

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS – CAMPUS FORMIGA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
PEDRO HENRIQUE LAINI RODRIGUES**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA  
PARA UM SUPERMERCADO NA CIDADE DE IGUATAMA/MG – ESTUDO DE  
CASO**

**FORMIGA – MG**

**2019**

**PEDRO HENRIQUE LAINI RODRIGUES**

**PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA  
PARA UM SUPERMERCADO NA CIDADE DE IGUATAMA/MG – ESTUDO DE  
CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal  
de Minas Gerais, como requisito para obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Elétrica.

**Orientador:** Prof. Dr. Fábio Lúcio Corrêa Júnior.

**FORMIGA – MG**

**2019**

Rodrigues, Pedro Henrique Laini.

621.3 Projeto e implementação de uma micro usina fotovoltaica para um Supermercado na cidade de Iguatama/MG – Estudo de caso / Pedro Henrique Laini Rodrigues. -- Formiga : IFMG, 2019.  
60p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lúcio Côrrea Júnior  
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Formiga.

1. Energias Renováveis. 2. Micro geração. 3 . Micro usina.  
4. Projeto. 5. Sistema Fotovoltaico. I. Título.

CDD 621.3

**PEDRO HENRIQUE LAINE RODRIGUES**

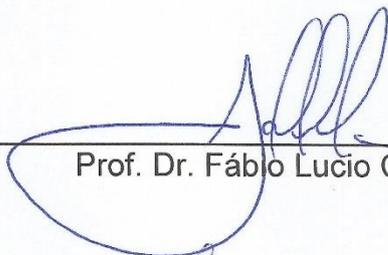
**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MICRO USINA FOTOVOLTAICA PARA UM  
SUPERMERCADO NA CIDADE DE IGUATAMA-MG – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Elétrica do Instituto Federal de Minas  
Gerais como requisito para obtenção do  
Título de Bacharel em Engenharia  
Elétrica.

Avaliado em: 19 de junho de 2019.

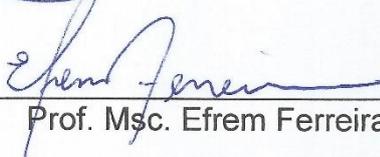
Nota: 90,0 pontos

**BANCA EXAMINADORA**



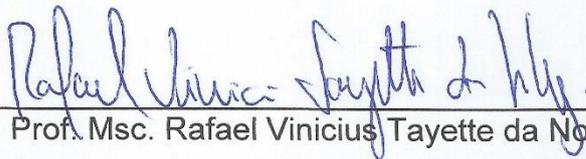
---

Prof. Dr. Fábio Lucio Corrêa Junior



---

Prof. Msc. Efrem Ferreira



---

Prof. Msc. Rafael Vinicius Tayette da Nobrega

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais Rosilene e Olavo, que apesar das dificuldades encontradas no caminho, com muita luta sempre investiram na minha educação e no bem estar, além de me apoiar em cada luta que tive de travar até chegar a este momento.

Ao meu orientado, Dr. Fábio Lúcio Corrêa Júnior pela sua orientação, compreensão, por ser um excelente profissional, por me reconhecer no meio de tantos alunos, e me oferecer oportunidades e ensinamentos durante toda minha trajetória nesta instituição, através de pesquisas aplicada e matérias lecionadas, que me fizeram crescer pessoalmente e profissional.

Ao meu irmão Marco Antônio, por sempre ter me ajudado e me indicado um caminho a seguir, que acabou gerando este trabalho.

A minha namorada Ana Carolina, que apesar do meu temperamento em algumas ocasiões de estresse, sempre aguentou firme e esteve ao meu lado sempre me ajudando.

A todos os professores do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – Campus Formiga que além de me ensinarem as Disciplinas lecionadas, também me ensinaram lições valiosas para a vida inteira.

## RESUMO

O grande aumento no valor da conta de energia nos últimos anos, fez com que os consumidores, que precisam consumir uma maior quantidade de energia, busquem alternativas para economizar ou até mesmo gerar sua própria energia. Neste contexto, este trabalho apresenta o estudo de caso da implementação de uma micro usina fotovoltaica para ser conectada à rede elétrica (*On-Grid*) da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), conforme as normas e métodos de compensação impostas pela própria concessionária e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A micro usina proposta, tem o intuito de produzir energia elétrica para um supermercado situado na cidade de Iguatama/MG, afim de reduzir os custos de energia do supermercado. Neste trabalho, foi abordado a elaboração de um projeto, baseado na análise da conta de energia do estabelecimento para previsão de gastos. Abordou-se também o levantamento da irradiação solar para o local da usina, a avaliação e especificação dos módulos fotovoltaicos a serem utilizados, o dimensionamento dos inversores, a elaboração do diagrama unifilar da micro usina fotovoltaica e o projeto de alocação dos módulos. Será demonstrado neste trabalho, que a micro usina proposta e implementada pela empresa ConectSol Engenharia de Arcos/MG, apresenta indicadores técnicos e econômicos satisfatórios. O sistema fotovoltaico custou R\$59.762,75, por meio do monitoramento da geração de energia do sistema foi verificado que no período de 19 meses de operação, ocorreu uma economia de gastos com energia elétrica em torno de R\$ 24.000,00. Para aprofundar essa discussão, foi gerado um diagrama de *payback*, e através deste, foi possível estimar o retorno do investimento em apenas três anos.

**Palavras chave:** Micro usina, Micro geração, Sistema Fotovoltaico.

## ABSTRACT

The large increase in energy bill amount in recent years has made consumers, who need to consume a greater amount of energy, find alternatives to save or even generate your own energy. In this context, this work presents the case study of the implementation of a micro photovoltaic power station connected on the grid (On-Grid) of Minas Gerais's Energy Company (CEMIG), according to the rules and methods of compensation imposed by the concessionaire itself and the National Electric Energy Agency (ANEEL). The proposed micro-power plant intended to produce electricity for a supermarket located in the city of Iguatama/MG, in order to reduce the energy costs of the supermarket. In this work, it was approached the elaboration of a project, based on the analysis of the energy bill of the establishment, for prediction of expenses, it was also approached the survey of the solar irradiation to the place where it was implemented, the evaluation and specification of the photovoltaic modules to be used, the design of the inverters, the drawing of the single-line diagram of the photovoltaic micro power plant and the modules allocation. It will be demonstrate in this work that the micro power plant proposed and implemented by the company ConectSol Engineer from Arcos/MG, presents satisfactory technical and economic indicators. The photovoltaic system cost R\$ 59,762.75, by monitoring the power generation of the system, it was verified that in the period of 19 months of operation, there was an energy cost saving of around R\$ 24,000.00. To deepen this discussion, a payback diagram was generated, and through it, it was possible to estimate the return on investment in just three years.

**Keywords:** Micro power station, Generation, Photovoltaic System.

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo de potência do módulo fotovoltaico .....	32
Equação 2 – Geração de energia elétrica por módulo fotovoltaico em um dia.....	33
Equação 3 – Conversão da Geração média de dia para mês .....	33
Equação 4 – Cálculo da quantidade de módulos fotovoltaicos .....	33
Equação 5 – Geração média estimada total do sistema.....	36
Equação 6 – Cálculo dos valores para o diagrama de <i>payback</i> simples.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de junção <i>P-N</i> . .....	18
Figura 2 – Exemplo de Sistema Fotovoltaico <i>On-Grid</i> . .....	20
Figura 3 – Módulo Fotovoltaico. ....	20
Figura 4 – Incidência Solar em cada um dos hemisférios. ....	22
Figura 5 – Inversor de Frequência. ....	23
Figura 6 – Etapas para ligação de Microgeração fotovoltaica <i>On-Grid</i> . ....	26
Figura 7 – Fluxograma das etapas de Projeto. ....	28
Figura 8 – Consumo mensal, total e média anual do Supermercado. ....	29
Figura 9 – Irradiação solar diária na cidade de Iguatama/MG. ....	30
Figura 10 – Estrutura de fixação para os módulos fotovoltaicos. ....	34
Figura 11 – Distribuição dos Módulos no Telhado 1. ....	34
Figura 12 – Trilhos instalados com a correção de inclinação. ....	39
Figura 13 – Módulos fotovoltaicos instalados nos Telhados do Supermercado. ....	41
Figura 14 – Tela do display do Inversor apresentando falha. ....	41
Figura 15 – Tela do inversor após a correção do erro. ....	42
Figura 16 – Inversores, caixa de interligação C.C. e C.A. ....	43
Figura 17 – Gráfico de Geração do Supermercado no Ano de 2017. ....	44
Figura 18 – Gráfico de Geração do Supermercado no Ano de 2018. ....	44
Figura 19 – Diagrama de <i>payback</i> com aumento de 10% no preço do kWh/mês. ....	46
Figura 20 – Diagrama de <i>payback</i> sem aumento no preço do kWh/mês. ....	47
Figura 21 – Simulação do investimento caso fosse aplicado no CDB da CAIXA de Arcos- MG. ....	48
Figura 22 – Simulação do investimento caso fosse aplicado no RDC do CREDIATMA de Iguatama/MG. ....	48
Figura 23 – Simulação do investimento caso fosse aplicado na caderneta de poupança da CAIXA. ....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Horas de Sol Pleno para os Telhados 1 e 2.....	31
Tabela 2 – Características elétricas do módulo fotovoltaico Risen Energy RSM72-6-320Wp. .....	32
Tabela 3 – Características elétricas do Inversor Moso SF5000TL.....	35
Tabela 4 – Irradiação média Mensal e Média anual para os Telhados 1 e 2 com e sem correção. ....	40
Tabela 5 – Variação dos preços do kWh. ....	45
Tabela 6 – Retorno Real do Investimento. ....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

C.A. – Corrente Alternada.

C.C. – Corrente Contínua.

CDB – Certificados de Depósito Bancários.

CDI – Certificado de Depósito Interbancário.

CREDITAMA – Cooperativa de Crédito de Iguatama.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica.

IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos.

INMETRO – O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

GPS – *Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global.

GTES – Grupo de Trabalho de Energia Solar.

Nasa – *National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica.

NBR – Norma Brasileira.

NDs – Normas de Distribuição.

PR – *Performance Ratio* – Taxa de desempenho.

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

RDC – Recibo de Depósito Cooperativo.

Swera – *Energy Resource Solar and Wind Assessment* – Avaliação Solar e Eólica de Recursos Energéticos.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Justificativa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Objetivo geral.....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Energias renováveis.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Efeito fotovoltaico .....</b>	<b>17</b>
<i>2.2.1 Materiais semicondutores.....</i>	<i>17</i>
<i>2.2.2 Junção P-N .....</i>	<i>18</i>
<i>2.2.3 Irradiação solar .....</i>	<i>19</i>
<b>2.3 Planta fotovoltaica.....</b>	<b>19</b>
<i>2.3.1 Painéis e células fotovoltaicos.....</i>	<i>20</i>
<i>2.3.2 Inclinação e orientação dos Módulos .....</i>	<i>21</i>
<i>2.3.3 Inversor de frequência.....</i>	<i>22</i>
<b>2.4 Resolução e Normas .....</b>	<b>24</b>
<i>2.4.1 Resoluções normativas ANEEL.....</i>	<i>24</i>
<i>2.4.2 Normas de distribuição da CEMIG ND 5.30 e ND 5.31 .....</i>	<i>25</i>
<b>2.5 Investimentos financeiros .....</b>	<b>27</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Escopo do projeto .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Projeto conceitual básico.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Orçamento e compra .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4 Projeto, comissionamento e <i>startup</i> .....</b>	<b>37</b>
<b>3.5 Monitoramento e Validação .....</b>	<b>37</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Resultados da validação física e elétrica do sistema fotovoltaico.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Validação da viabilidade econômica da micro usina.....</b>	<b>43</b>

<b>4.3 Comparação com outros investimentos.....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA CRIAÇÃO DO PRÉ-PROJETO .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE B – DIAGRAMA UNIFILAR DO PROJETO EXECUTADO E ENVIADO A CEMIG. ....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO A – FATURA DA CEMIG .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO B – PROPOSTA COMERCIAL CONECTSOL.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO C – FORMULÁRIO DA CEMIG PARA ENTRADA DO PROJETO.....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O homem sempre procurou evoluir, sendo na busca de soluções para melhoria da sua qualidade de vida ou de comodidade no seu dia a dia. Neste contexto, a utilização da energia elétrica tem sido crucial para permitir esta evolução (ANEEL, 2002).

Na história recente do Brasil de acordo com Associação Brasileira de Energia Eólica, 2017, a disponibilidade de energia elétrica foi afetada por um longo período de estiagem, que comprometeu os níveis dos reservatórios das principais hidrelétricas. Este fato provocou uma grande crise energética no país nos anos de 2002 e 2003. Nesta época, a população brasileira se deu conta da real dependência deste recurso e sofreu com a perspectiva de ter suas atividades profissionais, domésticas e qualidade de vida, afetadas pela falta de energia elétrica. Alguns termos foram criados para descrever eventos ligados à essa falta, sendo apagão utilizado para a interrupção de baixa duração e blecaute para as interrupções de longa duração (ABEEólica, 2017).

