

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
GABRIELA ALVES CASTRO

PROPOSTA DE CONVERSÃO DE UMA RESIDÊNCIA CONVENCIONAL EM UMA
ENFATIZADA EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS QUANTO AOS RECURSOS
HÍDRICOS

FORMIGA - MG
2017

GABRIELA ALVES CASTRO

PROPOSTA DE CONVERSÃO DE UMA RESIDÊNCIA CONVENCIONAL EM UMA
ENFATIZADA EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS QUANTO AOS RECURSOS
HÍDRICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR - MG,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Michael Silveira
Thebaldi.

FORMIGA - MG

2017

C355 Castro, Gabriela Alves.
Proposta de conversão de uma residência convencional em uma
enfaticada em soluções sustentáveis quanto aos recursos hídricos /
Gabriela Alves Castro. – 2017.
62 f.

Orientador: Michael Silveira Thebaldi.
Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)-Centro
Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2017.

1. Sustentabilidade. 2. Águas pluviais. 3. Águas cinzas. I. Título.

CDD 551.48

Gabriela Alves Castro

PROPOSTA DE CONVERSÃO DE UMA RESIDÊNCIA CONVENCIONAL EM UMA
ENFATIZADA EM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS QUANTO AOS RECURSOS
HÍDRICOS


Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR - MG,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi

Orientador



Prof.^a Dra. Kátia Daniela Ribeiro

UNIFOR - MG



Heytor Marcos Silva Pimenta

UNIFOR - MG

Formiga, 30 de outubro de 2017.

RESUMO

A água é um dos principais quesitos para a sobrevivência humana e, levando em consideração que a mesma não está sendo usada com consciência por muitos, a busca por meios sustentáveis e o uso racional contribui para a conservação dos recursos hídricos. Neste aspecto, buscar sustentabilidade quanto aos usos hídricos de uma residência, aproveitando água pluvial e cinza, é um método da utilização racional da água. Assim, o objetivo deste trabalho foi adaptar um edifício residencial de forma que o mesmo possua estruturas de captação e condução das águas pluviais e captação, condução e tratamento das águas cinzas, localizado na cidade de Formiga - MG. A água da chuva captada será utilizada para uso não potável, na área interna, na descarga da bacia sanitária e na máquina de lavar roupas. A água cinza gerada será tratada e, posteriormente utilizada na área externa, para uso não potável, na lavagem de toda área impermeabilizada e veículos. Por meio da análise econômica, o projeto mostrou-se inviável por possuir alto custo de implantação e representar uma economia pequena no débito gerado mensalmente à companhia de saneamento municipal. Porém, a viabilidade técnica-ambiental deve ser observada, sendo que será reduzido o uso de água potável, além de controlar desperdícios e perdas, reduzir a vazão na drenagem urbana, diminuir a produção de efluentes direcionados ao tratamento ou ao meio ambiente e, consequentemente preservando os mananciais.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Águas pluviais. Águas cinzas.

ABSTRACT

Water is one of the main requirements for human survival and, considering that it is not being used with conscience by many, the search for sustainable means and rational use contributes to the conservation of water resources. In this aspect, to seek sustainability in the water use of a residence, taking advantage of rainwater and greywater, is a method of the rational use of water. Thus, the objective of this work was to adapt residential building so that it has structures for capturing and conducting rainwater and for the capture, conduction and treatment water gray, located in the city of Formiga - MG. Collected rainwater will be used for non-potable use, in the indoor area, in the discharge of the sanitary basin and in the washing machine. The greywater generated will be treated and, after, used in the external area, for non-potable use, in washing the entire waterproofed area and vehicles. Through economic analysis, the project showed up infeasible because it has a high cost and a small economy in the debit generated monthly the municipal sanitation company. However, a technical-environmental feasibility must be observed, reducing the use of potable water, as well as controlling waste and losses, reducing urban drainage flow, decreasing effluent production directed at the treatment or the environment and consequently preserving the wellspring.

Keywords: Sustainability. Rainwater. Greywater.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Consumo de um apartamento popular na periferia da cidade de São Paulo.	22
Gráfico 2 – Precipitação média no município de Formiga - MG.	48
Figura 1 – Representação do ciclo hidrológico.	13
Figura 2 – Características do balanço hídrico numa bacia urbana.	14
Figura 3 – Características das alterações de uma área rural para urbana.	15
Figura 4 – Traçado de coleta de água pluvial.	23
Figura 5 – Regiões de captação de água precipitada.	24
Figura 6 – Sistemas de condução de água pluvial para reservatório.	25
Figura 7 – Estrutura do sistema de reuso de águas cinzas em edificações.	27
Figura 8 – Etapas componentes de uma estação de tratamento de esgotos.	28
Figura 9 – Simulação de tipos de reuso de águas cinzas.	29
Figura 10 – Planta baixa do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).	32
Figura 11 – Planta de fachada do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).	33
Figura 12 – Planta de cobertura do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).	34
Figura 13 – Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de ocupação por local.	16
Tabela 2 – Consumo predial diário em função do tipo de edificação.	17
Tabela 3 – Faixa do coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de material.	36
Tabela 4 – Demanda residencial interna de água não potável.....	38
Tabela 5 – Coeficientes de rugosidade de Manning em função do material do conduto.	39
Tabela 6 – Frequência e volume das peças de utilização de uma família de 4 pessoas.	43
Tabela 7 – UHC e diâmetro nominal dos aparelhos sanitários.....	44
Tabela 8 – Dimensionamento de ramais de esgoto.	44
Tabela 9 – Tarifas de consumo residencial.	46
Tabela 10 – Estimativa do volume de água pluvial.....	49
Tabela 11 – Demanda interna na residência estudada.	49
Tabela 12 – Volumes do reservatório de águas pluviais de acordo com o Método de Rippl...	50
Tabela 13 – Estimativa do volume de água cinza gerada na residência estudada.	51
Tabela 14 – Comparativo entre empresas de tratamento de água cinza.	52
Tabela 15 – Volumes do reservatório de acordo com o Método Prático Inglês.....	53
Tabela 16 – Quantitativo e custo do consumo de água e produção de esgoto.	54
Tabela 17 – Valores economizados com a implantação do projeto de uso de águas pluviais e reuso de águas cinzas.....	55

LISTA DE SIGLAS

Δg	Desnível geométrico
A	Área
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Água
C	Coefficiente de escoamento superficial
cav	Cavalos
Cd	Consumo diário
cm	Centímetro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cp	Consumo per capita
D	Descarte
d	Diâmetro
Dem	Demanda
D _i	Diâmetro inferior
D _r	Diâmetro de recalque
D _s	Diâmetro superior
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
F	Frequência
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
H	Altura
h	Hora
hab	Habitante
hf	Perda de carga
hf _{TOTAL}	Perda de carga total
Hm	Altura manométrica
i	Declividade
I	Intensidade média de precipitação
IDF	Intensidade, duração e frequência da precipitação
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
K, a, b, c	Parâmetros empíricos de ajuste
L	Comprimento
l	Litro

m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mca	Metro coluna de água
min	Minuto
mm	Milímetro
n	Coefficiente de rugosidade de Manning
η	Rendimento
NBR	Norma Brasileira
P	Precipitação
Pot	Potência
PVC	Policloreto de polivinila
Q	Vazão
Q _{AC}	Volume de água pluvial a captar
Q _{min}	Vazão mínima
R\$	Real
Rh	Raio hidráulico
S	Área da seção molhada
s	Segundo
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
T	Número de horas de funcionamento
t	Tempo de concentração da chuva
TR	Tempo de retorno
UHC	Unidade Hunter de Contribuição
V	Volume
V _a	Volume de água aproveitável
V _{DES}	Volume hídrico a descartar
V _r	Volume de água no reservatório
X	Número

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral.....	12
2.2	Objetivo específico	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Ciclo hidrológico no meio urbano	13
3.2	Demanda por água no meio urbano.....	16
3.3	Sistemas prediais hidráulicos e sanitários	18
3.3.1	Sistemas prediais de água fria	19
3.3.2	Sistemas prediais de água quente.....	19
3.3.3	Sistemas prediais de águas pluviais	20
3.3.4	Sistemas prediais de esgoto sanitário.....	21
3.4	Conservação da água nos sistemas prediais	21
3.4.1	Águas pluviais	22
3.4.2	Águas cinzas	26
3.5	Sustentabilidade ambiental.....	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1	Área de estudo e caracterização do edifício	31
4.2	Águas pluviais	33
4.2.1	Área de cobertura.....	33
4.2.2	Dados pluviométricos	35
4.2.3	Estimativa do volume de água pluvial	36
4.2.4	Descarte hídrico da primeira chuva	37
4.2.5	Demanda interna por recurso hídrico não potável.....	37
4.2.6	Calhas e Condutores.....	38
4.2.7	Reservatório	41
4.2.8	Bombeamento	41
4.3	Águas cinzas	43
4.3.1	Estimativa do volume de água cinza produzido	43
4.3.2	Condutores	43
4.3.3	Tratamento.....	45
4.3.4	Reservatório	45

4.3.5	Bombeamento	46
4.4	Análises de projeto.....	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	Águas pluviais	48
5.2	Águas cinzas	51
5.3	Orçamento do projeto e análise econômica.....	53
5.4	Análise técnica-ambiental	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A – Esboço da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e reaproveitamento de água cinza	61
	APÊNDICE B – Orçamento da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e reaproveitamento de água cinza	62

1 INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade na construção civil vem tornando cada vez mais constante, de maneira a harmonizar as questões ambientais com as sociais e as econômicas, na qual a economia se desenvolve acatando as expectativas sociais e proporcionando um ambiente mais saudável. Essa procura deve ocorrer principalmente na questão hídrica, pois um dos maiores problemas enfrentados neste século é a escassez da água.

O aproveitamento de águas pluviais está no rol das soluções sustentáveis, tanto no ambiente urbano quanto rural, onde há a captação das águas da chuva por meio da cobertura do edifício, transportando para um reservatório, onde o mesmo também terá a função de armazenar para suprir as épocas de seca. Uma vez armazenado, e sem tratamento específico, este recurso hídrico pode ser utilizado para demandas residenciais que sejam não potáveis.

Outro método é o reuso das águas cinzas, ou seja, de toda água residual proveniente de processos domésticos, como lavar roupa, louça, tomar banho, entre outros, exceto uso sanitário. A produção da mesma é captada e reutilizada na própria edificação, diminuindo o lançamento de esgoto na rede coletora pública ou mesmo em soluções individuais. É realizada a coleta, o tratamento e armazenamento no reservatório, onde posteriormente será utilizado na edificação para uso não potável.

Um dos maiores problemas que a humanidade enfrenta neste século é a questão hídrica, visto que somente 3% da água doce na natureza se dividem em 2,7% em geleiras e apenas 0,3% é aproveitado para consumo. Por isso a busca por soluções sustentáveis se torna primordial, considerando que a água é essencial para a sobrevivência humana.

O trabalho tem como intuito principal tornar sustentável a edificação quanto a recursos hídricos, onde a mesma terá uma porcentagem significativa de utilização de água proveniente de aproveitamento e reutilização.

Desta forma, este estudo propõe buscar soluções para a adaptação de um edifício residencial no município de Formiga - MG, para que nele sejam instituídas soluções para captação e condução de águas pluviais e captação, condução e tratamento de águas cinzas. Posteriormente, toda essa água poderá ser reaproveitada no mesmo local, onde evitará desperdício e degradação das reservas hídricas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Adaptar um edifício residencial de forma que o mesmo possua estruturas de captação e condução das águas pluviais e captação, condução e tratamento das águas cinzas.

2.2 Objetivo específico

- Levantar dados pluviométricos do local em estudo;
- Determinar a área de captação da água pluvial e dimensionar suas estruturas hidráulicas de captação, condução e reserva;
- Quantificar a produção de águas cinzas, propondo seu tratamento e dimensionar as estruturas hidráulicas necessárias para sua captação e reserva;
- Realizar a análise de viabilidade técnica-ambiental e econômica do projeto.

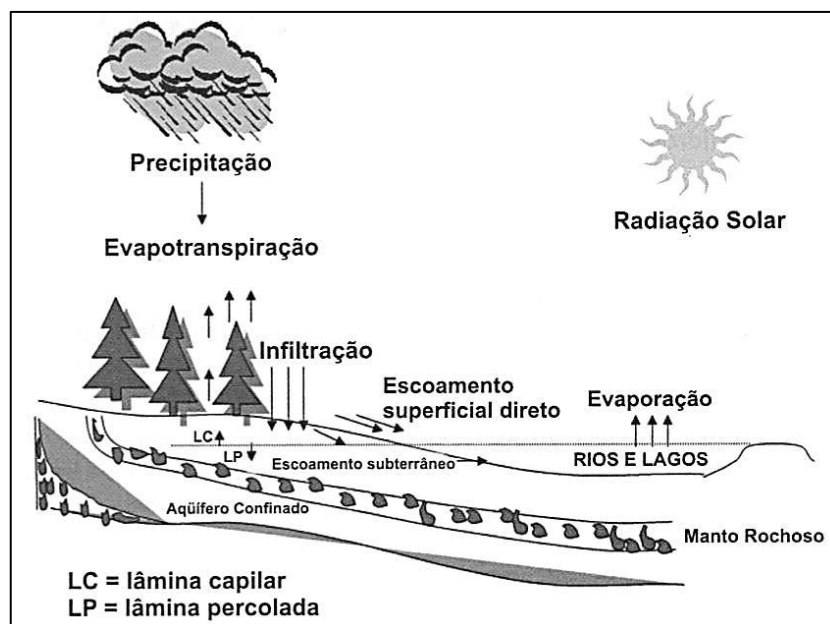
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Ciclo hidrológico no meio urbano

O processo no qual a água passa na natureza é denominado como ciclo hidrológico, transpassando de um estado físico para outro (líquido, sólido ou gasoso), localizando-se em diversas regiões, como ar, solo, mares, rios, entre outros (MELLO; SILVA, 2013).

Tucci (2000) explica que esse ciclo se inicia por meio da irradiação solar refletida sobre a superfície terrestre, essa energia auxilia a condução da água para atmosfera ocorrendo o fenômeno da evaporação. O vapor da água, ao encontrar as camadas mais frias do ar, condensa e liquefaz, formando nuvens, sendo este o processo de condensação. Com a concentração de água condensada na atmosfera, as nuvens ficam carregadas de pequenas gotas, se tornando pesadas, e precipitam sobre o solo. Nas regiões mais frias, a água condensada passa do estado gasoso para o líquido e rapidamente para o estado sólido, formando a neve ou o granizo. Esta água que cai sobre o planeta se direciona a vários destinos, sendo um deles o escoamento direto em lagos, mares e rios. Já quando intercepta o solo, uma parte escoam pela superfície, e outra infiltra formando os lençóis freáticos. Uma simples representação do ciclo hidrológico é mostrada na FIG. 1

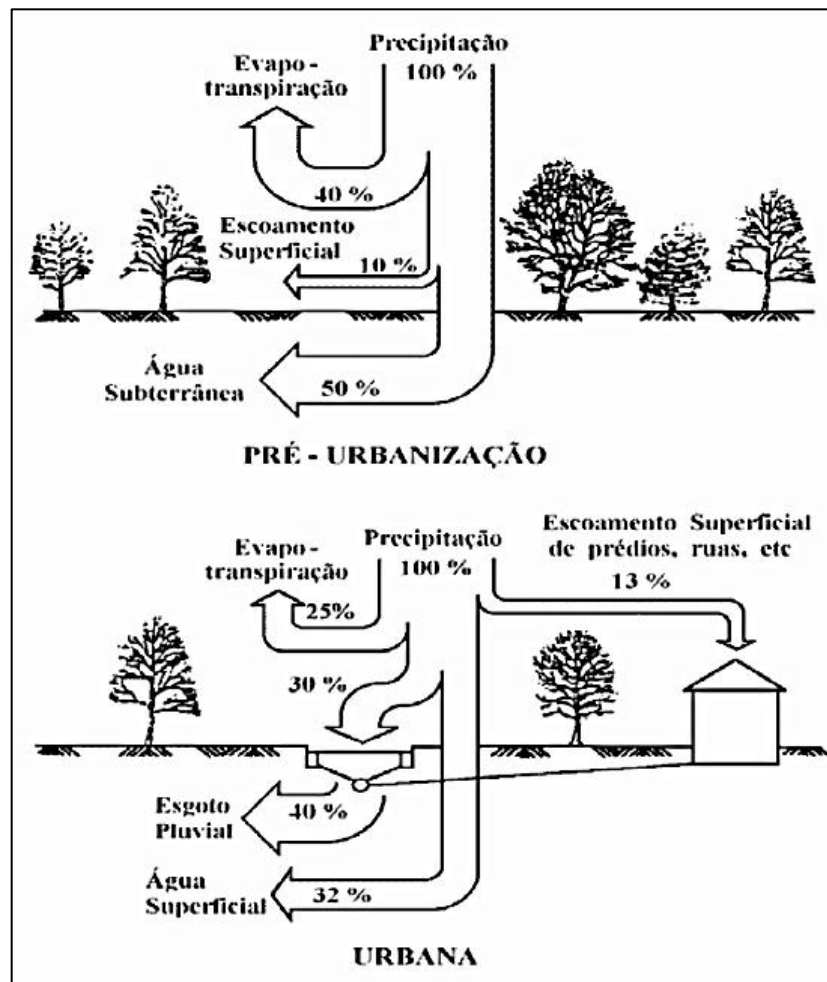
Figura 1 – Representação do ciclo hidrológico.



