potável ao reservatório superior de água de chuva. Todavia, para que a água potável efetivamente abasteça o reservatório durante os períodos de pouca chuva, ou seja, quando o reservatório de água de chuva estiver vazio, é necessário utilizar uma válvula que seja acionada automaticamente. Um exemplo seria a utilização de uma válvula solenoide. É importante salientar que o custo de aquisição de uma válvula solenoide no mercado foi orçado em setecentos e sessenta e sete reais e setenta e oito centavos (R\$767,78). Este valor corresponde apenas ao custo de material, não considerando demais despesas com instalação, tanto da parte hidráulica quanto elétrica. Apenas o custo desta válvula já corresponde a aproximadamente 2,5% do orçamento total da obra. Por este resultado, descartou-se a hipótese de utilização de um sistema automático para interligação de água potável ao sistema de água de chuva.

De qualquer forma, essa interligação pode ser feita de maneira manual. Ou seja, ao faltar água de chuva para abastecer a descarga, seria necessário abrir um registro que permitisse a entrada de água potável no reservatório superior de água de



chuva. Seria necessário que este sistema fosse operado por um dos moradores da habitação.

É importante ressaltar que, em ambos os casos, também seria necessária a utilização de uma válvula de retenção que permitisse o fluxo em apenas uma direção. Isto porque não poderá haver refluxo de água de menor qualidade (água de chuva) à rede de água potável, devido ao risco de contaminação.

Estes aspectos estão aqui comentados por serem informações relevantes à futura análise de viabilidade do projeto (a qual será indicada ao final deste capítulo), no sentido de que o projeto proposto venha efetivamente a ser utilizado no dia a dia dos moradores.

Apesar destas considerações, prosseguiu-se com o dimensionamento do reservatório para o sistema completo. Conforme já mencionado, foram considerados três métodos apresentados na norma ABNT NBR 15527:2007: O Método de Azevedo Neto, Método Prático Inglês e o Método Prático Alemão.

O Método de Azevedo Neto, apresentado na norma, é expresso pela Equação (6).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde:

$V$  = Volume de água do reservatório (L)

$P$  = Precipitação média anual (mm)

$A$  = Área de captação em projeção (m<sup>2</sup>)

$T$  = Número de meses de pouca chuva (meses)

O parâmetro de precipitação média anual ( $P$ ) corresponde a 1757,09 mm (Tabela 4). A área de captação em projeção é de 28,8 m<sup>2</sup> para cada calha, e portanto 57,6 m<sup>2</sup> de área total. Foi arbitrado que os meses de pouca chuva eram aqueles com menos de 50 mm de chuva, e neste caso, apenas o mês de agosto é considerado um mês seco, pois chove em média 45,21 mm (Tabela 4). Portanto o parâmetro  $T$  é igual a 1. Com esses dados, foram realizados os cálculos e obteve-se um volume de água do reservatório de 4250 L.

Outro método apresentado na norma que foi calculado para este projeto foi o Prático Inglês. Este método também considera a área de captação em projeção ( $A$ ) e

a precipitação média anual ( $P$ ). A Equação (7) expressa o volume do reservatório para esse método.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (7)$$

Onde:

$V$  = Volume do reservatório (L)

$P$  = Precipitação média anual (mm)

$A$  = Área de captação (m<sup>2</sup>)

O volume obtido do reservatório pelo Método Prático Inglês foi de 5060 L.

O Método Prático Alemão determina o valor do reservatório com base no menor volume anual entre água de chuva aproveitável e a demanda. A Equação (8) apresenta o cálculo.

$$V_{dotado} = \min(V; D) \times 0,06 \quad (8)$$

Onde:

$V_{dotado}$  = Volume do reservatório (L)

$V$  = Volume anual de água de chuva aproveitável (L)

$D$  = Demanda anual de água não portátil (L)

O volume anual de água de chuva aproveitável corresponde a 49880 L (49,88 m<sup>3</sup>) (Tabela 3). A demanda anual de água não potável para o sistema completo é igual a demanda mensal (2,52 m<sup>3</sup>) multiplicada pelos doze meses do ano, ou seja, 30240 L (30,24 m<sup>3</sup>) (Tabela 5). O menor valor entre volume de água de chuva aproveitável e a demanda de água não potável, neste caso, corresponde à demanda e é 30240 L. Realizando os cálculos, obteve-se o volume do reservatório para o Método Prático Alemão igual a 1820 L ou 1,82 m<sup>3</sup>.

A Tabela 6 apresenta um comparativo entre os volumes de reservatório obtidos neste trabalho.

**Tabela 6 - Comparativo entre o volume de reservatório obtido por diferentes métodos para o sistema completo**

<b>Método</b>	<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>
Azevedo Neto	4,25
Prático Inglês	5,06
Prático Alemão	1,82

**Fonte: Autoria própria**

Diante destes resultados, a especificação do reservatório foi selecionada para o menor volume, que resultou em 1,82 m<sup>3</sup>, obtido a partir do Método Alemão. Esta decisão buscou garantir redução no custo de aquisição do reservatório, mas sem comprometer o atendimento à demanda.

Devido ao volume do sistema de descarte da primeira chuva (126,72 L), constatou-se a necessidade de adição de mais um reservatório ao sistema completo. Ou seja, além do reservatório inferior (utilizado para abastecimento de água de chuva), e do reservatório superior (utilizado para distribuição desta água) é necessário mais um reservatório para coleta da água da primeira chuva. Estimou-se o custo para um reservatório de 100L e obteve-se um custo unitário de aproximadamente cem reais (R\$ 100,00).

Além destes itens, deve-se acrescentar ao sistema um reservatório elevado, uma bomba de recalque, uma prumada independente para abastecimento da descarga da bacia sanitária e pastilhas de cloro para desinfecção. Estes itens adicionais requerem periodicidade de manutenção, mas as companhias de habitação não estabelecem um plano deste tipo de manutenção para habitações de interesse social, de forma que esta atividade é de responsabilidade do morador. Por esta razão, neste trabalho, optou-se pelo desenvolvimento de um projeto de um sistema simplificado, que não exija elevada manutenção, além de reduzir um risco de contaminação, que poderia ser resultante de problemas relacionados à complementação com água potável ao reservatório superior de água de chuva.

#### 4.4.2 Sistema simplificado para limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim

A segunda opção de projeto de aproveitamento de água de chuva foi denominada “sistema simplificado”. Neste sistema, a água de chuva coletada passa por um filtro grosseiro e segue para o barril de chuva. Neste caso, a água da chuva é utilizada para limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim.

Para o cálculo da demanda mensal foram utilizados dados do padrão de consumo de água na Alemanha, em 1998. Isso porque naquela época, o consumo de água dos alemães era semelhante ao consumo brasileiro atual, sendo em média 127 L para cada habitante por dia (RAINWATER TECHNOLOGY HANDBOOK, 2001 *apud* TOMAZ, 2003). No Brasil, o consumo estimado para uma habitação de interesse social é de 120 L para cada habitante por dia (MACINTYRE, 1982 *apud* TOMAZ, 2003).

Segundo os dados alemães, o consumo médio diário de água de chuva foi estimado em 8 litros (L) por habitante, para ser utilizado em atividades de limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim. Portanto, neste trabalho, para o sistema simplificado, também foi atribuído este valor. A Equação (9) apresenta o cálculo utilizado.

$$D = O \times Cd \quad (9)$$

Onde:

$D$  = Demanda diária (L/dia)

$O$  = Número de ocupantes (hab)

$Cd$  = Consumo diário (L/hab.dia)

Da mesma forma que indicado anteriormente, o número de ocupantes ( $O$ ) foi definido em 4 habitantes considerando 2 pessoas por quarto na residência. Assim, o consumo diário ( $Cd$ ) de água de chuva foi estimado em 8 L/had.dia.

Realizando os cálculos da Equação (9), a demanda diária ( $D$ ) de água de chuva para limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim é de 32 L/dia. Considerando 30 dias no mês, a demanda mensal é de aproximadamente 960 L.

Após a determinação do volume mensal de água de chuva aproveitável (Tabela 3) e da demanda mensal para o sistema simplificado, foi feita uma comparação entre estes resultados para verificar se a oferta de água de chuva era suficiente para suprir a demanda em questão (Tabela 7).

**Tabela 7 - Comparação entre volume de água de chuva aproveitável e demanda de limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim**

<b>Mês</b>	<b>Volume de água de chuva aproveitável (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Demanda mensal de limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume resultante (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Resultado</b>
<b>Janeiro</b>	7,43		6,47	ATENDE
<b>Fevereiro</b>	5,80		4,84	ATENDE
<b>Março</b>	4,02		3,06	ATENDE
<b>Abril</b>	2,97		2,01	ATENDE
<b>Mai</b>	2,43		1,47	ATENDE
<b>Junho</b>	2,90	0,96	1,94	ATENDE
<b>Julho</b>	3,33		2,37	ATENDE
<b>Agosto</b>	1,28		0,32	ATENDE
<b>Setembro</b>	3,45		2,49	ATENDE
<b>Outubro</b>	4,88		3,92	ATENDE
<b>Novembro</b>	4,76		3,80	ATENDE
<b>Dezembro</b>	6,62		5,66	ATENDE

Com base na Tabela 7, nota-se que o volume de água de chuva aproveitável é suficiente para suprir a demanda de limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim, para todos os meses do ano. Além disso, estima-se que mesmo no mês de agosto, que é considerado o mês mais seco, 320 L serão extravasados. Ou seja, o volume de água de chuva aproveitável atende à demanda do sistema simplificado e sem a necessidade de complementação com água potável.

O filtro para remoção de detritos foi dimensionado a partir da norma ABNT NBR 12213:1992, conforme recomendação da norma ABNT NBR 15527:2007, semelhante ao já descrito no item 4.4.1. O filtro especificado foi uma tela de arame galvanizado acoplada ao barril de chuva. Esta tela possui uma malha de 1 polegada (aproximadamente 2,5 x 2,5 cm), e tem dimensões inferiores a 1,00m por 1,00m.