Considerando os baixos níveis dos reservatórios das hidrelétricas causados pelo longo período de estiagem de chuva, a falta de investimento e planejamento nos setores de geração e distribuição de energia, pode-se afirmar que estes agravaram a situação energética do país, obrigando o brasileiro a fazer racionamento e a pensar em novas maneiras de gerar energia elétrica (ABEEólica, 2017).

No Brasil, em épocas de grande estiagem, a principal alternativa para geração de energia elétrica dá-se pelo emprego de centrais termoelétricas. Porém, o uso de tal meio de geração, utiliza como fonte de energia os combustíveis fósseis, o que acarreta no lançamento de gases nocivos ao meio ambiente, afetando a saúde da população e agravando o efeito estufa (BRAGA *et al.*, 2012).

A preocupação, com o excesso de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) na atmosfera, fez com que as principais soluções para geração de energia elétrica de forma limpa, sejam as geradas por fontes eólicas, solar fotovoltaica e termoelétrica (GALDINO *et al.*, 2017).

A energia solar incidente na superfície terrestre é superior a cerca de 10.000 vezes a demanda necessária atualmente pela humanidade. Porém, os grandes desafios que prejudicam o aproveitamento em larga escala na utilização deste tipo de energia são a baixa densidade (energia/área), a variação geográfica e temporal (GALDINO *et al.*, 2017).

No mundo todo, principalmente nos países desenvolvidos, como por exemplo os EUA, alguns países da Europa e o Japão, implementaram programas para a utilização de energia solar, com destaque para a tecnologia fotovoltaica. Na maioria dos casos, a energia elétrica gerada é utilizada na própria rede elétrica existente (GALDINO *et al*, 2017).

Nos países em desenvolvimento a energia solar tem sido muito utilizada devido a facilidade de sua instalação em pequenas áreas isoladas, onde a demanda é menor e, por consequente, não são atingidas pelas redes de distribuição das hidrelétricas ou demais centrais. Neste mesmo cenário, o Brasil adotou a energia solar fotovoltaica, como uma forma viável de fornecer energia elétrica para a população da zona rural e demais localidades não atendidas (GALDINO *et al*, 2017).

Além dos consumidores das zonas rurais, alguns das zonas urbanas vêm adotando a energia solar fotovoltaica como forma de obter benefícios, reduzindo os gastos devido ao consumo de energia elétrica e evitando possíveis aumentos de tarifas das concessionárias que impactam diretamente em despesas e custos (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2015).

Somente em Minas Gerais, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), no período de 2004 a 2014, aplicou uma média anual superior a 10% de reajuste na tarifa de energia elétrica. Aumentos sucessivos foram aplicados nos anos de 2014 e 2015, respectivamente de 16,33% e 28,59% até abril do mesmo ano (MELO, 2015; CEMIG, 2014).

Em abril de 2012, a Lei Federal N.º 3.924 institucionalizou a compensação de energia elétrica para qualquer sistema, utilizando fontes renováveis, com microgeração distribuída e minigeração. Essa compensação será feita de acordo com a diferenciação entre a energia elétrica ativa consumida e a gerada, podendo ser distribuída entre todas as instalações do proprietário, bastando que todas as contas de consumo pertençam ao mesmo CPF ou CNPJ. Vale ressaltar que, todas as instalações que requisitarem a compensação devem estar na mesma área de concessão da concessionária. (ANEEL, 2017).

Segundo o Portal Solar (2018), no ano de 2018, o Brasil apresentou um crescimento recorde e deve começar 2019 com perspectiva de aumento de 300%, sendo este o segmento possui 99,4% de todas as conexões de micro e minigeração distribuída, possuindo um total de 401,6 MW instalados. Este mercado possui estimativa, segundo o governo, de movimentar US\$ 100 bi até 2040.

A usina fotovoltaica proposta neste trabalho consiste de três inversores de 5 kW, com potência de módulos fotovoltaicos de 16,32 kW, tendo uma previsão de geração de 1.915,27 kWh/mês.

## 1.1 Justificativa

Buscar meios alternativos para geração de energia elétrica é uma das grandes prioridades de diversos países, sobretudo no Brasil, após a crise energética ocorrida nos anos de 2002 e 2003, devido aos baixos níveis dos reservatórios das hidroelétricas (BENEDITO, 2009).

Meios de geração como a energia solar fotovoltaica estão na vanguarda, devido a sua facilidade de instalação, baixa ou ausência de ruídos na geração, ausência de emissão de poluentes, dentre outros (BENEDITO, 2009).

Neste contexto, este trabalho justifica-se devido a necessidade que o país apresenta de energias renováveis, a redução dos custos com energia elétrica por parte do proprietário do supermercado. Este trabalho visa analisar o investimento do proprietário com a instalação do sistema fotovoltaico, mostrando a viabilidade do mesmo, afim de incentivar mais pessoas a instalar usinas fotovoltaicas, produzindo assim benefícios tanto ambientais quanto financeiros para seus proprietários e para o país.

## 1.2 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto e a validação da instalação de uma micro usina fotovoltaica para um supermercado localizado no município de Iguatama/MG, conectada diretamente à rede elétrica de baixa tensão (*On Grid*) da concessionária CEMIG. Está usina deve ser capaz de suprir a demanda energética do estabelecimento e obter ganhos adicionais como minimizar o impacto do aumento de tarifas de energia elétrica.

## 1.3 Objetivos específicos

Para a obtenção do objetivo geral alguns objetivos específicos devem ser alcançados:

- Realização de uma revisão bibliográfica para o melhor entendimento do efeito fotovoltaico, da energia solar fotovoltaica, projeto e instalação de planta fotovoltaicas *On-Grid*;

- Analise e escolha do melhor local para instalação;
- Dimensionamento dos painéis, inversor e estrutura de fixação;
- Cotação dos equipamentos necessários para a instalação;
- Instalação dos painéis fotovoltaicos e inversor;
- Monitoramento dos primeiros meses de geração da micro usina para análise de retorno de investimento (*payback*).

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Além da Introdução, este trabalho de conclusão de curso é constituído por mais quatro capítulos. O capítulo 2 (Referencial Teórico) busca preparar o leitor para um melhor entendimento deste trabalho, na tentativa de torna-lo familiarizado com os termos utilizados e da didática adotada na confecção do mesmo. O capítulo 3 (Metodologia) apresenta os métodos abordados para projeto e execução da micro usina, detalhando sua concepção e implementação. As discussões e resultados deste trabalho são apresentados no capítulo 4. Por fim, no capítulo 5 é apresentado as considerações finais e expectativas para o futuro, em relação a implementação do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são abordados conceitos para maior entendimento dos procedimentos que serão adotados na metodologia. Adicionalmente, são realizados estudos sobre dimensionamento e instalação de equipamentos solares da planta fotovoltaica *On-Grid*, bem como a apresentação das normas aplicáveis e exigidas pela CEMIG para a implementação do sistema fotovoltaico proposto.

### 2.1 Energias renováveis

Define-se como renovável qualquer forma de energia que pode ser reposta imediatamente pela natureza. Dentre as diversas formas possíveis, as principais conhecidas são as provenientes das fontes hidráulicas (quedas d'água), solar e eólica (ventos). A biomassa também é uma fonte renovável muito conhecida e sua utilização pode ser feita por meio da utilização de diversas matérias primas, porém é uma fonte considerada poluidora (GOLDENMBERG; LUCON, 2007).

As energias renováveis podem ser divididas em dois subgrupos: as energias renováveis convencionais e novas. As fontes convencionais são predominantes no mercado atual, tendo como principal representante as hidrelétricas de grande e médio porte. As novas energias renováveis são aquelas que começaram a aparecer nas últimas décadas e competem com as convencionais no mercado da geração (GOLDENMBERG; LUCON, 2007).

Entre as principais energias renováveis disponíveis no mercado, estão: a solar proveniente de painéis fotovoltaicos e dos aquecedores solares; das pequenas centrais hidrelétricas (que apesar de conhecidas, ainda não possuem equipamentos com custo acessível); eólica (por meio de geradores eólicos) e biomassa que é gerada por meio da queima de culturas energéticas como por exemplo, a cana-de-açúcar, o óleo vegetal, dentre outros (GOLDENMBERG; LUCON, 2007).

As energias renováveis vêm como forte impulsionador de empregos nos últimos anos no mundo todo, assim como conseguiu levar energia elétrica a diversas pessoas, que ainda não a possuía, devido as dificuldades de distribuição das fontes convencionais. Estima-se que o

consumo de biomassa gerou na união europeia cerca de 220.000 empregos e 1,4 milhões em todo o mundo. No campo da energia solar, destaca-se a geração na Alemanha que proporciona 41.260 empregos diretamente associado aos sistemas fotovoltaicos e na Espanha onde foram computados cerca de 17.000 empregos (D`OLIVEIRA, 2016).

## **2.2 Efeito fotovoltaico**

A primeira vez que se observou o efeito fotovoltaico, foi em 1839 por Edmon Becquerel, que ao colocar uma placa metálica, de platina ou prata, junto a um eletrólito e expor esta mistura ao sol conseguiu identificar uma diferença de potencial (PINHO; GALDINO, 2014).

A eletricidade gerada à partir da luz solar é chamada de fotovoltaica, sendo *foto* a parte que se refere a luz e *volt* a tensão gerada a partir dela, gerando assim o termo fotovoltaico (AMARAL; PINOTTI; JUNKES, 2016). Antes de explicar o efeito fotovoltaico primeiramente é necessário o melhor entendimento dos materiais semicondutores e junção p-n.

### **2.2.1 Materiais semicondutores**

Materiais semicondutores são todos os materiais que possuem condutividade mediana, sendo este valor entre  $10^{-4}$  e  $10^4$   $[\Omega m]^{-1}$ . Este valor intermediário de condução corresponde ao espaçamento entre as bandas inferiores a 2 eV (SHACKELFORD, 2008).

Os semicondutores podem ser intrínsecos e extrínsecos, os semicondutores intrínsecos são considerados puros, semicondutores como o silício puro, possuem o número de elétrons de condução igual ao número de lacunas (buracos), semicondutores extrínsecos possuem pequenas quantidades de impurezas, sendo estas conhecidas como dopantes e cuidadosamente controladas (SHACKELFORD, 2008).

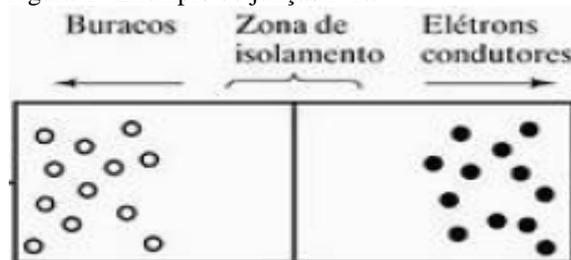
### 2.2.2 Junção P-N

As impurezas nos semicondutores extrínsecos são adicionadas de maneira minuciosa, após o material intrínseco ser preparado com alto grau de impureza. Sendo este processo necessário para a produção dos dois tipos de semicondutores existentes, os do tipo *N*, que possuem portadores de cargas negativas predominantes e os do tipo *P*, que possuem portadores de carga positivas predominante (SHACKELFORD, 2008).

O silício puro é um semicondutor intrínseco com quatro elétrons na sua camada de valência (camada mais externa). O fósforo é um material dopante do tipo *N*, devido ao fato de possuir cinco elétrons na sua camada de valência. Ao se introduzir impurezas de fósforo ao silício puro, o elétron extra tem facilidade em se tornar um elétron de condução, conhecido também como portador de carga negativa. Por outro lado, o alumínio é um dopante tipo *P*, devido aos seus três elétrons de valência, ao se introduzir impurezas de alumínio no silício puro, gerando assim uma falta de elétron para completar a camada de valência, essa falta de elétron é conhecida como lacuna, conhecida também como portado de carga positiva (SHACKELFORD, 2008).

A junção *P-N*, mostrada na Figura 1, é formada pela união de dois materiais, um do tipo *P* e um do tipo *N*, ou pela dopagem de um material intrínseco em diferentes regiões adjacentes, sendo utilizada em uma região um dopante do tipo *P* e em outra região um dopante do tipo *N*. Materiais compostos por esse tipo de junção, são susceptíveis a condução quando polarizados diretamente e isolamento quando polarizados inversamente (SHACKELFORD, 2008; CELESTINO *et al*, 2014).

Figura 1 –Exemplo de junção *P-N*.



Fonte: Figura extraída de (SHACKELFORD, 2008).