Fonte: MELLO; SILVA, 2013, p. 22.

O crescimento urbano ocasiona vários fatores que trazem consequências para o ciclo hidrológico. O desmatamento gera múltiplos problemas, porém esse fato ainda é complementado com a urbanização, que torna grande parte do solo impermeável com as edificações e as pavimentações; com isso, faz-se necessário a instalação de condutos para o escoamento pluvial. Este fato leva a algumas transformações da paisagem, como, por exemplo, a intensificação do fluxo superficial, devido ao percurso limitado para infiltração no solo (MENDES; TUCCI, 2006). A diferença da receptividade da água no solo em uma área pré-urbanizada para uma urbanizada pode ser vista na FIG. 2.

Figura 2 – Características do balanço hídrico numa bacia urbana.

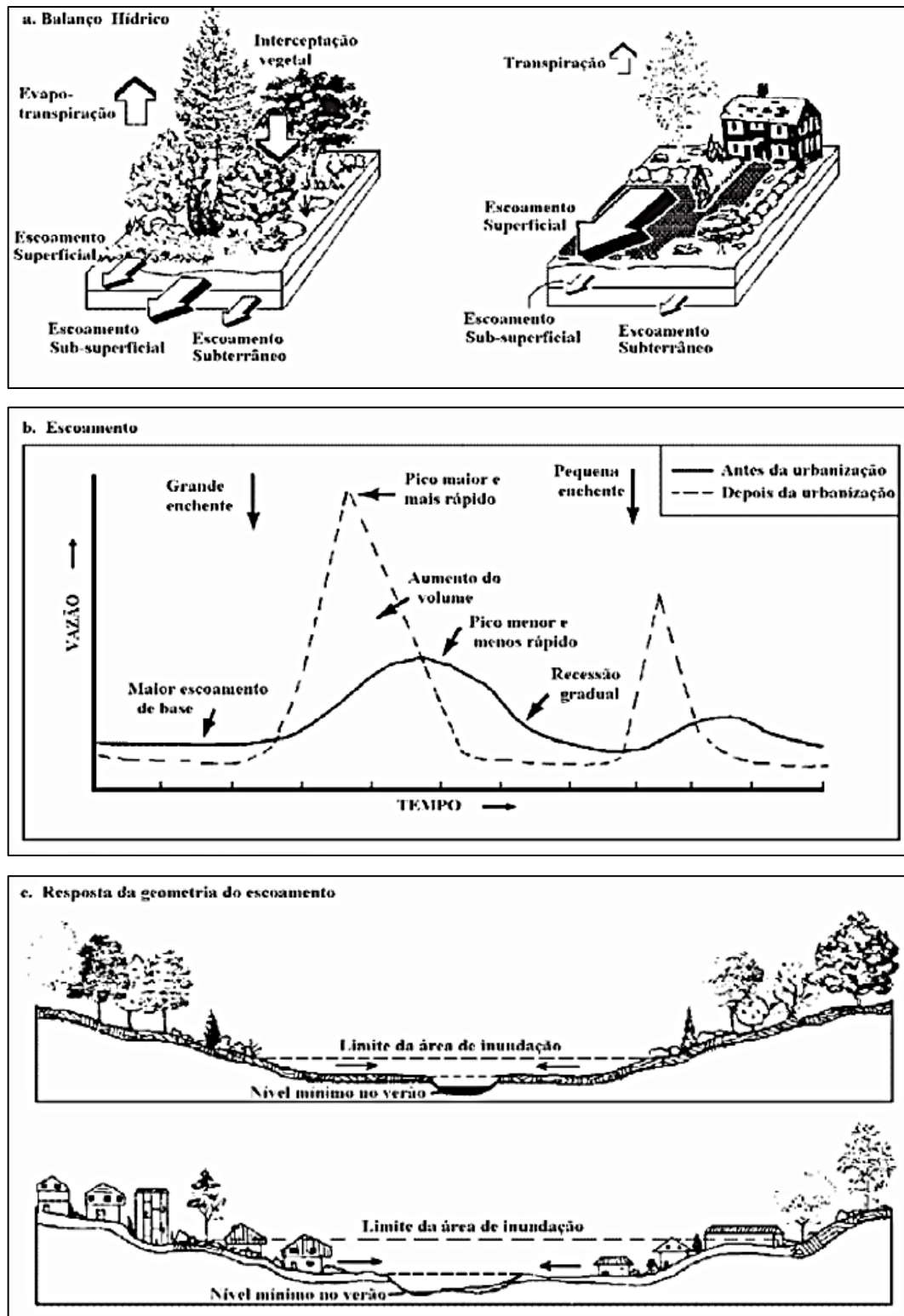


Fonte: MENDES; TUCCI, 2006, p. 36.

Como apresentado na FIG. 3, ocorrem também alterações nas vazões máximas, tendo aumento devido à limitação da infiltração; com isso, o nível do lençol freático tende a diminuir. A redução da evapotranspiração é outra decorrência, visto que a cobertura vegetal

foi modificada, sendo que a retenção de água já não é mais executada devido à superfície impermeabilizada (MENDES; TUCCI, 2006).

Figura 3 – Características das alterações de uma área rural para urbana.



Fonte: MENDES; TUCCI, 2006, p. 37.

3.2 Demanda por água no meio urbano

A demanda hídrica está associada ao consumo doméstico, comercial, industrial, uso público, usos especiais, perdas e desperdícios, de acordo com sua habitação e utilização. A análise dos projetos e memorial descritivo é indispensável para a sondagem dos trabalhos que serão realizados no local, para verificar a interferência dos mesmos no uso de água, como em piscinas, jardins, garagens, entre outros. A água terá que chegar às edificações com a melhor qualidade, em aspectos físicos, químicos e biológicos, e em quantidade satisfatória (AZEVEDO NETTO et al; 1998, BOTELHO; RIBEIRO JUNIOR, 2010).

De acordo com Azevedo Netto et al (1998), vários elementos, como a captação, o tratamento, a reserva, a distribuição e as estações, formam o sistema de abastecimento público de água. É importante a concepção das plantas de maneira a explicitar os detalhes executivos do sistema de abastecimento de água, sendo que a capacidade deste não pode ser considerada somente como carência vigente, mas sim atender às necessidades futuras.

Várias causas influenciam o consumo de água, uma delas é o local a ser abastecido, considerando alterações entre municípios ou mesmo setor de distribuição em um mesmo município. As causas principais que interferem no consumo hídrico de um local são: clima, padrão de vida da população, sistemas de fornecimento e cobrança, qualidade da água, consumo, custo, perda, entre outros fatores (AZEVEDO NETTO et al; 1998).

Para Creder (2006), a quantidade do consumo hídrico está diretamente ligada ao seu objetivo final, sendo que cada ocupação tem seu público destinado. A TAB. 1 apresenta a taxa de ocupação por local.

Tabela 1 – Taxa de ocupação por local.

Local	Taxa de Ocupação
Bancos	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 m ² de área
Pavimentos térreos	Uma pessoa por 2,50 m ² de área
Lojas (pavimentos superiores)	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Salas de hotéis	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 m ² de área
Salas de operação (hospital)	Oito pessoas
Teatros, cinemas e auditórios	Uma pessoa para cada 0,70 m ² de área

Fonte: CREDER, 2006, p. 9.

Botelho e Ribeiro Junior (2010) afirmam que, após a ocupação descoberta do local, é possível averiguar o consumo diário de água por meio da Equação 1, com a utilização da TAB. 2, para a determinação do tipo da edificação, sabendo que, para consumos concretos, deve ocorrer uma apuração real no local, pois esses números são apenas indicativos.

$$Cd = Cp \times X \quad (1)$$

sendo:

Cd: Consumo diário (l/dia);

Cp: Consumo per capita (l/dia); e

X: Número de ocupantes.

Tabela 2 – Consumo predial diário em função do tipo de edificação.

Tipo de edificação	Consumo (l/dia)
Alojamentos provisórios	80 (Per capita)
Ambulatórios	25 (Per capita)
Apartamento de padrão médio	250 (Per capita)
Apartamento de padrão luxo	300 (Per capita)
Cavalariças	100 (Por cavalo)
Cinemas e teatros	2 (Por lugar)
Creches	50 (Per capita)
Edifícios públicos ou comerciais	80 (Per capita)
Escolas – externatos	50 (Per capita)
Escolas – internatos	150 (Per capita)
Escolas – semi-internatos	100 (Per capita)
Escritórios	50 (Per capita)
Garagens e postos de serviços	150 (Por automóvel)
Garagens e postos de serviços	200 (Por caminhão)
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 (Por hóspede)
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 (Por hóspede)
Hospitais	250 (Por leito)
Indústrias – uso pessoal	80 (Por operário)
Indústrias – com restaurante	100 (Por operário)
Jardins (rega)	1,5 (Por m ²)
Lavanderias	30 (Por kg de roupa seca)
Matadouros – animais de grande porte	300 (Por animal abatido)
Matadouros – animais de pequeno porte	150 (Por animal abatido)

Tabela 2 – Continuação.

Tipo de edificação	Consumo (l/dia)
Mercados	5 (Por m ² de área)
Oficinas de costura	50 (Per capita)
Orfanatos, asilos, berçários	150 (Per capita)
Postos de serviços para automóveis	150 (Por veículo)
Piscinas – lâmina de água	2,5 (Por cm por dia)
Quartéis	150 (Per capita)
Residência popular	150 (Per capita)
Residência de padrão médio	250 (Per capita)
Residência de padrão luxo	300 (Per capita)
Restaurante e similares	25 (Por refeição)
Templos	2 (Por lugar)

Fonte: BOTELHO; RIBEIRO JUNIOR, 2010, p. 33.

Sendo um sistema de abastecimento indireto, ou seja, com existência de reservatórios, e considerado contínuo o abastecimento da rede, a vazão suficiente para um consumo diário (BOTELHO; RIBEIRO JUNIOR, 2010) pode ser calculada com o uso da Equação 2.

$$Q_{\min} = \frac{Cd}{86400} \quad (2)$$

em que:

Q_{\min} : Vazão mínima (l/s); e

Cd: Consumo diário (l).

3.3 Sistemas prediais hidráulicos e sanitários

As instalações hidráulicas e sanitárias são compostas por conexões, canalizações, aparelhos e peças especiais designados à condução hídrica, a começar da captação de água na rede pública até a regressão ao coletor público de esgotos ou as águas pluviais recolhidas nas ruas. O objetivo do sistema hidráulico é conceder abastecimento de água em quantia compatível à necessidade, com qualidade satisfatória e pressão propícia para todos os equipamentos, sendo indispensável à cautela ao número, dimensionamento, material e tipo dos aparelhos. Já o sistema sanitário tem como função obstruir a entrada de gases, insetos ou roedores e a volta de águas sujas nas canalizações dos edifícios; as especificações e as normas

têm interferência, além da técnica construtiva, o dimensionamento e o trabalho (GARCEZ; 1976).

3.3.1 Sistemas prediais de água fria

De acordo com Macintyre (2010), é fundamental a utilização de água fria nos edifícios para suprir as exigências quanto ao conforto, habitualidade e higiene dos ocupantes. No entanto, é de entendimento amplo que a realidade é um pouco diferente, sendo escasso o abastecimento público de água. Certos sacrifícios para economizar na construção podem trazer consequências onerosas, devido ao dimensionamento irregular das peças e uso de materiais inferiores. Quando ocorre desprezo com as especificações e com a execução e o projeto, haverá como consequência perdas e incômodo aos usuários.

O autor citado acima explica ainda que a conexão do ramal de fornecimento hídrico do edifício necessita de autorização, portanto, deve ir de acordo com os regulamentos, exigências e normas referentes ao mesmo. Esse processo cabe às organizações estaduais ou municipais, pois são eles os responsáveis pelo abastecimento dos municípios, sempre atuando para garantir benefícios aos usuários.

Os sistemas prediais de água fria constituem-se em direto, indireto e misto. O sistema de distribuição direto é realizado através da ligação direta aos componentes do abastecimento, isto é, a mesma rede de distribuição é a instalação, podendo ser com ou sem bombeamento. Já no sistema indireto, o fornecimento é efetuado por intermédio de um conjunto de suprimento e de reserva, a rede pública alimenta apenas um sistema de distribuição, da mesma maneira que pode ser por gravidade ou hidropneumático. O outro sistema que tem um pouco de cada um dos citados é o misto, que consiste em uma parte alimentada diretamente pela rede pública e outra indiretamente pelo reservatório (GARCEZ; 1976).

3.3.2 Sistemas prediais de água quente

Segundo Azevedo Netto e Melo (1988), a comodidade da água quente idealizada no banheiro, cozinha, lavanderia, entre outros ambientes, é função das instalações prediais de água quente. Neste tipo de instalações deve predominar as situações básicas salientadas nas instalações de água fria, acrescentando as características distintas desta instalação. As fontes mais comuns de aquecimento são: eletricidade, óleo, lenha, gás e solar, em vínculo à forma de distribuição, sendo que essa utilização está conexas à perspectiva econômica e raramente à

prática, de acordo com o grau de conforto que deseja atingir, os autores citados apresentam dois tipos:

- Instantâneo: Podendo ser individual, quando a água é aquecida no respectivo local de aplicação, ou central, onde o aquecimento é realizado através de um aparelho e a consumo se dá em locais diversos, mas normalmente incorporado ao mesmo repartimento;
- Acumulação: O aquecimento é realizado para uso seguinte, trazendo mais conforto. A mesma é concentrada e com alternativa de utilização com vazão superior, seja em qual for o ponto de uso.

Os sistemas de aquecimento podem ser executados de maneira individual (alimentação de um só aparelho, como o aquecedor de gás encontrado na cozinha ou no banheiro, apesar de alimentar mais de um equipamento), central privado (alimentação de diversos utensílios de um só local, como em apartamento, residência ou casa, que possui um aparelho para gerar água quente, onde distribui alimentadores para os objetos de aplicação na cozinha, área de serviço e banheiro), e central coletiva (alimenta os grupos de aparelhos de inúmeros elementos do edifício, como escolas, hospitais, apartamentos, entre outros) (MACINTYRE; 2008).

3.3.3 Sistemas prediais de águas pluviais

O recolhimento e o direcionamento das águas da chuva que caem sobre os pátios, coberturas, quintais e outras áreas, é finalidade da instalação predial de água pluvial, que é esgotada de acordo com os parâmetros de escoamento urbano. Toda a água coletada deve ser guiada por meio da descarga direta na via pública para o sistema de drenagem urbana, não podendo conter ligações com outras instalações prediais, principalmente a de esgoto sanitário. Deve ser orientada para a mesma direção, com tubulações independentes, para águas naturais, como fontes, minas, infiltrações, entre outros (AZEVEDO NETTO et al; 1998).