O reservatório foi dimensionado considerando os três métodos apresentados na norma ABNT NBR 15527:2007 e também já abordados no item 4.4.1. O método de Azevedo Neto e Método Prático Inglês determinam o volume de água de chuva com base na precipitação e área de captação, e por isso seguem o mesmo dimensionamento tanto para o sistema completo quanto para o sistema simplificado. O terceiro método é o prático alemão que será descrito na sequência

Conforme já citado, o Método Prático Alemão determina o valor do reservatório com base no menor volume anual entre água de chuva aproveitável e a demanda (Equação 8).

O volume anual de água de chuva aproveitável corresponde a 49880 L (49,88 m<sup>3</sup>) (Tabela 4). A demanda anual de água não potável para o sistema simplificado é igual a demanda mensal (0,96 m<sup>3</sup>) multiplicada pelos doze meses do ano, ou seja, 11520 L (11,52 m<sup>3</sup>) (Tabela 7). O menor valor entre volume de água de chuva aproveitável e a demanda de água não potável, neste caso, corresponde à demanda e é igual a 11520 L. Realizando os cálculos, o volume do reservatório para o Método Prático Alemão resultou em 690 L.

A Tabela 8 apresenta um comparativo entre os volumes de reservatório obtidos.

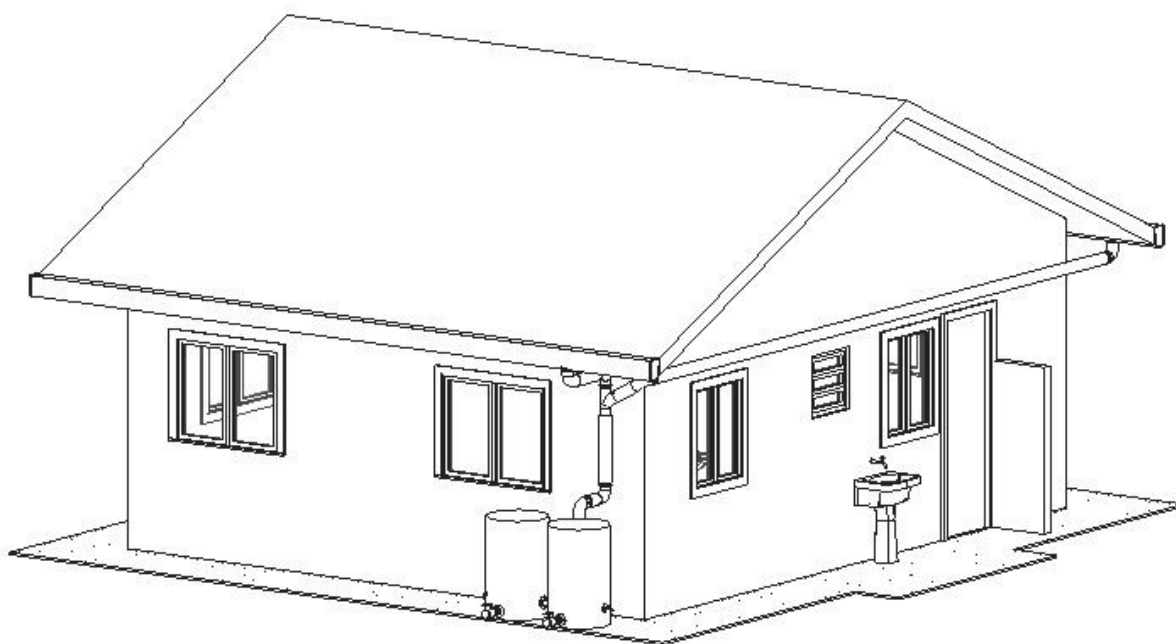
**Tabela 8 - Comparativo entre volume de reservatório obtido por diferentes métodos para o sistema simplificado**

<b>Método</b>	<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>
Azevedo Neto	4,25
Prático Inglês	5,06
Prático Alemão	0,69

**Fonte: Autoria própria**

Nota-se a partir da Tabela 8 a discrepância entre os valores obtidos pelos métodos que consideram ou não a demanda, sendo que o Método Prático Alemão determinou, novamente, um volume inferior aos demais métodos.

No sistema simplificado será utilizado um barril de chuva com a função de reservatório e, neste projeto, optou-se pela especificação de bombonas de plástico para cumprir esta função (Figura 9). A escolha por bombonas de plástico foi devido ao baixo custo destes componentes, pela disponibilidade no mercado e pela facilidade de manutenção, quando comparados, por exemplo, a barris de madeira.

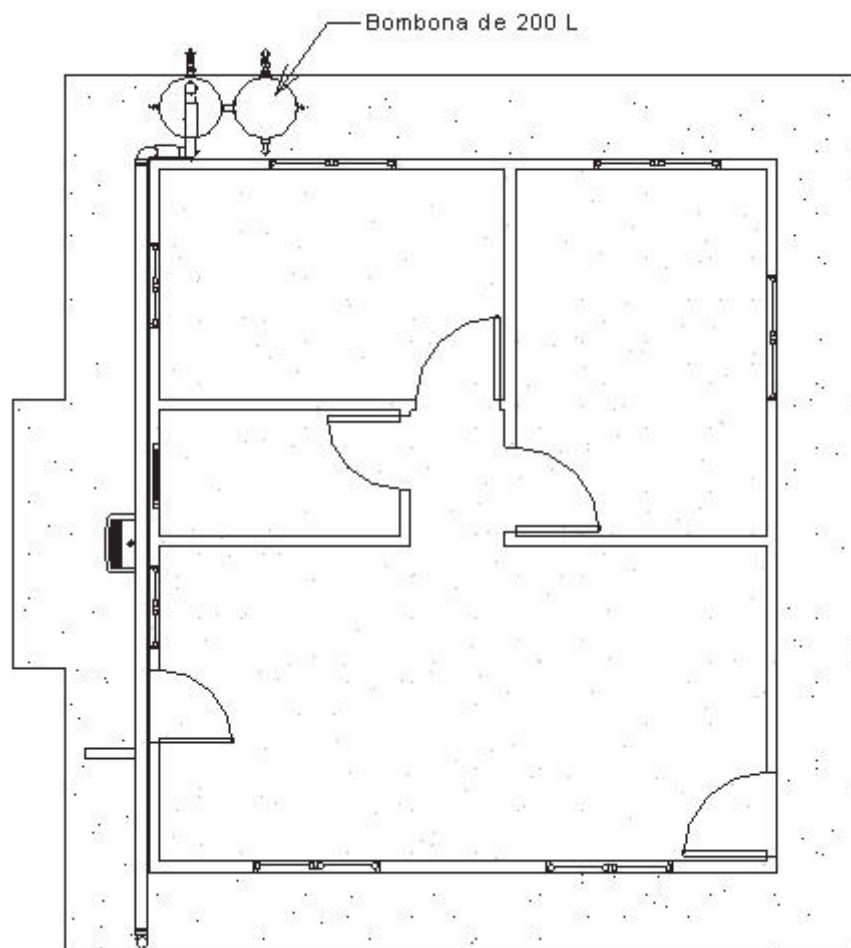


**Figura 9 - Sistema simplificado com bombonas**  
**Fonte: Autoria própria.**

Apesar do Método Prático Alemão ter resultado em volume de 690L (Tabela 7) para atender a demanda do sistema simplificado, este volume é superior à capacidade das bombonas de plástico comerciais. O maior volume destas bombonas, disponibilizadas no mercado, corresponde a 200L, e o custo unitário aproximado é de R\$ 136,85. O custo unitário aproximado de barris de madeira de 200 L é de R\$ 750,00. Apesar do volume das bombonas ser inferior ao obtido pelo cálculo do Método Prático Alemão, não há prejuízo considerável ao morador pois o sistema armazenará um volume significativo de água de chuva. Como a demanda diária de limpeza externa, lavagem de carro e uso no jardim é de 32 L, a utilização de um volume total de 400 L (duas bombonas) é suficiente para atender a demanda por aproximadamente 13 dias, isto se realmente fosse utilizado diariamente, o que não é comum.

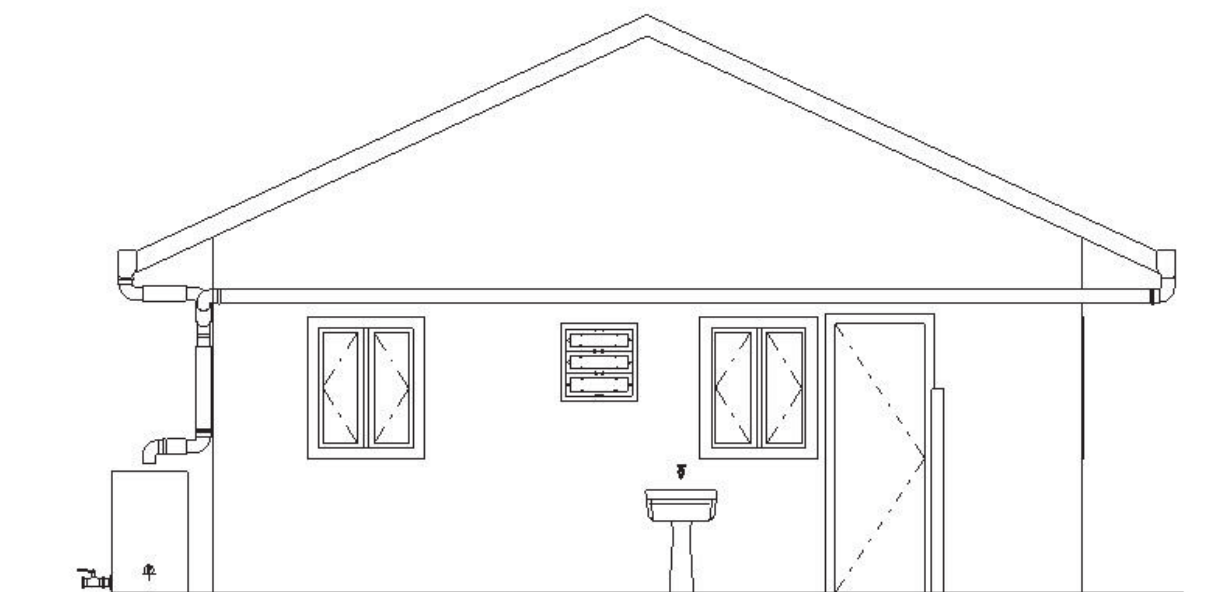
Quanto ao detalhamento do sistema simplificado com bombonas de plástico, elas serão conectadas em série, ou seja, será acoplada uma tubulação ligando as duas bombonas, localizadas lado a lado (Figura 10, 11 e 12). A primeira bombona terá uma entrada superior, na qual a água de chuva, após passar pelo filtro de remoção de detritos, seguirá para o interior da bombona. Conforme a água da chuva entrar na primeira bombona, ela será distribuída entre as duas bombonas por meio da tubulação que as conecta na base. Cada bombona terá uma torneira de 1/2" de diâmetro instalada próxima a base, para permitir a utilização da água de chuva para realização

de atividades de limpeza externa, lavagem de carros ou usos no jardim. Ainda, será também possível a utilização de mangueira para facilitar o uso em pontos distantes.