### **2.2.3 Irradiação solar**

A luz solar é composta por fótons, quando a incidência de fótons em uma matéria com junção *P-N*, eles penetram no material e com isso é possível serem absorvidos pelos elétrons na banda de valência. Se a energia dos fótons possuir a mesma diferença entre a energia das bandas, os elétrons alcançarão a banda de condução onde estarão livres para se movimentar (CELESTINO *et al*, 2014).

Quando a irradiação é constante, o número de elétrons e lacunas se tornam elevados, devido a absorção de fótons. Devido a dopagem do material, os elétrons da banda de condução se desloca para a região *N*, e as lacunas da região de valência seguirão para a região *P*. Ao se introduzir um fio da região *P* na região *N*, teremos uma corrente de elétrons circulando da região com maior predominância de elétrons, para a região com escassez de elétrons, efeito similar a uma pilha, este fenômeno é conhecido também como efeito fotovoltaico (MACHADO; MIRANDA, 2015).

De acordo com o GTES, 2004, a movimentação da Terra em torno do Sol durante o ano, há uma variação da duração do dia e da noite em cada uma das estações, tais fatores ainda influenciam na quantidade de nuvens e presença de chuvas mais abundante em algumas épocas do ano, isto acaba gerando grande variação dos recursos energéticos solar. Então, para melhor aproveitamento do efeito fotovoltaico a orientação do sistema de captação solar deve ser no hemisfério sul orientado para o Norte Geográfico, com uma pequena inclinação para drenagem de água e evitar acúmulo de dejetos, conseguindo assim captar o máximo de energia solar durante o ano.

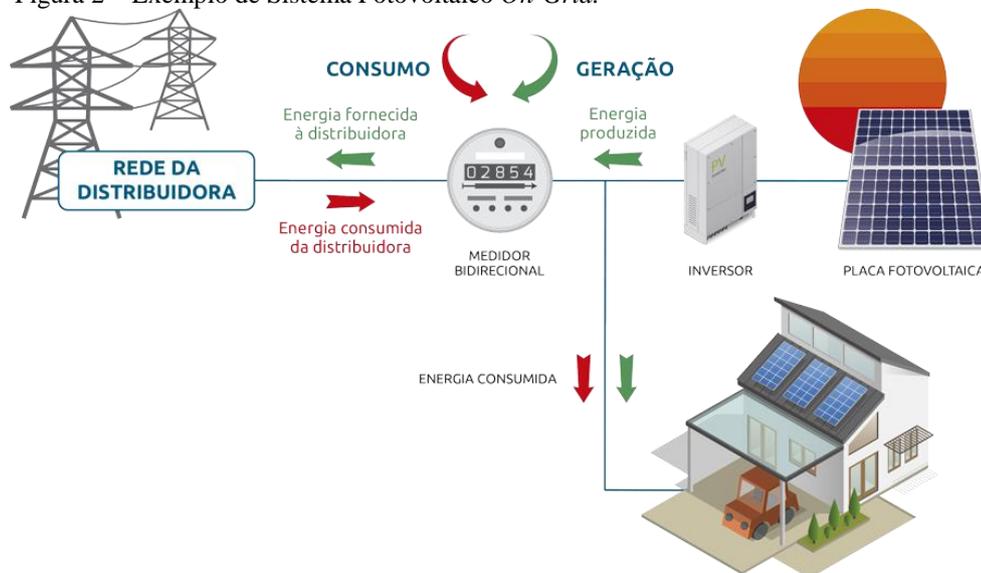
## **2.3 Planta fotovoltaica**

Assim como foi mencionado anteriormente por meio do efeito fotovoltaico, é possível gerar corrente elétrica. Para que ela seja aproveitada, são utilizados painéis solares, que convertem a irradiação solar em energia elétrica (ZILLES, 2012; ALVES *et al*, 2015).

Contudo, a energia gerada ainda não se encontra na forma adequada para a distribuição na rede elétrica. A energia proveniente dos painéis são gerados no formato de corrente contínua (C.C.), já a proveniente da rede elétrica é distribuída em corrente alternada (C.A.), para isto é

necessário a utilização de inversor C.C. – C.A. sendo este considerado a parte mais importante do sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica, a Figura 2 exemplifica um sistema fotovoltaico *On-Grid* (ZILLES, 2012; ALVES *et al*, 2015).

Figura 2 – Exemplo de Sistema Fotovoltaico *On-Grid*.



Fonte: Figura extraída de (Inovacare Solar, 2018).

### 2.3.1 Painéis e células fotovoltaicos

A energia elétrica fotovoltaica é a energia absorvida e convertida instantaneamente para ser consumida, o elemento primordial para que isto ocorra é a célula fotovoltaica, o conjunto de células fotovoltaicas é denominado módulo fotovoltaico (AMARAL; PINOTTI; JUNKES, 2016), mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Módulo Fotovoltaico.



Fonte: Figura extraída de (Risen Energy, 2018).

As células fotovoltaicas possuem uma estrutura constituída por dois eletrodos metálicos, um negativo e outro positivo, há também duas placas de silício entre os eletrodos, uma do tipo *P* (positiva) e a outra do tipo *N* (negativa), formando assim uma junção *P-N* e gerando fluxo em apenas um sentido (AMARAL; PINOTTI; JUNKES, 2016).

O módulo fotovoltaico por sua vez tem como função a captação da irradiação solar, através das células fotovoltaicas. O silício dopado, material principal da placa, ao entrar em contato com a luz do sol produz energia elétrica C.C. enquanto estiver sobre irradiação constante (AMARAL; PINOTTI; JUNKES, 2016).

As células fotovoltaicas são classificadas em três gerações, sendo elas: as compostas por silício monocristalino (m-Si), silício policristalino (p-Si) e células de filmes finos. As células de filmes finos podem ser compostas de diversos materiais, como por exemplo o silício amorfo (a-Si), disselto de cobre e índio (CIS), dentre outros materiais (NASCIMENTO, 2004).

As células monocristalinas possuem eficiência de aproveitamento da irradiação solar entre 15 a 20%. Por sua vez as células policristalinas apesar de possuírem menor eficiência, sendo está em torno de 13 a 16%, possuem um custo mais reduzido devido ao fato de não possuírem uma perfeição cristalina, o que possibilita um processo de fabricação mais simples (FERREIRA, 2016; NASCIMENTO, 2004).

As células monocristalinas e policristalinas são as tecnologias mais encontradas no mercado, entretanto as células de filmes finos estão cada vez mais em destaque, pelo fato de serem compostas por matérias que demandam processo de fabricação mais simples, além de possuírem uma eficiência entre 8 a 12% dependendo do material (FERREIRA, 2016; NASCIMENTO, 2004).

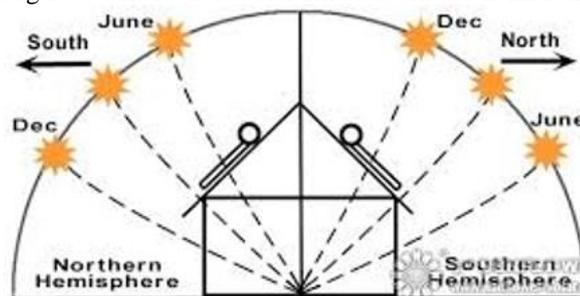
Os módulos fotovoltaicos atingem o máximo de eficiência quando a inclinação do módulo em ângulo é igual a latitude do local. Em todo território brasileiro, como é o caso de Minas Gerais, quanto mais orientado ao norte maior será a eficiência, isto ocorre devido a inclinação do eixo da Terra em relação a orbita solar (SANTOS, 2016).

### ***2.3.2 Inclinação e orientação dos Módulos***

Nos sistemas solares fotovoltaicos a orientação dos módulos é muito importante, devido ao fato do maior aproveitamento da energia solar. No caso do Brasil, é obtido quando os módulos estão orientados ao norte, quanto mais afastado do norte maior será as perdas na

geração. Ainda pensando na incidência de luminosidade a inclinação das placas também afeta na produção, estudos mostram que a maior geração de energia ocorre quando o ângulo de inclinação das placas é o mesmo da latitude onde os módulos são instalados, podendo variar para mais ou para menos 10° sem causar uma redução significativa de produção. A Figura 4 mostra a variação do sol durante o ano no hemisfério sul e norte (CRESESB, 2018).

Figura 4 – Incidência Solar em cada um dos hemisférios.



Fonte: Figura extraída de (Sunflower, 2018).

Devido a esta variação de clima e incidência solar, para melhor dimensionamento do sistema fotovoltaico existem diversos bancos de dados, como por exemplo, o da Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica (NASA), o do programa de Avaliação de Recursos de Energia Solar e Eólica e do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), onde é possível verificar a quantidade de horas de exposição solar aproveitáveis em cada mês/ano para uma determinada cidade ou região. Porém estes bancos de dados consideram condições ideais para obter um valor mais próximo do real, são utilizados alguns programas, como por exemplo, o RadiaSol2 da UFRGS que através de informações como as coordenadas geográficas, desvio azimutal e inclinação do telhado onde o sistema for instalado, é possível gerar este valor com uma melhor precisão (CRESESB, 2018; UFRGS, 2018).

### ***2.3.3 Inversor de frequência***

O inversor de frequência (Figura 5) é um dispositivo importante do sistema fotovoltaico, responsável por condicionar a energia gerada pelos dos módulos fotovoltaicos, para que a mesma possa ser injetada na rede ou bateria (RODRIGUES; TEIXEIRA; BRAGA, 2004).

Figura 5 – Inversor de Frequência.



Fonte: Figura extraída de (Moso, 2018).

Os inversores de frequências utilizados em sistemas fotovoltaicos são divididos em dois grupos: os inversores de frequência *On-Grid* (ligados à rede elétrica) e os inversores de frequência *Off Grid* (Sem ligação com a rede elétrica) (SANTOS, 2016).

Os inversores *Off Grid* não são ligados à rede elétrica, mas para a utilização dos mesmos, normalmente é incorporado junto a eles um banco de bateria e um controlador de carga, para que em períodos onde a luminosidade é baixa ou inexistente, o local continue com energia elétrica (SANTOS, 2016).

Inversores *On-Grid* são os inversores de frequência que não necessitam de bateria, a energia convertida por eles será consumida primeiramente no próprio imóvel onde foi instalado a planta fotovoltaica, a sobressalente será direcionada a rede elétrica, sendo esta energia medida através de um relógio bidirecional (SANTOS, 2016) (CEMIG, 2016).

Para a instalação de um relógio medidor bidirecional de energia elétrica, o inversor deve estar em conformidade com o INMETRO, assim como a instalação deve estar padronizada dentro das normas da concessionária de energia e da ANEEL. No caso da CEMIG, as normas regulamentadoras para distribuição são a ND 5.30 e a ND 5.31. No caso da ANEEL deve-se respeitar a resolução normativa nº 687 de 2015 (SANTOS, 2016; ANEEL, 2017; CEMIG, 2016).

## **2.4 Resolução e Normas**

Para as instalações de mini geração e micro geração fotovoltaica *On-Grid*, a resolução e algumas normas devem ser seguidas, sendo a resolução estipulada pela ANEEL e as normas da concessionária de energia da região. No escopo deste trabalho, utilizou-se as normas da Cemig para a elaboração do projeto da micro usina fotovoltaica. As resoluções normativas pertinentes à ANEEL, que está em vigência atualmente, são as nº482, nº687, nº786 e o Módulo 3 do PRODIST. Por parte da CEMIG, as normas a serem seguidas são as ND 5.30 e da ND 5.31 (CEMIG, 2018).

### **2.4.1 Resoluções normativas ANEEL**

A resolução normativa Nº 687 altera o artigo 2º da Resolução normativa Nº482. Como este é o artigo onde se encontra as regras referente a instalação e características de mini geração e micro geração, o conhecimento dele será de fundamental importância. A Resolução normativa Nº687, divide a geração distribuída em dois tipos, a micro geração e mini geração (ANEEL, 2017).

Micro geração distribuída é toda central geradora de energia, onde a potência instalada de saída nominal do inversor é inferior ou igual a 75 kW, já na mini geração distribuída a potência de saída do inversor deve ser superior a 75 kW e inferior ou igual 3 MW, em ambos os casos a planta é conectada na rede através da instalação da unidade consumidora (ANEEL, 2017).

Para a requisição do fornecimento inicial da geração por meio de unidade consumidora de micro geração ou mini geração, os prazos a serem seguidos estão descritos no Módulo 3 do PRODIST, assim como cada etapa que a concessionária junto ao projetista deve cumprir para a implementação e adequação da planta geradora. As etapas para micro geração e mini geração são divididas em apenas duas etapas, a solicitação de acesso e o parecer de acesso (ANEEL, 2017).