Conforme os autores Azevedo Netto et al (1998) e Macintyre (2010), os projetos e as construções para instalações prediais de águas pluviais devem assegurar a estanqueidade, impedir ruídos excessivos, certificar a coleta e a direção da vazão, empregar materiais resistentes e conceber a limpeza de desobstrução dos condutores. Dessa maneira, irão atender aos requisitos de economia, segurança, durabilidade, conforto, funcionalidade e higiene aos usuários. Esses projetos para as águas pluviais se compreendem no esgotamento de águas

pluviais de regiões menores, que de certo modo são distantes e independentes (terraços, estacionamentos, telhados), e drenagem superficial de regiões maiores e de média extensão, onde existem arruamentos particulares inclusos ao sistema viário do município (fábricas, indústrias, loteamentos, conjuntos habitacionais).

3.3.4 Sistemas prediais de esgoto sanitário

A rede de esgoto do município é destinada a receber os esgotos das instalações prediais. O sistema predial de esgoto sanitário tem o intuito de remover as águas utilizadas pelos aparelhos sanitários dos prédios, a começar dos equipamentos até a rede coletora pública, ou outra finalidade qualquer. Fragmentam em três partes: esgoto primário (onde parte do esgoto que está em conexão com os gases originários do coletor público ou fossa, isto é, após a caixa sifonada no sentido da drenagem), esgoto secundário (no qual parte do esgoto que não está ligado com os gases resultantes do coletor público ou fossa séptica, ou seja, que vai dos equipamentos de utilização até a caixa sifonada), e ventilação (sendo um tubo saindo de um ponto de ventilação da rede ligado na coluna ventilação ou no tubo do esgoto primário) (AZEVEDO NETTO, MELO; 1988, MACINTYRE; 2008).

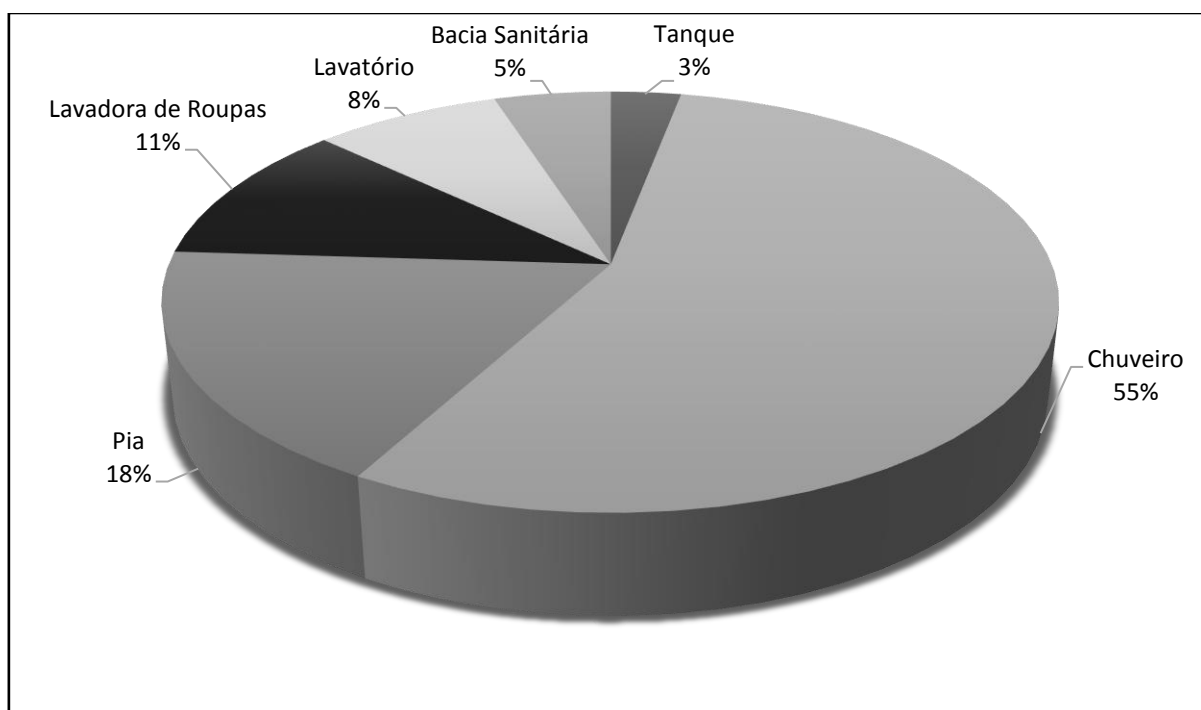
3.4 Conservação da água nos sistemas prediais

A água é um bem essencial para o progresso agrícola, urbano e industrial, e, devido à grande poluição dos mananciais e o crescimento de seu uso, a água doce de qualidade caminha à redução aceleradamente. O problema da escassez já não está presente só nas regiões áridas e semi-áridas. Muitos lugares têm dificuldade com recursos hídricos, resultando em interferências na qualidade de vida e no desenvolvimento econômico (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA, 2005).

Santos (2002) observa que a conservação de água, seja no sistema público de abastecimento de água, nas habitações ou nos mananciais, é composta de atos econômicos. Destacando as habitações, há possibilidade de duas formas de economia, sendo elas: a utilização de fontes alternativas ou o racionamento de água. O racionamento pode ocorrer por meio da localização e contenção de perdas de água, adotar a medição individualizada, utilização de aparelhos sanitários econômicos, redução de desperdício no ato do seu uso, entre outros fatores.

Gonçalves (2006) mostra que a determinação do perfil de consumo é definida por meio do monitoramento de aparelhos que utilizam água, onde os principais são: bacia sanitária, tanque, chuveiro, pia, lavadora de roupas e lavatório. A distribuição do consumo de um apartamento popular na periferia da cidade de São Paulo, a partir de técnicas de medição de consumo, é mostrada no GRAF. 1.

Gráfico 1 – Consumo de um apartamento popular na periferia da cidade de São Paulo.



Fonte: ANA, 2005, p. 18.

A aplicação de fontes alternativas refere-se em empregar meios sustentáveis no consumo de água nos edifícios. Pode-se, neste sentido, evidenciar o aproveitamento de água pluvial e o reuso de água cinza. Convém salientar que a consideração destas fontes como alternativas partiu da premissa que a fonte principal refere-se ao sistema público de abastecimento de água (SANTOS, 2002).

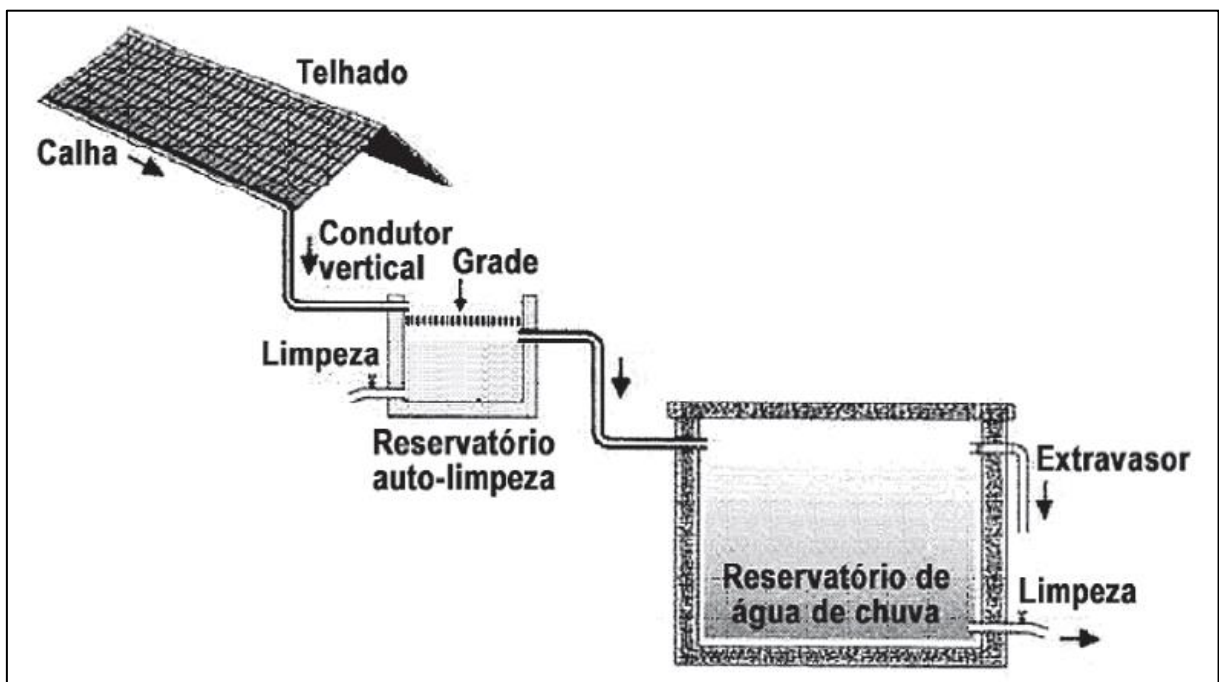
3.4.1 Águas pluviais

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) enfatiza que o aproveitamento de águas da chuva, como fonte alternativa ao abastecimento de água, exige quantidade e gestão. A água pluvial pode ser usada desde que aconteça o controle da qualidade e a constatação do

tratamento específico, quando necessário para uso potável, de maneira que não prejudique a saúde de seu consumidor, nem a vida útil dos sistemas envolvidos. A FIG. 4 representa esses procedimentos com finalidade de uso não potáveis aos edifícios. De acordo com o autor citado, para dimensionar um sistema de aproveitamento de água pluvial deve-se levar em conta:

- Estimativa de demanda para uso previsto;
- Área disponível de contribuição;
- Vazão de água prevista, sendo avaliado o índice pluviométrico médio do local;
- Dimensionamento da reserva de água, sendo analisados os períodos de seca.

Figura 4 – Traçado de coleta de água pluvial.



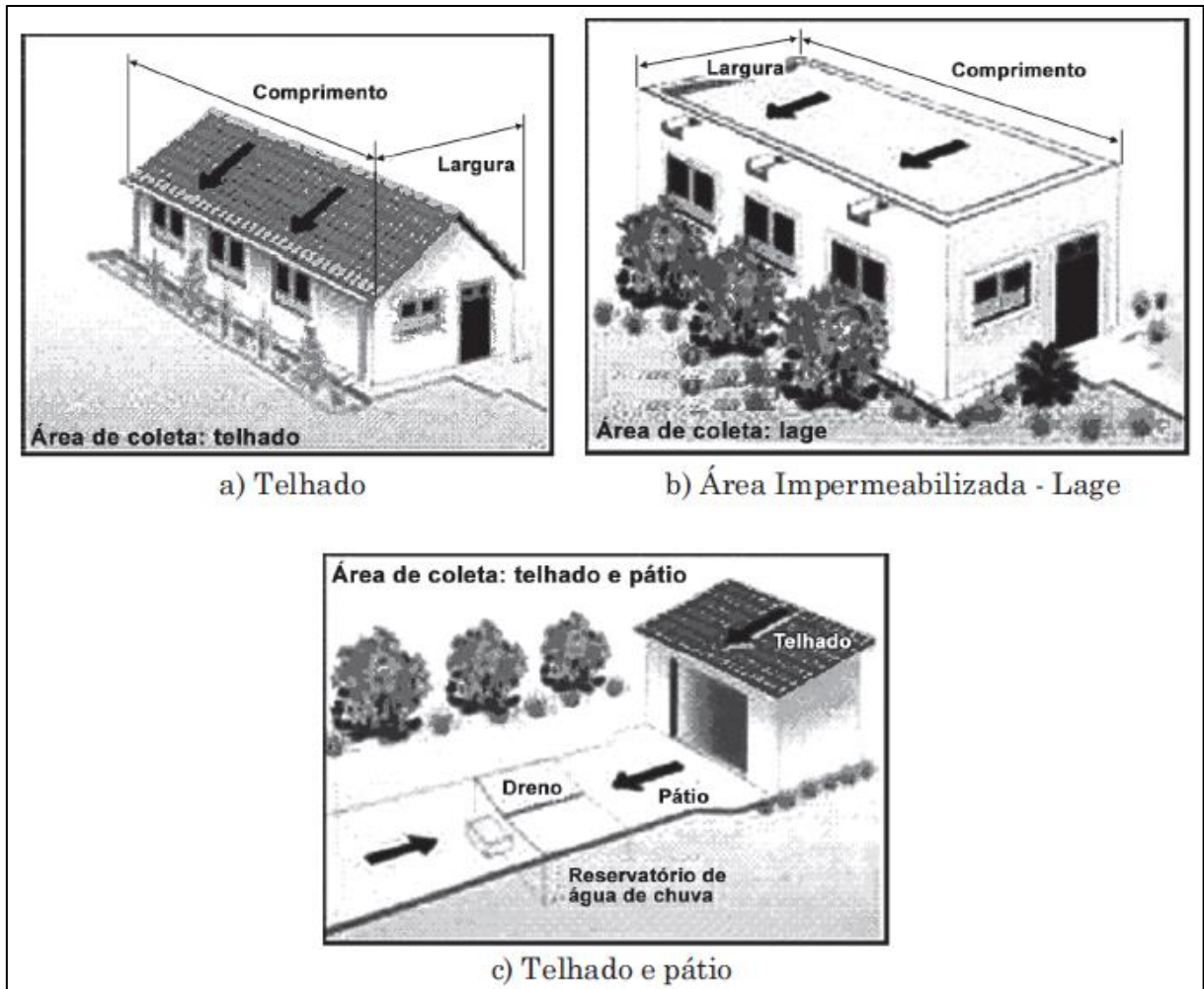
Fonte: GONÇALVES, 2006, p. 94.

Conforme Santos (2002), a formação simples de um sistema de aproveitamento de água pluvial necessita da região de captação, dos sistemas de condução hídrica, do tratamento e do reservatório de acumulação da água.

As áreas de captação de águas pluviais para uso podem ser os telhados, as lajes ou a superfície do solo, sendo o mais comum a captação através do telhado e da laje (FIG. 5). Há interferência no volume captado em função do material da superfície de escoamento, sendo indicado o uso de materiais que tenham menor absorção, ou seja, as telhas que tenham um

coeficiente de escoamento maior, para minimizar as perdas. Essas perdas de água pluvial correspondem à autolimpeza, perda por evaporação, limpeza do telhado, entre outras (GONÇALVES, 2006).

