

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**JÚNIA LIMA**

**PROJETOS PARA EFICIÊNCIA EM RESIDÊNCIA POPULAR:  
Aproveitamento de água pluvial e geração fotovoltaica de energia**

**Varginha**

**2016**

**JÚNIA LIMA**

**PROJETOS PARA EFICIÊNCIA EM RESIDÊNCIA POPULAR:  
Aproveitamento de água pluvial e geração fotovoltaica de energia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do título de bacharel sob a orientação da professora Me. Ivana Prado de Vasconcelos e coorientação do professor Esp. José Lima Júnior.

**Varginha  
2016**

**JÚNIA LIMA**

**PROJETOS PARA EFICIÊNCIA EM RESIDÊNCIA POPULAR:**

**Aproveitamento de água pluvial e geração fotovoltaica de energia**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do título de bacharel, pela Banca Examinadora formada pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof. Me. Ivana Prado de Vasconcelos  
(orientadora)

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que contribuíram para sua realização, em especial a meus pais, Renata e Júnior.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me proporcionar momentos felizes e de grande aprendizado. Agradeço aos meus pais, Renata e Júnior, ao meu irmão, Renan, e ao meu namorado, Rodrigo, que sempre me apoiam em minhas escolhas e me confortam nos momentos difíceis. Agradeço à minha família e aos meus amigos que estiveram presentes em minha vida durante esta fase e que contribuíram de alguma forma para a elaboração deste trabalho. Agradeço aos moradores da residência estudada que sempre se mostraram receptivos. Agradeço à minha orientadora, Ivana, e ao meu coorientador, Júnior, pelos ensinamentos e pela dedicação.

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

Nelson Mandela

## RESUMO

O presente trabalho tem a finalidade de implantar, em uma residência popular localizada na cidade de Varginha, Minas Gerais, um projeto de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, bem como um projeto de geração de energia elétrica através de conversão fotovoltaica de energia proveniente do sol. Inicialmente, será apresentado um breve diagnóstico a respeito da implantação de ambos os sistemas, composto por uma análise do local de estudo e pela definição de parâmetros e de condições locais existentes, que esclarecerão se há a possibilidade de locar os sistemas adequadamente na edificação. Serão apresentados, ainda, para os dois sistemas, memoriais descritivos e de cálculo, contendo as descrições, especificações e dimensionamentos de todos os componentes necessários para compor os projetos. Além disso, será dada uma especificação de materiais e serviços, esclarecendo a metodologia que deve ser utilizada na introdução dos sistemas na residência e descrevendo quais materiais devem ser empregados. Uma estimativa de custo para inserir ambos os sistemas finalizará a elaboração dos projetos, que estão presentes na íntegra nos Apêndices.

**Palavras-chave:** Projeto. Aproveitamento. Água pluvial. Energia solar. Sistema fotovoltaico.

## **ABSTRACT**

*This work aims to deploy in a popular residence located in the city of Varginha, Minas Gerais, a rainwater utilization project for non-potable purposes, as well as a project of power generation through energy photovoltaic conversion from the Sun. Initially, a brief analysis about the implementation of both systems will be presented, consisting of a site analysis and the definition of existing conditions, to clarify if there is a possibility to lease the systems properly in the building. It will be presented, to the two systems, descriptive and calculation memorials, containing descriptions, specifications and sizing of all the components needed to make the projects. Moreover, a specification of materials and services will be given, explaining the methodology to be used in the introduction of systems in the residence and describing what materials should be used. A cost estimate to enter both systems, finish the projects, which are present in full in the Appendices*

**Keywords:** *Project. Harnessing. Rainwater. solar energy. Photovoltaic system.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Rua João Chereze e localização da residência de estudo na mesma. ....	17
Figura 02 - Planta baixa, implantação e planta de cobertura, respectivamente. ....	18
Figura 03 - Perfis do terreno. ....	19
Figura 04 - Fachada frontal e muro, respectivamente. ....	19
Figura 05 - Fachada lateral. ....	19
Figura 06 - Cortes AA e BB, respectivamente. ....	20
Figura 07 – Precipitação média mensal em Varginha. ....	21
Figura 08 – Calha, condutor vertical e condutor horizontal, no local e em planta, respectivamente. ....	22
Figura 09 - Indicação do Norte Magnético e do sentido de inclinação da cobertura. ....	23
Figura 10 - Perspectiva e vista frontal da residência, com dados da área de contribuição. ....	26
Figura 11 - Localização das calhas e sentido de escoamento das águas pluviais. ....	26
Figura 12 - Separador de folhas e fixação do mesmo antes do condutor vertical. ....	27
Figura 13 - Localização dos condutores verticais (CV) na cobertura da residência. ....	28
Figura 14 - Localização do condutor vertical 2 e das curvas a 45°. ....	28
Figura 15 - Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água - Maneiras de instalação. ....	29
Figura 16 - Localização do filtro no reservatório inferior. ....	29
Figura 17 - Estágios de limpeza do filtro horizontal (a) e dimensões do mesmo (b). ....	30
Figura 18 - Clorador flutuante. ....	30
Figura 19 – Localização do freio d'água no reservatório inferior. ....	31
Figura 20 – Localização do sifão ladrão no reservatório inferior. ....	32
Figura 21 - Calha Tipo Americana - Detalhes e dimensões. ....	35
Figura 22 – Localização do reservatório inferior e da bomba. ....	38
Figura 23 – Bomba. ....	40
Figura 24 – Insolação diária média anual (horas). ....	46
Figura 25- Sistema Grid Tie ou On Grid. ....	47
Figura 26 – Ligação de painéis em paralelo. ....	48
Figura 27 – Estruturas de suporte (base de fixação e trilhos). ....	49
Figura 28 - Localização do inversor solar na residência. ....	50
Figura 29 – Cabo principal DC. ....	52

Figura 30 - Bocal terminal (1) e suporte de calha (2).....	53
Figura 31 - Aplicação do desnível com o uso do barbante.....	54
Figura 32 - Marcação dos locais do suporte. ....	54
Figura 33 - Fixação dos suportes.....	55
Figura 34 - Aplicação do silicone.....	55
Figura 35 - Inserção dos furos e aplicação dos rebites, respectivamente. ....	56
Figura 36 - Encaixe da calha. ....	56
Figura 37 - Remoção da telha.....	59
Figura 38 - Fixação do gancho no caibro. ....	60
Figura 39 - Instalação dos ganchos. ....	60
Figura 40 - Utilização de ferramenta de corte para retrabalhar a telha. ....	60
Figura 41 - Passo a passo do encaixe dos parafusos ao perfil. ....	61
Figura 42 - Fixação do trilho nos ganchos (1), nivelamento do trilho (2) e ajuste dos parafusos (3). ....	61
Figura 43 - Passos para utilização do trilho de emenda. ....	62
Figura 44 - Fixação dos grampos terminadores.....	62
Figura 45 - Fixação dos grampos intermediários. ....	63
Figura 46 - Visão geral do sistema e identificação dos componentes. ....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Precipitação média mensal em Varginha.....	21
Tabela 02 - Demanda de água para consumo não potável. ....	33
Tabela 03 - Vazão de condutores horizontais de seção circular (L/min). ....	36
Tabela 04 – Volume de chuva e volume do reservatório inferior. ....	37
Tabela 05 – Indicação das peças e da perda de carga (hf).....	39
Tabela 06 - Dimensionamento dos sub-ramais. ....	40
Tabela 07 - Dimensionamento do sub-ramal do banheiro.....	41
Tabela 08 - Dimensionamento do sub-ramal da área externa. ....	41
Tabela 09 - Dimensionamento dos sub-ramais. ....	41
Tabela 10 - Dimensionamento da coluna AF1. ....	42
Tabela 11 - Dimensionamento da coluna AF2. ....	42
Tabela 12 - Dimensionamento da coluna AF2. ....	42
Tabela 13 – Peças em cada um dos trechos.....	43
Tabela 14 – Verificação da pressão no abastecimento da bacia sanitária. ....	44
Tabela 15 – Verificação da pressão no abastecimento da torneira.....	44
Tabela 16 - Modelo do painel solar e suas características.....	48
Tabela 17 - Modelo do inversor solar e suas características. ....	52
Tabela 18 - Modelo do inversor solar e suas características. ....	52
Tabela 19 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema. ....	58
Tabela 20 - Especificação dos materiais dos componentes do sistema.....	58
Tabela 21 - Especificação dos materiais dos componentes do sistema.....	65
Tabela 22 – Estimativa de custo para o sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	66
Tabela 23 – Estimativa de custo para o sistema conversão fotovoltaica de energia solar. ....	68

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
EPI	Equipamento de Proteção Individual
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
PROCEL	Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética
SEDOP	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas
SETOP	Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
<b>3 DIAGNÓSTICOS</b>	<b>17</b>
3.1 Análise do local de estudo	17
3.2 Sistema de aproveitamento de águas pluviais	20
3.2.1 Demanda de água	20
3.2.2 Intensidade pluviométrica	20
3.2.3 Precipitação	21
3.2.4 Condições existentes no sistema de drenagem pluvial da residência	22
3.3 Sistema de conversão fotovoltaica de energia solar	22
3.3.1 Demanda de energia elétrica	22
3.3.2 Condições existentes para implantação do sistema de conversão fotovoltaica de energia solar	23
<b>4 PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>	<b>24</b>
4.1 Identificação do local e dados do projeto	24
4.2 Normas aplicáveis	24
4.3 Memorial Descritivo	25
4.3.1 Objetivo	25
4.3.2 Demanda de água não potável	25
4.3.3 Área de contribuição	25
4.3.4 Calhas	26
4.3.5 Separador de folhas	27
4.3.6 Condutores verticais	27
4.3.7 Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água	28
4.3.8 Condutores horizontais	29
4.3.9 Filtração	29
4.3.10 Desinfecção	30
4.3.11 Reservatórios	31
4.3.12 Freio d'água	31
4.3.13 Sifão ladrão	32
4.3.14 Sistema de Bombeamento	32
4.3.15 Tubulação de água fria	32
4.4 Memorial e Planilhas de Cálculo	33
4.4.1 Objetivo	33
4.4.2 Demanda de água não potável	33
4.4.3 Área de contribuição	34
4.4.4 Vazão de Chuva	34
4.4.5 Dimensionamento das calhas	34
4.4.6 Dimensionamento dos condutores verticais	35
4.4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais	36
4.4.8 Dimensionamento dos reservatórios	36
4.4.9 Dimensionamento do sistema elevatório	37
4.4.10 Dimensionamento da tubulação de água fria	40

<b>5 PROJETO DE CONVERSÃO FOTOVOLTAICA DE ENERGIA SOLAR .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Identificação do local e dados do projeto .....</b>	<b>45</b>
<b>5.2 Normas aplicáveis .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3 Memorial Descritivo .....</b>	<b>45</b>
5.3.1 Objetivo .....	45
5.3.2 Demanda de energia elétrica.....	46
5.3.3 Insolação.....	46
5.3.4 Identificação do sistema .....	47
5.3.5 Painéis solares .....	47
5.3.6 Estruturas de suporte .....	48
5.3.7 Inversor solar .....	49
5.3.8 Fiação .....	50
<b>5.4 Memorial Descritivo .....</b>	<b>50</b>
5.4.1 Objetivo .....	50
5.4.2 Painéis solares .....	50
5.4.3 Inversor solar .....	51
5.4.4 Fiação .....	52
<b>6 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS .....</b>	<b>53</b>
<b>6.1 Sistema de aproveitamento de águas pluviais.....</b>	<b>53</b>
6.1.1 Instalação das calhas.....	53
6.1.2 Instalação do separador de folhas, do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água e dos condutores .....	56
6.1.3 Instalação do filtro horizontal, do freio d'água e do sifão ladrão .....	57
6.1.4 Construção do reservatório inferior .....	57
6.1.5 Limpeza inicial do sistema .....	57
6.1.6 Manutenção do sistema .....	57
6.1.7 Especificação de materiais dos componentes do sistema.....	58
<b>6.2 Sistema de conversão fotovoltaica de energia solar.....</b>	<b>59</b>
6.2.1 Ferramentas, Instrumentos e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) .....	59
6.2.2 Instalação dos ganchos .....	59
6.2.3 Instalação dos trilhos .....	61
6.2.4 Instalação dos painéis solares .....	62
6.2.5 Visão geral do sistema.....	63
6.2.6 Instalação do inversor .....	63
6.2.7 Recomendações de segurança .....	64
6.2.8 Manutenção do sistema .....	64
6.2.9 Especificação de materiais dos componentes do sistema.....	64
<b>7 ESTIMATIVA DE CUSTO .....</b>	<b>66</b>
<b>7.1 Projeto de aproveitamento de águas pluviais .....</b>	<b>66</b>
<b>7.2 Projeto de conversão fotovoltaica de energia solar .....</b>	<b>67</b>
<b>8 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL .....</b>	<b>69</b>
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta preocupações acerca do consumo excessivo de energia elétrica e de água. Em meio a este contexto, percebe-se a importância de estabelecer uma relação entre as pessoas e os recursos ambientais, de modo a reduzir os desperdícios e conscientizar a sociedade sobre o desenvolvimento sustentável. De acordo com o Observatório de Energias Renováveis para a América Latina – ONUDI (2013), embora seja fundamental investir em meios que reparem a atual condição de consumo de energia elétrica, a maior eficiência é conseguida quando a demanda é reduzida, ou seja, a energia mais econômica e que contamina menos o meio ambiente é aquela que não é gerada. O mesmo se aplica ao consumo de água. A quantidade de água utilizada que poderia ser substituída por água não potável proveniente das chuvas é muito relevante, fato que traria maior economia, além de ser ambientalmente correto. Portanto, uma alternativa para este problema é projetar edificações eficientes e adequar as já existentes.

Entende-se por eficiência na edificação, adequar o edifício de modo que a demanda energética e a demanda de água sejam reduzidas. Exemplos que caracterizam tal conformação são a utilização de energia solar para suprir os requerimentos energéticos e o aproveitamento de águas pluviais para compor a demanda de água, especialmente a não potável, de modo que não seja necessário um tratamento mais apurado para a mesma. Portanto, esses edifícios combinam tecnologia e sustentabilidade, contribuindo para o bem estar da sociedade e para o desenvolvimento sustentável do mundo, pois, ao reduzirem tais demandas, é diminuída também a emissão de dióxido de carbono e outros agentes de poluição à atmosfera, do mesmo modo que é reduzido o uso de água tratada e potável, proveniente da concessionária local (CASA EFICIENTE, 2010).

Um sistema que torna uma edificação eficiente também gera benefícios sociais, pois através da redução do consumo de água potável e energia elétrica, é permitido que um maior número de pessoas tenha acesso às condições de conforto desejadas. Além disso, com a redução dos custos de produção, a competitividade industrial aumenta, fato que pode dinamizar a economia de um país (ONUDI, 2013).

Além dos benefícios ambientais e sociais citados, uma residência eficiente traz vantagens diretas aos moradores, como a economia com água e energia elétrica. Alguns sistemas podem trazer custo inicial mais elevado, quando comparado a sistemas implantados em residências tradicionais, porém, a médio prazo, há retorno financeiro. Este é o caso dos sistemas de conversão fotovoltaica de energia solar e de aproveitamento de águas pluviais

para usos não potáveis. Tais sistemas serão detalhados com clareza no decorrer do trabalho, a fim de serem projetados para suprir as necessidades de uma residência popular na cidade de Varginha.