A solicitação de acesso é o documento entregue a distribuidora, que uma vez recebido, implicará no atendimento prioritário, de acordo com os prazos estabelecidos. O parecer de acesso, é um documento formal onde a acessada é informada das condições para o acesso, os

requerimentos técnicos que permitam a conexão do acessante e os prazos. O acessante ainda deve indicar quando houver características do ponto de entrega, característica do sistema de distribuição, tensão nominal de conexão, orçamento da obra contendo os custos para a distribuidora e consumidor, cronograma de implementação, dentre outras informações. (ANEEL, 2017)

Após a instalação do sistema fotovoltaico, o consumidor possuirá um medidor bidirecional, pelo qual será possível realizar a leitura da quantidade de energia consumida e a quantidade de energia injetada. O consumidor irá ceder a diferença entre a injetada sobressalente e a consumida (caso a injetada seja maior) para a distribuidora, passando o consumidor a ter créditos em quantidade de energia ativa, sendo estes créditos podendo ser consumido em um prazo de até 60 meses (ANEEL, 2017).

A concessionária ainda possui o direito de receber a taxa mínima referente a disponibilidade ou a demanda contratada, assim como custos com iluminação pública. Na nova conta deverá ser demonstrado além dos valores de energia consumida, os valores de energias injetadas e créditos acumulados (ANEEL, 2017).

#### ***2.4.2 Normas de distribuição da CEMIG ND 5.30 e ND 5.31***

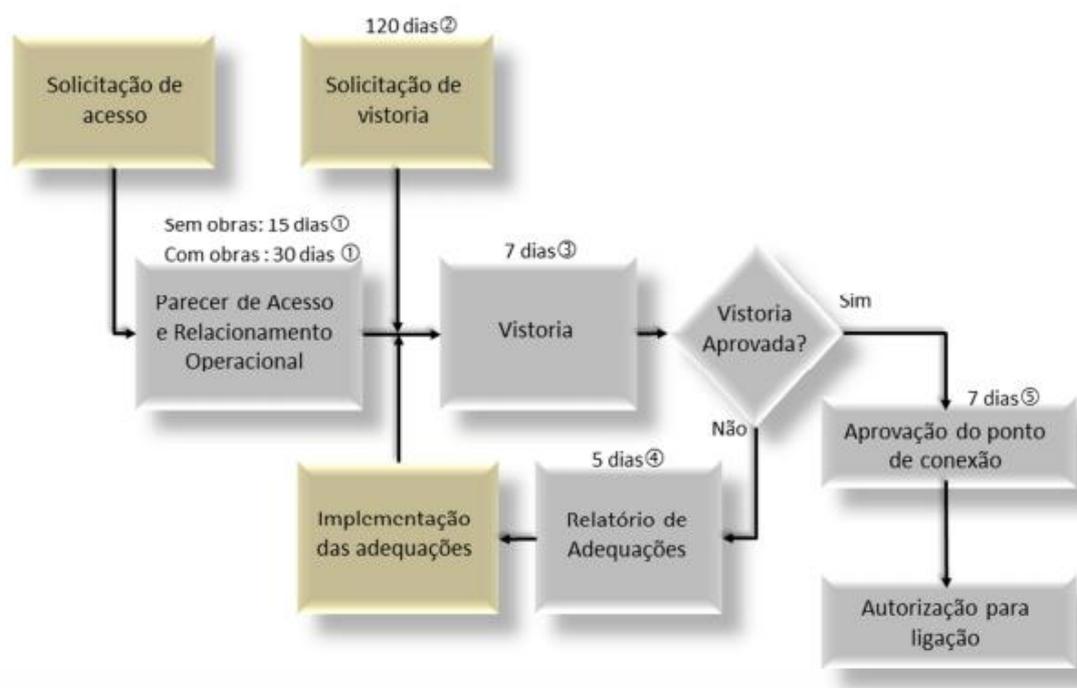
As NDs 5.30 e 5.31 são as normas estipuladas pela concessionária CEMIG, onde estão presentes os requisitos para a conexão dos acessantes a sua rede de distribuição da CEMIG. A ND 5.31 trata de sistemas conectados à rede de média tensão, e devido a essa característica trata apenas de mini geração. Por sua vez, a ND 5.30 trata de sistemas conectados à rede de baixa tensão, e por conseguinte cuida apenas de micro geração, sendo utilizada como referência neste trabalho (CEMIG, 2016).

A ND 5.30 abrange o setor de micro geração, nela está presente as orientações em relação ao procedimento de acesso, critérios e padrões técnicos, requisitos de qualidade e segurança. (CEMIG, 2016)

A Figura 6 mostra como as etapas de acesso devem ocorrer, o que acontece tanto para novos consumidores quanto para a alteração de carga de geração. A primeira etapa é a solicitação de acesso por parte do acessante feita por meio do formulário de acesso, deve reunir informações técnicas e básicas para o estudo de viabilidade, assim como posterior registro da

unidade consumidora junto a ANEEL. Este formulário pode ser obtido através da página da CEMIG (CEMIG, 2016).

Figura 6 – Etapas para ligação de Microgeração fotovoltaica *On-Grid*.



- (1) a partir da solicitação de acesso por parte do acessante.  
 (2) a partir da emissão do parecer de acesso.  
 (3) a partir da solicitação de vistoria por parte do acessante.  
 (4) a partir da realização da vistoria.  
 (5) após a aprovação da vistoria.

Fonte: (CEMIG, 2016).

Para sistemas de micro geração fotovoltaico, os seguintes documentos devem ser enviados junto ao formulário:

- Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do responsável Técnico do Projeto;
- Diagrama Unifilar Básico – Contendo a informação de todos os equipamentos do sistema fotovoltaico;
- Memorial Descritivo – Contendo a localização e todos os dados da instalação;
- Certificado do inversor junto ao Inmetro;
- Lista de unidades consumidoras indicando a porcentagem de energia recebida em cada uma, se caso existir mais de uma unidade consumidora;

- Cópia de instrumento jurídico quando houver múltiplas unidades e geração compartilhada.

Após o recebimento dos documentos supracitados, a CEMIG emitirá o parecer de acesso em até 15 dias quando não há necessidade de obras e em até 30 dias quando houver necessidade. Este parecer possui validade de 120 dias. De posse do parecer, o consumidor pode requisitar a instalação do relógio bidirecional, que deve ocorrer em até 7 dias pela CEMIG (CEMIG, 2016).

## **2.5 Investimentos financeiros**

Além da parte ambiental e social, o investimento em painéis solares, nos últimos anos tornou-se um bom investimento para quem consome muita energia elétrica. Dentre os diversos modelos de investimentos alguns foram citados neste trabalho, dentre eles a poupança, o Certificados de Depósito Bancários (CDB) e o Recibo de Depósito Cooperativo (RDC) (SANTOS; SOUZA; DALFIOR, 2015).

A poupança apesar de ser uma das aplicações mais populares é a que apresenta menor rendimento, porém a maior segurança, o valor investido rende 0,5% ao mês, podendo variar de acordo com a taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), suas regras e rendimentos são regulamentados pelo Banco Central (CAIXA, 2018).

O CDB é uma aplicação em títulos emitidos pelos bancos junto ao cliente para a captação de recursos, este tipo de investimento é considerado de baixo risco, o rendimento do CDB vai variar de acordo com o (Certificado de Depósito Interbancário) CDI, a instituição onde será investido e o tempo que o dinheiro ficará investido (CAIXA, 2018).

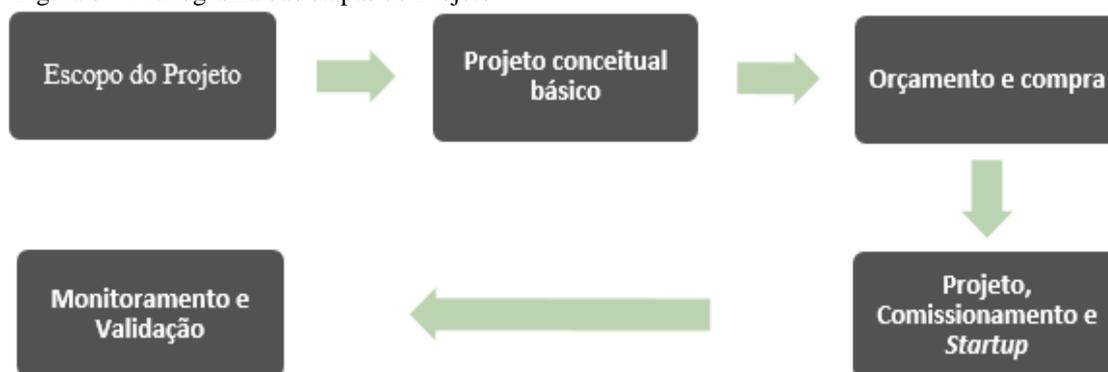
O RDC se assemelha muito ao CDB, também é uma aplicação de baixo risco, sendo uma forma de aplicar o dinheiro na sua própria cooperativa, o rendimento do RDC varia de acordo com as regras de cada cooperativa e o tempo que o dinheiro ficará aplicado (SICOOB, 2018).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso referente à implementação de uma micro usina fotovoltaica em um supermercado no município de Iguatama/MG. A concepção e execução deste projeto, foi realizada durante atuação profissional na empresa ConectSol do ramo de projetos e instalações de usina fotovoltaicas, tendo como cliente o Supermercado.

O fluxograma da Figura 7 mostra a sequência de etapas que foram realizadas no projeto da micro usina fotovoltaica, as quais serão detalhadas nos tópicos adiante.

Figura 7 – Fluxograma das etapas de Projeto



Fonte: RODRIGUES (2018).

#### 3.1 Escopo do projeto

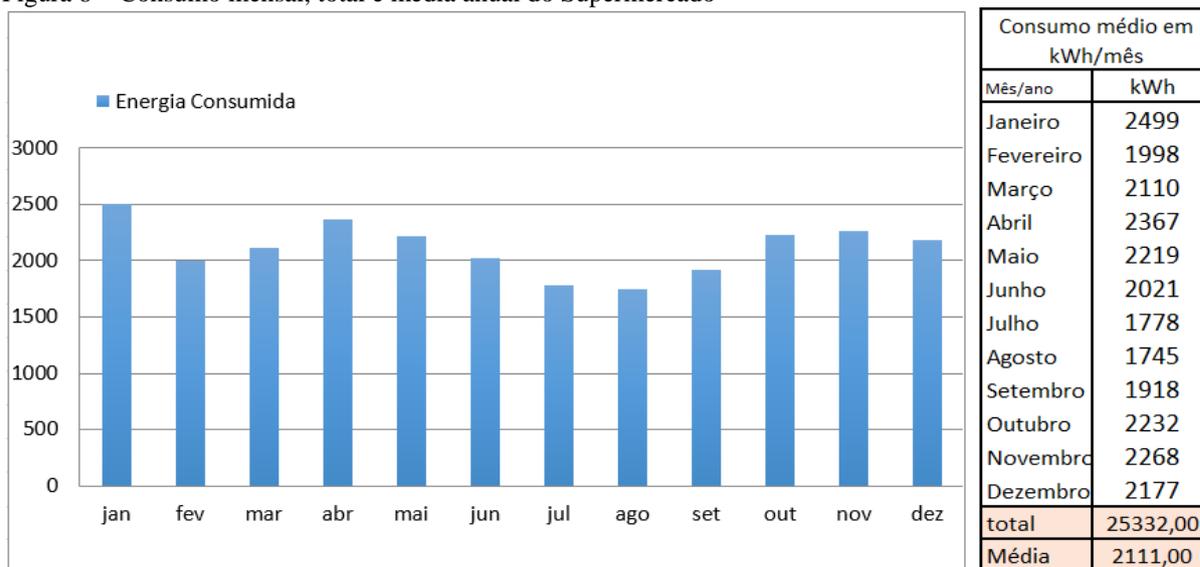
Na primeira reunião realizada com o proprietário do supermercado foi apresentado os modelos de sistemas *On-grid* e *Off-Grid*, e após discursões a respeito, a decisão final recaiu sobre o sistema *On-Grid*, por oferecer menor custo e espaço físico reduzido, uma vez que neste sistema não seria necessário a instalação de banco de baterias.

Uma vez definido o modelo da micro usina a ser implementado, obteve-se os dados e informações no sentido que delimitaram a amplitude e contornos do projeto da usina fotovoltaica. Por meio de uma visita técnica ao estabelecimento do cliente foi verificado o telhado e dados elétricos da unidade consumidora, a fim de realizar a elaboração do pré-projeto, o Apêndice A, mostra as informações coletadas, além disso foi disponibilizada uma conta de consumo de energia. A etapa de escopo de projeto prevê o levantamento de informações

preliminares, organizadas no documento geral que consta no Apêndice A. Os dados presentes na conta de consumo de energia elétrica são avaliados e utilizados nos cálculos iniciais do dimensionamento do sistema fotovoltaico, definindo os equipamentos necessários, assim como a definição dos locais e a maneira que cada um dos componentes deverá ser instalado.