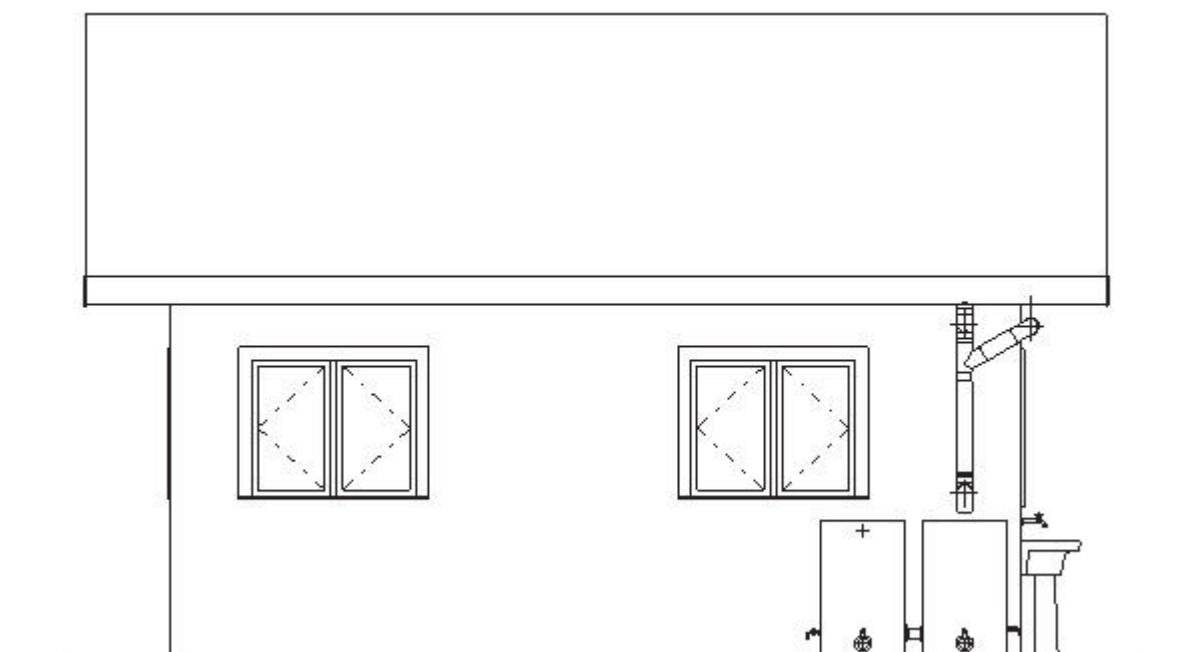


**Figura 10 - Planta baixa para projeto de aproveitamento de água de chuva com duas bombonas**  
Fonte: Autoria própria.





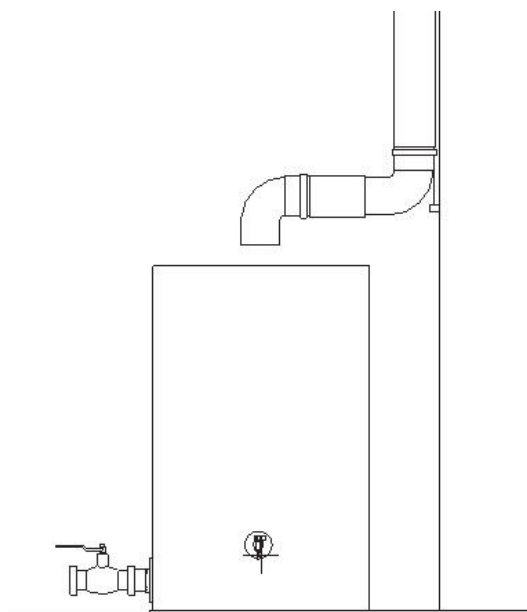
**Figura 11 - Calhas e condutores verticais indicando a entrada de água de chuva na primeira bombona**  
Fonte: Autoria própria.



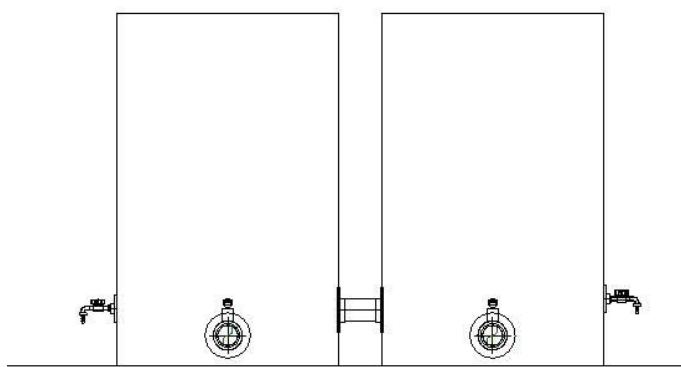
**Figura 12 - Detalhe do posicionamento das duas bombonas**  
Fonte: Autoria própria.

Além dos pontos de entrada da água de chuva e da saída, onde terá a torneira de saída, haverá um terceiro ponto para a colocação de um extravasor na segunda

bombona, pois em algumas ocasiões este poderá ser necessário. O extravasor consiste basicamente de uma tubulação instalada a 10 cm da borda superior para conduzir a água para fora das bombonas quando estas estão cheias (Figura 10). Além desta tubulação, foi previsto neste projeto a instalação de um registro de 50 mm na parte lateral inferior das duas bombonas, cuja função é de permitir a saída de água mais rapidamente durante os procedimentos de limpeza, visto que a vazão da torneira baixa é menor. A esta saída atribui-se o nome “saída de limpeza”, conforme Figura 13 e 14.

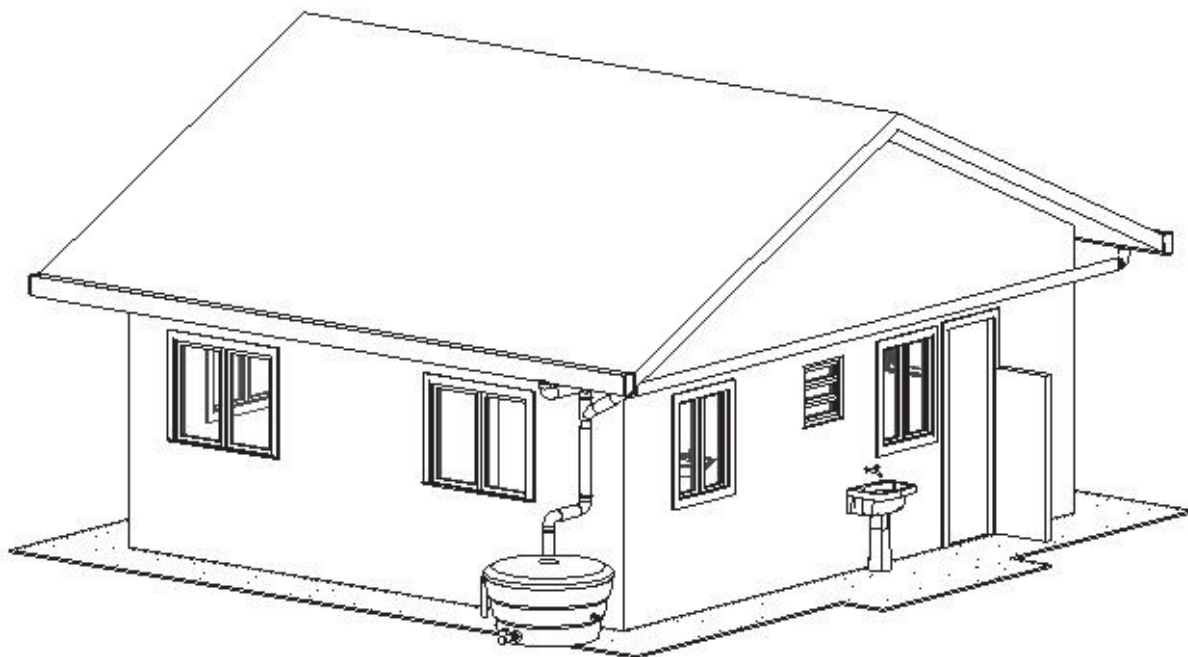


**Figura 13 - Detalhe da saída de limpeza das bombonas**  
Fonte: Autoria própria



**Figura 14 - Detalhe das bombonas instaladas em série**  
Fonte: Autoria própria

Outra opção para o armazenamento deste volume de água é a utilização de caixa d'água de polietileno, devido ao baixo custo. Uma caixa d'água de 500 L tem um custo estimado de R\$ 182,90. Com esse volume de reservatório, o sistema será capaz de atender a demanda de aproximadamente 16 dias, que representa maior atendimento do que o sistema de bombonas. Além do custo da caixa d'água de 500L (R\$ 182,90) ser inferior ao custo de duas bombonas (R\$ 273,70). Todavia, do ponto de vista estético, a utilização de bombonas é mais agradável pois a caixa d'água é mais robusta, e menos esbelta do que a bombona, ocupando uma área maior na parte externa da residência (Figura 15).



**Figura 15 - Sistema simplificado com caixa d'água**  
**Fonte: Autoria própria.**

O sistema com caixa d'água é similar ao de bombonas. Este possuirá um extravasor na parte superior, uma torneira de diâmetro 1/2" instalada próxima à base, além do registro para saída de limpeza, também instalado próximo à base (Figura 16, 17 e 18).