Notada a importância de um sistema que contribua para o racionamento de energia elétrica e água, este trabalho apresentará, em seguida, seu objetivo geral, bem como os específicos. No capítulo 3 serão abordados os diagnósticos obtidos para promover a implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e geração de energia elétrica através de conversão fotovoltaica de energia solar. Em seguida, no capítulo 4, será apresentado o memorial descritivo e de cálculo referentes ao sistema de aproveitamento de águas pluviais e no capítulo 5 os memoriais referentes ao sistema fotovoltaico de geração de energia. Enfim, no capítulo 6, serão especificados os materiais e serviços para ambos os projetos e no capítulo 7 será apresentada uma estimativa de custo. Após todos estes itens, serão apontadas as considerações finais, que foram alcançadas no decorrer do trabalho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Propor projetos capazes de tornar a residência popular estudada eficiente, através de sistema de aproveitamento de águas pluviais e sistema de geração de energia renovável fotovoltaica.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Levantar os dados da edificação e do terreno;
- Apresentar diagnóstico para implantação dos sistemas propostos;
- Levantar dados pluviométricos e quantificar a demanda de água da residência;
- Caracterizar as utilizações não potáveis para a água da chuva;
- Descrever os componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Apresentar o dimensionamento dos componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Levantar dados solares e quantificar a demanda de energia da residência;
- Caracterizar as utilizações da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico;
- Descrever os componentes do sistema de conversão fotovoltaica de energia solar;
- Apresentar o dimensionamento dos componentes do sistema de conversão fotovoltaica de energia solar;
- Especificar os materiais e serviços para ambos os sistemas;
- Estimar o custo de implantação de ambos os sistemas;
- Analisar a viabilidade econômica e ambiental da implantação de ambos os sistemas;

### 3 DIAGNÓSTICOS

#### 3.1 Análise do local de estudo

A edificação selecionada para ser estudada e receber projetos de implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de geração de energia solar foi uma residência popular da cidade de Varginha, em Minas Gerais, localizada na Rua João Chereze, bairro Jardim Estela II, conforme mostra a Figura 01.

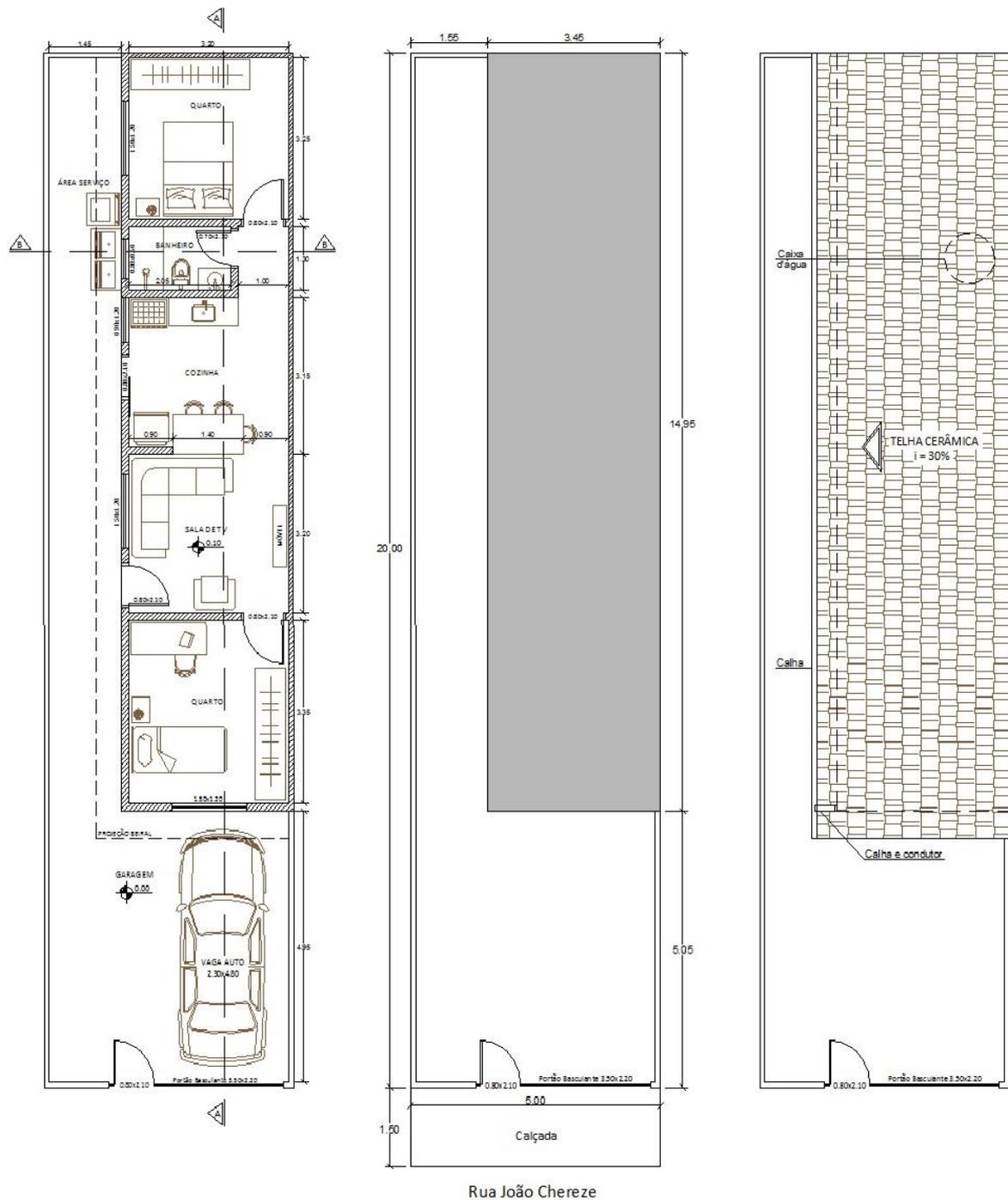
Figura 01 - Rua João Chereze e localização da residência de estudo na mesma.



Fonte: autor, 2016.

Como os moradores não possuem o projeto arquitetônico da residência foi feito um levantamento no local para que fosse possível desenvolver tal projeto, que pode ser observado na íntegra no Apêndice A. A Figura 02 apresenta a planta baixa, a implantação e a planta de cobertura da residência.

Figura 02 - Planta baixa, implantação e planta de cobertura, respectivamente.

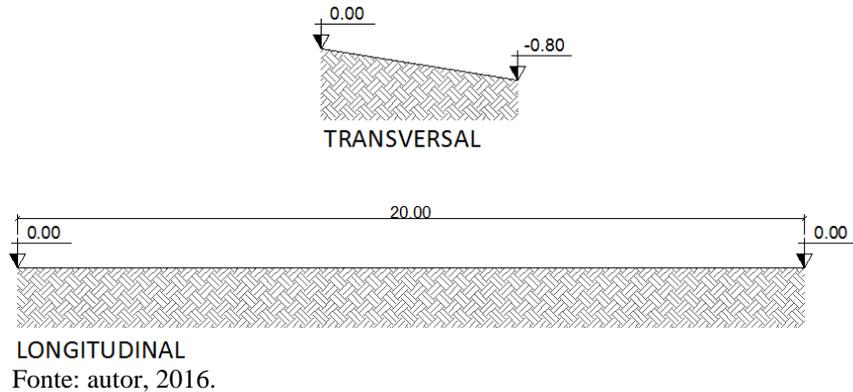


Fonte: autor, 2016.

Nota-se na Figura 02 que o terreno possui  $100\text{m}^2$  e a residência ocupa pouco mais que a metade do mesmo, totalizando uma área construída de  $51,58\text{m}^2$ . Os ambientes foram distribuídos de modo a permitir boa circulação para os moradores. A maior área livre do terreno é próxima à garagem. Ainda, é possível perceber que a cobertura é formada por telhas cerâmicas dispostas em uma única água. A caixa d'água existente no local possui capacidade de armazenamento de 310 litros e está localizada abaixo do telhado. Além disso, a calçada

possui 1,5 metros de largura e a rua apresenta declividade longitudinal, que é refletida no perfil transversal do terreno, conforme Figura 03. Porém, apesar desse desnível, a residência foi projetada em um único nível.

Figura 03 - Perfis do terreno.



Também inclusas no projeto arquitetônico da residência, na Figura 04 podem ser observadas a fachada frontal e o muro, na Figura 05 a fachada lateral e na Figura 06 os cortes. Tais figuras caracterizam ainda mais a disposição dos ambientes e a cobertura projetada para a edificação. No corte BB é possível observar a localização da caixa d'água, além da inclinação da cobertura.

Figura 04 - Fachada frontal e muro, respectivamente.

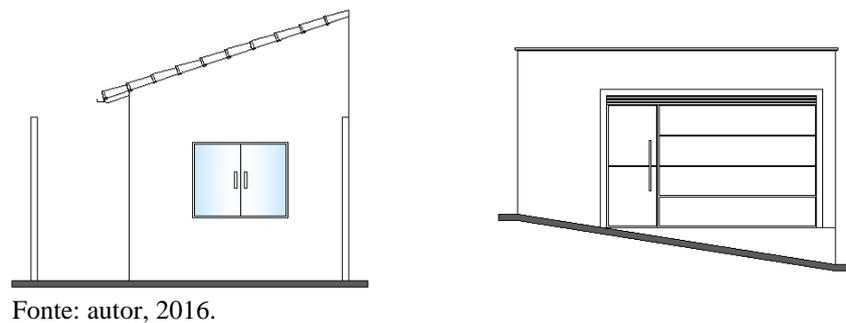


Figura 05 - Fachada lateral.

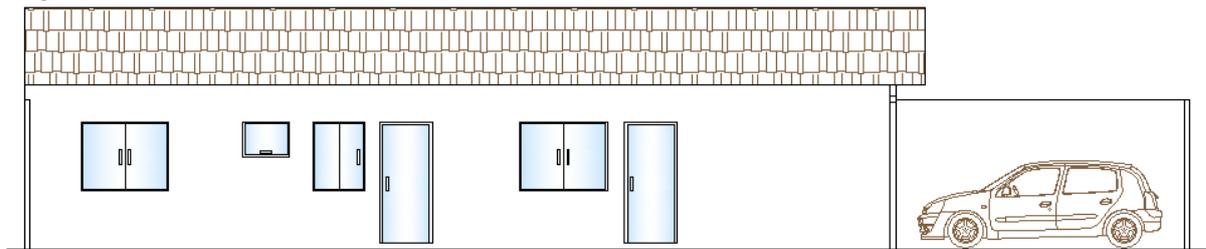
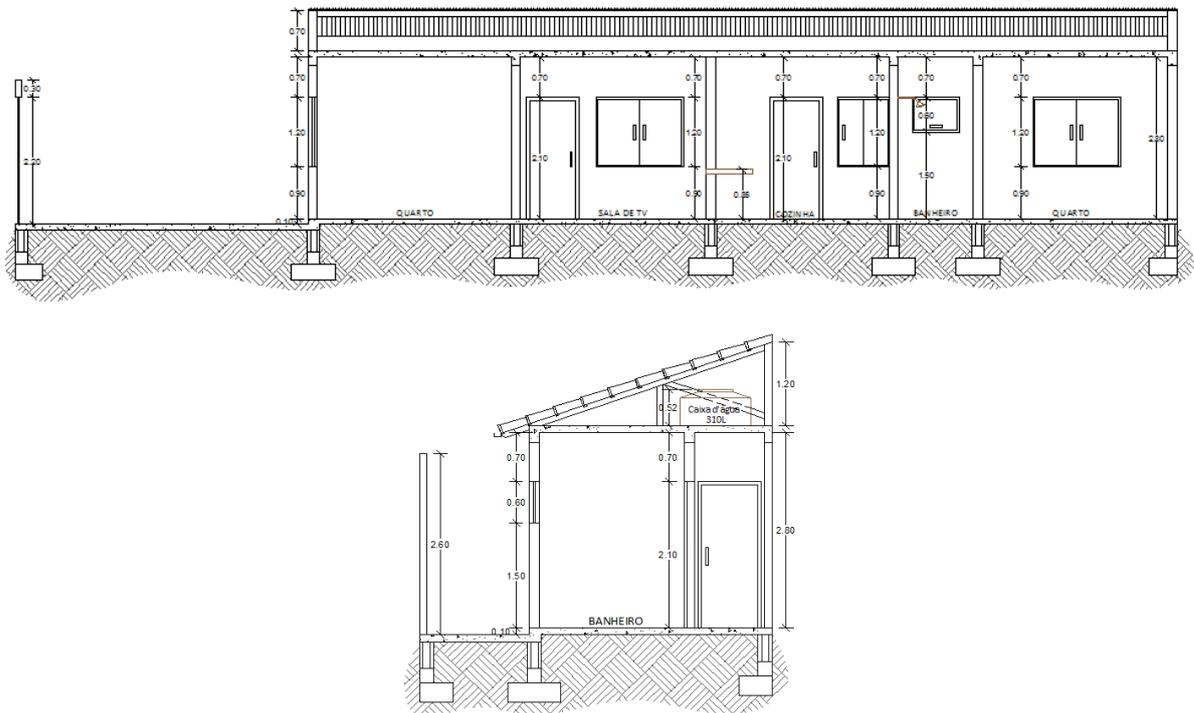


Figura 06 - Cortes AA e BB, respectivamente.



Fonte: autor, 2016.

## 3.2 Sistema de aproveitamento de águas pluviais

### 3.2.1 Demanda de água

A residência apresenta os seguintes aparelhos que podem receber água proveniente das chuvas: descarga na bacia sanitária e torneira externa destinada à lavagem do piso e do carro. O volume de água consumido em cada uma dessas atividades e o volume total para usos não potáveis será analisado posteriormente, com base na tabela de estimativa de demanda de água, segundo Tomaz (2005).

### 3.2.2 Intensidade pluviométrica

Através do software Plúvio foram obtidos dados relativos à cidade de Varginha, quanto à precipitação do local. O software gera parâmetros para serem inseridos na equação da intensidade de chuva. São eles:

- $K = 5987,104$
- $a = 0,218$

- $b = 32,694$
- $c = 1,087$

Utilizando tempo de retorno ( $Tr$ ) igual a 5 anos, duração da precipitação ( $t$ ) igual a 5 minutos e os valores gerados pelo Plúvio na equação da intensidade média de chuva indicada pela ABNT (NBR 10844:1989), obtêm-se:

$$Im = \frac{K \times Tr^a}{(t + b)^c} = \frac{5987,104 \times 5^{0,218}}{(5 + 32,694)^{1,087}} = 164,51 \text{ mm/h}$$

### 3.2.3 Precipitação

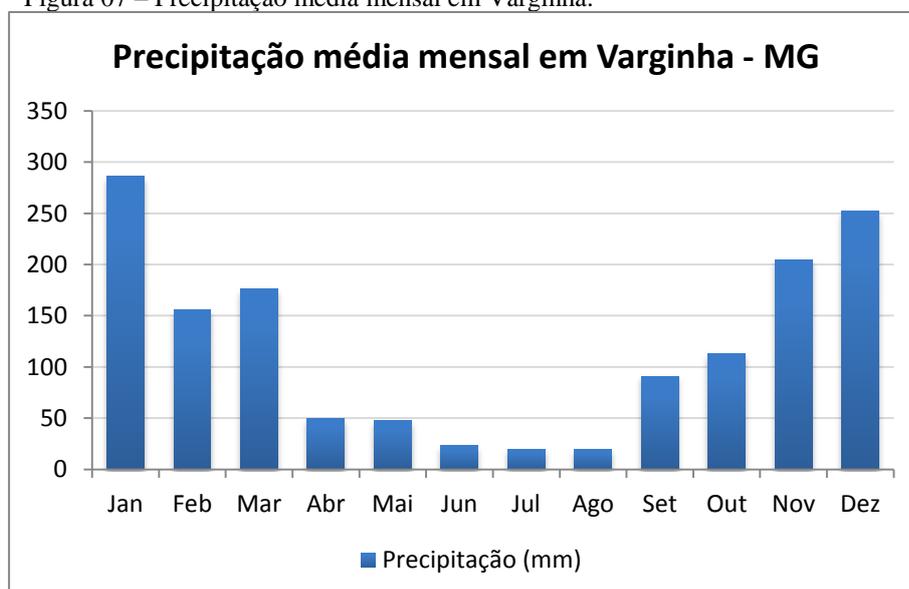
Considerando que a precipitação varia de acordo com as estações e os meses do ano, foram recolhidos dados da Fundação ProCafé (2007), que apresentam a precipitação média em Varginha para uma série histórica de 1974 a 2007. Tais informações estão apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 – Precipitação média mensal em Varginha.