Uma das atividades iniciais da etapa de levantamento de escopo foi efetuar uma análise do histórico de consumo de energia elétrica do supermercado. Esta análise foi realizada a partir do histórico de consumo no período de janeiro de 2016 até janeiro de 2017, presente na fatura da concessionária CEMIG (Anexo A). Os dados referentes a este histórico foram organizados em uma planilha e, a partir dela, gerado um gráfico de energia consumida ao mês, conforme mostra a Figura 8. Neste gráfico pode-se observar a variação do consumo de energia elétrica do supermercado durante o ano de 2016, permitindo calcular a média anual deste consumo, que foi de 2.111,0 kWh/mês.

Figura 8 – Consumo mensal, total e média anual do Supermercado



Fonte: RODRIGUES (2018).

Para o preenchimento do documento de escopo do Apêndice A, foram realizadas diversas medidas nos telhados do supermercado para obter a dimensão disponível para instalação dos painéis fotovoltaicos, bem como sua inclinação e geoposicionamento por meio de bússola. Este procedimento é imprescindível para a elaboração dos desenhos técnicos preliminares e para realizar outras verificações, uma de extrema relevância por exemplo, verificar se o telhado possui espaçamento suficiente para suportar todos os módulos necessários para à instalação de um sistema fotovoltaico.

Neste levantamento verificou-se que o supermercado possuía dois telhados metálicos: um telhado (Telhado 1) contendo a dimensão de 12,5 m por 10 m, e espaçamentos lineares (começa e termina com a mesma distância) entre caibros de 1,8 m, com ângulo de inclinação (caída) de 13,5° e ângulo de orientação (desvio azimutal) de -32° em relação ao norte geográfico. No segundo telhado (Telhado 2) contém a dimensão de 14,5 m por 7 m, com caída de -26°, com um espaçamento linear entre caibros de 1,6 m, um segundo espaçamento não linear onde os primeiros 1,5 m são menores que 1,9 m (possibilitando a instalação de módulos), chegando no fim com 2,2 m, os demais espaçamentos já começam maiores de 2 m, o Telhado 2 possui orientação de -41° ao norte. Com as informações coletadas através do apêndice A, foi possível verificar que o telhado possui as características necessárias para a instalação do sistema fotovoltaico.

Utilizando-se o banco de dados disponibilizado pelo CRESESB, tendo como entrada as coordenadas geográficas do estabelecimento, é possível obter o valor da inclinação dos módulos fotovoltaicas a serem instaladas nos telhados. Neste caso, o valor obtido foi de 21° para que o posicionamento destes painéis fotovoltaicos, a fim de se aproveitar as melhores médias de irradiação mensal e anual da cidade de Iguatama, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Irradiação solar diária na cidade de Iguatama/MG.

Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
0° N	5,79	<b>6,01</b>	5,05	4,90	4,37	<b>4,12</b>	4,40	5,35	5,47	5,56	5,20	5,68	5,16	1,88
20° N	5,28	5,74	5,15	5,45	5,28	5,21	5,48	<b>6,25</b>	5,79	5,43	<b>4,81</b>	5,12	5,42	1,44
21° N	5,25	5,71	5,14	5,47	5,32	5,25	5,53	<b>6,28</b>	5,80	5,41	<b>4,79</b>	5,08	5,42	1,50
15° N	5,45	5,85	5,17	5,36	5,10	4,98	5,26	<b>6,08</b>	5,76	5,50	<b>4,95</b>	5,29	5,40	1,14

Fonte: Figura extraída de (CRESESB, 2018).

Essas informações de irradiação e inclinação determinaram a instalação de painéis nos telhados. O Telhado 1 seria o primeiro à ser preenchido devido a sua maior proximidade ao norte, possibilitando uma melhor geração. Para geração complementar ou adicional, poderá ser utilizado o Telhado 2.

Um aspecto importante da utilização do banco de dados do CRESESB, é que este informa a média anual da irradiação da cidade de Iguatama, considerando os painéis fotovoltaicos orientados para o norte geográfico. Como neste projeto definiu-se utilizar a estrutura do telhado, isso não será possível. Neste caso, para a obtenção de um valor mais adequado como referência, foi necessário a utilização do aplicativo RadiaSol (UFRGS, 2018). A Tabela 1 mostra os dados obtidos para os dois telhados do supermercado por meio deste aplicativo, estes dados foram obtidos por meio do processamento deste aplicativo considerando

como entradas, à localização geográfica obtida por um aparelho GPS, à inclinação dos telhados obtidos no banco de dados do CRESESB e o desvio azimutal dos telhados obtido na medição por bússola.

Tabela 1 – Horas de Sol Pleno para os Telhados 1 e 2.

Irradiação Média (h/dia)		
Mês/ano	Telhado 1	Telhado 2
Janeiro	5,26	5,29
Fevereiro	5,46	5,48
Março	5,41	5,41
Abril	4,92	4,82
Mai	4,87	4,79
Junho	4,66	4,58
Julho	5,11	5,02
Agosto	5,37	5,29
Setembro	4,96	4,94
Outubro	5,23	5,23
Novembro	5,07	5,05
Dezembro	4,84	4,87
<b>Média Anual</b>	<b>5,12</b>	<b>5,08</b>

Fonte: RODRIGUES (2018).

### 3.2 Projeto conceitual básico

Uma vez que todos os dados e informações referentes a elaboração dos projetos-foram obtidos, efetuou-se a etapa de quantização dos módulos fotovoltaicos. Para realizar este dimensionamento, foi necessário conhecer parâmetros e diversos modelos de fabricantes de painéis fotovoltaicos.

O parâmetro denominado *Performance Ratio* (PR) é utilizado para estipular o valor real da produção do sistema fotovoltaico em relação ao desempenho teórico máximo. Ao realizar os cálculos considerou-se que os painéis e inversores irão trabalhar em condições excelentes, porém em instalações práticas típicas, os mesmos sempre estarão sujeitos a fatores que irão afetar a geração.

O parâmetro PR é utilizado para contabilizar todas as perdas do sistema, como por exemplo: as sujeiras acumuladas no módulo com o tempo entre as lavagens, alterações

climáticas inesperadas, aquecimento excessivo dos módulos em algumas regiões, quedas de tensão devido a conectores e condutores. Algumas literaturas apontam o valor ideal variando de 80 a 70% do valor calculado, para este trabalho foi considerado o Valor de 77%, uma vez que o consumo de energia elétrica do supermercado estava no patamar da micro geração e o fato do local da instalação ser o prédio mais elevado da região, possuindo assim, uma boa incidência de irradiação solar e ventos que auxiliam no resfriamento dos módulos reduzindo as perdas por aquecimento (NASCIMENTO, 2016; SILVA, 2016; PINHO, 2014).

Dentre os diversos módulos fotovoltaicos existentes adotou-se neste trabalho o modelo RSM72-6- 320 do fabricante Risen Energy. Este modelo foi escolhido pela sua boa relação custo-benefício e a pela familiaridade do proprietário do supermercado com a marca. A Tabela 2 mostra as especificações do módulo fotovoltaico escolhido, sendo estes valores obtidos através do *Datasheet* do fabricante (RISEN ENERGY, 2018).

Tabela 2 – Características elétricas do módulo fotovoltaico Risen Energy RSM72-6- 320Wp.

Modelo	RSM72-6- 320P
Potência Máxima (Pmax)	320 Wp
Tensão Máxima Circuito fechado (Vmpp)	37,3 V
Corrente Máxima (Impp)	8.6 A
Tensão Máxima Circuito aberto (Voc)	45.7 V
Corrente de curto (Isc)	9.15 A
Eficiência do módulo	16.5 %
Dimensões (mm)	1956 x 992 x 40

Fonte: RODRIGUES (2018).

Após a definição do módulo a ser utilizado e do parâmetro PR foi possível calcular a quantidade de energia que cada módulo iria produzir no Telhado 1 ( $E_{T1}$ ) por meio da Equação 2, variante da Equação 1 (PINHO; GALDINO, 2014).

$$P_{fv} = \frac{(E_{T1}/TD)}{HSP_{ma}} \quad (1)$$

Sendo:

$P_{fv}$  (Wp) - Potência de pico do módulo fotovoltaico.

$E_{T1}$  (Wh/dia) – Consumo diário médio ou geração do módulo para Telhado 1;

$TD=PR$  (adimensional) – Taxa de desempenho do sistema;

$HSP_{ma}$  (H/dia) – Horas de sol pleno diário em média (média anual).

$$E_{T1} = P_{fv} * HSP_{ma} * PR \quad (2)$$

Utilizando-se os dados da Tabela 2 tem-se que:

$$E_{T1} = 320 \text{ Wp} \times 5,12(\text{h/dia}) \times 0,77$$

$$E_{T1} = 1,261 \text{ kWh/dia.}$$

Uma vez que é necessário efetuar um fechamento anual da relação de créditos gerados pela energia consumida, multiplicou-se o valor obtido no cálculo de  $E_{T1}$  por 365 dias e dividiu-se por 12 meses, acarretando assim numa média mensal, conforme mostra a Equação 3.

$$E_{\text{média}} = \frac{\left(\frac{1,26\text{kWh}}{\text{dia}}\right) \times 365 \text{ dias}}{12 \text{ mês}} = 38,37 \text{ kWh/mês} \quad (3)$$

Por meio da Figura 8 pode-se notar que a média de gasto mensal do cliente é de 2.111,00 Wh/mês. Porém, a CEMIG define o pagamento pelo consumidor de uma taxa mínima de disponibilização da rede elétrica de 100 kWh/mês em sistemas trifásicos, então esse valor será descontado da média. Para achar a quantidade de módulos divide-se o consumo médio (retirando-se a taxa mínima), pela geração encontrada em um módulo fotovoltaico, como pode ser visto na Equação 4 caso o número de módulos não seja inteiro este deve ser arredondado para cima para garantir a geração.

$$N_m = \frac{(G_m - T_{\text{min}})}{E} \quad (4)$$

$N_m$ (Unidades) – quantidade de módulos necessários;

$G_m$ (kWh/mês) – média de gasto mensal;

$T_{\text{min}}$ (kWh/mês) – taxa mínima de disponibilização da rede elétrica;

$E_{\text{média}}$ (kWh/mês) – Energia média produzida por uma unidade de módulo fotovoltaico;

$$N_m = \frac{(2.111,00 \text{ kWh/mes} - 100,00 \text{ kWh/mes})}{38,37 \text{ kWh/mes}} = 52,15$$

$$N_m = 53 \text{ módulos}$$

Uma vez determinada a quantidade de módulos necessários para atender a energia demandada pelo sistema fotovoltaico, verificou-se o Telhado T1 possuía área física suficiente para a instalação de todos os módulos. Primeiramente, foi escolhido o tipo de estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos. Como a inclinação do telhado não era ideal, foi necessário acrescentar uma estrutura adicional de correção da mesma, bem como para fixação dos módulos. A Figura 10 mostra detalhe desta estrutura de correção e fixação adotada para os módulos fotovoltaicos.

Figura 10 – Estrutura de fixação para os módulos fotovoltaicos.



Fonte: RODRIGUES (2018).

Este tipo de estrutura foi fixada nas vigas do próprio telhado e isso acaba limitando sua área útil. Por meio dos dados coletados no local da instalação e da Tabela 2 foi gerado um Croqui, mostrado na Figura 11, para mensurar a quantidade de módulos que deveriam ser instalados no Telhado 1.

Figura 11 – Distribuição dos Módulos no Telhado 1.



Fonte: Rodrigues (2018).

Como é possível observar na Figura 11, a quantidade de módulos que o Telhado 1 suporta é de 3 fileiras contendo 12 módulos cada, resultando num total de 36 módulos.

Para a instalação dos trilhos a distância máxima entre caibros do telhado deve ser 1,9 m, devido a escolha do modelo do módulo fotovoltaico. Ao se utilizar a área do Telhado 2, foi possível prever a instalação de mais 15 módulos, totalizando um sistema de 51 módulos com os dois telhados.

Uma vez determinado o número de módulos a serem instalados, foram dimensionados os inversores para o sistema fotovoltaico. Em reunião com o proprietário do supermercado, foi exigido a utilização dos inversores do fabricante Moso, pelo fato que ser um equipamento já utilizado e ter boa confiabilidade.

Para a definição do modelo de inversor foi necessário obter a potência total do sistema, obtida por meio da multiplicação da potência de cada módulo pela quantidade de módulos fotovoltaicos. Assim, a potência total calculada dos módulos fotovoltaicos foi de 16,32 kW, sendo considerado como potência de entrada do inversor ( $P_{cc_{in}}$ ). No momento de execução do projeto, o inversor do fabricante Moso de maior potência e comercializado na região de Arcos/MG era o modelo SF5000TL, cujas características são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características elétricas do Inversor Moso SF5000TL.

Modelo	SF5000TL
Potência máxima C.C. Por MPPT	3000 Wp
Número de MPPT	2
Tensão máxima C.C. Por MPPT	520 V
Corrente máxima C.C. Por MPPT	15 A
Tensão C.A. nominal	220 V/230 V/240V
Máxima corrente de saída C.A.	24 A
Frequência de entrada	50Hz/60Hz
Faixa de tensão admissível	176V-276V
Eficiência máxima	98,1%

Fonte: RODRIGUES (2018).