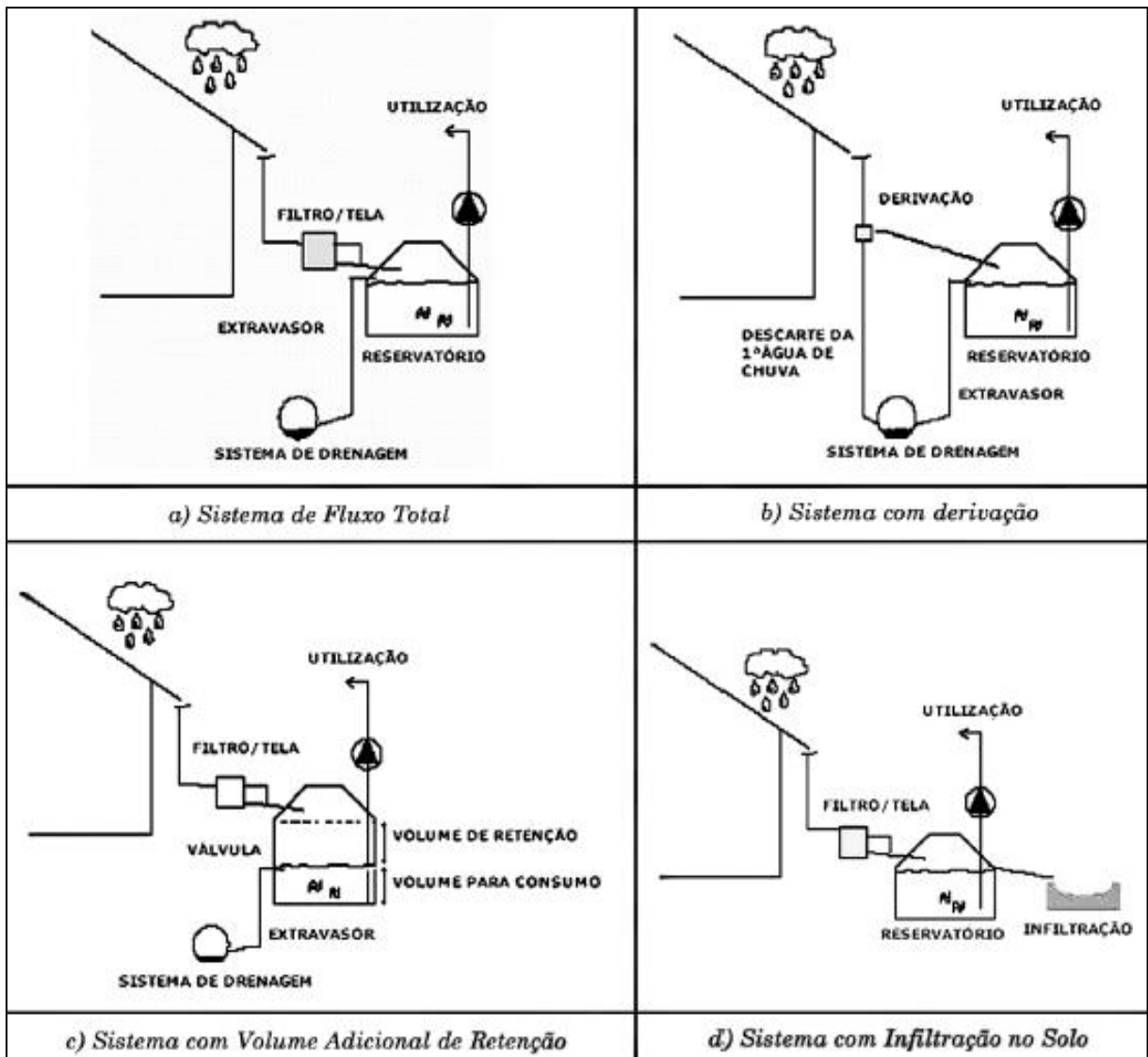
Figura 5 – Regiões de captação de água precipitada.



Fonte: GONÇALVES, 2006, p. 95.

Ainda de acordo com o autor supracitado, para a utilização da água pluvial é indispensável que os prédios tenham condutores verticais e calhas coletoras para o encaminhamento da água precipitada, do telhado para o reservatório. O sistema de coleta por meio da superfície do solo pode ser utilizado em situações e locais com área superficial maior, fazendo-se necessário que haja uma pequena inclinação, para o fluxo hídrico. Neste sentido, sistemas de tubulações para captação e condução de águas pluviais são mostrados na FIG. 6.

Figura 6 – Sistemas de condução de água pluvial para reservatório.



Fonte: GONÇALVES, 2006, p. 97.

Precedente ao tratamento hídrico, é preciso a avaliação da água pluvial. Há várias informações sobre a qualidade da mesma quando captada em estações apropriadas, entretanto, poucos estudos tratam sobre a qualidade da água após atingir a área de captação, sendo que a área captada possui um potencial poluidor para a água, isto é, a água pode adquirir elementos contaminantes. Por isso, quando a água pluvial captada tiver destinação de uso potável, há necessidade de tratamento. Para uso menos nobres, faz-se necessário apenas a autolimpeza, que é o descarte da primeira água, utilizada para lavar a área de captação. Há também a alternativa do uso de filtro de areia que contribui para retirar a cor e a turbidez da água. Os filtros de desinfecção são fundamentais para a retirada dos agentes patogênicos, os quais são

provenientes dos reservatórios de acumulação ou das áreas de captação, sendo o uso de cloro, uma opção viável (SANTOS, 2002).

O sistema de aproveitamento de água pluvial não potável pode ser atribuído para as seguintes atividades: irrigação de jardim, lavagem de piso, descarga em vaso sanitário, refrigeração e sistema de ar condicionado, lavagem de veículo e roupa, na construção civil para preparação de argamassa, concreto, controle de poeira, compactação de solo, dentre outras (ANA, 2005).

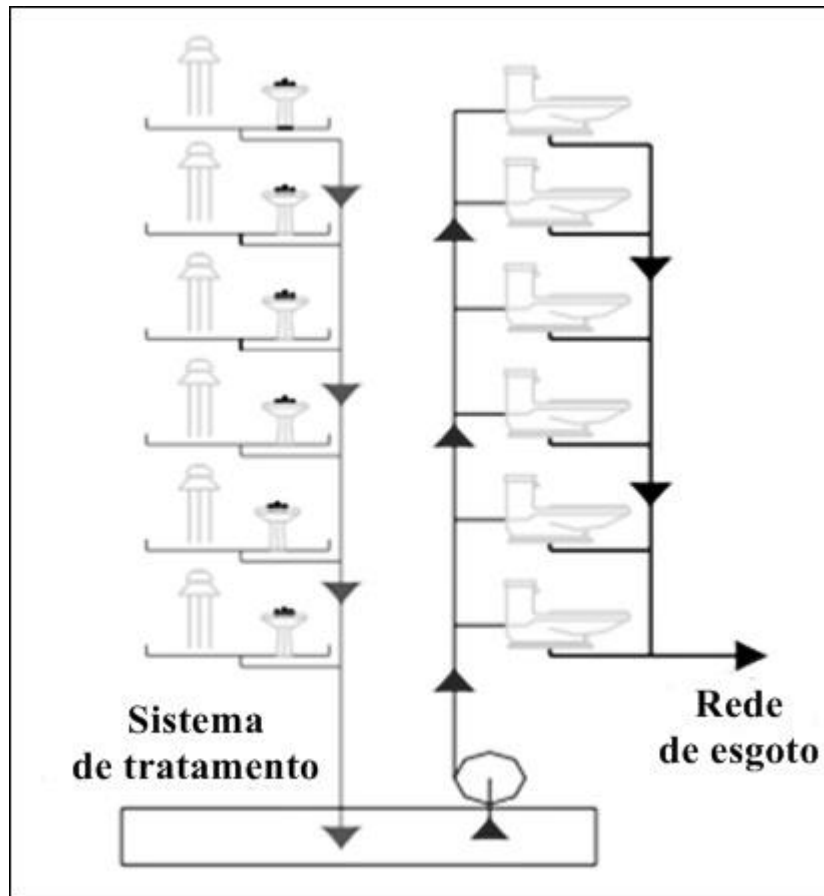
3.4.2 Águas cinzas

De acordo com ANA (2005), as águas cinzas são geradas com o uso de chuveiros, máquinas de lavar roupas, lavatórios, escritórios comerciais, entre outros.

Conforme o fornecimento da água, seus componentes podem diferenciar, por isso, é possível separar o efluente dos aparelhos sanitários, apontando a qualidade da água a ser reutilizada. As águas cinzas são vulneráveis de maiores contaminações devido à sua origem, seja de higienização no banho seguido do uso do vaso sanitário, lavagem de ferimentos em qualquer torneira, presença de urina na água do banho, entre outros (ANA, 2005).

O procedimento da reutilização de águas cinzas nas residências é composto de condutores verticais e horizontais que conduzem o resíduo proveniente da cozinha, lavanderia e banheiro – exceto do vaso sanitário, que são as águas negras – aos reservatórios com finalidade de armazenar as águas cinzas oriundas de cada ponto de coleta, onde são tratadas (MAY, 2009). Uma estrutura de sistema de reuso de águas cinzas em edificações pode ser visto na FIG. 7.

Figura 7 – Estrutura do sistema de reuso de águas cinzas em edificações.

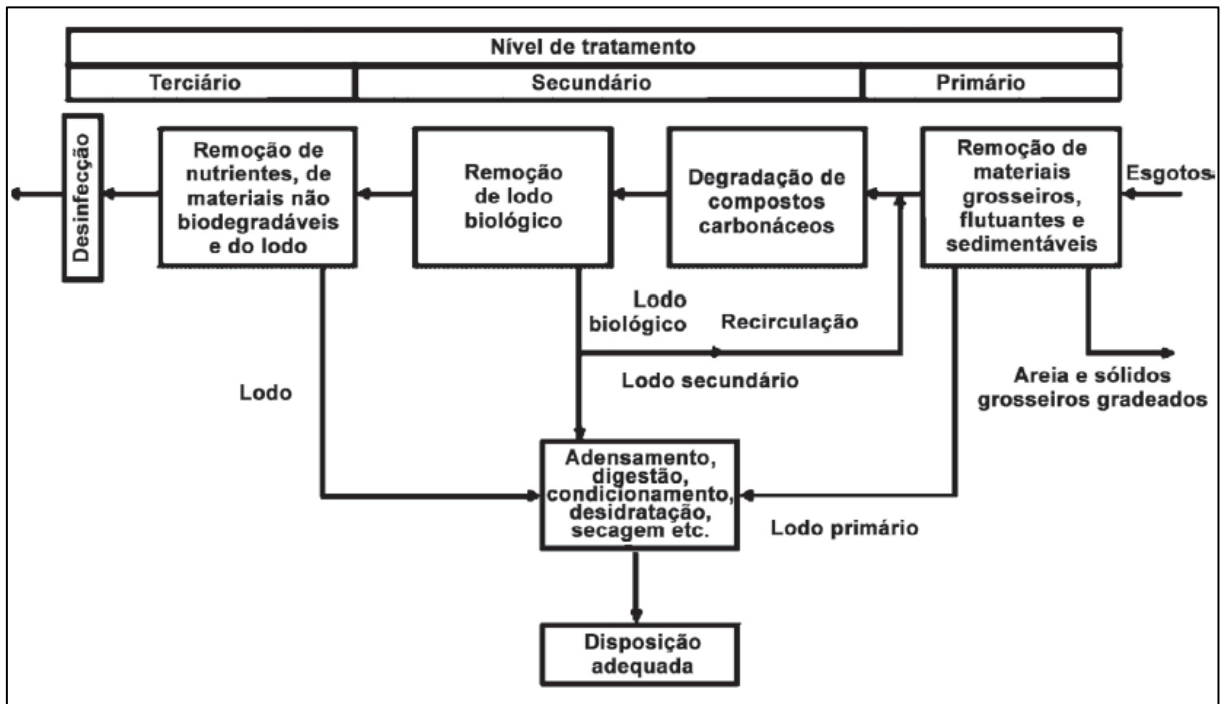


Fonte: MAY, 2009, p. 75.

Deve-se observar a elevada biodegradabilidade e a grande variação de vazão em períodos curtos de tempo para a determinação do tipo de tratamento que se deve realizar nas águas cinzas para a reutilização. Existem várias técnicas, diversificando desde sistemas comuns até tratamentos avançados para reutilização em grande proporção (JEFFERSON et al, 1999).

Gonçalves (2006) explica que as águas cinzas podem ser tratadas por procedimentos parecidos aos usados em estações de tratamento de esgoto sanitário, em função das características físicas, químicas e biológicas. Os tratamentos são de vários níveis, podendo ser primário, secundário ou terciário, como é mostrado no fluxograma da FIG. 8. A estação de tratamento para fornecer água de reuso com pouca turbidez e inodora deve ser composta dos níveis de tratamento primário e secundário; já para um tratamento com elevado índice de remoção das densidades de coliformes fecais, deve ser executado o nível terciário, que prevê desinfecção.

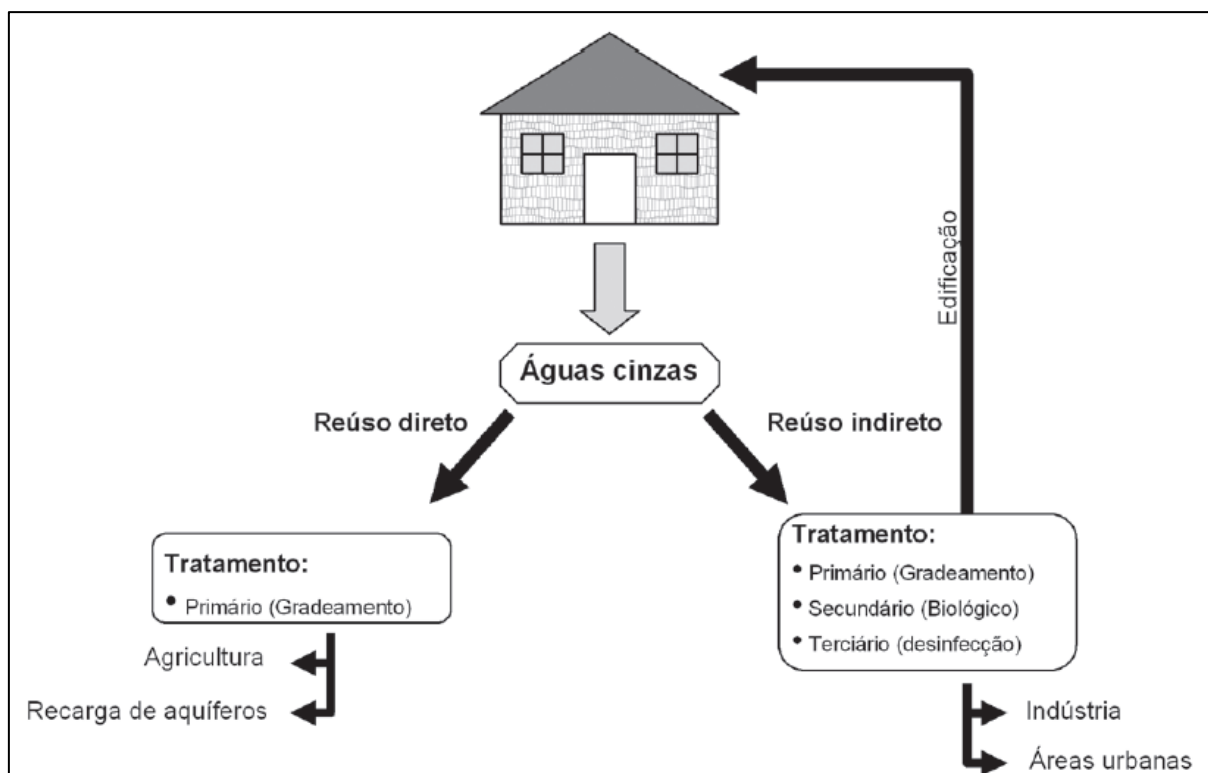
Figura 8 – Etapas componentes de uma estação de tratamento de esgotos.



Fonte: GONÇALVES, 2006, p. 183.

A água cinza reservada deve ser tratada até chegar às propriedades compatíveis a algum tipo de reuso, conforme FIG. 9, que mostra os tipos de tratamentos seguidos da sua utilização. Os usos não potáveis residenciais são a lavagem de roupas, carros, calçadas, vidros, irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, piscinas, combate a incêndios, preparo de concreto, água para caldeira, agricultura, recarga de aquíferos, entre outros. Dentre esses, as águas cinzas são mais comumente reutilizadas nas residências em: descarga de vasos sanitários e irrigação de jardins (GONÇALVES, 2006).

Figura 9 – Simulação de tipos de reuso de águas cinzas.



Fonte: GONÇALVES, 2006, p. 155.

3.5 Sustentabilidade ambiental

A harmonia entre o meio ambiente e o ser humano conceitua o desenvolvimento sustentável com o intuito de atender às necessidades do homem sem prejudicar a natureza (DIAS, 2006).

De acordo com Agopyan e John (2011), a compreensão mais simples de sustentabilidade é a capacidade contínua de sobrevivência da humanidade em todo ambiente. Conseqüentemente, para sustentar é necessário ampliar os recursos naturais a serem utilizados, sem que sejam destruídas as fontes dos mesmos, proporcionando o seguimento do seu uso, onde sustentabilidade ambiental significa conservar a integridade dos sistemas ecológicos, que são parâmetros para a preservação do meio ambiente, resguardando elementos primordiais para o desenvolvimento humano.