Série Histórica	Precipitação (mm)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1974 a 2007	286,3	156,3	176,3	50	47,5	23,75	20	20	91	113	205	252,5

Fonte: ProCafé, 2007.

Figura 07 – Precipitação média mensal em Varginha.



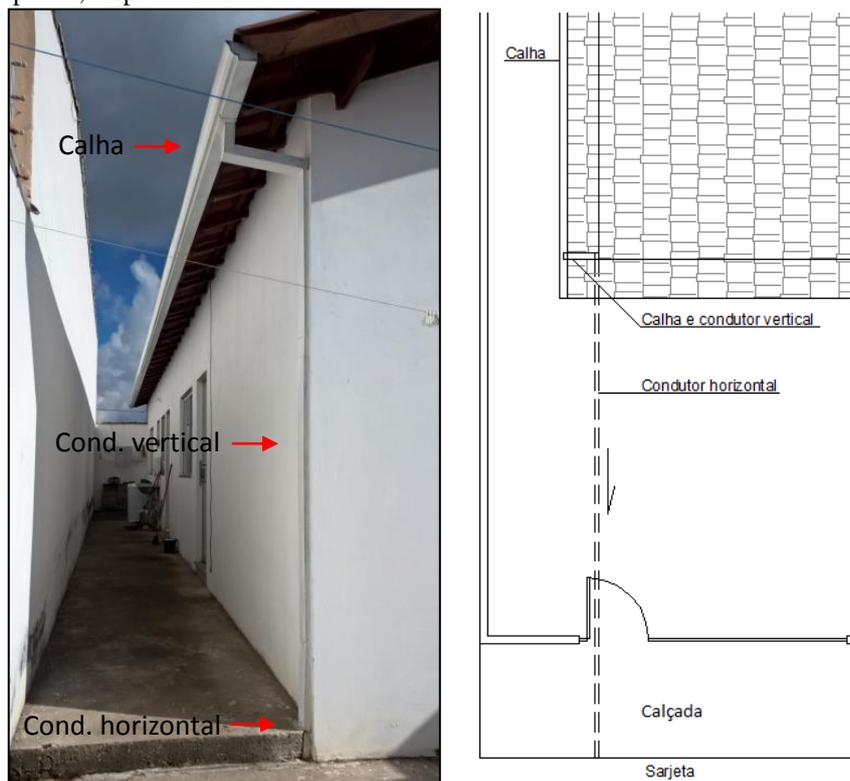
Fonte: autor, 2016.

A Figura 07 apresenta um gráfico que contém a variação dos valores médios de chuva obtidos na Tabela 01. Nota-se que os meses com mais chuvas são dezembro e janeiro. Já os meses junho, julho e agosto apresentam precipitação mais baixa.

### 3.2.4 Condições existentes no sistema de drenagem pluvial da residência

A residência conta com uma calha no beiral do telhado com inclinação igual a 0,5%, além de um condutor vertical, conforme apresenta a Figura 08. Além disso, pode-se observar que há também um condutor horizontal, que transporta a água pluvial diretamente para a sarjeta.

Figura 08 – Calha, condutor vertical e condutor horizontal, no local e em planta, respectivamente.



Fonte: autor, 2016.

## 3.3 Sistema de conversão fotovoltaica de energia solar

### 3.3.1 Demanda de energia elétrica

Todo equipamento elétrico usado no dia-a-dia em uma residência pode ser alimentado por energia solar convertida em energia elétrica. Será realizado um estudo considerando que

todos os aparelhos e equipamentos elétricos da edificação serão alimentados por essa energia. Para obter a demanda média da residência será necessário avaliar os últimos consumos mensais do local, através das contas de energia.

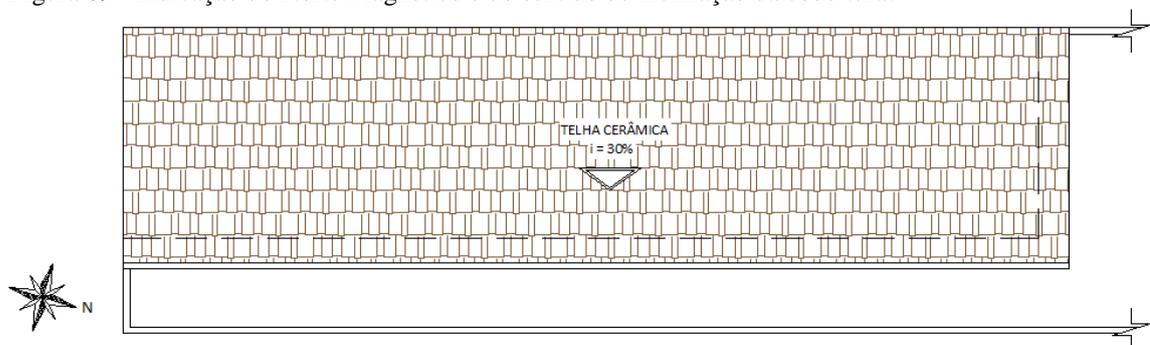
### 3.3.2 Condições existentes para implantação do sistema de conversão fotovoltaica de energia solar

A residência não foi projetada para receber um sistema de geração de energia solar, então é necessário avaliar todas as condições do local para conhecer as possibilidades de implantação e avaliar a viabilidade técnica.

Como as placas solares são os itens que precisam de mais espaço para ser implantados é necessário analisar se há condições de local-los sobre a cobertura. Como a área de telhado é relativamente grande, é possível concluir que este não será um empecilho para a implantação do sistema (PORTAL SOLAR, 2016).

A Figura 09 apresenta a indicação do Norte Magnético e o sentido de inclinação da cobertura da residência. Tais informações auxiliam na escolha da localização das placas solares. Como o ideal é que os painéis estejam voltados para o Norte e a cobertura da residência não é voltada para este, será necessário incluir estruturas de suporte para as placas solares. Com o uso de tais aparelhos as placas ficarão dispostas da maneira mais adequada em termos de eficiência na geração de energia. Além disso, como a latitude da cidade de Varginha é aproximadamente  $21^\circ$  este será o ângulo que os suportes darão às placas, outro fator que auxiliará no aproveitamento da energia proveniente do sol (PORTAL SOLAR, 2016).

Figura 09 - Indicação do Norte Magnético e do sentido de inclinação da cobertura.



Fonte: autor, 2016.

## **4 PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

### **4.1 Identificação do local e dados do projeto**

O memorial descritivo e o memorial de cálculo, relativos ao projeto de aproveitamento de águas pluviais, referem-se à edificação abaixo descrita.

- Endereço: Rua João Chereze, nº 261, Jardim Estrela II.
- Cidade/Estado: Varginha, Minas Gerais.
- Tipo: residencial unifamiliar.
- Habitantes: 3 (três).
- Área do terreno: 100,00m<sup>2</sup>.
- Área construída: 51,58m<sup>2</sup>.
- Número de pavimentos: 1 (um).
- Características da edificação:
  - Estrutura: alvenaria e concreto armado.
  - Cobertura: telha cerâmica.
  - Piso: cimentado (externo) e cerâmico (interno).
  - Garagem: a céu aberto.

→ Observação: o projeto completo encontra-se disponível do Apêndice B.

### **4.2 Normas aplicáveis**

Os memoriais baseiam-se nas seguintes Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 5626/1998: Instalação predial de água fria.
- NBR 10844/1989: Instalações prediais de águas pluviais.
- NBR 15527/2007: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.
- NBR 12214/1992: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.

### 4.3 Memorial Descritivo

#### 4.3.1 Objetivo

O objetivo do Memorial Descritivo é descrever as especificações e os parâmetros que devem ser levados em consideração na execução do projeto de aproveitamento de águas pluviais para a residência unifamiliar localizada no Jardim Estrela II, na cidade de Varginha (MG), a fim de que o projeto seja aplicado garantindo os níveis de conforto, funcionalidade, higiene, segurança, durabilidade e economia necessários à edificação.

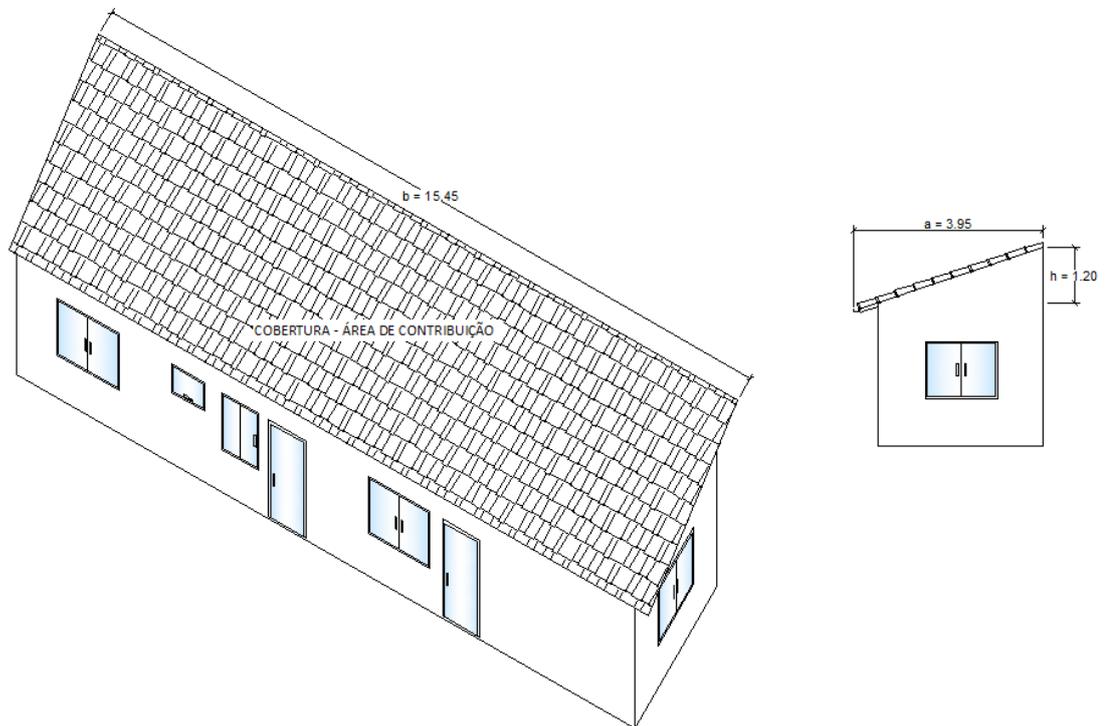
#### 4.3.2 Demanda de água não potável

Os aparelhos da residência que receberão água proveniente das chuvas (não potável) serão a descarga da bacia sanitária e a torneira externa, destinada à lavagem do piso externo e de automóveis. Tal demanda será fundamentada em parâmetros embasados em estimativas de demanda de água, segundo Tomaz (2005).

#### 4.3.3 Área de contribuição

De acordo com a ABNT (NBR 10844:1989) a área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que conduzem águas de chuva para determinado ponto de instalação. A área de contribuição da residência é representada pela cobertura em telhas cerâmicas apresentada na Figura 10, em perspectiva e vista frontal. Notam-se os dados a, b e h, que serão utilizados para o dimensionamento do projeto.

Figura 10 - Perspectiva e vista frontal da residência, com dados da área de contribuição.

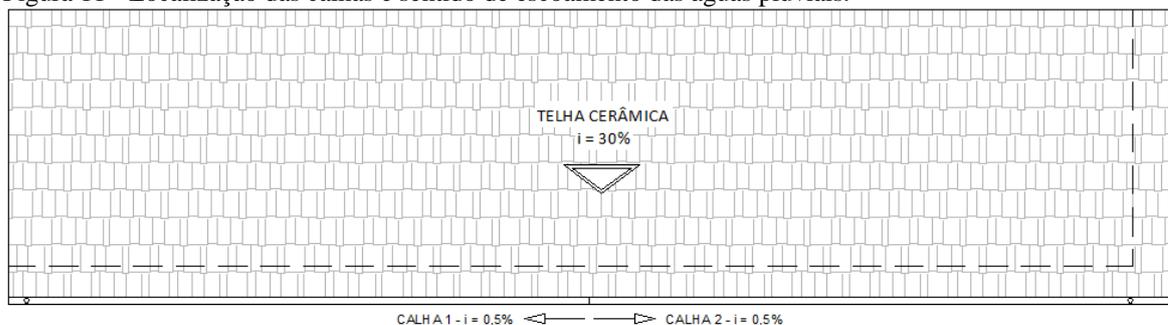


Fonte: autor, 2016.

#### 4.3.4 Calhas

As águas pluviais que precipitam na cobertura da residência serão coletadas e transportadas até os condutores verticais por duas calhas retangulares, de aço galvanizado, fixadas sobre a extremidade da cobertura (beiral) com inclinação uniforme igual a 0,5%, conforme indicações da ABNT (NBR 10844:1989) e definições de projeto. A Figura 11 apresenta a localização das calhas em relação à cobertura da residência, bem como o sentido de escoamento das águas pluviais.

Figura 11 - Localização das calhas e sentido de escoamento das águas pluviais.



Fonte: autor, 2016.

#### 4.3.5 Separador de folhas

Serão utilizados separadores de folhas de PVC com tela metálica, conforme recomendações de Tomaz (2005), para realizar uma filtração grosseira da água, impedindo que materiais em suspensão, como folhas e galhos, obstruam os condutores. Serão fixados separadores nos locais onde as calhas transferem a água pluvial para os condutores verticais, da maneira que apresenta a Figura 12.

Figura 12 - Separador de folhas e fixação do mesmo antes do condutor vertical.

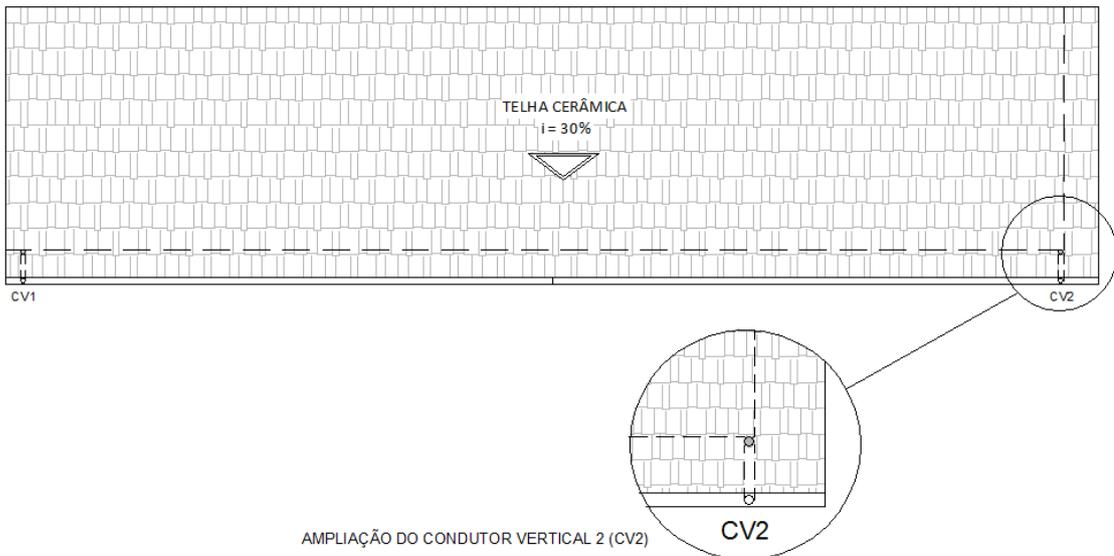


Fonte: EDIFICANT, 2016.