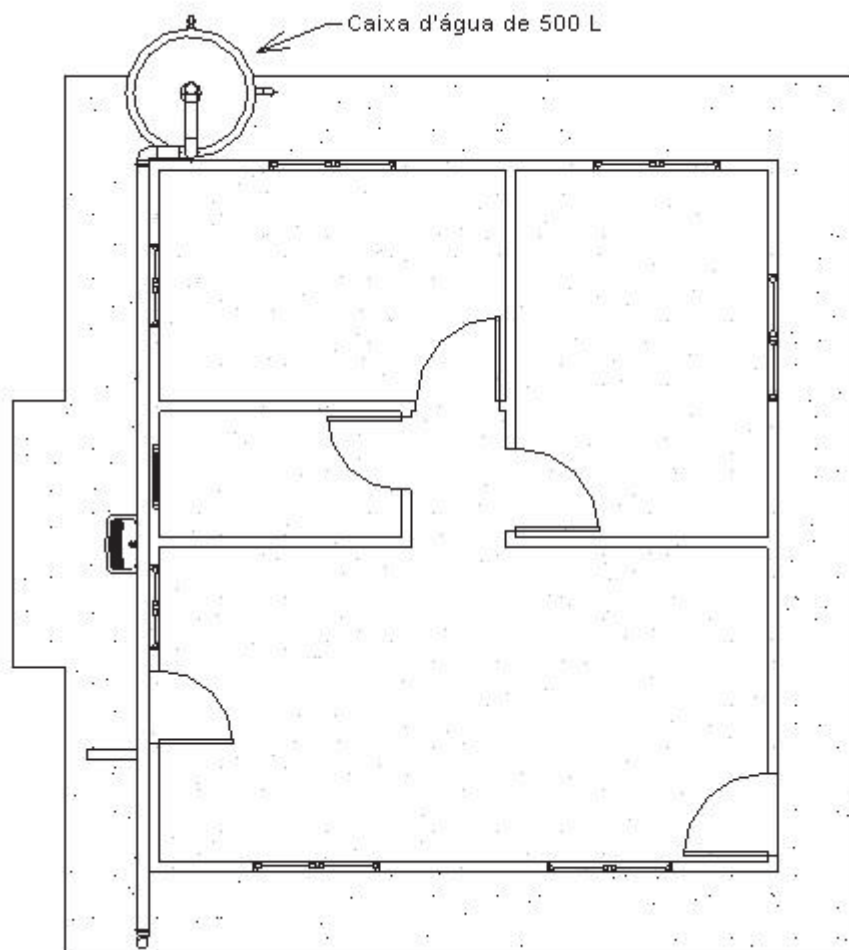


Figura 16 - Planta baixa para projeto de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água  
Fonte: Autoria própria.

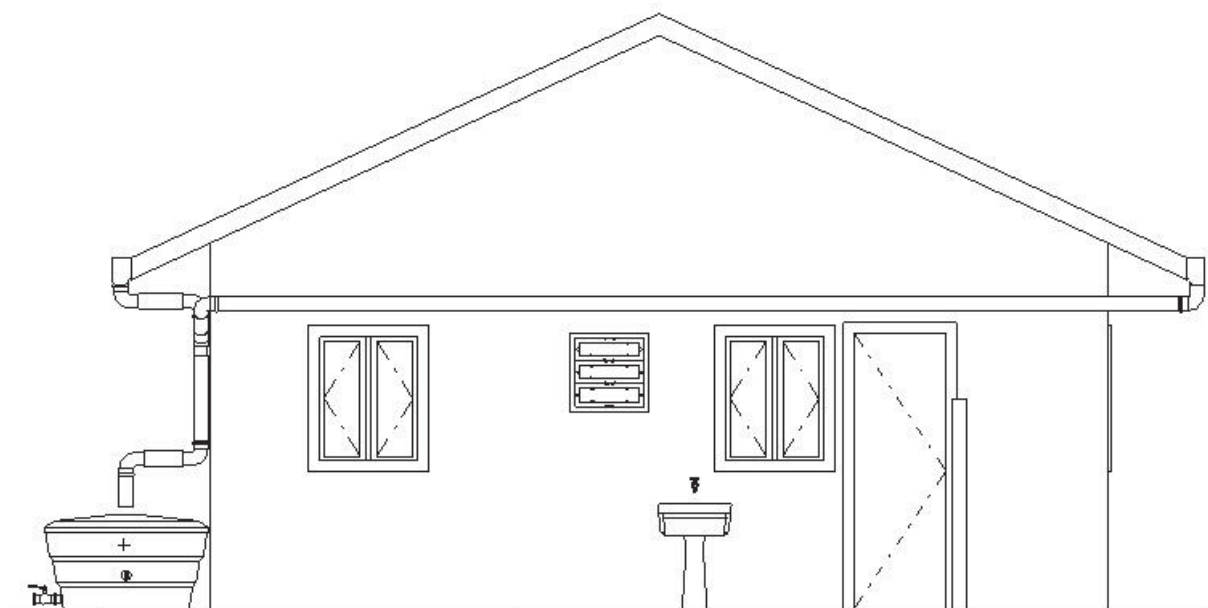
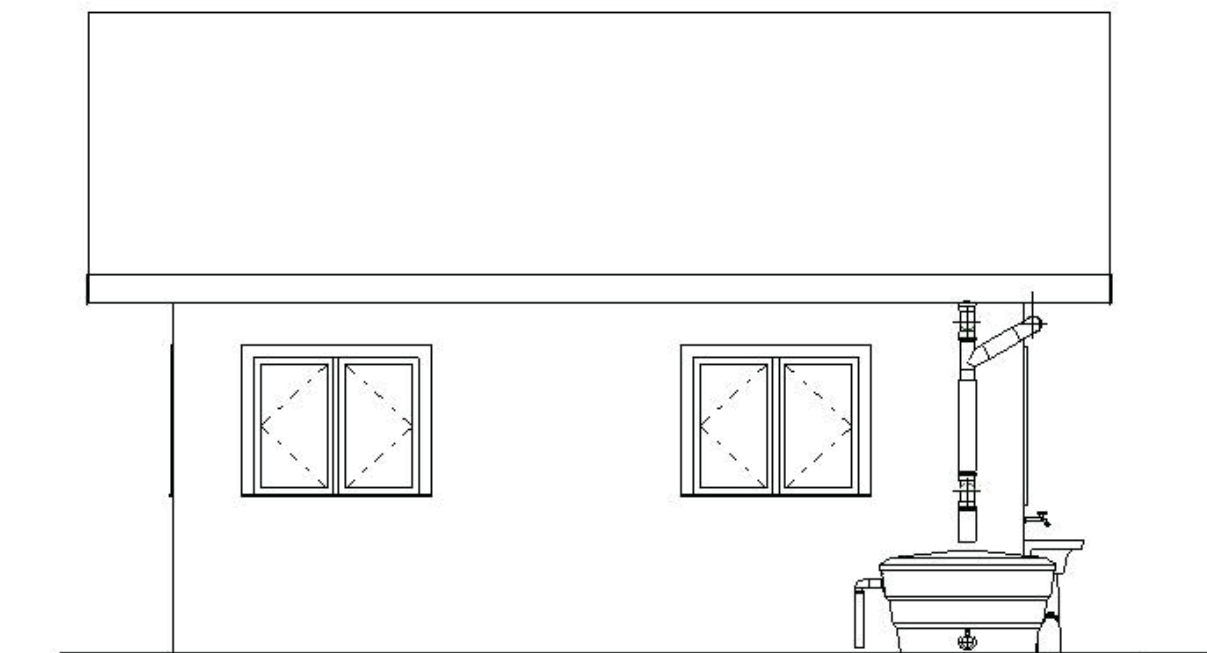


Figura 17 - Calhas e condutor vertical indicando a entrada de água de chuva para a caixa d'água  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 18 - Detalhe do posicionamento da caixa d'água para armazenamento da água de chuva**  
Fonte: Autoria própria.

Além disso, para os períodos em que não houver volume suficiente de água de chuva, o que pode acontecer tanto para o sistema com bombonas, como para o sistema com caixa d'água, os moradores poderão utilizar a torneira do tanque. Apesar da sugestão de uso de água potável para finalidades que não exigem potabilidade, neste caso, a água potável seria utilizada apenas para suprir uma necessidade eventual.

Será recomendada uma inspeção semanal e limpeza trimestral do filtro de remoção de detritos, para evitar o entupimento da entrada de água de chuva das bombonas. Além disso, a limpeza anual do reservatório também irá colaborar para garantir a manutenção da qualidade da água de chuva armazenada.

Como este sistema não é conectado à instalação predial de água potável, então não há risco de contaminação cruzada. Além disso, este sistema simplificado é vantajoso por apresentar simplicidade e facilidade na operação. Aliado a estas considerações, esta instalação possui menor custo quando comparado ao sistema completo, devido à ausência de numerosos componentes adicionais.

Por estes motivos citados, decidiu-se prosseguir com o levantamento de quantitativos, elaboração de orçamento e simulação de cenários de implementação

de medidas de uso racional de água, considerando apenas o sistema simplificado para aproveitamento de água de chuva.

#### 4.5 ORÇAMENTO DAS MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA SELECIONADAS

A especificação dos metais e louça sanitária eficientes foi realizada considerando o melhor benefício quanto ao custo, ou seja, o menor valor. Para o chuveiro optou-se pelo chuveiro de 4400 W (conforme explicado no item 4.2) e para todas as torneiras (lavatório, cozinha e para o tanque) foi proposta a aquisição de adaptadores e arejadores.

A escolha pela aquisição de adaptadores e arejadores para todas as torneiras foi devido à indisponibilidade de torneiras de abrir (simples) que possuíssem arejador acoplado de fábrica. Este mecanismo estava disponível apenas para modelos de torneiras com fechamento automático. Aliado a esta questão, o alto custo destas torneiras com fechamento automático, e o fato de não possuir modelo com bico para acoplar mangueira na torneira do tanque, descartou-se esta especificação na simulação de cenários para determinação do custo adicional.

Para a bacia sanitária foi especificado um sistema de duplo acionamento (3 e 6 litros) para as descargas, pois o valor não é muito semelhante ao da descarga de acionamento simples para 6 litros.