O século XX trouxe um desenvolvimento enérgico econômico mundial, onde acarretou a procura pela melhoria de vida, que conseqüentemente provocou transformações ambientais. A atual situação requer muita precaução, pois são várias mudanças enfrentadas. Com isso, deve-se averiguar as ligações entre a sustentabilidade ambiental e o

desenvolvimento econômico (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2010).

Os benefícios da gestão ambiental sucedem de hábitos e normas determinadas por administrações que atuam para diminuir os riscos ambientais, aumentando a motivação e satisfação dos usuários. Alguns fatores que influenciam na alteração de comportamento são: eficácia em custos, pressão dos movimentos ambientais, necessidade de obediência às leis, pensamento em longo prazo e opinião pública (ALBUQUERQUE et al., 2009).

O ramo que constitui ampla parcela do desenvolvimento econômico é o construtivo, onde se deve prevalecer a sustentabilidade, devido aos danos inerentes ao meio ambiente. Por isso, há emergência pela procura de tecnologias atualizadas, com o intuito de gerar novos recursos energéticos, novas matérias-primas, aprimorando as técnicas construtivas e empregando soluções ecológicas (BEDIN et al., 2015).

Conforme Machado (2003), a realidade dos recursos hídricos causa preocupações, pois as águas designadas à utilização têm induzido diversos parâmetros sociais e políticos, pretendendo proporcionar o seguimento de várias atividades privadas e públicas que têm como objetivo as águas doces, principalmente aquelas que afetam exatamente a qualidade de vida do homem.

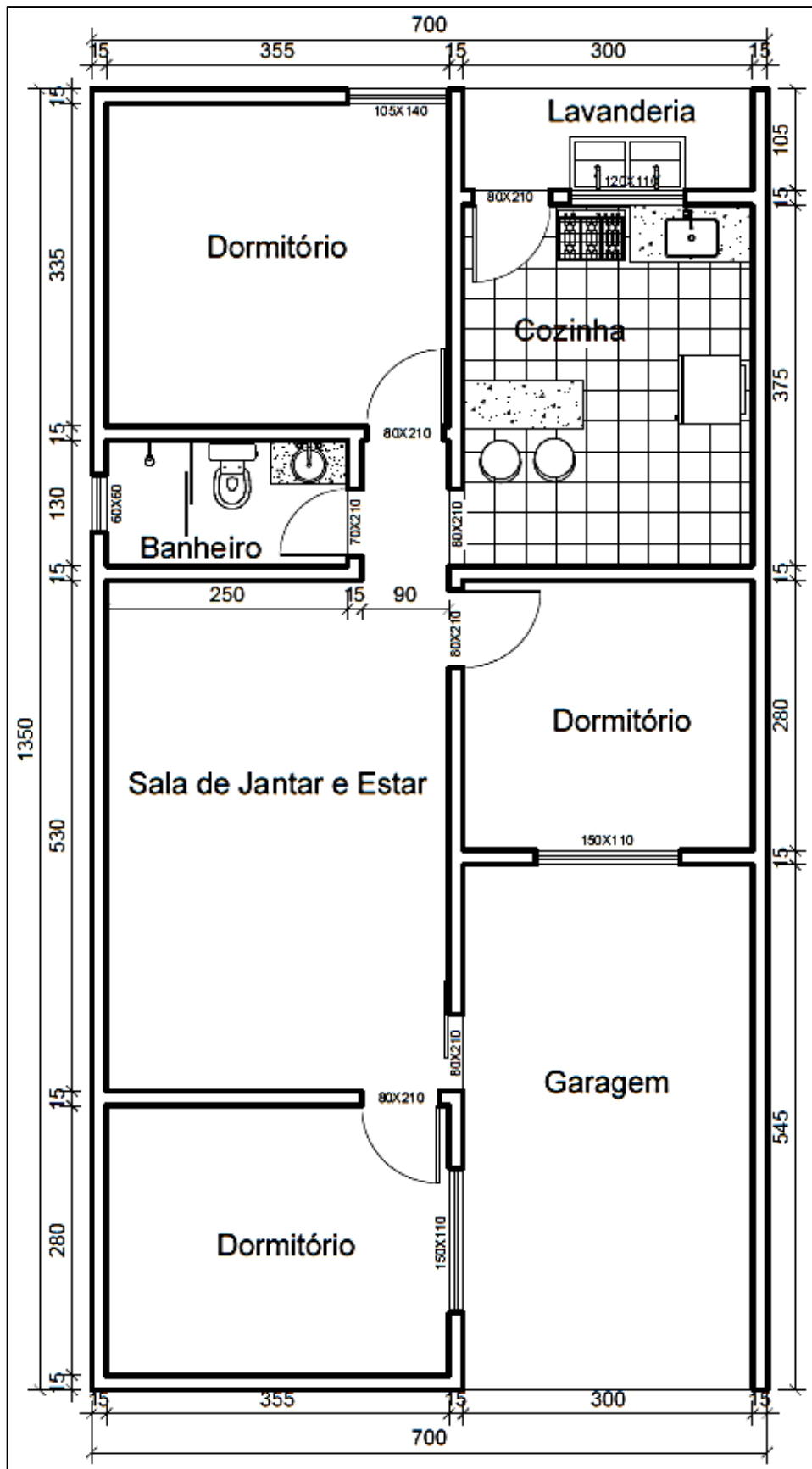
Os hábitos sustentáveis na construção civil aumentam continuamente. Consumidores, governos, associações e investidores, procuram estimular, alertar e pressionar para adaptar tais técnicas no ramo da construção. Essa implantação é cada vez mais importante, alterando a forma de gerir e produzir as obras, procurando sempre maneiras que sejam econômicas e sustentáveis ao projeto (CORREA, 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo e caracterização do edifício

A residência estudada está localizada no município de Formiga - MG, a 832 metros de altitude, sendo as coordenadas geográficas de Latitude 20° 27' 52" Sul e de Longitude 45° 25' 35" Oeste. O terreno possui 300,00 m², com dimensões de 20,00 m x 15,00 m, com uma área edificada de 94,50 m², conforme planta baixa mostrada na FIG. 10. A mesma possui três dormitórios, uma garagem, uma sala de jantar e estar, um banheiro, uma cozinha e uma lavanderia.

Figura 10 – Planta baixa do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).

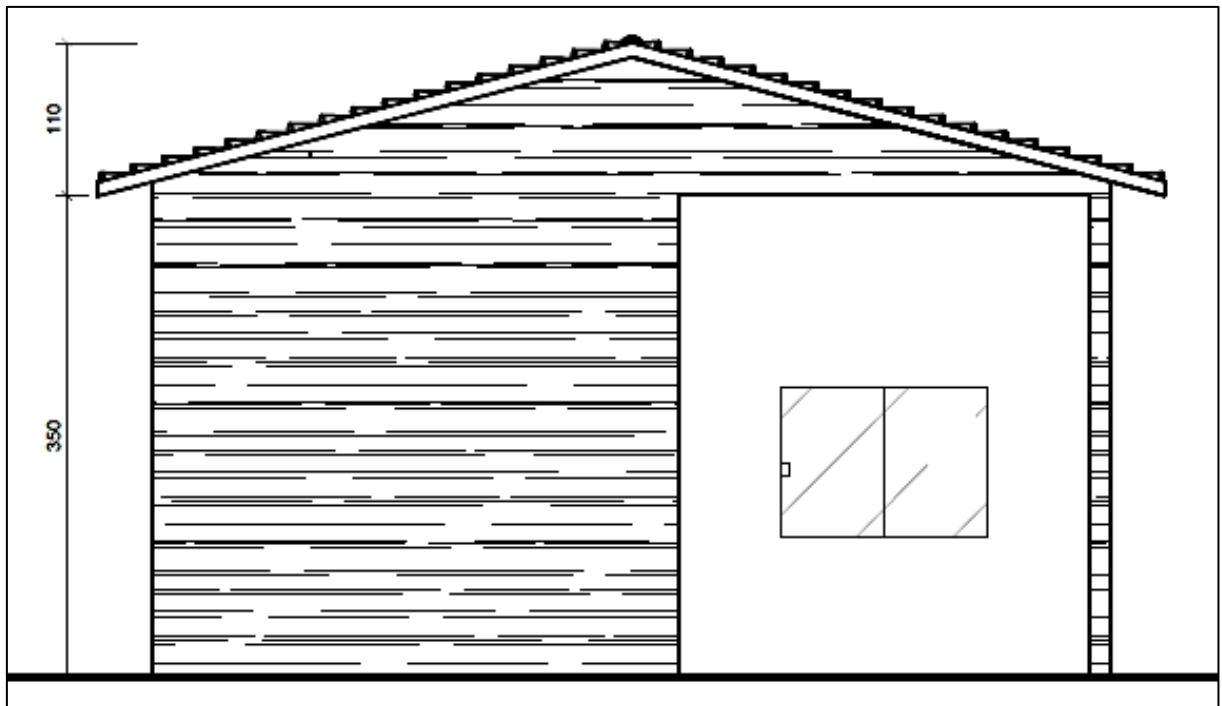


4.2 Águas pluviais

4.2.1 Área de cobertura

A cobertura da edificação possui dimensões de 14,30 m x 7,80 m. A sua fachada pode ser vista na FIG. 11.

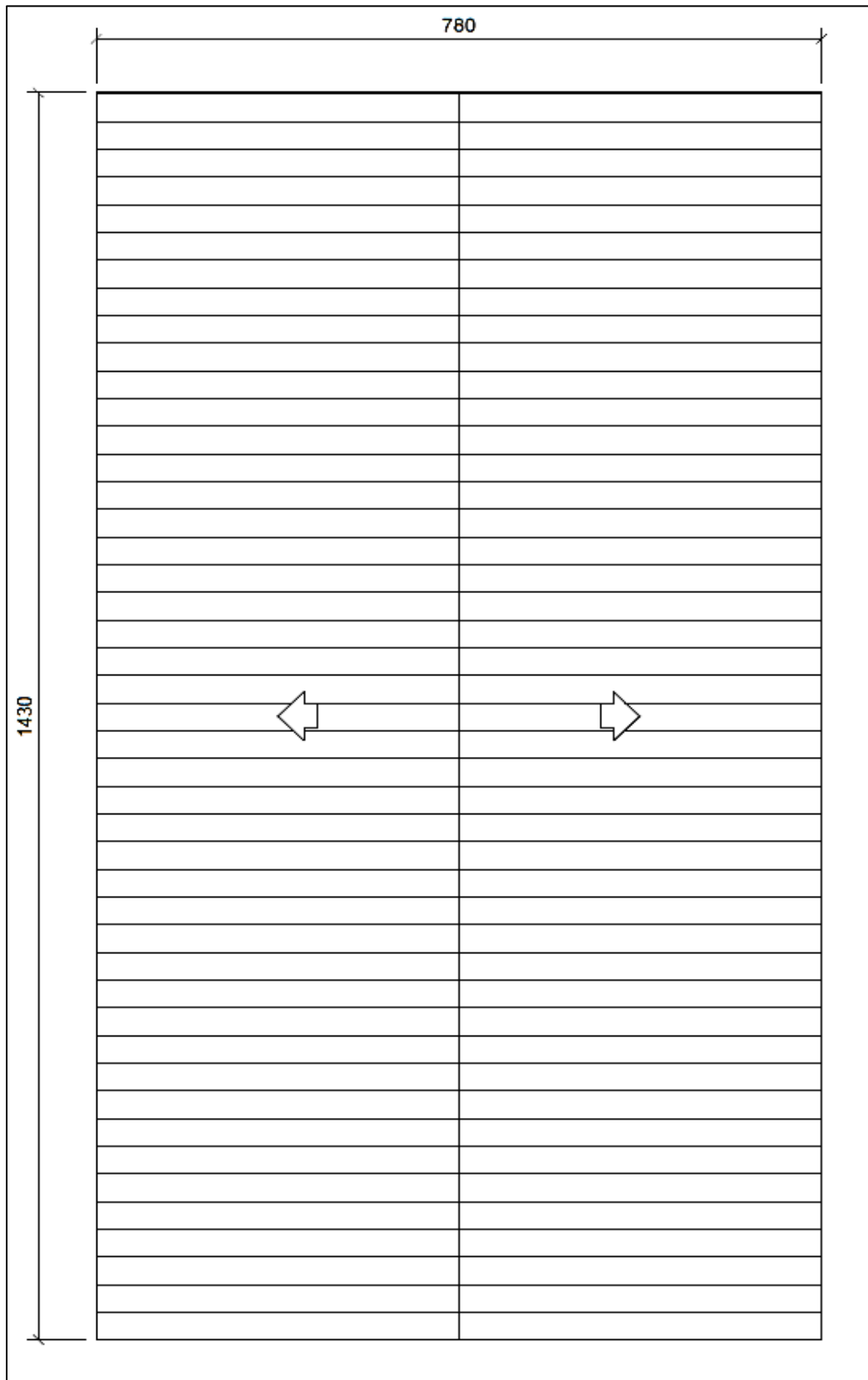
Figura 11 – Planta de fachada do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).



Fonte: A autora, 2017.

Já a cobertura da edificação pode ser vista na FIG. 12, que mostra que a cobertura possui um telhado convencional em madeira de duas águas com telha cerâmica.

Figura 12 – Planta de cobertura do projeto arquitetônico (cotadas em cm e sem escala).



Fonte: A autora, 2017.

A área da cobertura foi determinada a partir das dimensões demonstradas nas plantas anteriores, através do cálculo de superfície inclinada, conforme descrito na Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 10844 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1989).

4.2.2 Dados pluviométricos

Utilizou-se a equação de Intensidade, Duração e Frequência - IDF (Equação 3) para o cálculo da intensidade máxima média da precipitação local.

$$I = \frac{K \times TR^a}{(t + b)^c} \quad (3)$$

onde:

I: Intensidade média de precipitação (mm/h);

TR: Tempo de retorno (anos);

t: Tempo de concentração da chuva (min); e

K, a, b, c: Parâmetros empíricos de ajuste.

Conforme descrito na NBR 10844 (ABNT, 1989), a duração de precipitação deve ser fixa em 5 minutos e o tempo de retorno é determinado de acordo com o tipo do espaço drenado. O projeto se enquadrou em coberturas e/ou terraços, sendo assim, tem-se um período de retorno de 5 anos.

Borges e Thebaldi (2016) apresentam os parâmetros empíricos de ajuste do modelo IDF para o município de Formiga - MG, sendo:

- K: 863,3250508;
- a: 0,144458656;
- b: 9,78902144; e
- c: 0,724312897.

Através da Equação 4 foi encontrada a vazão de projeto.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (4)$$

sendo:

Q: Vazão de projeto (l/min);

I: Intensidade máxima média de precipitação (mm/h); e

A: Área de captação (m²).

4.2.3 Estimativa do volume de água pluvial

A estimativa da vazão de água pluvial captada adquiriu-se por meio da Equação 5.

$$Q_{AC} = A \times P \times C \quad (5)$$

em que:

Q_{AC}: Volume anual, mensal ou diário de água pluvial a ser captada (l);

A: Área de captação (m²);

P: Precipitação anual, mensal ou diária na região (mm); e

C: Coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

Determinou-se o coeficiente de escoamento superficial de coberturas através da TAB.3, onde se analisou o material de cobertura utilizada. Conforme projeto, as telhas utilizadas são de material cerâmico.

Tabela 3 – Faixa do coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de material.

Material	Faixa de C	Fonte
	0,80 – 0,90	Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003)
Telha Cerâmica	0,75 – 0,90	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
	0,56	Khan <i>apud</i> May (2005)
Telha Metálica	0,70 – 0,90	Holkes e Fraiser <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,85	Khan <i>apud</i> May (2005)
Telha Esmaltada	0,80 – 0,90	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Cobertura de PVC	0,94	Khan <i>apud</i> May (2005)
Betume	0,80 – 0,95	Van den Bossche <i>apud</i> Vaes e Berlamont (1999)
Telhados Verdes	0,27	Khan <i>apud</i> May (2005)

Tabela 3 – Continuação.