#### 4.3.6 Condutores verticais

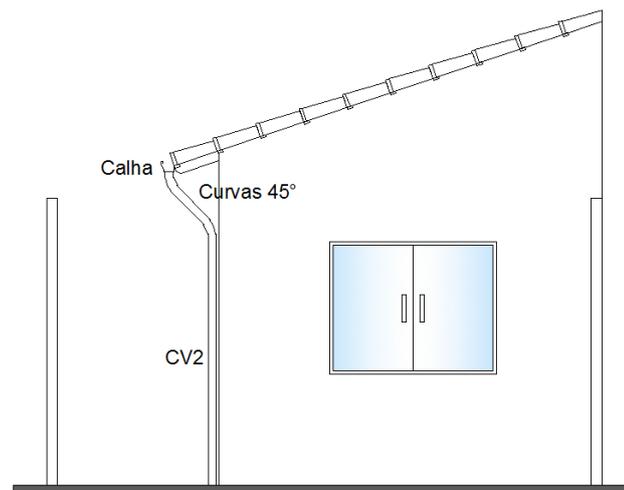
Serão projetados dois condutores verticais, locados na Figura 13, de PVC em uma única prumada, conforme indicações da ABNT (NBR 10844:1989), sendo a seção dos mesmos em formato circular. Quando for necessário desviá-los serão utilizadas curvas de 45°, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 13 - Localização dos condutores verticais (CV) na cobertura da residência.



Fonte: autor, 2016.

Figura 14 - Localização do condutor vertical 2 e das curvas a 45°.

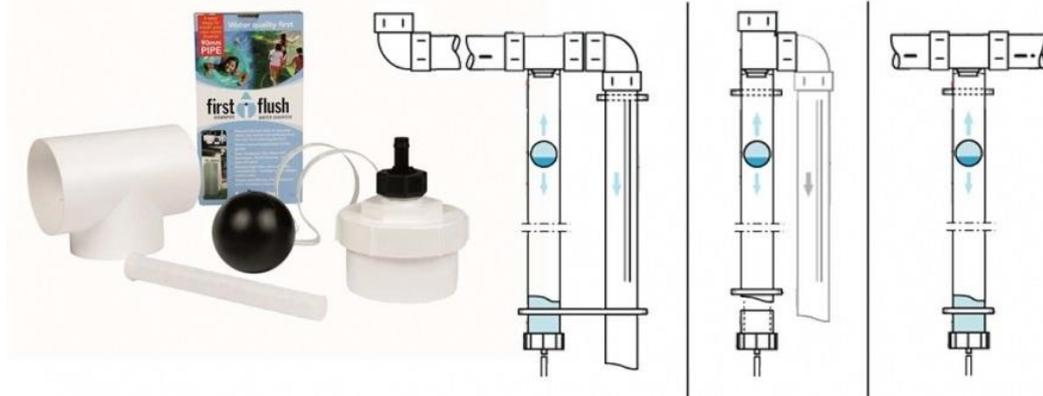


Fonte: autor, 2016.

#### 4.3.7 Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água

Como os primeiros milímetros de chuva contêm muita sujeira dos telhados, como poeira e fuligem, além da concentração de poluentes tóxicos dispersos na atmosfera, como óxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, a ABNT (NBR 15527:2007) recomenda que haja um descarte da precipitação inicial. Para cumprir tal procedimento será utilizado um separador de águas de chuva automático em cada condutor vertical. O dispositivo será instalado da primeira maneira ilustrada na Figura 15.

Figura 15 - Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água - Maneiras de instalação.



Fonte: TANK MASTER, 2016.

#### 4.3.8 Condutores horizontais

A ligação entre os condutores verticais e os horizontais será feita com curva de raio longo. Os condutores horizontais serão de PVC com seção circular e inclinação uniforme igual a 1,0%, conforme indicações da ABNT (NBR 10844:1989) e definições de projeto.

#### 4.3.9 Filtração

A filtração será feita com o uso de um filtro horizontal que, conforme indicações do fabricante, atende telhados com área coletora de até 100m<sup>2</sup>. Este será instalado no interior do reservatório inferior, conforme apresenta a Figura 16. É um sistema considerado autolimpante, pois a frequência de inspeção do mesmo varia apenas de 2 a 4 vezes ao ano (ECOCASA, 2016).

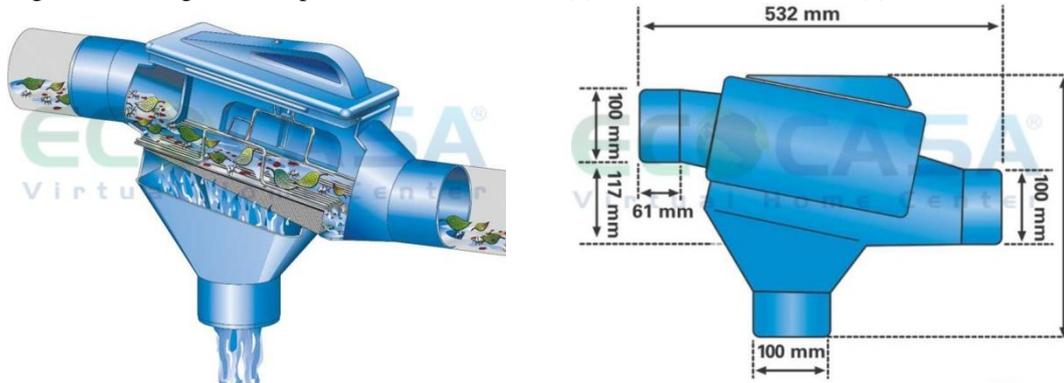
Figura 16 - Localização do filtro no reservatório inferior.



Fonte: ECOCASA, 2016.

O filtro horizontal é composto por dois estágios de limpeza, que podem ser observados na Figura 17 (a). O primeiro é composto por um separador de folhas, que garante com que elas escoem diretamente para a galeria pluvial. O segundo é formado por uma malha de metal para remover as partículas menores (ECOCASA, 2016). A água filtrada será canalizada para o reservatório e a água excedente será direcionada para a galeria pluvial. A Figura 17 (b) apresenta as dimensões do filtro.

Figura 17 - Estágios de limpeza do filtro horizontal (a) e dimensões do mesmo (b).



Fonte: ECOCASA, 2016.

#### 4.3.10 Desinfecção

É necessário que a água passe pelo processo de desinfecção se for utilizada em atividades que envolvam contato humano, de modo que alguns parasitas sejam removidos Tomaz (2005).

A desinfecção será realizada no próprio reservatório inferior com o uso de cloradores flutuantes (Figura 18) e pastilhas de cloro de dissolução lenta. O tempo de contato do cloro com a água será de no mínimo 30 minutos. A dosagem será de 2 partes por milhão (ppm), mantendo 0,5ml de cloro por litro de água (CMB AQUA, 2016).

Figura 18 - Clorador flutuante.



Fonte: CMB AQUA, 2016.

#### 4.3.11 Reservatórios

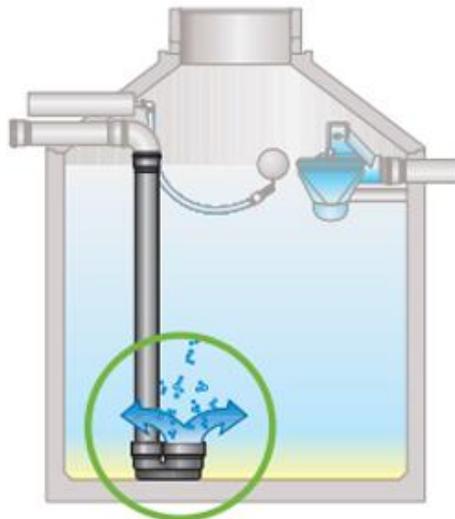
O reservatório inferior de armazenamento de água será construído em alvenaria de blocos de concreto, material que garantirá a qualidade da água armazenada por longos períodos de tempo. Será localizado no corredor lateral externo da residência, próximo à área da garagem e da entrada social. Será enterrado devido ao espaço disponível reduzido e de modo a minimizar a entrada de luz, impedindo a proliferação de algas Tomaz (2005). O reservatório deverá garantir pouca variação da temperatura interna, além de impermeabilidade e resistência a vazamentos.

O reservatório superior para água não potável proveniente da chuva será adquirido pré-fabricado em polietileno e será alocado sobre a laje da residência, próximo ao reservatório de água potável existente.

#### 4.3.12 Freio d'água

O freio d'água será instalado no fundo do reservatório inferior (Figura 19) e impedirá que a entrada de água no reservatório inferior seja brusca, suspendendo as partículas finas decantadas no fundo. Assim, mantém a água da superfície limpa (ECOCASA, 2016).

Figura 19 – Localização do freio d'água no reservatório inferior.

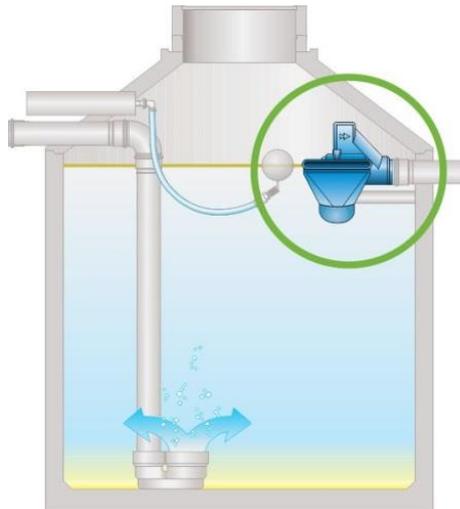


Fonte: ECOCASA, 2016.

#### 4.3.13 Sifão ladrão

Na saída do reservatório inferior será instalado um sifão ladrão, também denominado extravasor, para impedir que a água transborde e que pequenos animais entrem no interior do reservatório (ECOCASA, 2016). A Figura 20 apresenta a localização do sifão ladrão, que irá transportar a água eventualmente excedente para a galeria de águas pluviais.

Figura 20 – Localização do sifão ladrão no reservatório inferior.



Fonte: Eco Casa, 2016.

#### 4.3.14 Sistema de Bombeamento

Para compor o sistema de bombeamento será utilizada uma bomba submersível silenciosa, leve e com alto rendimento no recalque de água. Não será necessária a construção de uma casa de máquina, visto que a bomba será instalada diretamente no reservatório. A potência e a voltagem da bomba serão definidas conforme necessidades de projeto.

#### 4.3.15 Tubulação de água fria

A tubulação de água fria irá conduzir a água do reservatório superior de água não potável proveniente das chuvas para a descarga da bacia sanitária e para a torneira externa. Esta será em PVC com seção circular.

## 4.4 Memorial e Planilhas de Cálculo

### 4.4.1 Objetivo

O objetivo do Memorial de Cálculo é apresentar os cálculos e planilhas referentes ao dimensionamento do projeto de aproveitamento de águas pluviais para a residência unifamiliar localizada no Jardim Estrela II, na cidade de Varginha (MG).

### 4.4.2 Demanda de água não potável

Considerando que a descarga e a torneira externa receberão água proveniente das chuvas, a demanda de água não potável da residência está apresentada na Tabela 02, totalizando 3,93m<sup>3</sup> de água por mês. Os parâmetros utilizados foram embasados em estimativas de demanda de água, segundo Tomaz (2005).

Tabela 02 - Demanda de água para consumo não potável.

<b>Demanda de água para descarga</b>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Descarga/pessoa/dia	4,00
Número de moradores	3,00
Volume por descarga (L)	9,00
Volume de água por mês (L)	3240,00
Volume de água por mês (m <sup>3</sup> )	3,24
<b>Demanda de água para lavar piso externo (torneira)</b>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Litros de água/m <sup>2</sup> de piso	3,00
Área do piso externo (m <sup>2</sup> )	45,29
Volume de água por lavagem (L)	135,87
Lavagens do piso externo/mês	4,00
Volume de água por mês (m <sup>3</sup> )	0,54
<b>Demanda de água para lavar carro (torneira)</b>	
<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Litros de água/lavagem/carro	150,00
Número de carros	1,00
Lavagem de carro/mês	1,00
Volume de água por mês (L)	150,00
Volume de água por mês (m <sup>3</sup> )	0,15
<b>Volume total de água por mês (m<sup>3</sup>)</b>	<b>3,93</b>
<b>Volume total de água por dia (m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,13</b>

Fonte: autor, 2016.

#### 4.4.3 Área de contribuição

Para calcular a área de contribuição da residência os parâmetros a, b e h apresentados na Figura 10 foram aplicados no cálculo da área de contribuição (A), conforme a ABNT (NBR 10844:1989), devido à necessidade de considerar os incrementos devido à inclinação do telhado, resultando em um valor igual a 70,30m<sup>2</sup>, conforme equação abaixo.

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b = \left( 3,95 + \frac{1,20}{2} \right) \times 15,45 = 70,30m^2$$

Como o projeto é composto por duas calhas, a área de contribuição para cada uma delas será igual a 35,15m<sup>2</sup>, visto que a cobertura é simétrica e cada calha coletará a água de exatamente metade da mesma.

#### 4.4.4 Vazão de Chuva

A intensidade pluviométrica para a cidade de Varginha (MG) obtida com base na ABNT (NBR 10844:1989) e através parâmetros gerados pelo software Plúvio é igual a 164,51mm/h. Utilizando este dado, além da área de contribuição apresentada acima, a vazão de chuva (Qp) que escoará para cada uma das calhas é igual a 96,37 litros/minuto, conforme demonstra a equação abaixo.

$$Qp = c \times I \times A = \frac{1 \times 164,51 \times 35,15}{60} = 96,37 \frac{L}{min}$$

#### 4.4.5 Dimensionamento das calhas

Considerando a inclinação das calhas igual a 0,5%, a altura (A) de ambas foi calculada da seguinte maneira, conforme prescrições da ABNT (NBR 10844:1989).

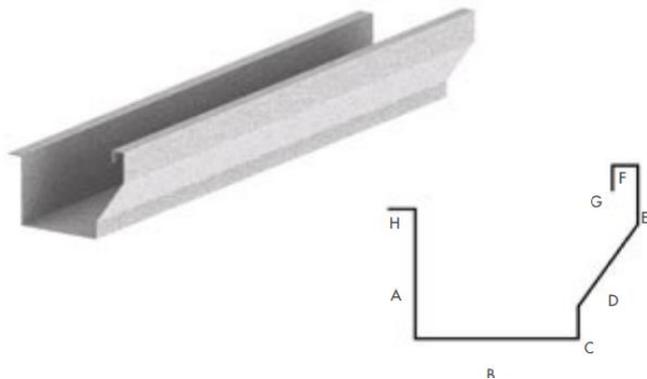
$$A = \left( \frac{Qp}{75.614,37 \times i^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$A = \left( \frac{96,37/1000/60}{75.614,37 \times 0,005^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,0036m$$

Como o valor encontrado é muito pequeno, será adotada uma altura comercial para calhas do tipo Americana II. A altura adotada será 7,5cm, logo, a calha possuirá as características presentes na terceira coluna da tabela da Figura 21. Na mesma figura nota-se, ainda, o formato da calha.

Figura 21 - Calha Tipo Americana - Detalhes e dimensões.

Calha Americana Tipo II Ref. CKR - 952			
	250	280	330
A	55	65	75
B	70	75	95
C	20	20	20
D	55	65	80
E	20	25	30
F	10	10	10
G	10	10	10
H	10	10	10



Fonte: CATÁLOGO CALHAS KENNEDY, 2016.

#### 4.4.6 Dimensionamento dos condutores verticais

Sendo a vazão igual a 96,37 L/min e considerando que a taxa de ocupação ( $T_o$ ) do condutor vertical seja igual a 30%, tem-se para a residência o seguinte diâmetro para os condutores verticais.

$$Q_p = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3}$$

$$96,37 = 0,019 \times 0,30^{5/3} \times D^{8/3}$$

$$D = 52,03mm$$

De acordo com a ABNT (NBR 10844:1989) o menor diâmetro que pode ser aplicado nos condutores verticais é de 75 mm, portanto tal valor será adotado no projeto, visto que o diâmetro calculado é inferior a este.