A Tabela 9 apresenta o levantamento quantitativo, respectivos custos e valor total para os metais adotados, contemplando a opção de aquisição de adaptadores e arejadores e para a bacia sanitária. Todos os valores são referentes ao ano de 2016.

**Tabela 9 - Levantamento quantitativo e orçamento de metais e louça sanitária de vazões reduzidas**

<b>Materiais</b>	<b>Marca</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo</b>
Chuveiro plástico elétrico 220 V 4400 W	Enerbras	1	R\$ 35,90
Vaso sanitário com caixa acoplada de duplo acionamento	Celite	1	R\$ 174,90
Torneira metálica de 1/2" p/ lavatório, sem arejador, conforme especificação no orçamento da construtora	Fortmetais	1	R\$ 29,77

**Fonte: Autoria própria.**

**Continuação da Tabela 9 - Levantamento quantitativo e orçamento de metais e louça sanitária de vazões reduzidas**

<b>Materiais</b>	<b>Marca</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo</b>
Carcaça para arejador da torneira metálica 1/2" p/ lavatório	Blukit	1	R\$ 17,28
Arejador para torneira metálica de 1/2" p/ lavatório	Fabrimar	1	R\$ 27,95
Torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha sem arejador, conforme especificação no orçamento da construtora	Famosa	1	R\$ 41,29
Carcaça para arejador da torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha	Blukit	1	R\$ 17,18
Arejador para torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha	Fabrimar	1	R\$ 18,86
Torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque sem arejador, conforme especificação no orçamento da construtora	Famosa	1	R\$ 21,45
Carcaça para arejador da torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque	Blukit	1	R\$ 17,18
Arejador para torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque	Fabrimar	1	R\$ 18,86
Adaptador para bico de torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque	-	1	R\$ 5,96
<b>Custo total</b>			<b>R\$ 429,55</b>

**Fonte: Autoria própria.**

O levantamento quantitativo dos itens do projeto de águas pluviais e do aproveitamento de água da chuva foi feito simultaneamente (Tabela 10 e 11). Para o aproveitamento de água de chuva adotou-se o sistema simplificado para utilização de água de chuva para limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim. Foi orçado o sistema com duas bombonas de plástico de 400L (Tabela 10) e também com reservatório de 500L (Tabela 11). Os valores são referentes ao ano de 2016.

**Tabela 10 - Levantamento quantitativo e orçamento do projeto de águas pluviais e do aproveitamento de água de chuva para sistema simplificado com bombona**

Item	Diâmetro	Qdade.	Un.	Custo unitário	Custo total
Calha	Ø 125mm	15	m	R\$ 81,90 (*1)	R\$ 409,50
Bocal de calha para condutor	Ø 125mm	2	un	R\$ 38,90	R\$ 77,80
Emenda para calha	Ø 125mm	4	un	R\$ 19,90	R\$ 79,60
Terminal direito para calha	Ø 125mm	2	un	R\$ 12,90	R\$ 25,80
Terminal esquerdo para calha	Ø 125mm	2	un	R\$ 13,90	R\$ 27,80
Tubulação soldável	Ø 100mm	8,81	m	R\$ 39,90 (*2)	R\$ 119,70
Tubulação soldável	Ø 50mm	0,8	m	R\$ 12,84 (*3)	R\$ 12,84
Joelho 90°	Ø 100mm	6	un	R\$ 6,36	R\$ 38,16
Joelho 90°	Ø 50mm	1	un	R\$ 2,29	R\$ 2,29
Junção Simples	Ø 100 x 100 mm	1	un	R\$ 20,39	R\$ 20,39
Adaptador para caixa d'água com registro	Ø 25mm	2	un	R\$ 32,03	R\$ 64,06
Adaptador soldável com anel para caixa d'água	Ø 50mm	3	un	R\$ 32,90	R\$ 98,70
Adaptador soldável com anel para caixa d'água	Ø 25mm	1	un	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Tubulação soldável	Ø 25mm	0,1	m	R\$ 4,59 (*3)	R\$ 4,59
Luva soldável com rosca	Ø 25mm x 1/2"	1	un	R\$ 18,93	R\$ 18,93
Torneira de plástico para jardim	Ø 1/2"	1	un	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Lixa - 100 para PVC	-	1	un	R\$ 5,90	R\$ 5,90
Solução preparadora	-	1	un	R\$ 14,29	R\$ 14,29
Bombona de 200L	-	2	un	R\$ 136,85	R\$ 273,70
Tela de arame galvanizado 1,0 x 1,0 m	-	1	un	R\$ 45,20	R\$ 45,20
<b>Custo total</b>					<b>R\$ 1356,05</b>

Obs.: \*1 Valor para calha de 3 metros. \*2 Valor para barra de 3 metros. \*3 Valor para barra de 1,5 metros

Fonte: **Autoria própria.**



**Tabela 31 - Levantamento quantitativo e orçamento do projeto de águas pluviais e do aproveitamento de água de chuva para sistema simplificado com caixa d'água**

Item	Diâmetro	Qdade.	Un.	Custo unitário	Custo total
Calha	Ø 125mm	15	m	R\$ 81,90 (*1)	R\$ 409,50
Bocal de calha para condutor	Ø 125mm	2	un	R\$ 38,90	R\$ 77,80
Emenda para calha	Ø 125mm	4	un	R\$ 19,90	R\$ 79,60
Terminal direito para calha	Ø 125mm	2	un	R\$ 12,90	R\$ 25,80
Terminal esquerdo para calha	Ø 125mm	2	un	R\$ 13,90	R\$ 27,80
Tubulação soldável	Ø 100mm	8,81	m	R\$ 39,90 (*2)	R\$ 119,70
Tubulação soldável	Ø 50mm	0,65	m	R\$ 12,84 (*3)	R\$ 12,84
Joelho 90°	Ø 100mm	6	un	R\$ 6,36	R\$ 38,16
Joelho 90°	Ø 50mm	1	un	R\$ 2,29	R\$ 2,29
Junção Simples	Ø 100 x 100 mm	1	un	R\$ 20,39	R\$ 20,39
Adaptador para caixa d'água com registro	Ø 25mm	1	un	R\$ 32,03	R\$ 32,03
Adaptador soldável com anel para caixa d'água	Ø 50mm	1	un	R\$ 32,90	R\$ 32,90
Adaptador soldável com anel para caixa d'água	Ø 25mm	1	un	R\$ 12,90	R\$ 12,90
Tubulação soldável	Ø 25mm	0,1	m	R\$ 4,59 (*3)	R\$ 4,59
Luva soldável com rosca	Ø 25mm x 1/2"	1	un	R\$ 18,93	R\$ 18,93
Torneira de plástico para jardim	Ø 1/2"	1	un	R\$ 3,90	R\$ 3,90
Lixa - 100 para PVC	-	1	un	R\$ 5,90	R\$ 5,90
Solução preparadora	-	1	un	R\$ 14,29	R\$ 14,29
Caixa d'água de 500L	-	1	un	R\$ 182,90	R\$ 182,90
Tela de arame galvanizado 1,0 x 1,0 m	-	1	un	R\$ 45,20	R\$ 45,20
<b>Custo total</b>					R\$ 1.167,42

Obs.: \*1 Valor para calha de 3 metros. \*2 Valor para barra de 3 metros. \*3 Valor para barra de 1,5 metros

Fonte: **Autoria própria.**

#### 4.6 COMPARATIVO DE CUSTOS PARA DETERMINAÇÃO DE VALOR ADICIONAL DAS MEDIDAS DE USO RACIONAL DE ÁGUA SELECIONADAS

Para elaboração do comparativo de custos entre o orçamento convencional e o orçamento das medidas selecionadas para uso racional de água foi necessário atualizar o primeiro para o ano de 2016. Essa atualização considerou os itens de metais e louça sanitária orçados em 2012 pela construtora e a variação do CUB no

período analisado. O valor do CUB foi utilizado por considerar os itens da construção de acordo com o padrão construído.

Apesar de, na metodologia de cálculo do CUB, ser estudado o padrão de residência popular (RP1Q), para este trabalho optou-se pela variação do CUB para “Residências de baixo padrão (R1-B). Isto porque as especificações de materiais consideradas para o padrão R1-B, na metodologia do cálculo do CUB, se assemelhavam mais aos itens especificados pelo projeto em questão.

Na Tabela 12 apresenta-se a variação do CUB para o período analisado. Na Tabela 13, é apresentada uma atualização do orçamento dos metais e louça sanitária de Maio de 2012 (data do orçamento da construtora) para os valores atualizados de Abril de 2016 (data do trabalho), e na Tabela 14 é apresentada esta mesma atualização para o custo total da obra com projeto convencional.

**Tabela 12 - Variação do CUB para o período de Maio de 2012 à Abril de 2016 para residências de baixo padrão**

CUB em Maio/2012 (R\$/m <sup>2</sup> )	CUB em Abril/2016 (R\$/m <sup>2</sup> )	Varição Absoluta (R\$/m <sup>2</sup> )	Varição do CUB no período (%)
1004,63	1329,11	324,48	32,30%

Fonte: Elaborado a partir de SINDUSCON PR (2016).

**Tabela 43 - Atualização do orçamento dos metais e louça sanitária do projeto convencional**

Material	Custo (Maio/2012)	Custo (Abril/2016)
Chuveiro plástico elétrico 220V 4000W	R\$ 30,08	R\$ 39,80
Lavatório de louça, tamanho médio c/coluna	R\$ 96,05	R\$ 127,07
Vaso sanitário, auto-sifonado, com caixa acoplada, de louça	R\$ 236,27	R\$ 312,58
Tanque de concreto - 30 l c/ esfregador	R\$ 61,24	R\$ 81,02
Torneira metálica - 1/2" p/ lavatório	R\$ 20,95	R\$ 27,72
Torneira metálica - longa - 3/4" (parede)	R\$ 17,19	R\$ 22,74
Torneira metálica - curta - 3/4"(parede) c/bico	R\$ 17,19	R\$ 22,74
<b>Custo total</b>		
	R\$ 321,68	R\$ 425,58

Fonte: Autoria própria.