Material	Faixa de C	Fonte
Pavimentos	0,40 – 0,90	Wilken <i>apud</i> Tomaz (2003)
	0,68	Khan <i>apud</i> May (2005)

Fonte: Gonçalves, 2006, p. 113.

Devido aos diferentes coeficientes de escoamento superficial apresentados, optou-se, para atingir maiores valores de água a ser captada, de forma a proporcionar um volume maior de reservatório de águas pluviais, o valor de 0,8.

4.2.4 Descarte hídrico da primeira chuva

É importante realizar o descarte da primeira água da chuva, devido a toda sujeira contida no telhado, nos condutores e nas calhas. O filtro instalado na entrada principal do condutor não irá impedir a passagem, fazendo-se necessário este descarte. Após este descarte, toda a água seguinte será direcionada ao reservatório. Quanto maior o período sem chuva, mais poluída encontrará a primeira água. Através da Equação 6, foi possível estimar o volume hídrico a ser descartado.

$$V_{DES} = \frac{A \times D}{1000} \quad (6)$$

onde:

V_{DES} : Volume hídrico a descartar (m^3);

A: Área da cobertura (m^2); e

D: Descarte de chuva por metro quadrado de cobertura (mm).

4.2.5 Demanda interna por recurso hídrico não potável

Gonçalves (2006) apresenta a TAB. 4 com informações para quantificar a demanda de consumo de água não potável na área interna, onde será aproveitada a água pluvial.

Tabela 4 – Demanda residencial interna de água não potável.

Demanda Interna	Faixa	Unidade
Vaso Sanitário – Volume	6 – 15	l/descarga
Vaso Sanitário – Frequência	4 – 6	descarga/hab/dia
Máquina de Lavar Roupa – Volume	100 – 200	l/ciclo
Máquina de Lavar Roupa – Frequência	0,2 – 0,3	carga/hab/dia

Fonte: Gonçalves, 2006, p. 114.

Através da Equação 7, calculou-se a demanda de água não potável para a área interna, considerando que a edificação estudada possui 6 moradores e uma máquina de lavar roupa.

$$\text{Dem} = V \times F \times X \quad (7)$$

sendo:

Dem: Demanda de água não potável de áreas internas (l/dia);

V: Volume de água (seguir unidade da TAB. 4);

F: Frequência de uso (seguir unidade da TAB. 4); e

X: Número de ocupantes (hab).

4.2.6 Calhas e Condutores

As calhas foram dimensionadas de forma a possuírem capacidade de escoamento das vazões geradas por cada uma das águas do telhado, por meio da Equação de Manning (Equação 8). Através da mesma fórmula foi possível dimensionar os condutores horizontais.

$$Q = 60.000 \times S \times \frac{1}{n} \times Rh^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

em que:

Q: Vazão de projeto (l/min);

S: Área da seção molhada (m²);

n: Coeficiente de rugosidade de Manning;

Rh: Raio hidráulico (m); e

i: Declividade da calha (m/m).

Os coeficientes de rugosidade dos materiais geralmente empregados na fabricação de calhas e condutores são vistos na TAB. 5, onde, no projeto, executaram-se as calhas e os condutores em PVC, que conforme tabela possui $n = 0,011$.

Tabela 5 – Coeficientes de rugosidade de Manning em função do material do conduto.

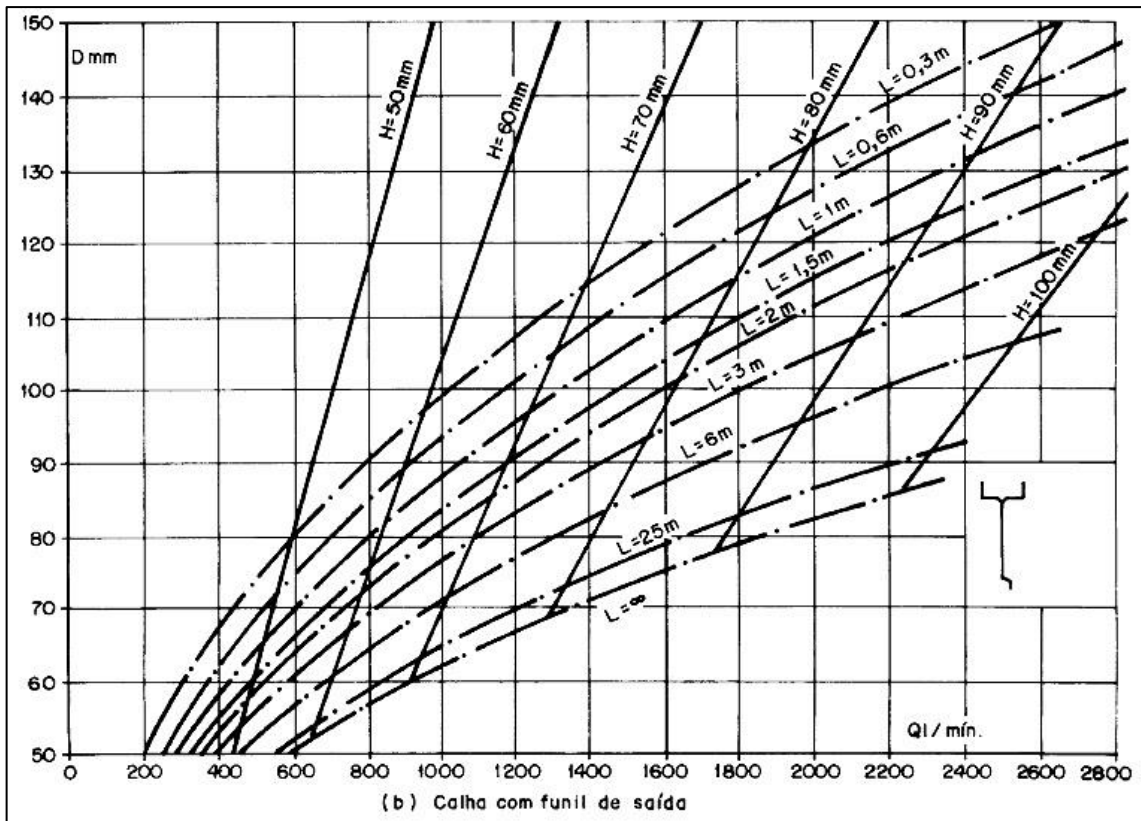
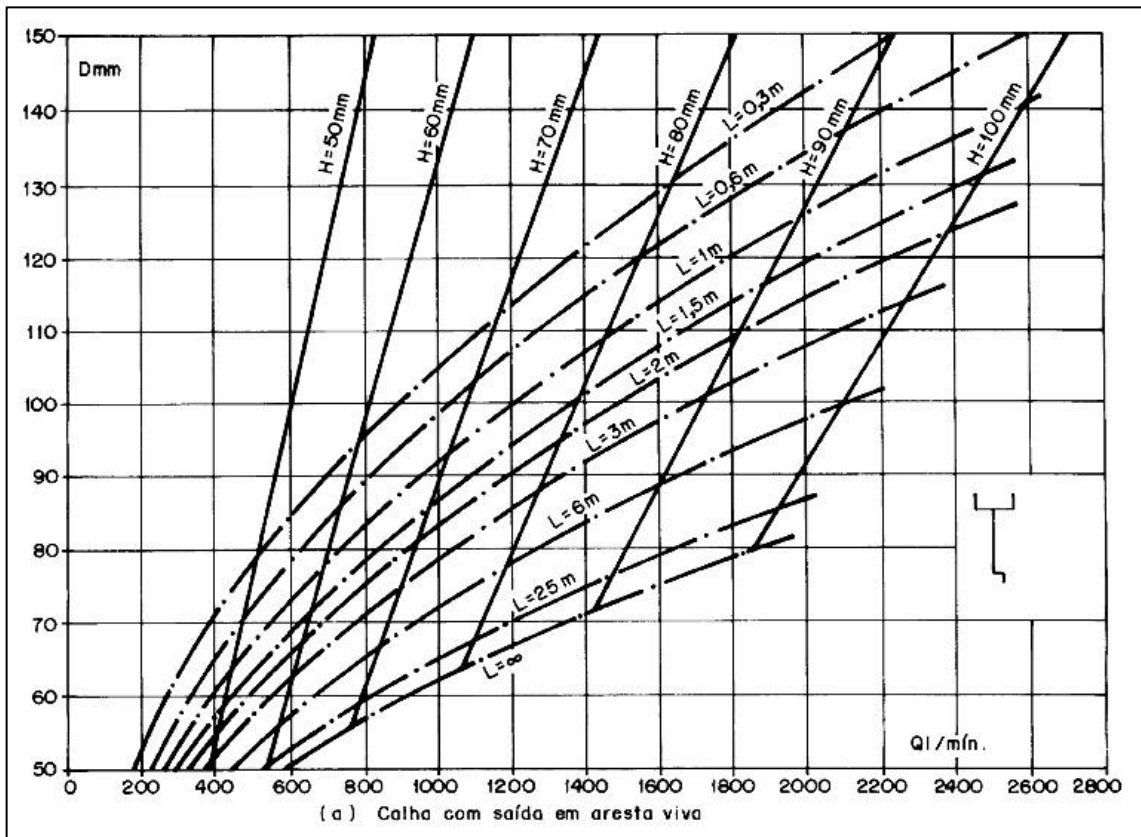
Material	N
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,014

Fonte: ABNT, 1989, p. 6.

Conforme NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas e os condutores horizontais devem ser uniformes, com o valor mínimo de inclinação de 0,5%. No projeto adotou-se 1% de declividade.

Ao analisar o ábaco mostrado na FIG. 13, possibilitou-se determinar o diâmetro interno dos condutores verticais, por meio da vazão de projeto (l/min), altura da lâmina de água na calha (mm) e comprimento do condutor vertical (m).

Figura 13 – Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: ABNT, 1989, p. 8.

4.2.7 Reservatório

Para o dimensionamento do volume total de água pluvial, utilizou-se o Método de Rippl, apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007). Esta norma apresenta seis métodos, sendo este o escolhido em função da forma de seu manejo, em que há a reserva de água por um ano, para depois haver a utilização, ou seja, não será um ciclo de reserva e utilização contínua. Para tal, necessitou-se conhecer a série histórica de precipitações do município. A mesma foi obtida no site HidroWeb da Agência Nacional de Água (ANA), onde consta informações hidrológicas dos períodos de 1925 a 1937, 1976 a 2000, 2002 a 2005, 2013 e 2014.

Após determinado os valores médios mensais de chuva, a demanda mensal, a área de captação da chuva e o volume de chuva mensal, possibilitou-se descobrir a diferença entre o volume da demanda interna e volume de chuva, conforme descrito na Equação 9.

$$V_{R(t)} = Dem_{(t)} - Va_{(t)} \quad (9)$$

onde:

$V_{R(t)}$: Volume de água no reservatório no tempo t (l);

$Dem_{(t)}$: Demanda no tempo t (l); e

$Va_{(t)}$: Volume de água aproveitável no tempo t (l).

Posteriormente, foram somados os valores positivos, resultando no volume do reservatório inferior.

4.2.8 Bombeamento

Em função da instalação de reservatório inferior e superior para abastecimento da residência com águas pluviais, necessitou-se de um sistema de bombeamento para elevação de 500 l/dia de água. Devido ao consumo diário da residência de padrão médio com 6 habitantes resultar em 1500 l, segundo a TAB. 2, foi dividido entre três reservatórios superiores: água pluvial, água cinza e água potável. O diâmetro da tubulação de recalque foi encontrado por meio da Equação 10.

$$D_r = 1,3 \times \left(\frac{T}{24}\right)^{\frac{1}{4}} \times \sqrt{Q} \quad (10)$$

sendo:

D_r : Diâmetro de recalque (m);

Q: Vazão (m^3/s); e

T: Número de horas de funcionamento (horas).

Definido o diâmetro da tubulação de recalque, adotou-se como diâmetro da tubulação de sucção um valor comercial superior ao determinado. Com o uso da equação de Flamant (Equação 11), calculou-se a perda de carga contínua nas tubulações de recalque e sucção, além da perda de carga localizada, utilizando-se o Método dos Comprimentos Equivalentes.

$$h_f = 0,000824 \times \frac{L_{\text{virtual}}}{d^{4,75}} \times Q^{1,75} \quad (11)$$

onde:

h_f : Perda de carga (m);

L_{virtual} : Comprimento real da tubulação acrescido dos comprimentos equivalentes (m);

d: Diâmetro da tubulação (m); e

Q: Vazão (m^3/s).

Para o cálculo da altura manométrica utilizou-se a Equação 12. Onde somou-se a perda de carga distribuída com a perda de carga localizada para definir a perda de carga total.

$$H_m = \Delta g + h_{f_{\text{TOTAL}}} \quad (12)$$

em que:

H_m : Altura manométrica (m.c.a.);

Δg : Desnível geométrico (m); e

$h_{f_{\text{TOTAL}}}$: Perda de carga total (m).

A potência necessária para esse bombeamento foi encontrada por meio da Equação 13.

$$\text{Pot} = \frac{H_m \times Q \times 1000}{75 \times \eta} \quad (13)$$

sendo:

Pot: Potência (cv);

Hm: Altura manométrica (mca);

Q: Vazão (m³/s); e

η : Rendimento do conjunto motor-bomba (decimal).

4.3 Águas cinzas

4.3.1 Estimativa do volume de água cinza produzido

A estimativa do volume de água cinza produzido foi determinada através do cálculo do volume, por meio da TAB. 6, que demonstra as frequências e os volumes para cada peça de utilização de uma família de 4 pessoas.

Tabela 6 – Frequência e volume das peças de utilização de uma família de 4 pessoas.

Peças de utilização	Frequência	Volume
Lavatório	3 min/dia	10 l/min
Chuveiro	10 min/dia	12 l/min
Pia da cozinha	15 min/dia	10 l/min
Tanque	5 min/dia	10 l/min
Máquina de lavar	3 ciclos/semana	210 l/ciclo

Fonte: Gonçalves, 2006, p. 167.

4.3.2 Condutores

Analisou-se, através da TAB. 7, o UHC (Unidade Hunter de Contribuição) de cada componente que coletou água cinza, sendo este um fator numérico que representa a contribuição considerada em função da utilização habitual de cada tipo de aparelho.

Tabela 7 – UHC e diâmetro nominal dos aparelhos sanitários.

Aparelho sanitário		Número de UHC	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga (mm)
Bacia sanitária		6	100
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Comercial	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
	Válvula de descarga	6	75
Mictório	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem (panelas)	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50
Máquina de lavar roupas		3	50

Fonte: ABNT, 1999, p. 6.

De acordo com os trechos, foi necessário realizar o quantitativo de UHC e, a partir da TAB. 8, determinar o diâmetro dos ramais.

Tabela 8 – Dimensionamento de ramais de esgoto.

Diâmetro nominal mínimo do tubo (mm)	Número máximo de UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: ABNT, 1999, p. 6.

4.3.3 Tratamento

Realizaram cotações de sistemas de tratamento das águas cinzas com empresas aleatórias no mercado, para analisar qual atende o projeto de maneira a atingir o melhor custo benefício.

O tratamento pode ser feito por meio de caixa de retenção, onde a mesma tem a função de bloquear substâncias presentes na água, como partículas sólidas, gordura e sabão. São utilizadas duas caixas de retenção, onde uma separa as substâncias da água e outra é responsável pela pressão e volume da água para outras etapas. No tratamento direto, a água é submetida à filtração e posteriormente é recebida a clorificação.

O tratamento completo é indicado quando possui grande número de águas cinza e sua reutilização será realizada para limpeza de carros ou qualquer outro uso que terá contato com o ser humano. O processo ocorre por meio da adição de produtos químicos, geralmente é utilizado cloro, carbonato de sódio e sulfato de alumínio, que em seguida passará por uma agitação mecânica que fará com que as substâncias se aglutinem, formando flocos maiores e adensando no fundo, onde os mesmos ficam retidos na filtração.