#### 4.4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular foi utilizada a Tabela 03 presente na ABNT (NBR 10844:1989), que apresenta vazões para diferentes inclinações e materiais. Sendo a vazão igual a 96,37L/min, a inclinação do condutor igual a 1,0% e o material o PVC, com coeficiente de rugosidade (n) igual a 0,011, o diâmetro encontrado na tabela é 75mm.

Tabela 03 - Vazão de condutores horizontais de seção circular (L/min).

Diâmetro interno (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%	0,5%	1,0%	2,0%	4,0%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
<b>75</b>	95	<b>133</b>	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: ABNT, 1989.

#### 4.4.8 Dimensionamento dos reservatórios

O reservatório inferior foi calculado pelo Método de Rippl, indicado na ABNT (NBR 10844:1989). Considerando a área de contribuição igual a 70,30m<sup>2</sup>, a demanda de água não potável igual a 3,93m<sup>3</sup>/mês e a precipitação média mensal apresentada na Tabela 04, é possível obter o volume mensal (Vm) de chuva por meio da equação a seguir.

$$Vm = \text{Precipitação} \times \text{Área de contribuição}$$

Finalmente, o volume do reservatório (Vr) é obtido através do uso da fórmula:

$$Vr = \text{Volume de chuva} - \text{Demanda não potável}$$

A Tabela 04 apresenta os resultados mensais obtidos no cálculo do volume de chuva e do volume do reservatório com base nas referidas formulações.

Tabela 04 – Volume de chuva e volume do reservatório inferior.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Precipit. média (mm)</b>	286,3	156,3	176,3	50,0	47,5	23,8	20,0	20,0	91,0	113,0	205,0	252,5
<b>Vol. chuva (m<sup>3</sup>)</b>	20,12	10,98	12,39	3,52	3,34	1,67	1,41	1,41	6,40	7,94	14,41	17,75
<b>Vol. do reservat. (m<sup>3</sup>)</b>	16,19	7,05	8,46	-0,42	-0,59	-2,26	-2,52	-2,52	2,47	4,01	10,48	13,82

Fonte: ABNT, 1989.

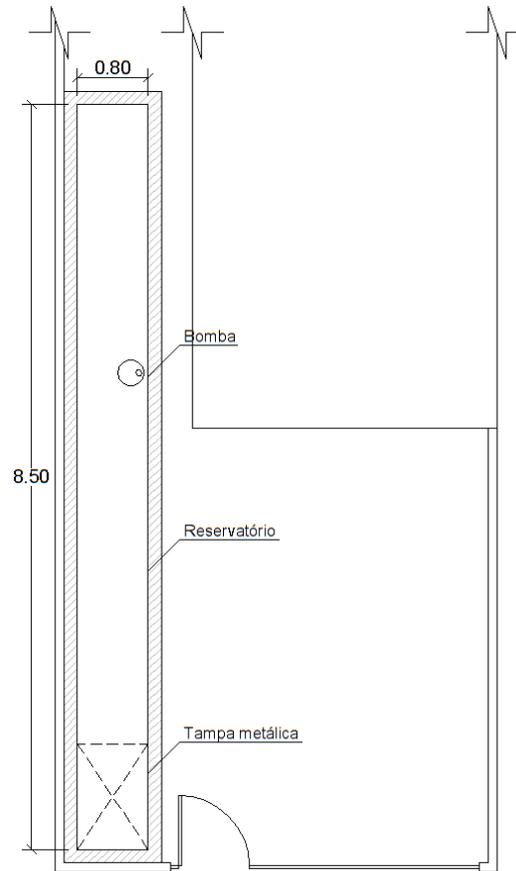
De acordo com as considerações descritas pelo Método de Rippl na ABNT (NBR 10844:1989), os volumes mensais negativos obtidos devem ser somados, totalizando no volume necessário para o reservatório inferior, que neste caso deve ser no mínimo 8,31m<sup>3</sup>. Para suprir tal necessidade será projetado um reservatório de alvenaria com as seguintes dimensões: 0,80x8,50x1,38m (largura x comprimento x altura). Considerando uma altura máxima de água igual a 1,25m, tem-se o volume de água igual a 8.500 litros.

De acordo com os dados expostos na Tabela 02, o consumo de água não potável proveniente da chuva por dia é igual a 130L/dia. Portanto, o reservatório superior deverá possuir 310 litros de capacidade, abastecendo a residência em pouco mais de dois dias.

#### 4.4.9 Dimensionamento do sistema elevatório

A instalação do sistema elevatório permitirá, de acordo com a ABNT (NBR 5626:1998), que a água seja bombeada do reservatório inferior para o superior. O reservatório inferior e a bomba serão locados conforme a Figura 22.

Figura 22 – Localização do reservatório inferior e da bomba.



Fonte: autor, 2016.

A vazão ( $Q$ ) de demanda ou de projeto que será bombeada está relacionada com a demanda de água de chuva que será consumida na residência, exposta da Tabela 02 e apresentada abaixo.

$$Q_{\text{demanda}} = Q_{\text{projeto}} = 0,131 \text{ m}^3/\text{dia} = 1,516 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

O diâmetro de recalque será obtido através da fórmula de Bresse, indicada pela ABNT (NBR 12214:1992) e apresentada abaixo, sendo o valor de  $k$  (coeficiente variável, função dos custos de investimento e de operação) adotado igual a 1,1.

$$\begin{aligned} \phi_{\text{rec}} &= k \sqrt{Q} \\ \phi_{\text{rec}} &= 1,1 \sqrt{1,516 \times 10^{-6}} = 0,00135 \text{ m} = 1,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Como o diâmetro obtido é muito pequeno, será adotado o diâmetro de 20mm para a tubulação em questão.

As peças utilizadas, bem como o comprimento da tubulação, provocarão perda de carga no sistema. A Tabela 05 apresenta as peças e o comprimento equivalente às perdas de carga localizadas (hf) gerada por elas, em função do diâmetro da tubulação.

Tabela 05 – Indicação das peças e da perda de carga (hf).

Quantidade	Peça	Diâmetro (mm)	hf por peça (m)	hf total (m)
4	Cotovelos de 90° raio médio	20	0,6	2,4
1	Registro de gaveta	20	0,1	0,1
<b>Perda de carga total</b>				<b>2,5</b>

Fonte: autor, 2016.

O comprimento da tubulação é 15,60m, que totaliza em um comprimento (L total) igual a 18,10m, quando acrescido do valor obtido na perda de carga (2,50m).

A equação abaixo determina a perda de carga total do recalque (hfr), em função do comprimento total obtido (peças e comprimento linear de tubo). A constante C varia em função do material da tubulação. Sendo este o PVC, será usado o valor igual a 150.

$$hfr = \frac{10,641}{C^{1,85}} \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \text{ total}$$

$$hfr = \frac{10,641}{150^{1,85}} \frac{(1,516 \times 10^{-6})^{1,85}}{0,02^{4,87}} \times 18,10 = 5,85 \times 10^{-5} \text{ m}$$

A partir do resultado obtido na equação anterior nota-se que a perda de carga é desprezível para o dimensionamento do projeto em questão.

Para estimar a potência da bomba serão utilizados os seguintes dados:

- rendimento da bomba (n) = 80%;
- rendimento do motor (n<sub>m</sub>) = 87%;
- altura geométrica = 4,10m.

Através da equação abaixo, indicada pela ABNT (NBR 12214:1992), obtém-se a potência estimada, que deve ser acrescida de 20% de seu próprio valor, em função da segurança do sistema.

$$P (W) = \frac{10^3 \cdot Q \cdot H}{75 \cdot n \cdot n_m} = \frac{10^3 \cdot (1,516 \times 10^{-6}) \cdot 4,10}{75 \cdot 0,80 \cdot 0,87} = 1,20 \times 10^{-4} \text{ cv}$$

$$1,20 \times 10^{-4} \text{ cv} + 20\% = 1,43 \times 10^{-4} \text{ cv}$$

De acordo com as características obtidas e visto que a potência estimada é muito baixa, a bomba submersível que será aplicada é a bomba Karcher, apresentada na Figura 23, que possui potência igual a 0,5cv.

Figura 23 – Bomba.



Fonte: KARCHER, 2016.

#### 4.4.10 Dimensionamento da tubulação de água fria

A tubulação de água fria para abastecer, com água proveniente das chuvas, a descarga da bacia sanitária e a torneira externa foi dimensionada de acordo com as prescrições da ABNT (NBR 5626:1998).

O diâmetro dos sub-ramais foi obtido em função do aparelho que os mesmos irão abastecer, por meio da Tabela 06, disponível na ABNT (NBR 5626:1998).

Tabela 06 - Dimensionamento dos sub-ramais.

Ponto de utilização	Diâmetro nominal (mm)
Aquecedor de alta pressão	15
Aquecedor de baixa pressão	20
Banheira	15
Bebedouro	15
Bidê	15
Caixa de descarga	15
Filtro de pressão	15
Lavatório	15
Máquina de lavar roupa ou prato	20
Mictório auto aspirante	25
Mictório não aspirante	15
Pia de cozinha	15
Tanque de despejo ou de lavar roupa	20
Válvula de descarga	32

Fonte: ABNT, 1998.

As Tabelas 07 e 08 apresentam o dimensionamento do sub-ramal do banheiro e da área externa, respectivamente.

Tabela 07 - Dimensionamento do sub-ramal do banheiro.

<b>Sub-ramal Banheiro</b>			
<b>Aparelho</b>	<b>Peso</b>	<b>Vazão (l/s)</b>	<b>Ø (mm)</b>
Bacia sanitária	0,3	0,15	15

Fonte: autor, 2016.

Tabela 08 - Dimensionamento do sub-ramal da área externa.

<b>Sub-ramal Área externa</b>			
<b>Aparelho</b>	<b>Peso</b>	<b>Vazão (l/s)</b>	<b>Ø (mm)</b>
Torneira	0,3	0,15	15

Fonte: autor, 2016.

O diâmetro das colunas foi calculado pelo Método do Máximo Provável (MMP), indicado pela ABNT (NBR 5626:1998). Por meio da seguinte fórmula foram obtidas as vazões (Q):

$$Q = 0,3x\sqrt{\sum P}, \text{ onde:}$$

$\sum P$  = somatório de pesos das peças.

Conhecidas as vazões é possível obter o diâmetro das colunas por meio da Tabela 09, disponível na ABNT (NBR 5626:1998).

Tabela 09 - Dimensionamento dos sub-ramais.

<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Vazão limite (l/s)</b>
15	0,2
20	0,55
25	1,1
30	2
40	3
50	5,9
60	8,5
75	13,26
100	23,55
125	36,78

Fonte: ABNT, 1998.

Além disso, é necessário verificar a perda de carga unitária máxima ( $J_{\text{máx}}$ ) que, segundo a ABNT (NBR 5626:1998), não deve ser maior que 8% (0,08m/m), por meio da fórmula que segue.

$$J = 0,000865 \times \frac{\left(\frac{0,27}{1000}\right)^{1,75}}{D^{4,75}}$$

As Tabelas 10 e 11 apresentam os dimensionamentos das colunas, sendo AF1 a coluna que abastece o banheiro e AF2 a coluna que abastece a torneira externa. Nas referidas tabelas também está contida a verificação da perda de carga unitária máxima.

Tabela 10 - Dimensionamento da coluna AF1.

Dimensionamento AF1						
Trecho	Aparelhos	Peso	Vazão (MMP) (l/s)	Método do máximo provável		
				Ø (mm)	J (m/m)	Perda < 8%
Sub-ramal	Bacia sanitária	0,30	0,16	15	0,02	Ok
Coluna (AF1)	Bacia sanitária	0,30	0,16	20		

Fonte: autor, 2016.

Tabela 11 - Dimensionamento da coluna AF2.

Dimensionamento AF2						
Trecho	Aparelhos	Peso	Vazão (MMP) (l/s)	Método do máximo provável		
				Ø (mm)	J (m/m)	Perda < 8%
Sub-ramal	Torneira	0,30	0,16	15	0,02	Ok
Coluna (AF2)	Torneira	0,30	0,16	20		

Fonte: autor, 2016.

A Tabela 12 apresenta o peso das peças e a vazão de cada um dos barriletes. Além disso, ainda contém o diâmetro de cada um deles, que também foi dimensionado de modo que a perda de carga unitária não fosse maior que 8% (0,08m/m), respeitando a NBR 5626 (ABNT, 1998).

Tabela 12 - Dimensionamento da coluna AF2.

Barriletes						
Ambiente	Peso	Barrilete	AF	Vazão (l/s)	Ø (mm)	J (m/m)
Banheiro	0,3	1.1	1	0,16	20	0,02
Externo	0,3	1.2	2	0,16	20	0,02

Fonte: autor, 2016.

Por fim, é necessário verificar as pressões disponíveis. Para isso é preciso obter os valores referentes às velocidades ( $v$ ) em cada um dos trechos de tubulação, por meio da seguinte equação, presente na ABNT (NBR 5626:1998).

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi * \frac{D^2}{4}}$$

Conhecidas as velocidades é preciso obter os comprimentos de tubo reais e os comprimentos equivalentes às perdas localizadas, que dependem das peças e dos diâmetros das mesmas. A Tabela 13 apresenta as peças em cada um dos trechos que abastecerão a bacia sanitária e a torneira.

Tabela 13 – Peças em cada um dos trechos.

Abastecimento da bacia		Abastecimento da torneira	
Trecho	Peças	Trecho	Peças
BAR 1.1	saída canalização	BAR 1.2	saída canalização
AF1	cotovelo 90°, RG	AF2	cotovelo 90°, RG
Sub-ramal bacia	3 cotovelos 90°	Sub-ramal torneira	4 cotovelos 90°

Fonte: autor, 2016.

Enfim, é possível obter a perda de carga unitária em cada um dos trechos, além das pressões disponíveis a montante e a jusante. Vale lembrar que a pressão a montante do primeiro trecho é igual a zero, visto que a pressão da água no reservatório é desconsiderada. Já pressão a jusante do primeiro trecho equivale ao comprimento da tubulação menos a perda de carga ( $hf$ ). Nos trechos seguintes a pressão a montante é a pressão a jusante do trecho anterior e a pressão a jusante pode ser encontrada da seguinte forma, conforme a ABNT (NBR 5626:1998):

$$P_{jusante} = P_{montante} - hf + \text{diferença de cota}$$

Com base nesses critérios de dimensionamento é possível obter as Tabelas 14 e 15, que apresentam a verificação da pressão em cada um dos ambientes abastecidos com água não potável proveniente de chuva.

Tabela 14 – Verificação da pressão no abastecimento da bacia sanitária.

Trecho	Comprimento L (m)			J (m/m)	Difer. de cota (m)	hf (m)	Pressão disp. (m)	
	Tubo	Equiv. Peças	Total				Montante	Jusante
BAR 1.1	0,95	0,90	1,85	0,0242	0,00	0,045	0,00	0,91
AF1	2,20	1,40	3,60	0,0242	2,20	0,087	0,91	3,02
Sub-ramal bacia	0,60	3,30	3,90	0,0951	0,40	0,371	3,02	3,05

Fonte: autor, 2016.

Tabela 15 – Verificação da pressão no abastecimento da torneira.

Trecho	Comprimento L (m)			J (m/m)	Difer. de cota (m)	hf (m)	Pressão disp. (m)	
	Tubo	Equiv. Peças	Total				Montante	Jusante
BAR 1.2	2,15	0,90	3,05	0,0242	0,00	0,074	0,00	2,08
AF2	2,90	1,40	4,30	0,0242	2,90	0,104	2,08	4,87
Sub-ramal torneira	3,25	4,40	7,65	0,0951	-0,30	0,727	4,87	3,84

Fonte: autor, 2016.