Através dos valores informados na Tabela 3, definiu-se que foram necessários 3 inversores deste modelo, após isto foi feita a configuração das *strings* (conjunto de módulos), como todos os módulos de uma *string* deve possuir a mesma orientação, dois inversores possuíram 9 módulos em cada uma de suas *strings* sendo estes módulos posicionados no primeiro telhado, o outro inversor possui uma *string* de 8 módulos e outra de 7 módulos, estes foram alocados no telhado 2.

Utilizando os valores da Tabela 3 e a norma da CEMIG ND 5.31 obteve-se os valores dos disjuntores e cabeamento necessário, para a parte C.C. foi designado um disjuntor 16A C.C.

e cabo de 4mm com isolamento de no mínimo 600V para cada *string*, na parte C.A. utilizou-se um disjuntor de 25A bifásico para cada inversor de acordo com as normas previstas na ND 5.31 da CEMIG.

Uma vez que todos os equipamentos foram escolhidos, os cálculos foram refeitos utilizando a Equação 5, e definiu-se a geração média mensal ( $G_m$ ) com maior precisão. Os cálculos a seguir foram feitos considerando a geração do Telhado 1 mais a geração do Telhado 2, multiplicando pela eficiência dos inversores ( $\eta$ ). Agora, calcula-se a geração para o Telhado 2 ( $E_{T2}$ ), sendo este valor;

$$E_{T2} = P_{fv} * HSP_{ma} * PR$$

$$E_{T2} = 320Wp * 5,08(h/dia) * 0,77 = 1,252 \text{ kWh/dia.}$$

$$E_{T2} = 38,07 \text{ kWh/mês.}$$

$$G_m = (E_{T1} * N_{mt1} + E_{T2} * N_{mt2}) * \eta \quad (5)$$

$$G_m = (38,37 \text{ kWh/mês} * 36 + 38,07 \text{ kWh/mês} * 15) * 0,981$$

$$G_m = 1915,27 \text{ kWh/mês}$$

### 3.3 Orçamento e compra

Após os cálculos realizou-se uma nova reunião com o proprietário do supermercado, a fim de apresentar o projeto do sistema fotovoltaico e qual seria a sua capacidade de geração de energia. O proprietário em seguida entrou em contato com a empresa CONECTSOL, localizada na região, para a aquisição dos equipamentos e insumos especificados no projeto e contratação do serviço de instalação. O valor de toda implementação do sistema fotovoltaico cobrado pela empresa CONECTSOL foi de R\$59.762,75 (2017), conforme mostra o orçamento do Anexo B. O projeto de Projeto de Lei 8322/14 (Câmara dos Deputados, 2016), isenta os kits fotovoltaicos de impostos, não sendo possível discriminar do valor individual de cada item, considera-se portanto, o valor do conjunto completo.

### **3.4 Projeto, Comissionamento e *Startup***

Com as informações coletadas e definição dos componentes realizadas nas etapas de pré-projeto e de orçamento e compra, deu-se início então a etapa de projeto que, dentre outras atividades, constituiu-se pela confecção dos documentos necessários para regularização junto à CEMIG, para que a usina fosse conectada à rede desta concessionária.

Primeiramente foi preenchido o formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída com potência igual ou superior a 10 kW (Anexo C), após isto realizou o desenho do diagrama unifilar básico (projeto elétrico da planta fotovoltaica) que pode ser visto no Apêndice B, sendo estes documentos revistos pelo engenheiro da empresa contratada e enviados a CEMIG. Além destes dois documentos ainda foi gerado por parte da empresa contratada para instalação, três outros documentos, a ART (anotação de responsabilidade técnica), o memorial descritivo (informa a concessionária todos os detalhes da instalação) e o Certificado de Conformidade dos inversores junto ao INMETRO.

Após a aprovação do projeto por parte da concessionária instalou-se o sistema projetado na unidade consumidora em questão de acordo com o que foi estipulado na etapa de pré-projeto. Com o término da implementação requisitou-se a vistoria para troca do relógio medidor convencional, para um novo relógio bidirecional.

### **3.5 Monitoramento e Validação**

Na etapa de instalação verificou-se a especificação de todos os equipamentos e componentes utilizados, a fim de garantir uma boa qualidade do serviço, assegurar que a instalação seja realizada como foi projetada e garantir uma boa estética do local.

A etapa de validação iniciou-se após o término da etapa de instalação dos trilhos de fixação dos módulos fotovoltaicos. Nesta etapa verificou-se se o trilho, especificado de acordo com a seção 3.2, será capaz de corrigir a inclinação dos painéis fotovoltaicos, a fim de garantir uma maior produção de energia, conforme descrito na a seção 3.1.

Ainda nesta etapa efetuou-se testes adicionais a fim de verificar a existência de possíveis infiltrações que pudessem ocorrer devido a fixação dos trilhos no telhado.

Também verificou-se as conexões dos cabos e montagem dos conectores, a instalação dos inversores, caixas de interligações C.C. e C.A. e finalmente os eletrodutos e eletrocalhas, a fim de garantir uma boa qualidade elétrica e estética da instalação.

Em seguida, verificou-se a instalação física dos módulos fotovoltaicos e suas conexões com a caixa de interligação C.C. e desta aos inversores, os inversores com caixa de interligação C.A. e desta com a rede da concessionária, conforme mostra o projeto elétrico unifilar que consta no Apêndice B.

Após a verificação da instalação física e das conexões elétricas efetuou-se testes elétricos e funcionais nos inversores em separados e, posteriormente, integrados à rede da concessionária.

Após a etapa de verificação efetuou-se a configuração da interface de comunicação sem fio (WIFI) dos inversores do sistema para permitir o seu monitoramento remoto.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foram realizadas análises da instalação, do custo do sistema, de retorno do investimento até o presente momento, projeção de economia futuras considerando análises estatísticas nos últimos anos e da variação na conta do próprio cliente, assim como a análise de viabilidade do sistema e discussões de melhorias no método de implementação e monitoramento.

### 4.1 Resultados da validação física e elétrica do sistema fotovoltaico

Durante a etapa de instalação, a inclinação dos módulos foi corrigida, para que chegassem ao valor de caída que melhor aproveitasse a irradiação (CRESESB, 2018). Como pode ser visto na Figura 12 foi utilizado as bases citadas na seção 3.2, este tipo de base deve ser presa as vigas do próprio telhado, com isso há uma limitação de sua área útil, possuem ajustes de altura que possibilitaram a correção da caída dos módulos com sucesso.

Figura 12 – Trilhos instalados com a correção de inclinação.



Fonte: RODRIGUES (2018).

Para região de Iguatama/MG o banco de dados do CRESESB indicou uma caída de 21°, como é possível verificar na Figura 9 na seção 3.1. Então para o Telhado 1 foi realizado uma correção de 7,5° e para Telhado 2 uma correção de 5°. Os valores de correção foram suficientes para chegar ao valor ideal, garantindo um melhor aproveitamento da irradiação. No sentido de avaliar o ganho de potência em função da correção de inclinação dos módulos nos telhados, gerou-se a Tabela 4 a partir do programa Radiasol, contendo valores de inclinação corrigidos e sem correção.

Tabela 4 – Irradiação média Mensal e Média anual para os Telhados 1 e 2 com e sem correção.

Irradiação Média (kWh/m<sup>2</sup>/dia)

Mês	Telhado 1 (corrigido)	Telhado 2 (corrigido)	Telhado 1 (sem correção)	Telhado 2 (sem correção)
Janeiro	5,26	5,29	5,29	5,05
Fevereiro	5,46	5,48	5,53	5,37
Março	5,41	5,41	5,40	5,36
Abril	4,92	4,82	4,92	5,01
Maiο	4,87	4,79	4,86	5,03
Junho	4,66	4,58	4,59	4,79
Julho	5,11	5,02	5,00	5,19
Agosto	5,37	5,29	5,34	5,47
Setembro	4,96	4,94	4,97	4,96
Outubro	5,23	5,23	5,28	5,17
Novembro	5,07	5,05	5,07	4,77
Dezembro	4,84	4,87	4,99	4,71
<b>Média Anual</b>	<b>5,12</b>	<b>5,08</b>	<b>5,10</b>	<b>5,07</b>

Fonte: RODRIGUES (2018).

Como pode ser notado pela Média Anual, apesar de apresentar uma baixa variação da Média Mensal, ao se considerar que a garantia dos módulos fotovoltaicos que é de 25 anos, a correção da inclinação garantirá uma produção adicional de 180 horas de irradiação solar para o Telhado 1 e 90 horas para o Telhado 2, em um sistema como o apresentado neste trabalho de 16,32kW, esta correção garantirá um ganho de 4.406,40 kWh, considerando a taxa da CEMIG de outubro de 2018 está geração equivale a R\$ 3.868,82, o que justifica o trabalho extra com a

correção da inclinação das módulos. A Figura 13 mostra os trilhos e módulos instalados, já com as devidas correções.

Figura 13 – Módulos fotovoltaicos instalados nos Telhados do Supermercado.



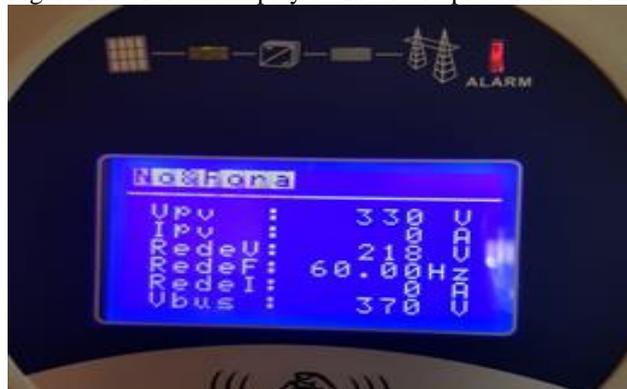
Fonte: Rodrigues (2018).

Após a aprovação da instalação dos trilhos durante a verificação das conexões dos fios, *plugs*, a instalação dos inversores, caixas de interligações C.C. e C.A., eletrodutos e eletrocalhas, não foi encontrado nenhum defeito aparente.

Durante a etapa de validação do projeto foram encontrados alguns conectores com conexões mal feitas, disjuntores com mau contato e alguns vazamentos nos telhados, que assim que foram identificados foram prontamente substituídos e vedados.

Entretanto, ocorreu uma falha que só foi possível identificar durante a execução dos testes elétricos e funcionais dos inversores. A Figura 14 mostra o *display* do inversor apresentando os parâmetros necessários para geração de energia elétrica, porém o mesmo não gerava corrente elétrica na sua saída, como pode ser notado por meio do parâmetro IPV.

Figura 14 – Tela do display do Inversor apresentando falha



Fonte: RODRIGUES (2018).

Verificou-se então as conexões do inversor e constatou-se uma conexão com mau contato em um dos disjuntores C.A., que ao ser solucionada fez com que o inversor gerasse corrente na sua saída, a Figura 15 apresenta o inversor gerando energia após a correção desta falha.

Figura 15 – Tela do inversor após a correção do erro.



Fonte: RODRIGUES (2018).

A Figura 16 mostra todos os inversores funcionando, assim como os quadros C.C. e C.A. instalados para interligação do sistema a rede. Após a validação elétrica do sistema, requisitou-se a vistoria da concessionária CEMIG para que fosse realizada a troca do relógio medidor convencional, para um novo relógio bidirecional. Transcorridos 6 dias corridos da data do pedido posto na concessionária CEMIG, efetuou-se a vistoria da instalação e a troca do relógio medidor, aprovou-se o projeto da Micro Usina e, conseqüentemente, deu-se início à geração de energia elétrica.

Figura 16 – Inversores, caixa de interligação C.C. e C.A.



Fonte: RODRIGUES (2018).

## 4.2 Validação da viabilidade econômica da micro usina

A geração de energia elétrica da micro usina fotovoltaica implementada no supermercado foi monitorada durante o período de março de 2017 a outubro de 2018, serviu como um indicado prévio para análise de retorno de investimento (*payback*). Para uma melhor visualização foi gerado um diagrama de *payback* simples (PBs), a fim de obter o tempo de retorno do investimento e projeção da economia gerada. Com essa finalidade, utilizou-se a Equação 6, proposta por GITMAN, 2003, no seu trabalho intitulado Princípios de administração Financeira.

$$PBs = \frac{I}{FC} \quad (6)$$

Onde:

I = Investimento do Sistema Fotovoltaico em R\$.

FC = Fluxo de Caixa anual, no nosso caso a energia economizada em R\$.