4.3.4 Reservatório

Por meio da Equação 14, aplicou-se o Método Prático Inglês modificado para determinar o volume necessário para o reservatório de águas cinzas, substituindo a produção de água pluvial pela quantidade de água cinza produzida. Optou-se por este método devido sua simplicidade e também porque sua utilização gera volumes menores de reservatório, já que o objetivo parte do princípio da produção de água seguida de seu rápido consumo, o que é indicado no reuso de efluentes.

$$V = 0,05 \times Q \quad (14)$$

onde:

V: Volume do reservatório (l); e

Q: Quantidade de água cinza produzido (l).

4.3.5 Bombeamento

O bombeamento foi executado conforme o de águas pluviais. Dimensionou-se a tubulação de recalque e, por meio da mesma, foi definida a tubulação de sucção, apresentando um diâmetro superior, juntamente com as perdas de carga, altura manométrica e potência da bomba. Em seguida, foi selecionada a bomba compatível a abastecer o reservatório superior com 500 l/dia, que irá receber a água cinza tratada.

4.4 Análises de projeto

Foi realizado um esboço para toda a implantação dos sistemas no edifício residencial para captar e conduzir as águas pluviais e captar, conduzir e tratar as águas cinzas. Em seguida, foi feito o levantamento da implantação, e através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017), realizou-se a consulta da composição de cada item; alguns necessitaram da cotação no mercado de trabalho local.

A análise econômica foi realizada através do Método de *Payback* Simples, onde o termo significa tempo de retorno. O mesmo visa analisar o investimento inicial sobre o fluxo de caixa, sendo esse fluxo a economia gerada com a implantação do sistema. Para a análise dessa economia, foram observadas as tarifas de acordo com o consumo de água e a produção de esgoto, segundo o SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Formiga - MG, (TAB. 9).

Tabela 9 – Tarifas de consumo residencial.

Consumo (m ³)	Tarifas de água (R\$)	Tarifas de esgoto (R\$)
Até 12	16,36	8,18
De 13 até 15	1,68	0,84
De 16 até 20	1,84	0,92
De 21 até 25	1,90	0,05
De 26 até 30	2,06	1,03
De 31 até 40	2,16	1,08
De 41 até 50	2,38	1,29
De 51 até 75	2,56	1,28
Acima de 76	2,67	1,34

Fonte: SAAE Formiga-MG.

E, por fim, foi feita a análise de maneira técnica, onde foi realizada a viabilidade ambiental gerada com a implantação do projeto, assinalando o cenário futuro e verificando a real condição que se encontra os recursos hídricos atualmente.

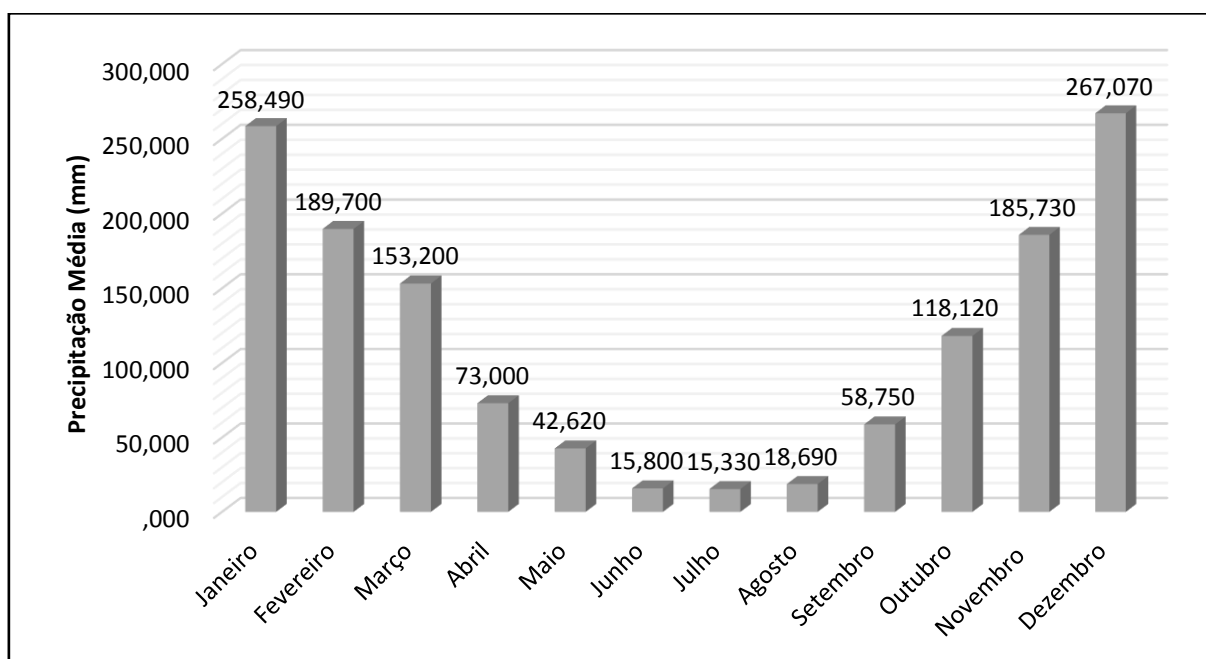
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Águas pluviais

De acordo com as dimensões do telhado e conforme sua inclinação, a área de sua cobertura resultou em 63,64 m².

As precipitações médias mensais no município de Formiga - MG são mostradas no GRAF. 2.

Gráfico 2 – Precipitação média no município de Formiga - MG.



Fonte: HidroWeb, 2017.

Onde indica o período de seca entre os meses de abril e setembro, e o de chuvas entre outubro e março. Apresentando índices suficientes para captação e escoamento superficial direto.

Quanto à determinação da intensidade média de precipitações na cidade de Formiga – MG, foi obtida uma intensidade média de precipitação de 154,79 mm/h.

Para a vazão de projeto de 164,17 l/min, precisou-se de uma calha semicircular em PVC, para cada água do telhado, de 100 mm de diâmetro com uma inclinação de 1 %. Para os condutores verticais, chegou-se a 100 mm de diâmetro, e os horizontais, a 100 mm com uma inclinação de 0,5 %.

O volume de água pluvial captado mensalmente e anualmente pela cobertura da edificação pode ser visto na TAB. 10.

Tabela 10 – Estimativa do volume de água pluvial.

Mês	Estimativa do volume de água pluvial (l)
Janeiro	13.159,21
Fevereiro	9.657,25
Março	7.799,11
Abril	3.716,28
Maior	2.169,70
Junho	804,35
Julho	780,42
Agosto	951,47
Setembro	2.990,85
Outubro	6.013,25
Novembro	9.455,14
Dezembro	13.596,00
Total	71.093,02

Fonte: A autora, 2017.

A água da primeira chuva descartada foi de 2 mm, resultando em um volume a ser eliminado de 127,27 l.

A partir de uma vazão de 10,5 l/descarga com uma frequência de 5 descarga/hab/dia, o que resultam em 315 l/dia, e para a máquina de lavar roupa 225 l/dia, considerando um volume de 150 l/ciclo com uma frequência de 0,25 carga/hab/dia, determinou-se a demanda interna mensal e anual, como mostrado na TAB. 11.

Tabela 11 – Demanda interna na residência estudada.

Mês	Demanda interna (l)
Janeiro	16.740
Fevereiro	15.120
Março	16.740
Abril	16.200
Maior	16.740
Junho	16.200
Julho	16.740

Tabela 11 – Continuação.

Mês	Demanda interna (l)
Agosto	16.740
Setembro	16.200
Outubro	16.740
Novembro	16.200
Dezembro	16.740
Total	197.100

Fonte: A autora, 2017.

Os valores de demanda interna e os volumes de água pluvial aproveitável, onde o somatório dos valores positivos da diferença entre ambos consiste na dimensão do reservatório, são apresentados na TAB. 12.

Tabela 12 – Volumes do reservatório de águas pluviais de acordo com o Método de Rippl.

Mês	Demanda (l)	Volume aproveitável (l)	Volume no reservatório (l)
Janeiro	16.740	13.159,21	3.580,79
Fevereiro	15.120	9.657,25	5.462,75
Março	16.740	7.799,11	8.940,89
Abril	16.200	3.716,28	12.483,72
Maiο	16.740	2.169,7	14.570,30
Junho	16.200	8.04,35	15.395,65
Julho	16.740	7.80,42	15.959,58
Agosto	16.740	951,47	15.788,53
Setembro	16.200	2.990,85	13.209,15
Outubro	16.740	6.013,25	10.726,75
Novembro	16.200	9.455,14	6.744,86
Dezembro	16.740	13.596	3.144,00
	Total		126.006,97

Fonte: A autora, 2017.

Assim, são necessárias cinco caixas d'água de 25.000 l para atender o volume estimado a ser reservado, com as seguintes dimensões 3,38 m x 2,35 m x 4,29 m ($D_s \times D_I \times H$).

A tubulação de recalque necessária para o sistema de bombeamento deve ser de 20 mm, e a sucção de 25 mm. Para tal, foi selecionada uma bomba Schneider BCR – 2000 ½ cv.

5.2 Águas cinzas

De acordo com as considerações da TAB. 6, foram estimados os volumes gerados de águas cinzas mensalmente, mostrados na TAB. 13.

Tabela 13 – Estimativa do volume de água cinza gerada na residência estudada.

Mês	Estimativa do volume de água cinza (l)
Janeiro	20.460
Fevereiro	18.480
Março	20.460
Abril	19.800
Maiο	20.460
Junho	19.800
Julho	20.460
Agosto	20.460
Setembro	19.800
Outubro	20.460
Novembro	19.800
Dezembro	20.460
Total	240.900

Fonte: A autora, 2017.

Quanto aos diâmetros para condução das águas cinzas, para o tanque de lavar, sendo de dois bojos, necessita-se de diâmetro de 50 mm; na máquina de lavar, de 40 mm; na pia da cozinha, de 50 mm; no lavatório e no chuveiro, de 40 mm. Os ramais de ligação necessitaram de uma tubulação de 75 mm.

Na TAB. 14, são apresentadas as consultas feitas com quatro empresas no mercado de trabalho que habitam o ramo de tratamento de águas cinzas para reuso não potável, comparando vazão diária, valor de acordo com o serviço prestado, eficiência, e o tipo de tratamento realizado.

Tabela 14 – Comparativo entre empresas de tratamento de água cinza.

Sistema	Vazão	Valor	Eficiência	Tratamento
1	12.000 l/dia	R\$3.438,00 Valor do produto, não incluso a instalação e o frete.	Atende a resolução do CONAMA 20/86, os parâmetros do manual “Conservação e Reuso da Água em Edificações” elaborado pela FIESP, ANA e SINDUSCON.	Pré-filtragem, bombeamento, injeção de dispersante (antiespumante) e micro bactericida, micro filtragem e desinfecção.
2	360 l/dia	R\$17.584,00 Valor do produto com a instalação, não incluso frete.	Atende a legislação de água de reuso aplicações nos padrões de classe 1 e 2 da NBR 13969/1997.	Pré-tratamento com biofilme e grades, além do tratamento terciário com membrana de ultra filtração, e separador.
3	2.000 l/dia	R\$6.800,00 Valor do produto entregue na obra com a instalação.	Atende a NBR 13969/1997 referente aos padrões da água de reuso.	Caixa separadora de sólidos, uma bomba dosadora de produtos químicos, reservatório para diluição dos produtos químicos, dois floculadores, um filtro de carvão e duas válvulas solenóides. Bomba com filtro, conjunto decantador, conjunto filtros, conjunto de decantadore floculador, redutor floclulação, tanque de recalque, bomba de recalque com filtros, bomba dosadora alcalinizante com controle automático pH e coagulante, filtro de areia e de carvão e bomba de recalque filtrados para decantador.
4	12.000 l/dia	R\$31.200,00 Valor do produto entregue na obra, montado e instalado.	Atende as exigências do CONAMA.	

Fonte: A autora, 2017.

Tendo em vista que o projeto busca sustentabilidade e que esse quesito é interligado à economia e qualidade do processo, o sistema que se enquadra visando isso é o primeiro, pois tem uma vazão alta, sendo de 12.000 l/dia, um tratamento que é suficiente para o que se tem de destino final, e o de valor mais baixo comparado aos outros, mesmo não incluindo a instalação, pois a mesma é de fácil colocação. Sendo assim, é o sistema que se tem melhor custo benefício.

A TAB. 15 apresenta os volumes necessários para o reservatório de águas cinzas.

Tabela 15 – Volumes do reservatório de acordo com o Método Prático Inglês.

Mês	Volume (l)
Janeiro	1.023
Fevereiro	924
Março	1.023
Abril	990
Maió	1.023
Junho	990
Julho	1.023
Agosto	1.023
Setembro	990
Outubro	1.023
Novembro	990
Dezembro	1.023
Total	12.045

Fonte: A autora, 2017.

De acordo com a quantidade estimada do reservatório, são necessárias duas caixas d'água de 12.000 l, uma para receber tal volume e outra para a água cinza tratada, com as seguintes dimensões 3,05 m x 2,48 m x 2,48 m ($D_S \times D_I \times H$).

Para o bombeamento da água cinza tratada ao reservatório superior, chegou-se a uma tubulação de recalque para o sistema de bombeamento de 25 mm, e a sucção de 32 mm. A bomba compatível ao projeto foi a Schneider BCR – 2000 ½ cv.

5.3 Orçamento do projeto e análise econômica

Realizou-se o esboço para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e reaproveitamento de água cinza, conforme Apêndice A, e por meio do mesmo levantou-se o custo e a mão de obra através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017) e cotações no mercado de trabalho local, sendo de R\$49.903,11 e R\$12.756,43, respectivamente, totalizando todo o projeto em R\$62.659,54. No Apêndice B é apresentado o orçamento detalhado.

De acordo com a TAB. 2 e a NBR 7229 (ABNT, 1993), analisando a residência como padrão médio, a mesma possui um consumo de água de 250 l/dia e uma produção de esgoto de 130 l/dia, ambos per capita.

A água potável consumida mensalmente na residência, bem como o custo gerado, é mostrada na TAB. 16.

Tabela 16 – Quantitativo e custo do consumo de água e produção de esgoto.

Mês	Consumo de água (m³)	Valor da água (R\$)	Produção de esgoto (m³)	Valor do esgoto (R\$)
Janeiro	46,50	87,47	24,18	19,27
Fevereiro	42,00	76,76	21,84	17,05
Março	46,50	87,47	24,18	19,27
Abril	45,00	83,90	23,40	18,53
Mai	46,50	87,47	24,18	19,27
Junho	45,00	83,90	23,40	18,53
Julho	46,50	87,47	24,18	19,27
Agosto	46,50	87,47	24,18	19,27
Setembro	45,00	83,90	23,40	18,53
Outubro	46,50	87,47	24,18	19,27
Novembro	45,00	83,90	23,40	18,53
Dezembro	46,50	87,47	24,18	19,27
Total	547,50	1.024,65	284,70	226,06

Fonte: A autora, 2017.

A utilização da água pluvial e a reutilização da água cinza geraram uma redução no consumo de água e na produção de esgoto para o valor mínimo da fatura, que de acordo com a forma de cobrança do SAAE, a franquia mínima é de 12 m³, independente do consumo abaixo dessa quantidade.

Sendo assim, o consumo de água passa a ser de R\$16,35 por mês e produção de esgoto de R\$8,18 por mês. A economia gerada após a implantação do projeto sustentável quanto a recursos hídricos é mostrada na TAB. 17.

Tabela 17 – Valores economizados com a implantação do projeto de uso de águas pluviais e reuso de águas cinzas.

Mês	Valor da água (R\$)	Valor do esgoto (R\$)
Janeiro	71,11	11,09
Fevereiro	60,40	8,87
Março	71,11	11,09
Abril	67,54	10,35
Mai	71,11	11,09
Junho	67,54	10,35
Julho	71,11	11,09
Agosto	71,11	11,09
Setembro	67,54	10,35
Outubro	71,11	11,09
Novembro	67,54	10,35
Dezembro	71,11	11,09
Total	828,33	127,90

Fonte: A autora, 2017.