## **5 PROJETO DE CONVERSÃO FOTOVOLTAICA DE ENERGIA SOLAR**

### **5.1 Identificação do local e dados do projeto**

O memorial descritivo e o memorial de cálculo, relativos ao projeto de conversão fotovoltaica de energia solar, referem-se à edificação abaixo descrita.

- Endereço: Rua João Chereze, nº 261, Jardim Estrela II.
- Cidade/Estado: Varginha, Minas Gerais.
- Tipo: residencial unifamiliar.
- Habitantes: 3 (três).
- Área do terreno: 100,00m<sup>2</sup>.
- Área construída: 51,58m<sup>2</sup>.
- Número de pavimentos: 1 (um).
- Características da edificação:
  - Estrutura: alvenaria e concreto armado.
  - Cobertura: telha cerâmica.
  - Piso: cimentado (externo) e cerâmico (interno).
  - Garagem: a céu aberto.

→ Observação: o projeto completo encontra-se disponível do Apêndice C.

### **5.2 Normas Aplicáveis**

Os memoriais baseiam-se na seguinte Norma da ABNT:

- NBR 10899/1988: Conversão Fotovoltaica de Energia Solar.
- NBR 11704/2008: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação.

### **5.3 Memorial Descritivo**

#### **5.3.1 Objetivo**

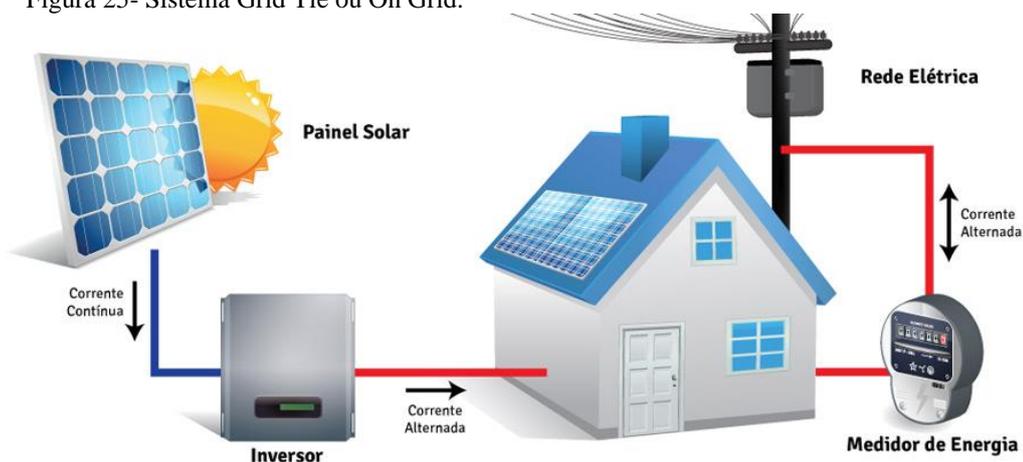
O objetivo do Memorial Descritivo é descrever as especificações e os parâmetros que devem ser levados em consideração na execução do projeto de conversão fotovoltaica de



### 5.3.4 Identificação do sistema

O sistema de conversão fotovoltaica utilizado na residência será combinado com o sistema de produção de energia convencional, ou seja, será conectado à rede. Nesse sistema a energia proveniente do sol será utilizada em todos os equipamentos e aparelhos normalmente e quando não houver radiação suficiente a energia será fornecida pela distribuidora automaticamente, sem nenhum dano aos moradores ou aos equipamentos (PORTAL SOLAR, 2016). Tal sistema é conhecido como sistema *grid tie* ou *on grid* e está esquematicamente apresentado na Figura 25. Os componentes desse tipo de sistema são os painéis fotovoltaicos e os inversores solares, bem como os materiais complementares, como cabos, fios e suportes (SERRÃO, 2010).

Figura 25- Sistema Grid Tie ou On Grid.



Fonte: T8M ENERGIA SOLAR, 2016.

### 5.3.5 Painéis solares

Os painéis solares, também denominados placas ou módulos, são formados por células fotovoltaicas que possuem elétrons, que, ao serem atingidos pela radiação solar, movimentam-se gerando uma corrente elétrica.

Os módulos utilizados na residência serão rígidos, de alto rendimento e produzidos com células monocristalinas de silício. Serão instalados sobre o telhado.

Os painéis, além de serem certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e receberem o selo do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (PROCEL), devem passar pelo teste de qualificação internacional do IEC 61215, que qualifica o produto através de 18 requisitos, enquanto o INMETRO avalia

somente um deles (PORTAL SOLAR, 2016). O modelo das placas que será utilizado possui tais certificações e as características apresentadas na Tabela 06. Além das informações expostas na tabela, de acordo com os dados da ficha técnica da placa selecionada, a tensão nominal da mesma é igual a 28,40V.

Tabela 16 - Modelo do painel solar e suas características.

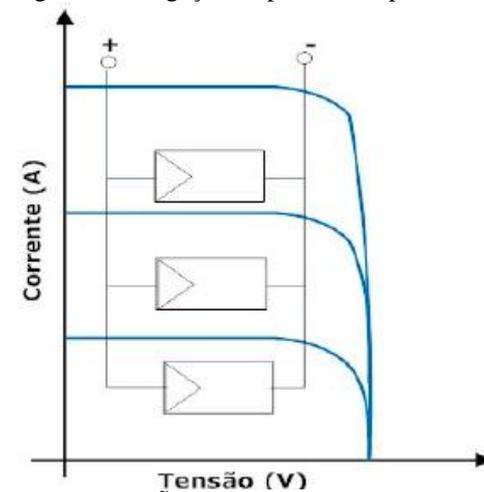
Modelo	Potência (W)	Quantidade de células	Eficiência (%)	Largura x Altura (m)	Peso (kg)
CS6K 270M	270	60	16,50	1,65 x 0,99	18,2

Fonte: autor, 2016.

O ângulo de inclinação das placas será igual a latitude da cidade de Varginha, ou seja, 21°. Este ângulo deve ser respeitado, pois aproveita melhor a energia proveniente do sol. Além disso, as placas serão instaladas voltadas para o Norte Magnético, para que a radiação seja aproveitada de maneira ainda mais eficaz (PORTAL SOLAR, 2016).

A ligação entre os painéis será em paralelo, conforme apresenta a Figura 26, pois desse modo o valor da tensão não será alterado e a potência será proporcional ao número de módulos.

Figura 26 – Ligação de painéis em paralelo.



### 5.3.6 Estruturas de suporte

As estruturas de suporte (Figura 27) têm como função servir de apoio aos painéis solares, que serão instalados sobre o telhado. Os suportes serão formados por trilhos e serão metálicos com inclinação fixa de 21°, que deve ser garantida no momento de instalação dos

perfis. Além disso, serão direcionados para o Norte Magnético, para atender às necessidades de instalação das placas. Este tipo de estrutura não demanda muita técnica para instalação, além de gerar custos baixos para manutenção. A base de fixação, formada por ganchos, grampos e parafusos, deve ser de aço inoxidável (ECYCLE, 2016).

Figura 27 – Estruturas de suporte (base de fixação e trilhos).



Fonte: PORTAL SOLAR, 2016.

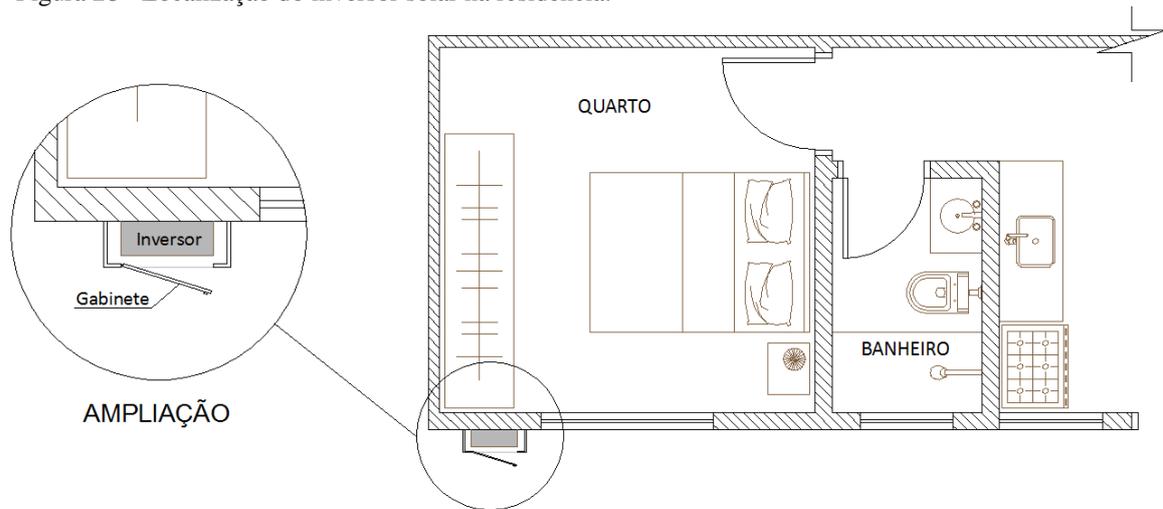
### 5.3.7 Inversor solar

O inversor solar é um dispositivo eletrônico capaz de aproveitar ao máximo a energia proveniente dos painéis solares, convertendo energia elétrica de corrente contínua (CC) oriunda destes para corrente alternada (CA) que alimentará os aparelhos da residência (SERRÃO, 2010).

O inversor da residência deverá gerar ondas retangulares, tipo de onda mais similar às ondas senoidais geradas por energia elétrica em corrente alternada, de modo a não comprometer o desempenho dos aparelhos e equipamentos elétricos. Este será acompanhado de um sistema de controle e monitoramento que possibilitará a leitura da energia que está sendo gerada, além de auxiliar a detectar eventuais falhas ou defeitos de operação (SERRÃO, 2010).

O inversor será instalado no corredor lateral externo da residência, conforme apresenta a Figura 28. Será protegido das intempéries, da umidade e da incidência direta de luz solar por um gabinete de aço.

Figura 28 - Localização do inversor solar na residência.



Fonte: autor, 2016.

### 5.3.8 Fiação

A fiação é responsável por interligar os componentes do sistema de conversão fotovoltaica, promovendo o fluxo de energia entre eles. O cabo que conecta os painéis ao inversor é denominado cabo principal DC, pois deve ser um cabo específico para corrente contínua. O cabo que liga o inversor à rede receptora é chamado de cabo do ramal AC. Todos estes condutores serão de cobre, com isolamento termoplástico. Os materiais de fixação dos cabos serão resistentes à agentes atmosféricos (ECYCLE, 2016).

## 5.4 Memorial e Planilhas de Cálculo

### 5.4.1 Objetivo

O objetivo do Memorial de Cálculo é apresentar os cálculos e planilhas referentes ao dimensionamento do projeto de conversão fotovoltaica de energia solar para a residência unifamiliar localizada no Jardim Estrela II, na cidade de Varginha (MG).

### 5.4.2 Painéis solares

Como a concessionária energética da cidade estipula o consumo mínimo através da taxa de disponibilidade de serviço em 90 kWh/mês, a geração de energia solar deve suprir somente 52 kWh, visto que a demanda total é igual a 142 kWh/mês. Porém, para suprir

eventuais necessidades superiores ao consumo médio estipulado, será considerado um valor de 60 kWh/mês para o dimensionamento da quantidade de placas para compor o sistema.

Sendo a insolação média igual a 5 horas por dia (Figura 24), a potência da placa igual a 270W (Tabela 05) e como os painéis devem operar com ao menos 80% da eficiência garantida pelo fabricante (DIAS, 2004), segue a potência (P) considerada para cada placa:

$$P = 270W \times 0,80 = 216Watts$$

$$P = 216 \times 5 = 1.080Wdia$$

Considerando a demanda de 60 kWh/mês e um mês com 30 dias, tem-se a média de consumo por dia e a quantidade necessária de placas para suprir tal demanda:

$$Consumo\ diário = \frac{60.000}{30} = 2.000Wdia$$

$$Quantidade\ de\ placas = \frac{2.000}{1.080} = 1,85\ unidades$$

A quantidade necessária de placas para tal sistema é 1,85 unidades. Portanto, serão consideradas duas placas, que poderão suprir um consumo real, por dia, de até 2.160W.

#### 5.4.3 Inversor solar

Como cada uma das placas gera uma potência (P) de 216 W a 28,40 V de tensão (V), a corrente (I) do sistema será:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{216 \cdot 2\ placas}{28,40} = 15,21A$$

Logo, a potência (P) de saída do inversor será:

$$P = I \cdot V = 15,21 \cdot 110 = 1673,24W$$

Com base nesse dado, o inversor que será utilizado no projeto possui as características apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17 - Modelo do inversor solar e suas características.

Modelo	Potência (W)	Eficiência (%)	Largura x Altura x Profundidade (mm)	Peso (kg)
SE - TL2K	2000	97,4	313 x 415 x 140	11

Fonte: autor, 2016.

Sendo assim, as dimensões do gabinete para abrigar o inversor serão 45x50x20, sendo largura x altura x profundidade, em centímetros.

#### 5.4.4 Fiação

O cabo principal DC, que conecta os painéis ao inversor, será adquirido especificamente para atender às necessidades diferenciais do sistema (PORTAL SOLAR, 2016) e está apresentado na Figura 29.

Figura 29 – Cabo principal DC.



Fonte: PORTAL SOLAR, 2016.

O cabo do ramal AC, que ligará o inversor ao quadro de distribuição de energia, deve ser dimensionado com base na Tabela 18 e na corrente do sistema. Visto que esta equivale a 15,21 amperes a seção indicada para o referido cabo é 2,5mm<sup>2</sup>.

Tabela 18 - Modelo do inversor solar e suas características.

Seção (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro (mm)	Corrente máx (A)
1,5	1,57	14
2,5	2,02	20
4	2,56	25
6	3,14	32
10	4,05	50
16	5,13	60
25	6,4	80
35	7,56	99
50	9,15	120
70	10,85	150

Fonte: SIL, 2016.

## 6 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS

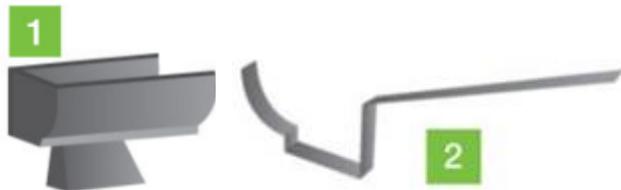
### 6.1 Sistema de aproveitamento de águas pluviais

#### 6.1.1 Instalação das calhas

Serão utilizados os seguintes acessórios para a instalação das calhas (Figura 30) (LEROY MERLIN, 2016):

- bocal terminal esquerdo e direito (1);
- suportes de calha (2).

Figura 30 - Bocal terminal (1) e suporte de calha (2).



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

Serão utilizados os seguintes materiais e ferramentas para a instalação das calhas:

- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| - silicone veda calha;   | - pincel;                    |
| - aplicador de silicone; | - rebitador manual;          |
| - rebites;               | - furadeira;                 |
| - parafusos;             | - chave de fenda ou Philips; |
| - pregos;                | - serra manual;              |
| - barbante;              | - escada.                    |
| - trena;                 |                              |

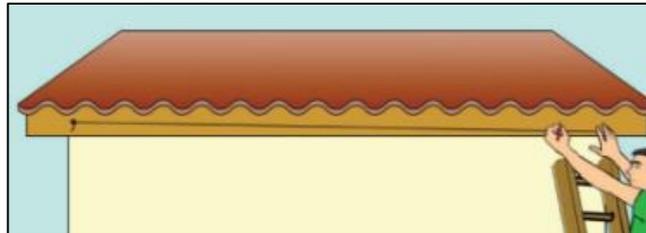
Devem também ser utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual (EPIs), além das vestimentas corretas, que implicam em utilizar calça comprida e calçado fechado:

- Máscara ou óculos de segurança;
- Luvas.