Como foi descrito na etapa 3.1.3, todos os custos referentes ao investimento realizado, estão presentes na proposta apresentada pela empresa ConectSol (Anexo B). Para descobrir a economia gerada pela utilização do sistema será utilizado a página de monitoramento do inversor da Moso (<http://www.solarmanpv.com/portal>), onde através deste é possível observar

a quantidade de energia gerada no período entre 17 de março de 2017 até 21 de outubro de 2018 (Figura 17 e 18).

Figura 17 – Gráfico de Geração do Supermercado no Ano de 2017.



Fonte: RODRIGUES (2018).

Figura 18 – Gráfico de Geração do Supermercado no Ano de 2018.



Fonte: RODRIGUES (2018).

Para analisar a economia que foi gerada até o momento, gerou-se a Tabela 5 onde é possível visualizar a variação do preço do kWh no período descrito anteriormente, sendo estes valores retirados das próprias contas do supermercado.

Tabela 5 – Variação dos preços do kWh.

Variação do kWh em R\$ nas Contas CEMIG de maio de 2017 a outubro de 2018 do supermercado	
Jan./17	0,749
Out./17	0,754
Nov./17	0,788
Dez./17	0,790
Jan./18	0,730
Fev./18	0,690
Mar./18	0,724
Mai./18	0,692
Jun./18	0,733
Jul./18	0,939
Ago./18	0,964
Set./18	0,896
Out./18	0,878

Fonte: RODRIGUES (2018).

Relacionando os valores presentes na Tabela 5 com os valores obtidos no monitoramento, podemos ver o retorno do investimento ocorrido até outubro de 2018 de R\$ 23.833,26 em apenas um ano e meio aproximadamente. A Tabela 6 mostra este retorno.

Tabela 6 – Retorno Real do Investimento.

2017	Geração em kWh/mês	Economia	2018	Geração em kWh/mês	Economia
Março	614,29	R\$ 463,17	Janeiro	2325,85	R\$ 1.697,87
Abril	1946,66	R\$ 1.458,05	Fevereiro	1854,00	R\$ 1.279,26
Maio	1706,74	R\$ 1.278,35	Março	2221,57	R\$ 1.608,42
Junho	1762,98	R\$ 1.286,98	Abril	1786,62	R\$ 1.293,51
Julho	1735,15	R\$ 1.299,63	Maio	1780,64	R\$ 1.232,20
Agosto	2092,94	R\$ 1.515,29	Junho	1503,35	R\$ 1.101,96
Setembro	2312,52	R\$ 1.732,08	Julho	1550,26	R\$ 1.455,69
Outubro	2265,54	R\$ 1.708,22	Agosto	1759,50	R\$ 1.696,16
Novembro	2312,52	R\$ 1.822,27	Setembro	1967,30	R\$ 1.762,70
Dezembro	2265,54	R\$ 1.789,78	Outubro	1423,74	R\$ 1.250,04
<b>Total</b>	<b>16.453,93</b>	<b>R\$ 12.432,58</b>	<b>Total</b>	<b>13.992,98</b>	<b>R\$ 11.400,68</b>

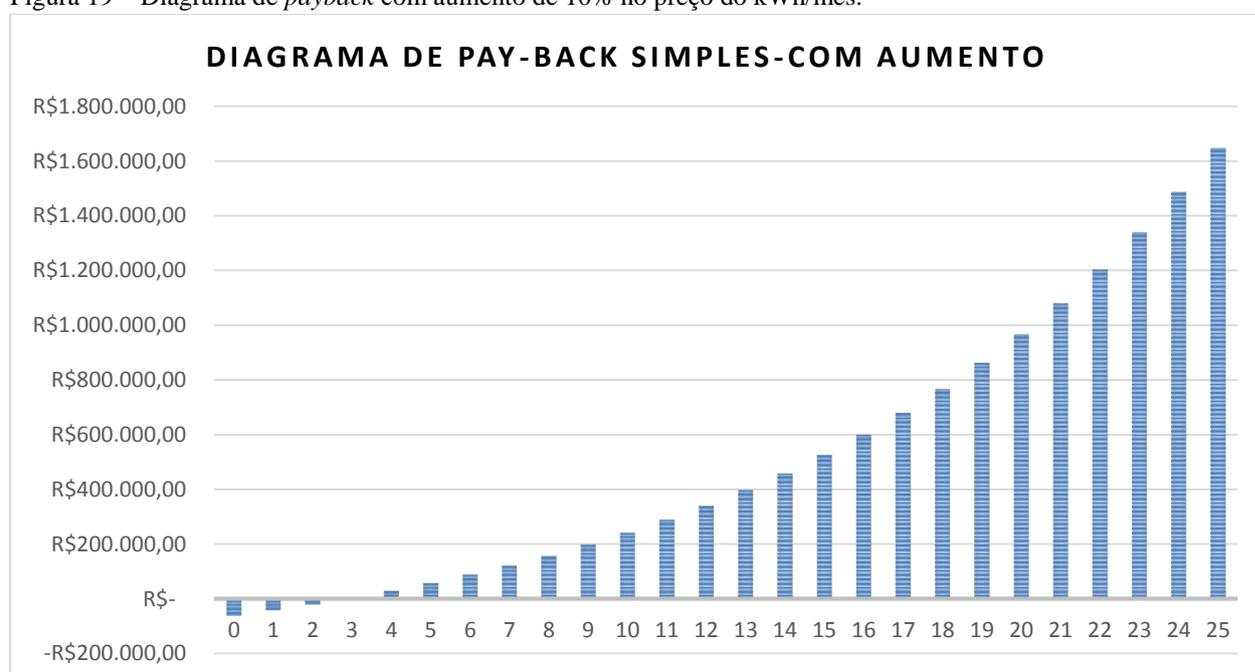
Fonte: RODRIGUES (2018).

Em Minas Gerais a CEMIG possui uma média de aumentos anual superior a 10%, sendo este valor referente ao período de 2004 a 2014, porém em 2014 houve um aumento de 16,33%

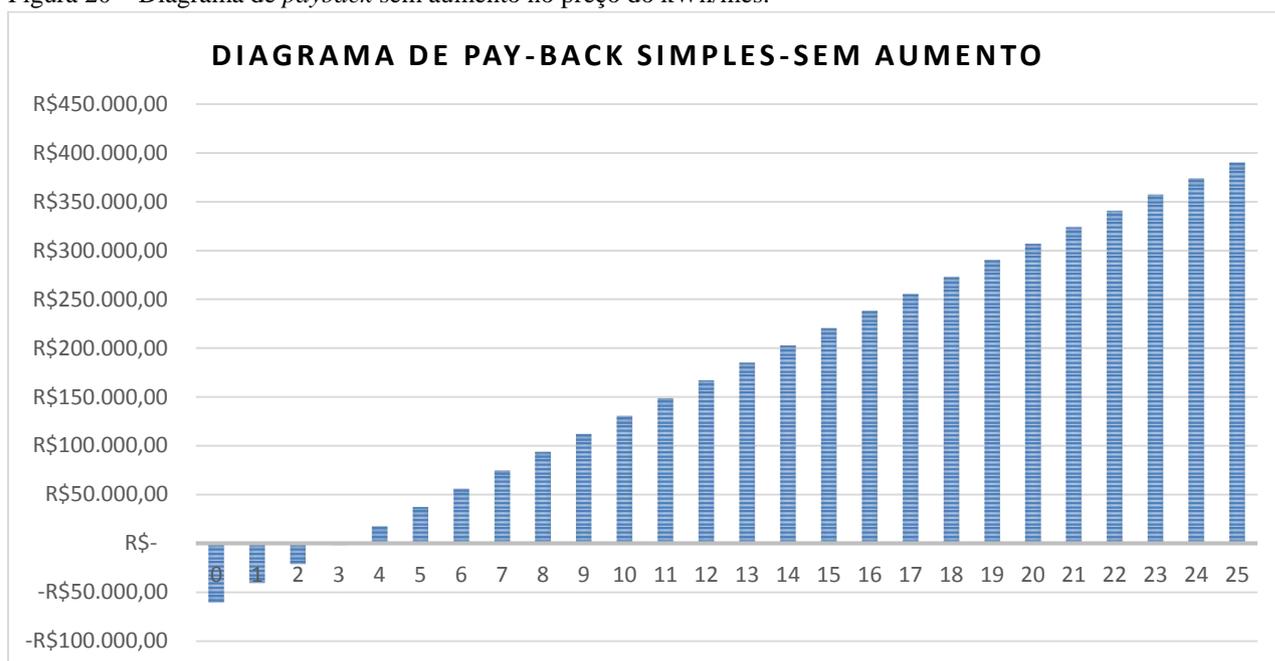
e em 2015 os aumentos foram ainda maiores, resultando num índice de aproximadamente 28,59% até abril deste ano. Com base nestas informações consideraremos 10% de aumento no kWh/mês em relação ao último mês de 2019 para os próximos 25 anos (garantia dos módulos). A reposição dos inversores durante a garantia das placas não foi considerado, uma vez que não foi possível estipular o valor individual do equipamento, apenas do kit completo. Foi considerada uma perda anual de 97,5% a 80,7% relativa a produção de energia elétrica dos módulos durante o período de garantia, conforme dados do fabricante. Esse valor de perda foi descontado ano a ano através da informações obtidas nos datasheet dos módulos (RISEN ENERGY, 2018). Com estas informações foram gerados dois diagramas de *payback*: um considerando de acréscimo no kWh/mês de 10% ao ano e outro considerando o valor constante do kWh/mês outubro de 2018(MELO, 2015) (CEMIG, 2014).

Como pode-se notar nas Figuras 19 e 20, o custo do investimento para implementação do sistema será retornado no prazo estimado de 3 anos em ambos os casos, porém caso os aumentos de tarifa de energia elétrica continuem, a economia gerada por este sistema fotovoltaico pode ultrapassar a R\$ 1.600.000,00. Caso o valor da energia elétrica se estabilize a economia no fim da garantia dos módulos seria de aproximadamente R\$ 400.000,00.

Figura 19 – Diagrama de *payback* com aumento de 10% no preço do kWh/mês.



Fonte: RODRIGUES (2018).

Figura 20 – Diagrama de *payback* sem aumento no preço do kWh/mês.

Fonte: RODRIGUES (2018).

### 4.3 Comparação com outros investimentos

Para comprovar a viabilidade do sistema neste trabalho, foi realizada a comparação entre o retorno obtido no período de 17 de maio de 2017 até 21 de outubro de 2018, com o que seria adquirido através da poupança, do CDB e do RDC.

Segundo a gerente da agência da CAIXA Econômica da cidade de Arcos-MG, quando o recurso é investido em CDB na CAIXA no período em questão, o rendimento é de aproximadamente 94% do CDI. Por meio da página do Banco Central, é possível obter a correção do valor caso o mesmo fosse investido no CDI. Através da Figura 21 é possível notar quanto renderia o recurso se fosse aplicado em CDB, este valor seria de 11,96% do investimento inicial o que equivale a uma taxa de aproximadamente 0,6% ao mês, o que equivaleria a um valor monetário de R\$ 7.149,57.

Figura 21 – Simulação do investimento caso fosse aplicado no CDB da CAIXA de Arcos-MG.

**Resultado da Correção pelo CDI**

<b>Dados básicos da correção pelo CDI</b>	
<b>Dados informados</b>	
Data inicial	17/03/2017
Data final	22/10/2018*
Valor nominal	R\$ 59.762,72 (REAL)
% do CDI	94,00 %
<b>Dados calculados</b>	
Índice de correção no período	1,11963266
Valor percentual correspondente	11,963266 %
Valor corrigido na data final	R\$ 66.912,29 (REAL)

Fonte: Figura extraída de (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

Em contato realizado com um gerente da Cooperativa de Crédito de Iguatama LTDA (CREDITAMA), ele informou que o rendimento do investimento em RDC no CREDIATAMA é igual a 96% da taxa SELIC do dia. Novamente através da página do Banco Central é possível obter o valor corrigido da taxa SELIC, a Figura 22 apresenta o valor corrigido se fosse adotado 100% da SELIC, como o rendimento do valor no CREDIATAMA é apenas de 96% da SELIC, caso o recurso fosse investido no RDC renderia 12,28% do valor aplicado, o que representa uma taxa média de 0,61% ao mês, o que equivaleria a um valor monetário de R\$ 7.338,80.

Figura 22 – Simulação do investimento caso fosse aplicado no RDC do CREDIATMA de Iguatama/MG

**Resultado da Correção pela Selic**

<b>Dados básicos da correção pela Selic</b>	
<b>Dados informados</b>	
Data inicial	17/03/2017
Data final	22/10/2018*
Valor nominal	R\$ 59.762,72 (REAL)
<b>Dados calculados</b>	
Índice de correção no período	1,127915638097764
Valor percentual correspondente	12,791563809776418 %
Valor corrigido na data final	R\$ 67.407,31 (REAL)

Fonte: Figura extraída de (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

A caderneta de poupança, mesmo não oferecendo um retorno atrativo, ainda é uma opção de escolha por muitos. Isso ocorre devido a caderneta de poupança ser um dos métodos

mais seguros de rendimento e a sua rentabilidade atual ser de aproximadamente 0,5% ao mês. Utilizando a página do banco central, foi possível obter o ganho caso o recurso fosse aplicado na caderneta de poupança. Como é possível notar na Figura 23, o rendimento seria de 8,76% do valor investido, sendo este valor equivalente a R\$ 5.234,47 (CAIXA, 2018).