Sendo assim, o sistema gera uma economia de R\$956,23 anualmente. Tendo em vista que o projeto é de alto custo e a água de um valor relativamente baixo nos dias atuais, o tempo para retorno do valor investido no projeto se torna demasiadamente prolongado, sendo previsto para 65 anos e 6 meses, calculado pelo Método *Payback* Simples.

5.4 Análise técnica-ambiental

Algumas atividades necessitam de água potável, e outras não, podendo ser substituídas por reaproveitamento de água não potável. Ambos os sistemas, tanto o de aproveitamento da água pluvial quanto o de água cinza, tem como objetivo principal reduzir o consumo de água potável, para resguardar o mesmo para usos que são indispensáveis.

Victorino (2007) utiliza a expressão *sine qua non*, que significa "sem a qual não", para relatar a essência da conscientização quanto às atitudes perante à utilização dos meios hídricos, tanto individual quanto coletivo, adaptando práticas que transformem o futuro, onde as mesmas recuperem a peculiaridade da natureza, afastando assim a degradação ambiental e a falta de água. A água tem importância fundamental devido à ligação com vários fatores da vida humana, como o clima, a energia, a produção de alimento, a higienização, entre outros.

Buffon (2010) explica que a causa do crescimento das inundações e alagamentos estão diretamente ligados à ocupação do solo, em consequência da impermeabilização das vias e a apropriação irregular urbana com as propriedades naturais do solo. Sendo assim, o aproveitamento da água da chuva contribui para que diminua a vazão da bacia onde a residência situa, conseqüentemente diminuindo o risco de alagamentos e inundações.

Segundo Lima (2011), o fato de captar, tratar e reutilizar a água cinza, proveniente de efluentes domésticos, exceto vaso sanitário, contribui para a minimização de efluentes a serem direcionados para o tratamento, no caso a ETE (Estação de Tratamento de Esgoto), ou tendo seu esgoto despejado no meio ambiente, pois uma quantidade significativa da população não conta com tratamento de esgoto.

No caso de não ocorrer precipitação pluvial suficiente para abastecimento dos reservatórios, haverá opção por utilização de água potável fornecida pelo abastecimento público.

Sendo assim, os dois métodos possuem um grande potencial ambiental, devido às condições vivenciadas no presente momento, tendo como essência principal a busca cada vez maior por meios de recursos sustentáveis quanto à questão hídrica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A precipitação média do município de Formiga – MG proporciona capacidade suficiente de geração de escoamento superficial na edificação estudada, de maneira que a água captada possa ser aproveitada para fins não potáveis. No período de outubro a março foram registrados os maiores valores de precipitação mensal, enquanto que de abril a setembro há estação de estiagem. A captação acontece por meio da própria cobertura, sendo direcionada pelos condutores, descartando a primeira chuva, posteriormente sendo reservada, e bombeada para o reservatório superior.

Da mesma maneira, a água cinza pode ser reaproveitada. A sua captação é realizada por meio de condutores de PVC, sendo então direcionada a uma estação de tratamento. Esta possui como unidades: a pré-filtragem, o bombeamento, a injeção de dispersante (antiespuma) e micro bactericida, a micro filtragem e a desinfecção. Ao final, o efluente tratado seria reservado novamente, e bombeado para o reservatório superior.

O projeto se apresentou economicamente inviável, devido ao custo da água potável fornecida atualmente no município ser baixo e o investimento inicial no projeto alto, tornando o retorno prolongado. Porém, esta análise pode alterar, caso a pressão pelo uso dos recursos hídricos acarrete em aumento do custo de abastecimento de água potável.

Há de se salientar o benefício do projeto de proporcionar uso de água de qualidade compatível para fins não potáveis, além da importância hidrológica de amortecimento de cheias, no caso do aproveitamento de águas pluviais, eliminação ou mesmo redução do uso de água potável para fins não potáveis e redução do lançamento de esgotos na rede coletora e, por consequência, direcionado ao tratamento ou mesmo descarregado em cursos hídricos superficiais.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA) – Ministério do Meio Ambiente. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 150p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Brasil. **HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb> >. Acesso: em 10 ago. 2017.
- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2011. 144 p.
- ALBUQUERQUE, J.L.et al. **Gestão ambiental e responsabilidade social: conceitos, ferramentas e aplicações**.1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 336 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.8 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999. 74 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997. 60 p.
- AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Blucher, 1998. 669 p.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; MELO, V. O. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias**.1. ed. São Paulo: Blucher, 1988. 200 p.
- BEDIN, J. et al. **Casa conceito: proposta de uma residência enfatizada em soluções sustentáveis**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC, Fortaleza, 2015. 4p.
- BORGES, G. M. R.; THEBALDI, M. S. Estimativa de precipitação máxima diária anual e equação de chuvas intensas para o município de Formiga, MG, Brasil. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 891-902, out./dez. 2016.
- BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. de A. **Instalações hidráulicas prediais usando tubos de PVC e PPR**. 3.ed. São Paulo: Blucher, 2010. 364 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986: Estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 30 jul. 1986.

BUFFON, F. T. **Aproveitamento de águas pluviais: efeito sobre de drenagem urbana.** 2010. 60 p. Trabalho de Diplomação (Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil.** 2009. 70 p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas sanitárias.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 450 p.
DIAS, R. **Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 220 p.

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 1976. 372 p.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações.** 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano.** Brasília: Ipea, 2010. v. 7. 640 p.

JEFFERSON, B. et al. Technologies for domestic wastewater recycling. **UrbanWater**, London, v. 1, n. 4, p.285-292, 1999.

LIMA, F. A. **Sistema automatizado para o aproveitamento de água cinza e azul, com controle de pH utilizando lógica fuzzy.** 2011. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

MACHADO, C. J. S. Mudanças conceituais na administração pública do meio ambiente. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 24-26, 2003.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 596 p.

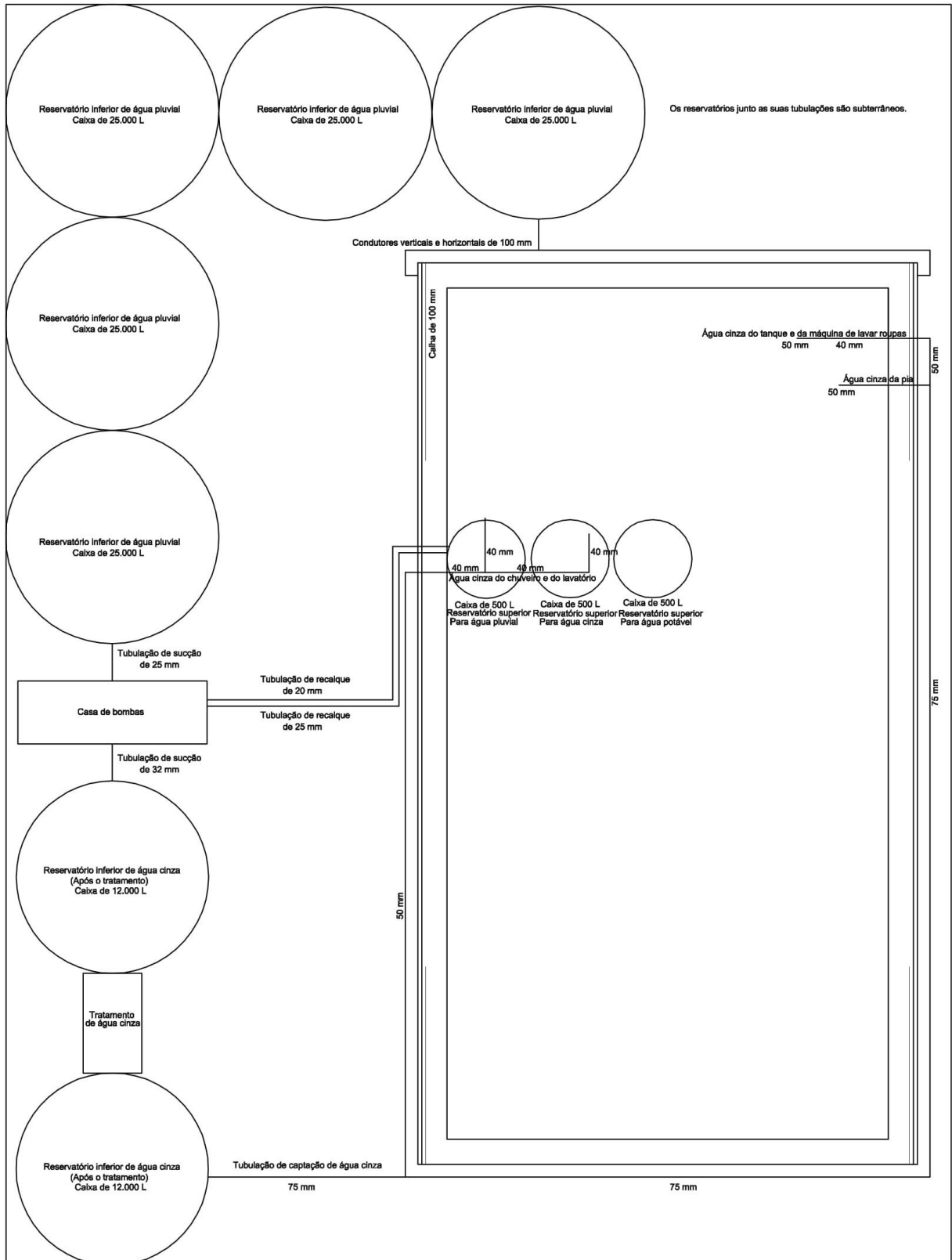
_____. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 324 p.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais.** 2008. 222 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

- MELLO, C. A.; SILVA, A. M. **Hidrologia: princípios e aplicações e sistemas agrícolas**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.
- MENDES, C. A.; TUCCI, C. E. M. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica / Ministério do Meio Ambiente / SQA**. Brasília: MMA, 2006. 302 p.
- SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, out./dez. 2002.
- SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – SAAE. Serviços. **Tarifas e valores: Formiga - MG**. Disponível em: <<http://www.saaeformiga.com.br/servicos/tarifas-e-valores>>. Acesso em: 24 set. 2017.
- SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Downloads. **Sinapi - MG: Insumos e composições**. Disponível em:<<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2017.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003. 180 p.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2000. 943 p.
- VAES, G.; BERLAMONT, J. The impact of rainwater reuse on CSO emissions. **Water Science and Technology**, London, v. 39, n. 5, p. 57-64, 1999.
- VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231 p.

APÊNDICE A – Esboço da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e reaproveitamento de água cinza



APÊNDICE B – Orçamento da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e reaproveitamento de água cinza

ITEM	CODIGO	TABELA	DENOMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ÍNDICES UTILIZADOS: SINAPI (JUL/2017) e COTAÇÃO DE PREÇOS (AGO/2017)							
1 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL							R\$ 49.903,11
1.1	94230	SINAPI	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL	M	28,60	R\$ 63,62	R\$ 1.819,53
1.2	COTAÇÃO		KIT CAPTAÇÃO ÁGUA DA CHUVA (SEPARADOR, DESCARTE DA PRIMEIRA ÁGUA E TELA)	UN	2,00	R\$ 169,00	R\$ 338,00
1.3	89512	SINAPI	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO	M	29,71	R\$ 36,71	R\$ 1.090,65
1.4	89401	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA (RECALQUE) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	9,94	R\$ 5,42	R\$ 53,87
1.5	89402	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA (SUCCÃO) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	5,29	R\$ 6,65	R\$ 35,18
1.6	89584	SINAPI	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	UN	6,00	R\$ 31,03	R\$ 186,18
1.7	89358	SINAPI	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E	UN	4,00	R\$ 5,31	R\$ 21,24
1.8	89693	SINAPI	TE, PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 X 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	UN	1,00	R\$ 48,99	R\$ 48,99
1.9	94708	SINAPI	ADAPTADOR COM FLANGES LIVRES, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE	UN	3,00	R\$ 20,08	R\$ 60,24
1.10	94715	SINAPI	ADAPTADOR COM FLANGES LIVRES, PVC, SOLDÁVEL, DN 110 MM X 4, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/	UN	9,00	R\$ 297,63	R\$ 2.678,67
1.11	COTAÇÃO		CAIXA DE ÁGUA DE FIBRA COM TAMPA DE 25.000 L	UN	5,00	R\$ 8.506,06	R\$ 42.530,30
1.12	88504	SINAPI	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 500 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	1,00	R\$ 562,25	R\$ 562,25
1.13	COTAÇÃO		BOMBA SCHNEIDER BCR-2000 1/2CV 127V MONOFÁSICA	UN	1,00	R\$ 478,00	R\$ 478,00
2 SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA CINZA							R\$ 12.756,43
2.1	89711	SINAPI	TUBO PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	M	19,23	R\$ 13,68	R\$ 263,07
2.2	89712	SINAPI	TUBO PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	M	4,35	R\$ 19,82	R\$ 86,22
2.3	89713	SINAPI	TUBO PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 75 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	M	25,15	R\$ 29,40	R\$ 739,41
2.4	89401	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA (RECALQUE) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	11,20	R\$ 5,42	R\$ 60,70
2.5	89402	SINAPI	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA (SUCCÃO) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	M	3,46	R\$ 6,65	R\$ 23,01
2.6	89358	SINAPI	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	4,00	R\$ 5,31	R\$ 21,24
2.7	89724	SINAPI	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM, JUNTA SOLDÁVEL, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	UN	4,00	R\$ 5,52	R\$ 22,08
2.8	89731	SINAPI	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	UN	2,00	R\$ 7,45	R\$ 14,90
2.9	89737	SINAPI	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 75 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	UN	2,00	R\$ 12,76	R\$ 25,52
2.10	89782	SINAPI	TE, PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 X 40 MM, JUNTA SOLDÁVEL, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	UN	1,00	R\$ 8,04	R\$ 8,04
2.11	89786	SINAPI	TE, PVC, SÉRIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 75 X 75 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	UN	3,00	R\$ 21,91	R\$ 65,73
2.12	89546	SINAPI	BUCHA DE REDUÇÃO LONGA, PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 50 X 40 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO	UN	2,00	R\$ 6,88	R\$ 13,76
2.13	89549	SINAPI	REDUÇÃO EXCÊNTRICA, PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 X 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO	UN	3,00	R\$ 10,93	R\$ 32,79
2.14	94708	SINAPI	ADAPTADOR COM FLANGES LIVRES, PVC, SOLDÁVEL, DN 25 MM X 3/4, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	3,00	R\$ 20,08	R\$ 60,24
2.15	94710	SINAPI	ADAPTADOR COM FLANGES LIVRES, PVC, SOLDÁVEL, DN 40 MM X 1 1/4, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	4,00	R\$ 31,08	R\$ 124,32
2.16	94713	SINAPI	ADAPTADOR COM FLANGES LIVRES, PVC, SOLDÁVEL, DN 75 MM X 2 1/2, INSTALADO EM RESERVAÇÃO DE ÁGUA DE EDIFICAÇÃO QUE POSSUA RESERVATÓRIO DE FIBRA/FIBROCIMENTO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	1,00	R\$ 161,59	R\$ 161,59
2.17	COTAÇÃO		CAIXA DE ÁGUA DE FIBRA COM TAMPA DE 12.000 L	UN	2,00	R\$ 3.277,78	R\$ 6.555,56
2.18	88504	SINAPI	CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO, 500 LITROS, COM ACESSÓRIOS	UN	1,00	R\$ 562,25	R\$ 562,25
2.19	COTAÇÃO		TRATAMENTO COM PRÉ FILTRAGEM, BOMBEAMENTO, INJEÇÃO DE DISPERSANTE (ANTIESPUMANTE) E MICRO BACTERICIDA, MICRO FILTRAGEM E DESINFECÇÃO	UN	1,00	R\$ 3.438,00	R\$ 3.438,00
2.20	COTAÇÃO		BOMBA SCHNEIDER BCR-2000 1/2CV 127V MONOFÁSICA	UN	1,00	R\$ 478,00	R\$ 478,00
TOTAL DE AMBOS OS SISTEMAS							R\$ 62.659,54