Para instalar as calhas será necessário seguir os passos descritos abaixo (LEROY MERLIN, 2016):

- a) Certificar que o local de instalação esteja limpo e seco.
- b) Identificar o sentido de escoamento da água, de acordo com o projeto.
- c) Com o auxílio de pregos, esticar o barbante em todo o comprimento da calha, aplicando o desnível estipulado em projeto, conforme a Figura 31. Marcar o local de instalação do bocal terminal. Repetir o procedimento para as duas calhas.

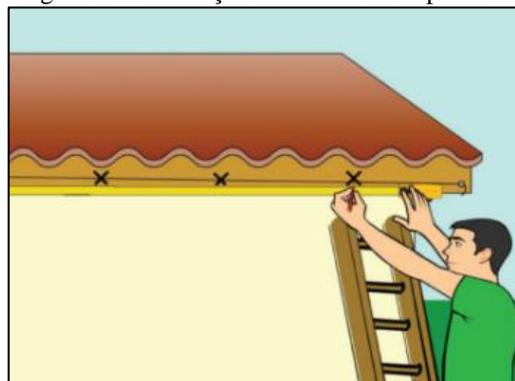
Figura 31 - Aplicação do desnível com o uso do barbante.



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

- d) Ainda com o auxílio do barbante, marcar o local dos suportes das calhas, conforme demonstra a Figura 32.

Figura 32 - Marcação dos locais do suporte.



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

- e) Fixar os suportes, parafusando-os no beirado, conforme indica a Figura 33.

Figura 33 - Fixação dos suportes.



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

f) Aplicar silicone para fazer as emendas necessárias. Sobrepor uma peça embaixo da outra, no sentido de escoamento da água (Figura 34).

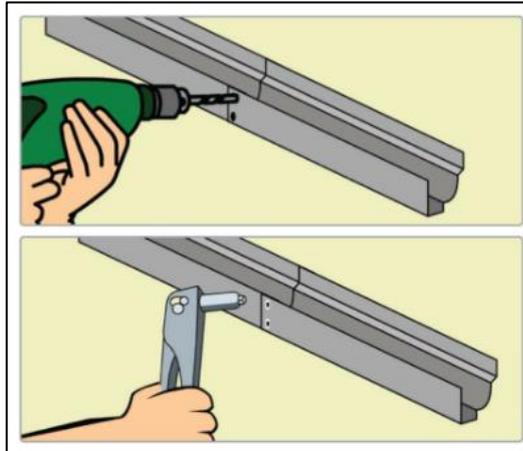
Figura 34 - Aplicação do silicone.



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

g) Inserir rebites nas emendas e nos bocais, furando com o auxílio da furadeira e aplicando os rebites com o rebitador manual (Figura 35). Aplicar uma nova camada de silicone nas emendas, para garantir a vedação.

Figura 35 - Inserção dos furos e aplicação dos rebites, respectivamente.



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

h) Encaixar a calha sobre os suportes e instalar os bocais, conforme Figura 36.

Figura 36 - Encaixe da calha.



Fonte: LEROY MERLIN, 2016.

6.1.2 Instalação do separador de folhas, do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água e dos condutores

Devem ser utilizados os seguintes EPIs para a instalação do separador de folhas, do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água e dos condutores, além das vestimentas corretas, que implicam em utilizar calça comprida e calçado fechado:

- Máscara ou óculos de segurança;
- Luvas.

O separador de folhas deve ser instalado nas saídas dos bocais terminais. Os dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos devem ser instalados nos condutores horizontais, conforme indicações do próprio fabricante. A instalação dos condutores verticais e horizontais deve respeitar os mesmos quesitos de montagem apresentados para as calhas.

#### 6.1.3 Instalação do filtro horizontal, do freio d'água e do sifão ladrão

O filtro horizontal, o freio d'água e o sifão ladrão devem ser instalados conforme orientações dos fabricantes e serem dispostos conforme indicações de projeto.

#### 6.1.4 Construção do reservatório inferior

O reservatório inferior será construído em alvenaria de blocos de concreto com as dimensões estipuladas em projeto. A construção do reservatório deve ser embasada em parâmetros e técnicas estipulados em projeto estrutural, elaborado por profissional qualificado.

#### 6.1.5 Limpeza inicial do sistema

Após a instalação completa do sistema é necessário realizar uma limpeza na tubulação e nos reservatórios inferior e superior. Nessa etapa é importante que seja retirada a malha metálica do filtro horizontal, para que não haja entupimento dos orifícios. Além disso, no início da operação do sistema, é essencial que haja uma vistoria diária para verificar o funcionamento do mesmo (DIAS, 2004).

#### 6.1.6 Manutenção do sistema

A Tabela 19 apresenta a frequência de manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais, de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007).

Tabela 19 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema.

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal/Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte de escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas e condutores	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT, 2007.

Na manutenção dos reservatórios devem ser verificadas eventuais obstruções nas tubulações, se há alguma rachadura ou perda de água e se as tampas estão encaixadas corretamente. Também é imprescindível verificar a qualidade da água, analisando parâmetros físicos, químicos e biológicos. Em caso de anormalidades o uso da água deve ser suspenso até que o problema seja solucionado. A limpeza do reservatório deve ocorrer preferencialmente em épocas de estiagem de chuva (DIAS, 2004).

#### 6.1.7 Especificação de materiais dos componentes do sistema

A Tabela 20 foi elaborada com o objetivo de sintetizar a especificação dos materiais de cada um dos componentes do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tabela 20 - Especificação dos materiais dos componentes do sistema.

<b>Componente do sistema</b>	<b>Material</b>
Calhas	Aço galvanizado
Separador de folhas	PVC (tela metálica)
Condutores verticais	PVC
Conexões	PVC
Separador de águas de chuva	PVC
Condutor horizontal	PVC
Filtro horizontal	Polietileno
Clorador flutuante	Plástico
Reservatório inferior	Alvenaria de blocos de concreto
Reservatório superior	Polietileno
Freio d'água	PVC
Sifão ladrão	Polietileno

Fonte: autor, 2016.

## 6.2 Sistema de conversão fotovoltaica de energia solar

### 6.2.1 Ferramentas, Instrumentos e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)

A seguir estão listadas as ferramentas e os instrumentos necessários para a instalação do sistema de conversão de energia fotovoltaica (PHB SOLAR, 2016).

- Chave Allen;
- Furadeira;
- Ferramenta de corte;
- Giz ou material para identificação;
- Nível;
- Trena.

Também são necessários os seguintes EPIs, além das vestimentas corretas, que implicam em utilizar calça comprida e calçado fechado:

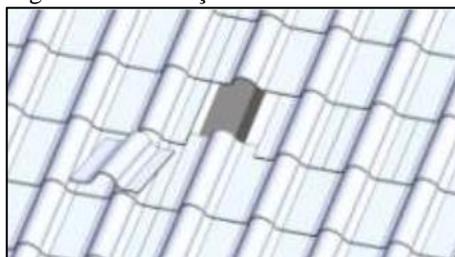
- Capacete de segurança;
- Máscara ou óculos de segurança;
- Luvas.

### 6.2.2 Instalação dos ganchos

Para instalar os ganchos será necessário seguir os passos descritos abaixo (PHB SOLAR, 2016):

- a) Remover as telhas nos locais pré-estabelecidos em projeto, conforme Figura 37.

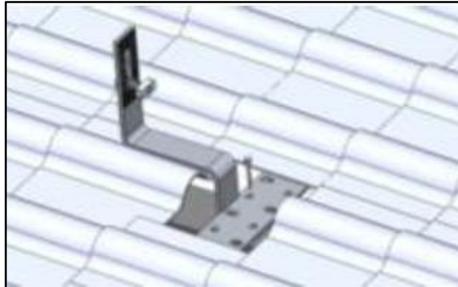
Figura 37 - Remoção da telha.



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

b) Seguindo o esquema apresentado na Figura 38, fixar os ganchos nos caibros do telhado com parafusos de madeira.

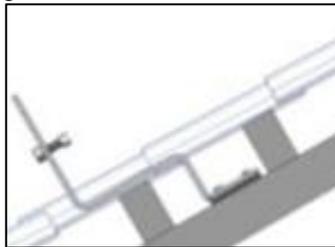
Figura 38 - Fixação do gancho no caibro.



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

c) Cobrir os ganchos instalados com as telhas retiradas. Os ganchos não devem fazer pressão sobre as telhas. Se necessário, pode ser utilizado um pedaço de madeira para calçar o elemento (Figura 39).

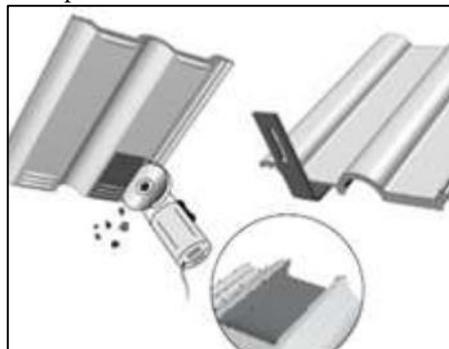
Figura 39 - Instalação dos ganchos.



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

d) Para retrabalhar a telha e permitir o encaixe do gancho sem influenciar a impermeabilidade do telhado, utilizar uma ferramenta de corte (Figura 40), seguindo as instruções do fabricante.

Figura 40 - Utilização de ferramenta de corte para retrabalhar a telha.

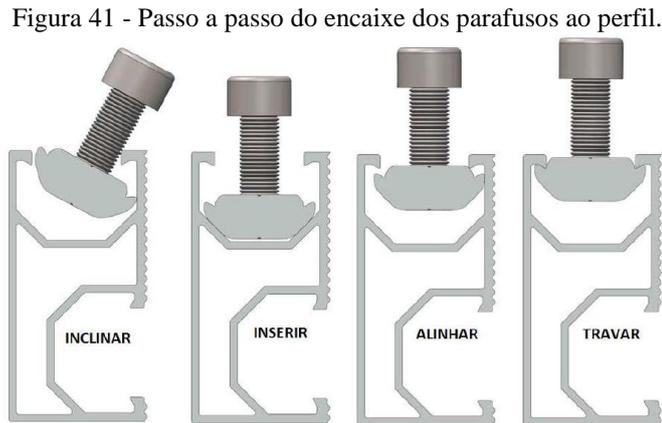


Fonte: PHB SOLAR, 2016.

### 6.2.3 Instalação dos trilhos

Para instalar os trilhos será necessário seguir os passos descritos abaixo (PHB SOLAR, 2016):

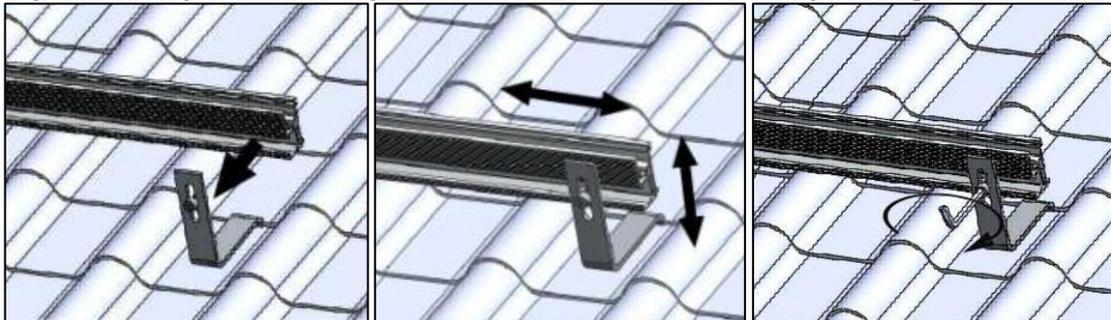
a) Encaixar os parafusos ao perfil seguindo o passo a passo apresentado na Figura 41.



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

b) Fixar os trilhos nos ganchos inserindo a peça de fixação no trilho (1). Ajustar o trilho com o auxílio do nível (2). Apertar os parafusos com a chave Allen (3) (Figura 42).

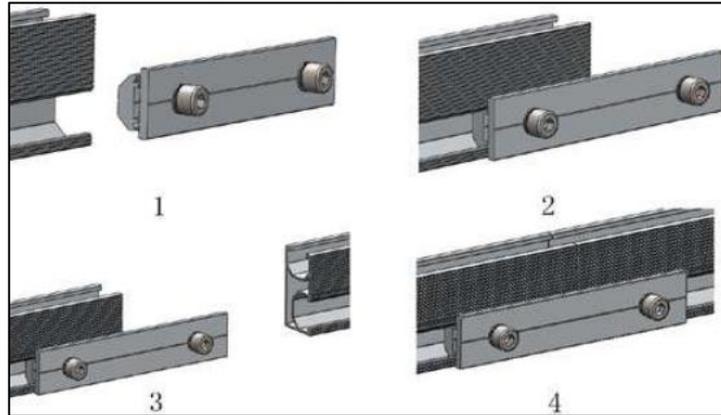
Figura 42 - Fixação do trilho nos ganchos (1), nivelamento do trilho (2) e ajuste dos parafusos (3).



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

c) Para emendar os trilhos, utilizar os trilhos de emenda. Deslizar o trilho de emenda sobre a lateral do trilho de sustentação dos painéis. Apertar o primeiro parafuso, deslizar o trilho seguinte e apertar o segundo parafuso. Esta sequência de passos está exposta na Figura 43.

Figura 43 - Passos para utilização do trilho de emenda.



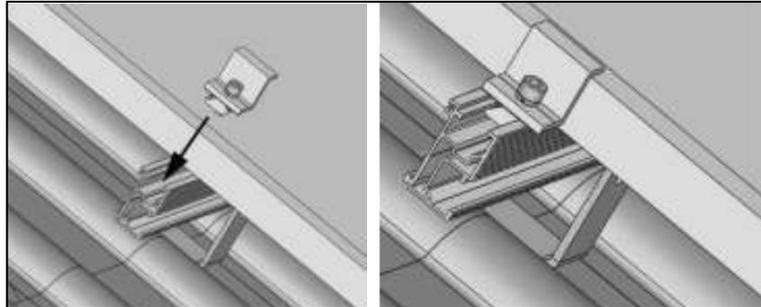
Fonte: PHB SOLAR, 2016.

#### 6.2.4 Instalação dos painéis solares

Para instalar os painéis solares será necessário seguir os passos descritos abaixo (PHB SOLAR, 2016):

a) Fixar os módulos utilizando os grampos terminadores, empurrando o lado do módulo contra o grampo, conforme apresenta a Figura 44.

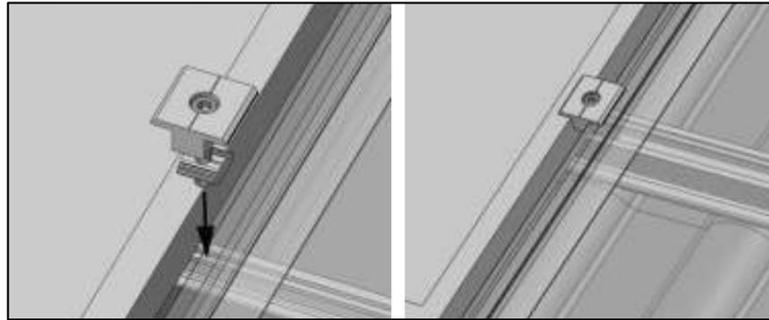
Figura 44 - Fixação dos grampos terminadores.



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

b) Fixar os módulos utilizando os grampos intermediários, empurrando o grampo contra o módulo fixo, e, posteriormente o módulo seguinte contra o outro lado do grampo, conforme apresenta a Figura 45.

Figura 45 - Fixação dos grampos intermediários.