**Tabela 5 - Atualização do custo total da obra com projeto convencional**

Custo total da obra (Maio/2012)	Custo total da obra (Abril/2016)
R\$ 30695,00	R\$ 40609,01

Fonte: Autoria própria.

A partir destes dados, serão apresentadas as propostas para os seguintes cenários:

- Cenário A: Aquisição de metais sanitários eficientes e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água da chuva;
- Cenário B: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água da chuva;
- Cenário C: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, com implantação de aproveitamento de água da chuva com reservatório sendo duas bombonas de 200 L, e
- Cenário D: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, com implantação de aproveitamento de água da chuva com reservatório sendo caixa d'água de 500 L.

Estes cenários são analisados a seguir.

#### 4.6.1 Cenário A: Aquisição de metais sanitários eficientes e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva

A aquisição de metais sanitários eficientes compreende o uso de torneiras com arejadores acoplados de fábrica. Além disso, neste cenário considera-se a aquisição de bacia sanitária com descarga de baixa vazão, e não há implantação de aproveitamento de água de chuva. O custo deste cenário é de R\$ 1188,50 (Tabela 15). Comparativamente ao orçamento convencional (R\$ 425,58), isto representa um custo adicional de R\$ 762,92. Como o custo total da obra para o projeto convencional era de R\$ 40609,01 (Tabela 14), com a implementação do cenário A, o novo custo total seria de R\$ 41371,93. O acréscimo de R\$ 762,92 corresponde a um custo adicional de apenas 1,88% do custo total da obra estimado para o projeto convencional.

Tabela 15 - Custo para o Cenário A

Materiais	Marca	Quantidade	Custo
Chuveiro plástico elétrico 220 V 4400 W	Enerbras	1	R\$ 35,90
Vaso sanitário com caixa acoplada de duplo acionamento	Celite	1	R\$ 174,90
Torneira metálica de 1/2" (lavatório) com arejador acoplado	Deca	1	R\$ 305,90
Torneira metálica longa de 3/4" (parede) p/ cozinha com arejador acoplado	Deca	1	R\$ 335,90
Torneira metálica curta de 3/4" com bico (parede) p/ tanque com arejador acoplado	Deca	1	R\$ 335,90
Custo total			R\$ 1188,50

**Fonte: Autoria própria.**

Apesar do aumento de apenas 1,88% no custo total da obra, este cenário representa 279,27% do custo estimado no orçamento convencional para metais e louça sanitária. Além disso, neste cenário são propostas torneiras de fechamento automático que diferem das torneiras de abrir, especificadas no projeto convencional. Isto por não estarem disponíveis no mercado torneiras semelhantes às especificadas no orçamento convencional, contemplando arejadores de fábrica, e que não sejam automáticas. Em função disto, a opção pela aquisição de torneiras com arejadores acoplados foi descartada na simulação dos demais cenários. Portanto, os cenários a seguir contemplam a aquisição de torneiras simples, adaptadores e arejadores.

4.6.2 Cenário B: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, sem implantação de aproveitamento de água de chuva

A aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão foi orçada em R\$ 429,55. Comparativamente ao orçamento convencional (R\$ 425,58), isto representa um custo adicional de R\$ 3,97. Em termos de custo total da obra, tem-se que para o projeto convencional é R\$ 40609,01 (Tabela 14) e para implementação do cenário B o valor aumentaria para R\$ 40612,98. Este acréscimo no custo corresponde a 0,01% do custo total da obra estimado para o projeto convencional.

4.6.3 Cenário C: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, com implantação de aproveitamento de água de chuva com bombona

A aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão custa aproximadamente R\$ 429,55. A implantação de aproveitamento de água de chuva com duas bombonas de 200 L custa R\$ 1356,05. Dessa forma, o custo total para o cenário C é de R\$ 1785,60, que representa um custo adicional de R\$ 1360,02, resultado da subtração entre R\$ 1785,60 (custo total dessa proposta) e R\$ 425,58 (valor já estimado no projeto convencional da construtora). Como o custo total da obra para o projeto convencional era de R\$ 40609,01 (Tabela 14), com a implementação do cenário C, o novo custo total seria de R\$ 41969,03. Este acréscimo no custo corresponde a 3,35% do custo total da obra estimado para o projeto convencional.

4.6.4 Cenário D: Aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, com implantação de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água

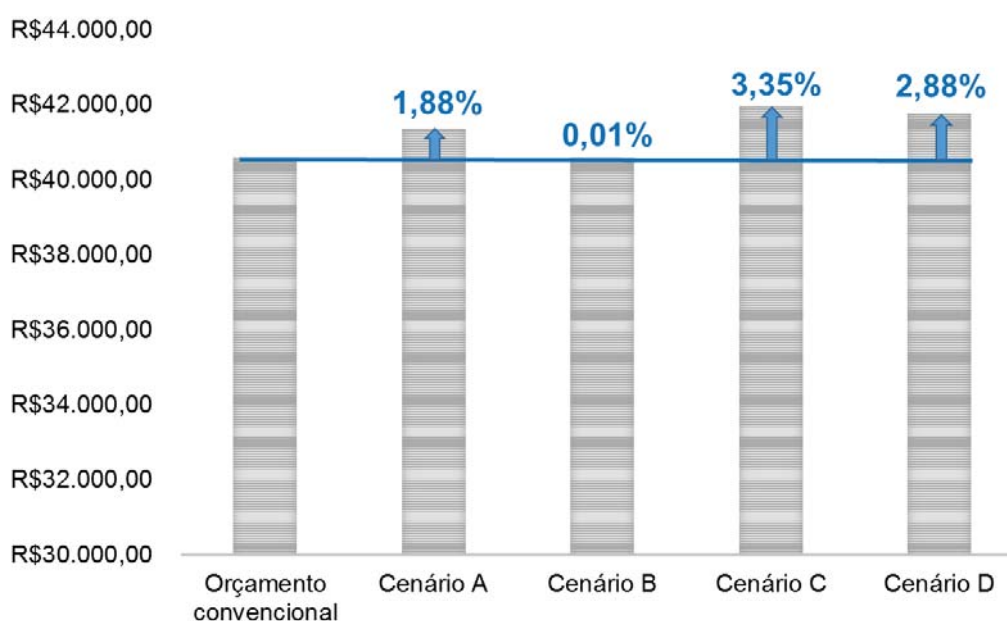
A aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão custa aproximadamente R\$ 429,55. A implantação de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água de 500 L custa R\$ 1167,42. Dessa forma, o custo total para o cenário D é de R\$ 1596,97, que representa um custo adicional de R\$ 1171,39, resultado da subtração entre R\$ 1596,97 (custo total dessa proposta) e R\$ 425,58 (valor já estimado no projeto convencional da construtora). Como o custo total da obra para o projeto convencional era de R\$ 40609,01 (Tabela 14), com a implementação do cenário D, o novo custo total seria de R\$ 41780,40. Este acréscimo no custo corresponde a 2,88% do custo total da obra estimado para o projeto convencional.

Um resumo dos resultados obtidos neste trabalho é apresentado na Tabela 16 e Figura 19.

**Tabela 66 - Comparativo do custo total da obra para os diferentes cenários**

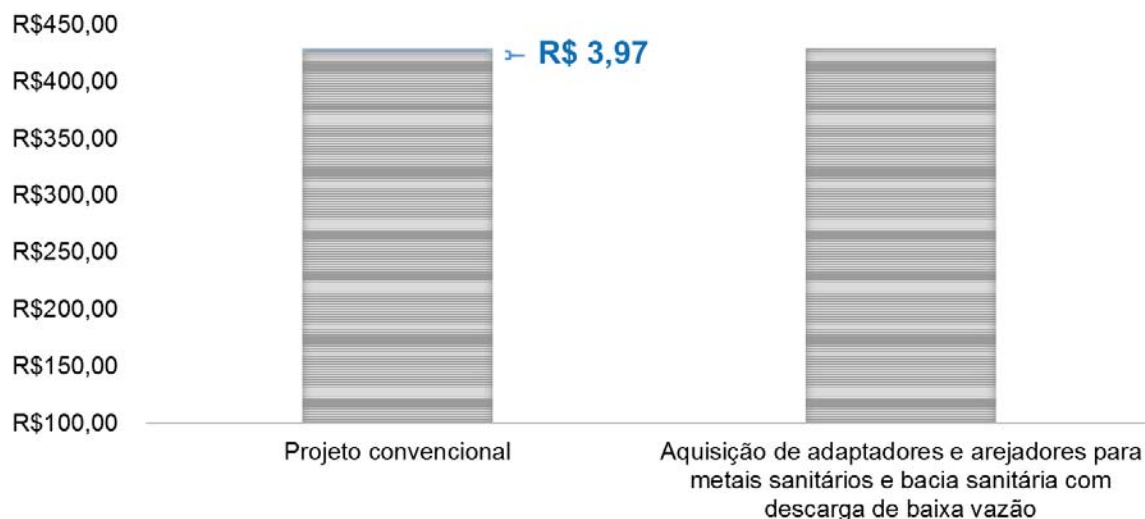
Medida	Cenário A	Cenário B	Cenário C	Cenário D
Metals e louça sanitária	Metals eficientes com arejador acoplado de fábrica e bacia sanitária de baixa vazão	Adaptadores e arejadores para torneiras e bacia sanitária de baixa vazão	Adaptadores e arejadores para torneiras e bacia sanitária de baixa vazão	Adaptadores e arejadores para torneiras e bacia sanitária de baixa vazão
Aproveitamento de água da chuva	-	-	Duas bombonas de 200 L	Caixa d'água de 500 L
Custo Total da Obra	R\$ 41371,93	R\$ 40612,98	R\$ 41969,01	R\$ 41780,00

Fonte: Autoria própria.