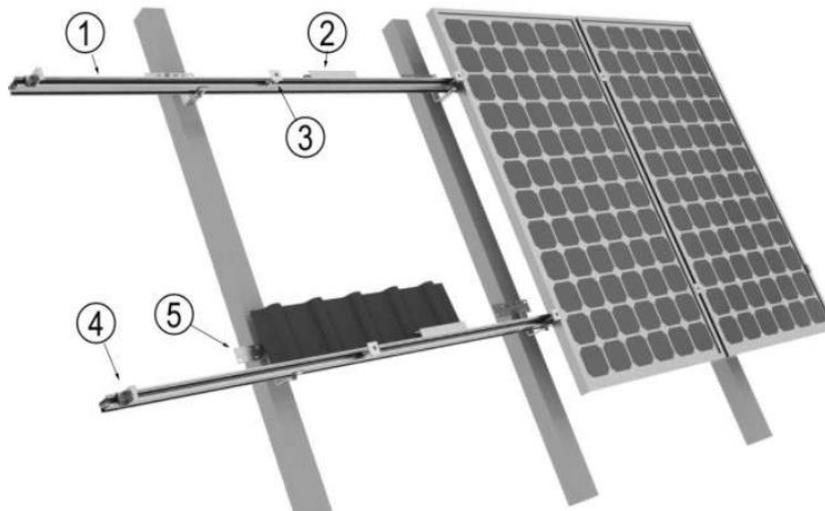


Fonte: PHB SOLAR, 2016.

### 6.2.5 Visão geral do sistema

A Figura 46 apresenta uma visão geral do sistema fotovoltaico, com identificação dos componentes. O item (1) apresenta o trilho, o item (2) apresenta o trilho de emenda e o item (3) especifica o grampo intermediário. Já os itens (4) e (5) apresentam, respectivamente, o grampo terminador e o gancho (PHB SOLAR, 2016).

Figura 46 - Visão geral do sistema e identificação dos componentes.



Fonte: PHB SOLAR, 2016.

### 6.2.6 Instalação do inversor

O inversor solar será instalado diretamente na parede, sendo protegido por um gabinete de aço, de modo que o acesso para manutenção seja fácil. Por medidas de segurança, o gabinete deve permanecer sempre trancado.

Para instalar o inversor basta realizar a conexão da alimentação em corrente contínua com a carga em corrente alternada em seus respectivos terminais. Depois, a chave liga/desliga

deve ser acionada. Para executar estes procedimentos devem ser utilizados os seguintes EPIs, além das vestimentas corretas, que implicam em utilizar calça comprida e calçado fechado:

- Máscara ou óculos de segurança;
- Luvas.

#### 6.2.7 Recomendações de segurança

No momento da instalação do sistema fotovoltaico é necessário seguir algumas recomendações de segurança, que estão listadas abaixo (PHB SOLAR, 2016).

- Remover joias do pescoço, das mãos e dos pulsos;
- Usar roupas e EPIs adequados e bem conservados;
- Utilizar ferramentas secas e com cabos isolados, para trabalhos que envolvam possível contato com eletricidade;
- Fazer as conexões elétricas respeitando a polaridade e as instruções do fabricante;
- Evitar choques mecânicos com os módulos, para poupar possíveis danos ao vidro de proteção e às células fotovoltaicas.

#### 6.2.8 Manutenção do sistema

Os painéis requerem uma manutenção mínima. Geralmente as chuvas são suficientes para eliminar poeiras, folhas e outros resíduos, mas é necessário que seja mantida uma verificação periódica, de modo que os painéis estejam sempre limpos e garantam o seu potencial de funcionamento. Para esta limpeza devem ser utilizados apenas pano úmido e detergente neutro. Para inspeção de fios soltos ou oxidados devem ser utilizadas luvas de borracha, para evitar acidentes (PHB SOLAR, 2016).

#### 6.2.9 Especificação de materiais dos componentes do sistema

A Tabela 21 foi elaborada com o objetivo de sintetizar a especificação dos materiais de cada um dos componentes do sistema de conversão fotovoltaica de energia.

Tabela 21 - Especificação dos materiais dos componentes do sistema.

<b>Componente do sistema</b>	<b>Material</b>
Placas solares	Células monocristalinas de silício
Perfis para estrutura de suporte	Aço inoxidável
Base de fixação dos perfis	Aço inoxidável
Parafusos, porcas e anilha para fixação	Aço inoxidável
Gabinete	Aço
Cabo principal DC	Cobre (com isolamento termoplástico)
Cabo do ramal AC	Cobre (com isolamento termoplástico)
Materiais de fixação dos cabos	Cobre

Fonte: autor, 2016.

## 7 ESTIMATIVA DE CUSTO

Os itens 7.1 e 7.2 apresentaram uma estimativa de custo para a implantação, na residência em questão, dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de conversão fotovoltaica de energia solar, respectivamente. Tais estimativas de custo foram embasadas na Composição de Custo da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP) de outubro de 2016 e na Composição de Custo da Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP) de dezembro de 2015. Para a estimativa referente ao projeto de conversão fotovoltaica de energia solar também foram retirados dados do Portal Solar (2016).

### 7.1 Projeto de aproveitamento de águas pluviais

A Tabela 22 apresenta uma estimativa de custo para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na residência.

Tabela 22 – Estimativa de custo para o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

<b>Planilha Orçamentária</b>					
<b>Residência Popular - Varginha - MG</b>					
<b>1 Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial</b>					
	<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Preço total parcial (R\$)</b>
1.1	Remoção de calha em chapa galvanizada	m	15,45	5,09	78,64
1.2	Remoção de condutor vertical em chapa galvanizada	m	3,10	3,18	9,86
1.3	Calha em chapa galvanizada	m	15,45	53,45	825,80
1.4	Separador de folhas em PVC	unid.	2,00	69,00	138,00
1.5	Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos de água em PVC	unid.	2,00	128,78	257,56
1.6	Condutores verticais em PVC 75mm	m	6,20	44,70	277,14
1.7	Condutores horizontais em PVC 75mm	m	6,20	44,70	277,14
1.8	Filtro horizontal	unid.	1,00	1.240,00	1.240,00

Continua...

...Continuação

1.9	Clorador flutuante	unid.	1,00	17,90	17,90
1.10	Freio d'água em PVC 75mm	unid.	1,00	115,00	115,00
1.11	Sifão ladrão em PVC	unid.	1,00	245,90	245,90
1.12	Tubo de PVC com rasgo na alvenaria 15mm	m	3,85	8,07	31,07
1.13	Tubo de PVC com rasgo na alvenaria 20mm	m	22,80	9,29	211,81
1.14	Tubo de PVC com rasgo na alvenaria 75mm	m	15,40	58,28	897,51
1.15	Cotovelo 90° PVC 15mm	unid.	7,00	6,93	48,51
1.16	Cotovelo 90° PVC 20mm	unid.	6,00	7,16	42,96
1.17	Cotovelo 90° PVC 75mm	unid.	5,00	91,72	458,60
1.18	Tê 90° PVC 75mm	unid.	1,00	64,86	64,86
1.19	Curva 45° PVC 75mm	unid.	4,00	69,78	279,12
1.20	Registro de gaveta	unid.	3,00	70,63	211,89
1.21	Cisterna em concreto armado com capacidade de 8.500 litros com bomba submersa	unid.	1,00	16.083,96	16.083,96
1.22	Caixa d'água em polietileno com capacidade de 310 litros	unid.	1,00	162,90	162,90
1.23	Limpeza e desobstrução das calhas e dos condutores	m	21,65	8,50	184,03
1.24	Limpeza geral e entrega da obra	m <sup>2</sup>	28,70	5,74	164,74
<b>Valor total de implantação do sistema (R\$)</b>				<b>22.324,90</b>	

Fonte: autor, 2016.

## 7.2 Projeto de conversão fotovoltaica de energia solar

A Tabela 23 apresenta uma estimativa de custo para a implantação do sistema de conversão fotovoltaica de energia solar na residência.

Tabela 23 – Estimativa de custo para o sistema conversão fotovoltaica de energia solar.

<b>Planilha Orçamentária</b>					
<b>Residência Popular - Varginha - MG</b>					
<b>2</b>	<b>Sistema de Geração Fotovoltaica de Energia</b>				
	<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Preço total (R\$)</b>
2.1	Painéis solares 0,99x1,65m - 270W - 18,2kg	unid.	2,00	1.040,35	2.080,70
2.2	Inversor solar	unid.	1,00	1.347,49	1.347,49
2.3	Grampos terminadores	unid.	4,00	20,44	81,76
2.4	Grampos intermediários	unid.	2,00	20,44	40,88
2.5	Ganchos de fixação	unid.	4,00	82,67	330,68
2.6	Trilhos, parafusos e emendas	unid.	2,00	129,20	258,40
2.7	Gabinete de aço para inversor solar	unid.	1,00	326,90	326,90
2.8	Retirada de telhas de barro (6 unidades para fixação dos grampos)	m <sup>2</sup>	0,40	8,17	3,27
2.9	Cabo de cobre (cabo principal DC) 2,5mm <sup>2</sup>	m	3,50	5,42	18,97
2.10	Cabo de cobre (ramal AC) 2,5mm <sup>2</sup>	m	9,70	5,23	50,73
2.11	Eletroduto de PVC de 3/4"	m	13,20	8,26	109,03
2.12	Luva para eletroduto de PVC de 3/4"	unid.	5,00	3,71	18,55
2.13	Curva para eletroduto de PVC de 3/4"	unid.	5,00	13,53	67,65
2.14	Limpeza geral e entrega da obra	m <sup>2</sup>	20,00	5,74	114,80
<b>Valor total de implantação do sistema (R\$)</b>					<b>4.849,81</b>

Fonte: autor, 2016.

## 8 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL

Após concluir os projetos e elaborar as estimativas de custo é possível analisar a viabilidade econômica de implantação dos sistemas.

Sabendo que o consumo médio de água por mês da residência é 12,75m<sup>3</sup> e que o projeto de aproveitamento de água pluvial foi concebido para suprir 3,93m<sup>3</sup> desse consumo, após a implantação do sistema serão consumidos, mensalmente, 8,82m<sup>3</sup> de água proveniente da concessionária. Tal economia reflete também no valor da conta de água, que atualmente é em média R\$84,20 e passará a ser aproximadamente R\$53,75, valor elaborado considerando que a tarifa de água da concessionária da cidade varia para diferentes faixas de consumo. Sendo assim, a economia financeira com a conta de água será de R\$30,45 por mês, totalizando uma economia anual de aproximadamente R\$365,00.

Tendo em vista o consumo médio de energia mensal da residência, que é igual a 142kWh, e que o projeto de geração de energia solar foi concebido para suprir 52kWh desse consumo, após a implantação do sistema serão consumidos, mensalmente, 90kWh de energia proveniente da concessionária. Tal economia reflete também no valor da conta de energia, que atualmente é em média R\$112,70 e passará a ser aproximadamente R\$71,00, valor elaborado considerando que a tarifa de energia da concessionária local varia para diferentes faixas de consumo. Portanto, a economia financeira com a conta de água será de R\$42,70 por mês, totalizando uma economia anual de aproximadamente R\$512,00.

Observando que a estimativa de custo para implantar o sistema de aproveitamento de água pluvial totaliza em um valor de R\$22.324,90, tal investimento inicial será ressarcido após 60 anos, ou seja, depois deste período o investimento será pago apenas com as economias geradas na conta de água. Para implantar o sistema de geração fotovoltaica de energia a estimativa de custo é igual a R\$4.849,81. Sendo assim, após 9 anos o investimento inicial será ressarcido por meio da economia financeira gerada nas contas de energia.

É importante lembrar que para ambos os projetos, além do benefício financeiro, que é adquirido apenas a médio ou longo prazo, dependendo do sistema implantado, também há um enorme benefício ambiental visto que tais projetos combinam tecnologia e sustentabilidade, fato que contribui para o bem estar da sociedade e para o desenvolvimento sustentável de todo o mundo.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de águas de chuva e a geração de energia solar são práticas que estão crescendo em uma velocidade alta, fato muito expressivo, visto que são práticas que proporcionam economia e bem estar, além de carregarem consigo grande apelo ambiental.

O conteúdo exposto apresenta um projeto de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis e outro de geração de energia solar, ambos elaborados para uma residência popular na cidade Varginha, Minas Gerais. Após levantar os dados da edificação e do terreno foi realizado um diagnóstico prévio, que possibilitou uma análise positiva da viabilidade técnica de implantação dos sistemas propostos.

É possível observar que apesar da edificação ser locada em um terreno reduzido e possuir pequena área, a residência possui espaço para abrigar os componentes de ambos os sistemas, além de possuir uma cobertura relativamente ampla, que auxilia na captação da água de chuva, bem como na absorção de energia do sol, através dos módulos solares. Tal análise fundamentou a criação dos projetos, descritos e calculados em memorial.

Ambos os sistemas apresentam um custo inicial de implantação, porém, com o passar dos anos, tal custo será retornado aos habitantes da residência através da economia gerada nas contas de água e energia. A partir de então o sistema trará economia financeira e apenas eventualmente serão necessários gastos com manutenção. Além disso, tais sistemas visam atender às questões ligadas a sustentabilidade e a melhoria de vida dos moradores, pois tratam-se de sistemas capazes de reduzir a poluição do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10899 - TB 328**: Conversão fotovoltaica de energia solar. Rio de Janeiro, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11704**: Sistemas Fotovoltaicos – Classificação. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro 2007.
- ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL**. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 111 p., 2000.
- CASA EFICIENTE: Uso racional da água**. Florianópolis, v. 3, 2010.
- CATÁLOGO CALHAS KENNEDY**. Disponível em: <<http://www.calhaskennedy.com.br>>. Acesso em: 28 setembro 2016.
- CMB AQUA**. Disponível em: <<http://www.cmbaqua.com.br/>>. Acesso em: 9 setembro 2016.
- DIAS, Mario Cassolini. Revista Técnica, Editora PINI. **Como construir**. Ed 89, 2004. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/index.aspx>>. Acesso em: 3 abril 2016.
- ECYCLE**. Sua pegada mais leve. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/>>. Acesso em 25 setembro 2016.
- EDIFICANT**. Disponível em: <<http://www.edificant.com.br/>>. Acesso em: 2 outubro 2016.
- FUNDAÇÃO PROCAFÉ**. Disponível em: <<http://www.fundacaoprocafe.com.br/>>. Acesso em: 9 maio 2016.
- KARCHER**. Disponível em: <<http://karcher-center-altex.com.br/>>. Acesso em: 4 outubro 2016.
- LEROY MERLIN**. Disponível em: <<http://www.leroymerlin.com.br/>>. Acesso em: 7 outubro 2016.

OBSERVATÓRIO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE (ONUUDI). Programa de Capacitação em Energias Renováveis. **Eficiência Energética em Edifícios**. 95 p., 2013.

**PHB SOLAR**. Manual de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos em Telhados. São Paulo, 2016.

**PLÚVIO**. Versão 2.1. Grupo de pesquisa em recursos hídricos. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola.

**PORTAL SOLAR**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em: 6 abril 2016.

**SEDOP**. **Composição de custo de outubro de 2016**. Disponível em: <<http://www.sedop.pa.gov.br/>>. Acesso em: 20 outubro 2016.

SERRÃO, Marcos Antônio dos Santos. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em Pouso da Cajaíba - Paraty**. 2010. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

**SETOP**. **Composição de custo de dezembro de 2015**. Disponível em: <<http://www.setop.mg.gov.br/>>. Acesso em: 19 outubro 2016.

**SIL**. Fios e Cabos elétricos. Disponível em: < <http://www.sil.com.br/>>. Acesso em: 16 outubro 2016.

**T8M ENERGIA SOLAR**. Disponível em: <<http://t8menergiasolar.com.br/>>. Acesso em: 14 setembro 2016.

**TANK MASTER**. Disponível em: <<http://tankmaster.com.au/>>. Acesso em: 6 outubro 2016.

TOMAZ, Plínio. **Água de chuva**: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo, Navegar Editora, 2003.