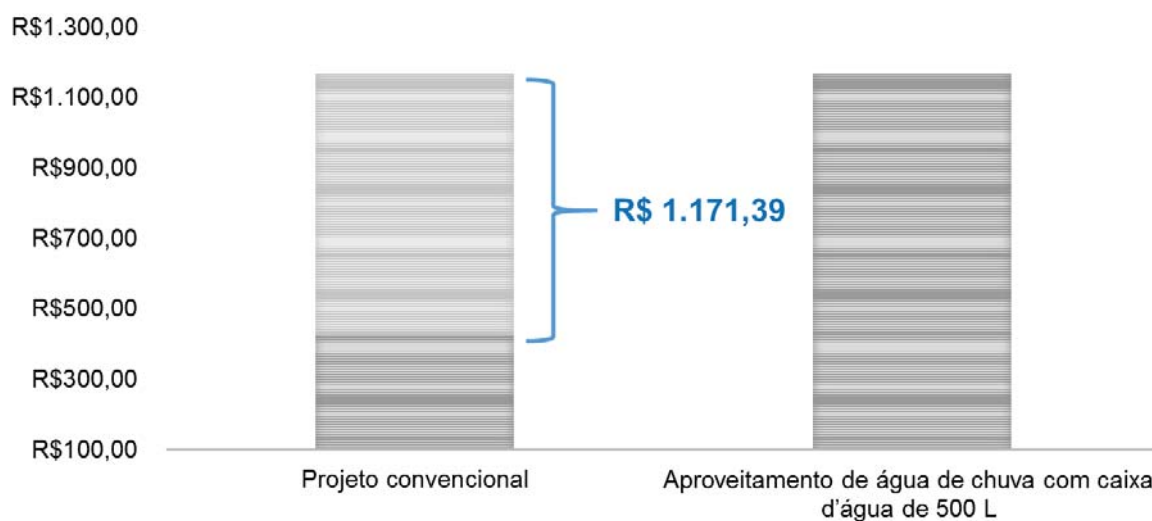


**Figura 19 - Aumento comparativo do custo total da obra para os diferentes cenários**  
 Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados deste trabalho considera-se que o custo adicional para implantação de aproveitamento de água de chuva, aliado a aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, corresponde a um custo adicional inferior a 4% do custo da obra estimado para o projeto convencional. Ainda, o cenário que apresentou menor custo adicional com implementação de água de chuva foi o cenário D (Figura 20 e 21)



**Figura 20 - Custo adicional de metais e louça sanitária para o Cenário D**  
**Fonte: Autoria própria.**



**Figura 21 - Aproveitamento de água de chuva para Cenário D**  
**Fonte: Autoria própria.**

Sendo assim, a proposta indicada neste trabalho para implementação de medidas de uso racional de água é a aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários, bacia sanitária com descarga de baixa vazão e implantação de aproveitamento de água da chuva com caixa d'água. O custo adicional de implementação deste cenário é de R\$ 1171,39, que corresponde a 2,88% do custo total da obra estimado para o projeto convencional.



## 5 CONCLUSÕES

A economia de água potável e a construção de habitações de interesse social têm sido duas temáticas importantes para o país na atualidade. A primeira teve maior destaque a partir de 2014, por conta da crise hídrica vivenciada pela região mais densamente ocupada do país, a região sudeste. Por conta disso, políticas públicas de incentivo às medidas de redução no consumo de água potável e utilização de fontes alternativas de água nos sistemas prediais, vem sendo mais estimuladas pelo poder público. Ao mesmo tempo, a construção de habitações de interesse social tem aumentado devido à necessidade de suprir o déficit habitacional da população menos abastada.

Por estas razões, buscou-se determinar neste trabalho qual o investimento necessário para implementar medidas de uso racional de água em habitações de interesse social. Para isto, foi feita a comparação entre o orçamento de um projeto proposto com medidas de uso racional de água e o orçamento de um projeto convencional (sem estas medidas). É relevante indicar que neste trabalho, foi utilizado um projeto de uma habitação de interesse social, o qual não contemplava medidas de uso racional de água, mas que foi efetivamente construído em 2013. Desta forma, os resultados obtidos da análise de custos adicionais da implementação de propostas de uso racional de água podem ser efetivamente aplicados em outras obras semelhantes. Como a obra foi orçada no ano de 2012, foi calculada a atualização dos valores de acordo com a variação do CUB no período analisado (2012 à 2016), para tornar a comparação efetiva.

As medidas de uso racional de água avaliadas neste trabalho foram a substituição dos metais e louça sanitária especificados no projeto convencional por similares de menor vazão e a implementação de aproveitamento de água de chuva.

Como principais resultados da análise para proposta de substituição de metais e louça sanitária estão:

- Dificuldade de encontrar no mercado consumidor o fornecimento de torneiras com dispositivo economizador acoplado, para os modelos de abrir (simples). Há modelos de torneiras com arejadores acoplados de fábrica, porém estão disponíveis principalmente para modelos com fechamento automático, e seu custo não é compatível com o padrão de habitação de interesse social. Todavia há sistemas de adaptadores e



arejadores disponíveis no mercado que são compatíveis com diversos modelos de torneiras e possuem baixo custo de aquisição.

- Para os vasos sanitários há variedade de modelos e sistemas de acionamento de vazão reduzida, com preço similar aos vasos convencionais, o que favorece a opção de aquisição de louças mais eficientes.
- Para chuveiros elétricos, constatou-se que não deve ser feita a utilização de restritores de vazão, se a pressão da instalação hidráulica for inferior a 8 mca. No caso do projeto analisado neste trabalho, a pressão é 3 mca, portanto a utilização do restritor de vazão implicaria em mal funcionamento do aparelho.

Com base nestes resultados, obteve-se um custo adicional, para substituição dos metais e louças convencionais por similares de menor vazão, próximo ao valor de quatro reais (R\$ 3,97), que corresponde a aproximadamente 0,01% do custo total da obra.

Quanto ao aproveitamento de água de chuva, observou-se que o volume de água de chuva aproveitável é suficiente para suprir a demanda de vasos sanitários da habitação em questão durante a maioria dos meses do ano. Isto devido à disponibilidade da área de captação (63,36 m<sup>2</sup>), aliada ao índice pluviométrico anual da região estudada (1757,09 mm), favorecerem a demanda considerada de apenas quatro moradores. Todavia, em meses secos, seria necessária a complementação de água potável para atender a esta demanda. Este fato acarretaria na necessidade de previsão de ligação do sistema de abastecimento de água potável ao sistema de aproveitamento de água da chuva, que além de aumentar o custo para execução do projeto, aumentaria o risco de contaminação cruzada. Além disso, neste sistema (denominado “completo” neste trabalho), foram considerados os seguintes complementos: uso de componente para descarte da primeira chuva, reservatório inferior e superior para armazenamento de água de chuva, sistema de bombeamento e instalação predial de água de chuva independente para abastecimento das descargas. Estes componentes gerariam um aumento significativo no orçamento do projeto.

Por esta razão, neste trabalho optou-se pelo desenvolvimento de um sistema simplificado de aproveitamento de água de chuva. Neste sistema simplificado, a água da chuva é utilizada para limpeza externa, lavagem de carros e uso no jardim.

Portanto, a descarga da bacia sanitária continua sendo realizada com água potável. Ao mesmo tempo, esta opção elimina os custos adicionais de instalação predial exclusiva para água de chuva e potenciais riscos de contaminação cruzada nas ocasiões em que fosse necessária a complementação com água potável. Neste sistema simplificado foram duas propostas de reservatório, conforme indicadas:

- Água da chuva armazenada em duas bombonas de plástico, as quais totalizam 400 L, tem capacidade para atender a demanda por aproximadamente 13 dias por mês e tem um custo de R\$ 1356,05 para implementação.
- Água da chuva armazenada em caixa d'água de plástico de 500 L, tem capacidade para atender a demanda por aproximadamente 16 dias por mês e custo de implementação de R\$ 1167,42.

Do ponto de vista estético, a utilização de bombonas é mais favorável. Todavia, do ponto de vista financeiro nota-se que a utilização de caixa d'água teve um acréscimo no custo adicional de obra menor do que o projeto com a utilização de duas bombonas. Dessa forma, o sistema indicado neste trabalho é de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água. Além disso, o processo de manutenção do sistema será facilitado, ao ser necessária a limpeza em um único reservatório, ao invés das duas bombonas.

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, considera-se que o custo para implementação de aproveitamento de água de chuva, aliado a aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários e bacia sanitária com descarga de baixa vazão, corresponde a menos de 5% do custo total da obra. Vale salientar que no sistema de aproveitamento de água da chuva com bombonas, o custo adicional corresponde a 3,35% e no sistema com caixa d'água corresponde a 2,88% do custo total da obra para o projeto convencional. Dessa forma, a proposta indicada neste trabalho é a aquisição de adaptadores e arejadores para metais sanitários, bacia sanitária de baixa vazão, e implantação de aproveitamento de água de chuva com caixa d'água à um custo adicional de R\$ 1171,39, resultado da subtração entre R\$ 1596,97 (custo total dessa proposta) e R\$ 425,58 (valor já estimado no projeto convencional da construtora).

Portanto, a conclusão final desta pesquisa é que o custo adicional para implantação de medidas de uso racional de água em habitações de interesse social equivale a um percentual pequeno (cerca de 4% do valor global da obra), comparado

a um projeto sem estas medidas. Considerando os benefícios adicionais em consequência da redução do consumo de água potável, entre elas a redução no valor da conta mensal de água para os moradores e a maior disponibilidade de água para a comunidade, certamente a utilização de medidas de uso racional de água mostrou-se viável técnica e economicamente nos projetos de habitação de interesse social.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As seguintes sugestões são apresentadas para futuros trabalhos referentes à análise de viabilidade técnica e econômica da implementação de medidas de uso racional de água em habitação de interesse social:

- Determinação da economia no consumo de água de água, a partir da comparação entre o projeto hidrossanitário convencional e o projeto com utilização de medidas de uso racional de água proposto para a habitação de interesse social analisado neste trabalho. Esta simulação pode ser realizada utilizando, por exemplo, o software Netuno, o qual foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina, pela equipe do Prof. EneDir Ghisi;
- Determinação do tempo de retorno do investimento das medidas de uso racional de água propostas neste trabalho;
- Avaliação de proposta para captação de água de chuva em dois estágios na cobertura, ou seja, inclusão de uma calha intermediária para captação de água de chuva para abastecimento de descargas e outra calha nas bordas para abastecimento de torneiras externas.

## REFERÊNCIAS

A importância real da sustentabilidade. Disponível em: < <http://capitalhumano-fgv.com.br/a-importancia-real-da-sustentabilidade/>> Acesso em: 14 de nov. 2015, 21:00.

ABIKO, Alex Kenya. **Introdução à Gestão Habitacional**. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1995. Disponível em: <[http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT\\_00012.pdf](http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2015.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. **O uso racional da água tem que fazer parte do seu dia-a-dia**. Disponível em: < <http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/Folders/FolderTamanhOriginal/car-taza2infogrfico1000.jpg>> Acesso em: 20 mai. 2016.

ANA. **Encarte especial sobre a crise hídrica**. Brasília, DF: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2014. 30p.

APPLE BAUM REALTY GROUP. **Is a rain barrel right for me?**. Disponível em: <<http://www.applebaumrealtygroup.com/2016/04/25/is-a-rain-barrel-right-for-me/>> Acesso em: 20 mai. 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento, Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15097**: Aparelho sanitário de material cerâmico - Parte 1: Requisitos e métodos de ensaios, Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Águas de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edificações habitacionais, Rio de Janeiro, 2013.

BARRETO, Douglas, Perfil Do Consumo Residencial E Usos Finais Da Água. **Ambiente Construído Revista On-line da ANTAC**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, jun. 2008. Disponível em: <[www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5358/3280](http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5358/3280)>. Acesso em: 25 set. 2015.

BEZERRA, Stella Maris da Cruz et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído Revista On-line da ANTAC**, Porto Alegre, v.10, n.4, dez 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/13020>> Acesso em 20 abr. 2016.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Avaliação da qualidade da habitação de interesse social**. Brasília: UnB, FAU, 2015. Disponível em: <[https://issuu.com/lacisunb/docs/avalia\\_o\\_da\\_qualidade\\_da\\_habita\\_](https://issuu.com/lacisunb/docs/avalia_o_da_qualidade_da_habita_)>. Acesso em 21 mai. 2016.

CAIXA. **Como funciona o Minha Casa Minha Vida Entidades**. Disponível em: <<http://www20.caixa.gov.br/Paginas/Noticias/Noticia/Default.aspx?newsID=3697>>. Acesso em: 6 abri. 2016.

CAIXA. **Programa Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavida.gov.br/sobre-o-programa.html>>. Acesso em: 6 abri. 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Fortaleza, 2013. 311 p. Disponível em: <[http://www.cbic.org.br/arquivos/guia\\_livro/Guia\\_CBIC\\_Norma\\_Desempenho\\_2\\_edicao.pdf](http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho_2_edicao.pdf)> Acesso em: 28 mai. 2016.

CAMARGO, Suzana. **Moradias populares ganham aquecimento solar em Curitiba**. [S.l.:s.n], 2014 Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/moradias-populares-ganham-aquecimento-solar-curitiba-820643.shtml>> Acesso em 20 abr. 2016.

COELHO, Eduardo; AULICINO, Mello, **Guia Sustentabilidade para instalações domiciliares**, São Paulo: [S.l.:s.n], 2011.

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE. **A água que você desperdiça pode fazer falta amanhã. Economize.** Disponível em: <<http://brasildasaguas.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2013/05/CARTILHA-AGUA-CVRD.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2016.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Como inserir SUSTENTABILIDADE em seus processos - INOVAÇÃO.** Disponível em: <<http://cebds.org/wp-content/uploads/2015/08/CEBDS-INOVA%CC%A7AO.pdf>> Acesso em: 20 out. 2016.

COSTA, Amanda Regina Ferreira da. **Limites de aplicabilidade para sistemas automáticos de descarte de água de chuva: Estudo de caso.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/124546>>. Acesso em: 20 out. 2016

CURITIBA. **Decreto 293, de 22 de março de 2006.** Regulamenta a Lei nº 10.785 de 2003 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações. Curitiba, 22 de março de 2006.

DAVIS, Guilherme. **Moradias do minha casa minha vida recebem ações sustentáveis.** [S.L.:s.n], 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/07/moradias-do-minha-casa-minha-vida-recebem-acoes-sustentaveis>> Acesso em: 13 mai 2016.

FARIA, Renato. Economia responsável. **Téchne.** ano 22, nº 212, p. 12–16, nov. 2014.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Minha Casa Minha Vida acelera queda do déficit habitacional no país.** [S.L.:s.n], 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/03/minha-casa-minha-vida-acelera-queda-do-deficit-habitacional-no-pais>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

FIGUEROLA, Valentina; Vazão Econômica. **Revista Arquitetura Urbanismo,** [S.L.:s.n], dev. 2002. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/105/vazao-economica-23838-1.aspx>> Acesso em: 12 mai. 2016

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO E CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÃO. Déficit habitacional total, relativo e por componentes. [S.L.:s.n], set. 2015. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>> Acesso em: 12 mai. 2016

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil 2013: Resultados preliminares**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos1/2742-deficit-habitacional-no-brasil-3>>. Acesso em: 12 mai. 2016.

GERHARDT, Gabriel et al. Aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em habitação de interesse social. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**. [S.l.:s.n], v.2, n.1, 2014. Disponível em: <[http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/eletronica/article/view/1059/pdf\\_5](http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/eletronica/article/view/1059/pdf_5)> Acesso em 20 abr. 2016.

GHSI, Enedir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído Revista On-line da ANTAC**, Porto Alegre, v.11, n.4, dez 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/20413>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

GIRIBOLA, Maryana. **Norma de desempenho entra em vigor**. [S.l.:s.n], 203. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/28/norma-de-desempenho-entra-em-vigor-os-desafios-do-291134-1.aspx>> Acesso em 20 abr. 2016.

GUELPH CITY HALL. **Greywater rebate program**. Disponível em: <<http://guelph.ca/living/environment/rebates/greywater/>> Acesso em: 18 mai. 2016.

GUELPH CITY HALL. **Royal flush toilet rebate**. Disponível em: <<http://guelph.ca/living/environment/rebates/royal-flush-toilet-rebate/>> Acesso em: 18 mai. 2016.

HAWKEN, Paul et al. **Capitalismo natural**. 13 ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo, 2015. 28 p. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia2.php?id=240239>>. Acesso em: 6 abr. 2016.

JUSBRASIL. **Legislação**. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/?ref=navbar>> Acesso em: 25 mai. 2015.

LEED. **Green Building Design and Construction**. Washington: [S.l.:s.n], 2009.



MARQUES, Camila de Souza, **Análise crítica da norma de desempenho, ABNT NBR 15575: 2013 com ênfase em durabilidade e manutenibilidade**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg3/125.pdf>>. Acesso em 30 abr. 2016.

MIERZWA, José Carlos et al, Águas Pluviais: Método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado, **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 4, n. 2004, p. 29–37, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. [S.l.:s.n], 2009. 212 p. Disponível em: <<https://www.epa.gov/education/what-environmental-education>> Acesso em: 20 mai. 2016.

NAKAMURA, Juliana. Uso não potável, **Téchne**. p. 26–27, 2014.

NAKAMURA, Juliana; GIRIBOLA, Maryana, Sem desperdício, **Téchne**, ano 22, nº 212, p. 18–23, nov. 2014.

RAIN BARREL GUIDE. **Harvesting rainwater with rain barrel**. Disponível em: <<http://www.rainbarrelguide.com/>> Acesso em: 26 mai. 2016.

REIS, Antônio Tarcísio da Luz; LAY, Maria Cristina Dias. O projeto da habitação de interesse social e a sustentabilidade social. **Ambiente Construído Revista On-line da ANTAC**, Porto Alegre, v.10, n.3, set 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/12816>> Acesso em 20 abr. 2016.

SABESP. **Crise hídrica, estratégia e soluções da SABESP** - Para a região metropolitana de São Paulo. São Paulo, 2015. 95 p. Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess\\_crise\\_hidrica.pdf](http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf)> Acesso em: 25 mai. 2016.

SÃO PAULO. Decreto nº 61180, de 20 de março de 2015. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, São Paulo, SP, 21 mar. 2015. Seção 1 p.3.

SANEPAR. **Atitudes simples podem contribuir para reduzir o consumo**. [S.l.:s.n], 2015. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/noticias/atitudes-simples-podem-contribuir-para-reduzir-o-consumo>> Acesso em: 23 mai. 2016.



SAUTCHUK, Carla et al. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. São Paulo: Gráfica, 2005.

SENADO FEDERAL. **Sistema de captação de água da chuva pode se tornar obrigatório no Minha Casa Minha Vida**. [S.l.:s.n , 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/02/09/sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva-pode-ser-obrigatorio-no-minha-casa-minha-vida>> Acesso em: 26 mai. 2016.

SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Desenvolvimento urbano de baixo impacto**. [2004?]. Disponível em: <<http://rhama.net/download/artigos/artigo103.pdf>>. Acesso em: 10 abr.2016.

SINDUSCON PARANÁ. **CUB-PR**. Disponível em: <<http://sindusconpr.com.br/tabelas-cub-pr> > Acesso em: 20 mai. 2016.

SILVA, Viviane Nascimento da; DOMINGOS, Patrícia. Captação e manejo de água de chuva. **Saúde e Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v.2, n.1, jun 2007. Disponível em: <<http://publicacoes.unigranrio.br/index.php/sare/article/view/264>> Acesso em 20 abr. 2016.

STORMWATER MANEGEMENT. **Rain barrels**. Disponível em: <<http://www.esf.edu/ere/endreny/GICalculator/RainBarrelIntro.html>> Acesso em: 20 mai. 2016.

THIS OLD HOUSE. **How to build a rain barrel**. Disponível em: <<http://www.thisoldhouse.com/toh/how-to/intro/0,,20785802,00.html>> Acesso em: 20 mai. 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

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

UCHIDA, Cintia; OLIVEIRA, Lúcia Helena De. As bacias sanitárias com sistema de descarga dual e a redução do consumo de água em edifício residencial multifamiliar, In: XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, Florianópolis: 2006. **Centro de referência e informação em habitação**. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006\\_3450\\_3459.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3450_3459.pdf)>/ Acesso em 20 set. 2015.

UN WATER. **Why a world water day?**. Disponível em: <<http://www.unwater.org/worldwaterday/about/en/>> Acesso em: 21 mai. 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **What is environmental education?**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/education/what-environmental-education>> Acesso em: 20 mai. 2016.