Figura 23 – Simulação do investimento caso fosse aplicado na caderneta de poupança da CAIXA.

**Resultado da Correção pela Poupança**

<b>Dados básicos da correção pela Poupança</b>	
<b>Dados informados</b>	
Data inicial	17/03/2017
Data final	21/10/2018
Valor nominal	R\$ 59.762,72 (REAL)
Regra de correção	Nova
<b>Dados calculados</b>	
Índice de correção no período	1,0875875
Valor percentual correspondente	8,7587500%
Valor corrigido na data final	R\$ 64.997,19 (REAL)

Fonte: Figura extraída de (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018).

Como pode-se observar na Tabela 6, na seção 4.2, o cliente já havia obtido um retorno do investimento de R\$ 23.833,26, o que equivale a 39,88% do valor investido, sendo este retorno quase cinco vezes maior que o da caderneta de poupança, e quase quatro vezes maior que o CDB e o RDC. Ao ser questionado sobre o seu grau de satisfação, após um ano e meio da conclusão do projeto, o cliente disse estar muito satisfeito e que não esperava que fosse um investimento tão rentável e que recomenda a instalação deste tipo de sistema.

## 5 CONCLUSÃO

A micro usina proposta neste trabalho foi projetada e instalada seguindo normas, procedimentos impostos pelas ANEEL, CEMIG e pela empresa ConectSol de Arcos-MG. Todos os critérios de instalação físicas e elétricas foram realizados com sucessos, sendo comprovados após as vistorias realizadas pela empresa ConectSol, e posteriormente pela concessionária de energia CEMIG. O sistema até a conclusão deste trabalho, não demonstrou nenhum problema e tem previsão de funcionamento para mais 23 anos.

O presente estudo teve como proposta apresentar a implementação de um sistema fotovoltaico em um supermercado na cidade Iguatama, com média de consumo em torno de 2.001 kWh/mês. A capacidade de média gerada pela micro usina foi de 1915,27 kWh/mês e ficou 4 % abaixo do consumo mensal demandado pelo supermercado. Essa diferença ocorreu devido a área disponível no telhado do supermercado para instalação dos módulos fotovoltaicos. Como a diferença foi muito pequena, na maioria dos meses a conta de energia elétrica atingiu o valor da taxa mínima e nos demais ficou bem próxima, o que era o objetivo inicial deste trabalho.

A análise financeira realizada pelo diagrama de *payback* demonstrou que o investimento feito foi viável, projetando uma economia nos primeiros 20 meses de aproximadamente R\$ 24.000,00, sendo este investimento superior a maioria dos investimentos de baixo riscos como a caderneta de poupança, CDB da CAIXA e o RDC do CREDITAMA. Numa análise simplificada estima-se o retorno do valor investido em três anos e um *payback* de aproximadamente R\$ 400.000,00 no final da garantia dos módulos, sendo que este valor não considera os gastos com a substituição dos inversores.

A usina atendeu a expectativa do cliente, que ao ser questionado relatou, estar muito satisfeito e que recomendaria a construção de micro usinas fotovoltaicas, e que mesmo nos meses onde a conta não atinge a taxa mínima, considera que o valor cobrado pelo consumo de energia elétrica é irrisório, comparado ao valor da fatura de energia antes da instalação da micro usina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Reunião ANEEL: Separação de Lastro e Energia Contratação de Capacidade.** São Paulo, 2017.

ABNT. **NBR 15145: Métodos de medições de níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 a 60 Hz.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

AGÊNCIA CÂMARA NOTÍCIAS. **Notícias.** Comissão aprova isenção tributária para incentivar o uso da energia solar. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/MEIO-AMBIENTE/502468-COMISSAO-APROVA-ISENCAO-TRIBUTARIA-PARA-INCENTIVAR-O-USO-DA-ENERGIA-SOLAR.html>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 1. Ed. – Brasília: ANEEL, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.** 2017.

ALVES, C. A. et al. **Dimensionamento de Sistema de Geração Fotovoltaica Grid-Tie e Instalação de Planta de 3 kWp na Usina Ecoelétrica.** 8º Congresso de Extensão Universitária da UNESP, 2015, São Paulo.

AMARAL, W. R. V. do; PINOTTI, M. A.; JUNKES, M. M. Análise da Viabilidade do Uso de Sistema Híbrido Termo - Fotovoltaico. **Revista da UNIFEFE**, Brusque, v. 1, n. 17, p. 5-16, jan./abr. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Reunião ANEEL: Separação de Lastro e Energia Contratação de Capacidade.** São Paulo, 2017.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Calculadora do Cidadão. **Correção de Valores.** Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=5>>. Acesso em: 23 Nov. 2018.

BENEDITO R. da S. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório.** 2009. 110 p. Dissertação (programa de pós-graduação em energia) -Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRAGA S. A. M. et al. **Energia Eólica: perspectivas e análises.** Belo Horizonte, 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Produtos. **Perguntas Frequentes sobre CDB.** Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/poupanca-e-investimentos/cdb/perguntas-frequentes/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 16 Out. 2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Produtos. **Poupança**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/voce/poupanca-e-investimentos/poupanca/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 15 Out. 2018.

CALDAS H. H. S. E.; MOISÉS A. L. S. Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – Ba. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Salvador, v. 5, p. 164-180, 2016.

CAMPOS, O. L. Estudo de caso sobre impactos ambientais de linhas de transmissão na Região Amazônica. **BNDES Setorial**, n. 32, p. 231-266, set. 2010.

CELESTINO D. et al. **Laboratório de desenvolvimento de ideias**: estudo do caso da construção de placa fotovoltaica de leds. Juiz de Fora, 2014.

CEMIG. Micro Mini geração. **Mini e micro geração distribuída**: sistema de compensação de energia. Disponível em: < [http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Paginas/micro\\_minigeracao.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Paginas/micro_minigeracao.aspx)>. Acesso em: 10 Out. 2018.

CEMIG. Imprensa. **ANEEL Define Reajuste das Tarifas da CEMIG**. Disponível em: < [https://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/reajuste\\_tarifario.aspx](https://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/reajuste_tarifario.aspx)>. Acesso em: 15 nov. 2018.

CENTRO DE REFERENCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SERGIO DE S. BRITO. Em destaque. **Descomissionamento da Casa Solar Eficiente**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?>>>. Acesso em: 25 out. 2018.

DELGADO, D. B de M. et al **Dimensionamento e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede para uma unidade educacional pública do município de Paulo Afonso – Ba**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, VII, 2018, Gramado.

D'OLIVEIRA R. L. D. **O princípio da integração ambiental e as energias renováveis**. 2016. 165 p. Dissertação (Mestrado na Área de Especialização em Ciências Jurídico-Políticas /Menção em Direito do Ordenamento, Urbanismo e Ambiente) - Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

FERREIRA R. D. E. **Metodologia de aplicação eficiente de energia solar em residências**. 2016. 140 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GALDINO, M. A. E. et al. O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da Direng**. Rio de Janeiro, p.17-25. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>> Acesso em: 22 set 2018.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração Financeira / Lawrence J. Gitman; tradução Allan Vidigal Hastings; revisão técnica Jean Jacques Salim**. – 12. Ed. – São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

GOLDEMBERG J.; LUCON O. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, n. 72, p. 6-15, Dez./Fev., 2006-2007.

GRUPO DE TRABALHO DE ENERGIA SOLAR. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Especial. Ed. Rio de Janeiro, PRC-PRODEEM 2004.

INOVACARE SOLAR. Tecnologia. **Sistema on-grid (conectado à rede)**. Disponível em: <<http://www.inovacare.solar/tecnologia>>. Acesso em: 22 Out. 2018.

KEMERICH P. D. DA C. et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.20, n. 1, p. 241-247, jan.-abr. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/download/16132/pdf>>. Acesso em: 27 Out. 2018.

MACEDO W. N. **Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. 2006. 201 p. Tese (Doutorado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 1, 126-143, out. 2014.

MARTINS J. J. **Mercado imobiliário**: Um estudo da percepção dos empresários do segmento imobiliário na cidade de mariana-mg. 2017. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) -Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, Ouro Preto, 2017.

MELLO M. B. C. de. **Avaliação de Projetos de Investimentos com Opções Reais**: Cálculo do Valor da Opção de Espera de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede. 2015. 78 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) –Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

NASCIMENTO C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. 2004. 21 p. Monografia (Pós-Graduação Lato-Sensu em Fontes alternativas de energia) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 5 Nov. 2018.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2014.

RODRIGUES, M. C. B.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, H. A. C. **Uma visão topológica sobre sistemas fotovoltaicos monofásicos conectados à rede de energia elétrica**, UFJF. Juiz de Fora, MG, Brasil. 2004.

PORTAL SOLAR. **Mercado de Energia Solar no Brasil**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 15 de setembro de 2018.

RIBEIRO U. G. V. **Estudo de viabilidade econômica de instalação de fontes de energia renováveis baseadas em células fotovoltaicas para o uso residencial**. 2012. 58 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

RISEN SOLAR TECHNOLOGY. **High performance modules**. Disponível em: <<https://www.risenenergy.com.au/products/high-performance-modules/>>. Acesso em: 2 Nov. 2018.

RISEN SOLAR TECHNOLOGY. **High performance monocrystalline modules**. Disponível em: <<https://www.risenenergy.com.au/wp-content/uploads/2018/01/Risen-ProductDatasheet-RSM72-6-330M-350M-4BB-IEC1500Vdc-English-20170626-v1.pdf>>. Acesso em: 23 Out. 2018.

SANTOS, F. A.; SOUZA C. A. de; DALFIOR V. A. O. **Energia Solar: um estudo sobre a viabilidade econômica de instalação do sistema fotovoltaico em uma residência em Ipatinga-MG**. Ipatinga, 2015.

SANTOS, G. C. dos. **O uso do Método Paraconsistente de Decisão Modificado para inclusão de equipamentos no portfólio do Selo Procel: Um estudo em inversores off grid para sistema fotovoltaico**. 2016. 216 p. Dissertação (Programa de pós-graduação em engenharia de energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

SHACKELFORD, J. F. **Ciência dos Materiais**. 6. ed. São Paulo: *Pearson Education* do Brasil, 2008.

SHAYANI. R. A.; OLIVERIA M. A. G. de; CAMARGO I. M. de T. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, V, 2006, Brasília.

SICOOB. Produtos e Serviços. **Conta Corrente**. Disponível em: <<http://www.sicoobcreditama.com.br/produtos>>. Acesso em: 2 Nov. 2018.

SILVA, G. R. **Características de vento na região Nordeste: Análise, modelagem e aplicações para projetos de centrais eólicas**. 2003. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

SIMÕES, G. C. et al. **Avaliação de desempenho de diferentes tecnologias fotovoltaicas no nordeste brasileiro**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, VI, 2016, Belo Horizonte.

SOUZA R. di. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares**. Ribeirão Preto: Blue Sol Energia Solar, 2015. Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 12 Nov. 2018.

SUNFLOWER RENEWABLE ENERGY. Aquecedor Solar de Água. **Ângulo de instalação do aquecedor solar de água**. Disponível em: <[http://www.sunflower-solar.com/index\\_es.php?act=content&scheduler\\_id=1355](http://www.sunflower-solar.com/index_es.php?act=content&scheduler_id=1355)>. Acesso em: 12 nov. 2018.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Programa RADIASOL**. Laboratório de Energia Solar. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acesso em: 06 Nov. 2018.

ZAHN, M. **Electromagnetic field theory: A problem solving approach**. Florida: Krieger Publishing Company, 2003.

ZILLES, R. et al. **Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

## APÊNDICE A – Questionário para criação do pré-projeto

### Dados básicos para confecção do pré-projeto

#### 1 – IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA – UC

NÚMERO DO CLIENTE: XXXXXXXXXXXX		NÚMERO DA INSTALAÇÃO: XXXXXXXX	
Titular da UC: XXXXXXXXXXXXXXXXX			
Classe: Comercial Trifásico	Tensão de entrada (Vac): 127/220	Tipo de Ramal: <input checked="" type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Subterrâneo	
Rua/Av.: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			Número: XXXX
Complemento:	Bairro: XXXXXXXXXXXX	CEP: XXXXXXXX	
Município: Iguatama	Coordenadas: XXXXXXXX	Estado: MG	
Telefone: XXXXXXXXXXXXXXXXX		Celular: XXXXXXXXXXXX	
E-mail: XXXXXXXXXXXXXXXXX			

#### 2 – DADOS DO LOCAL DA UNIDADE CONSUMIDORA

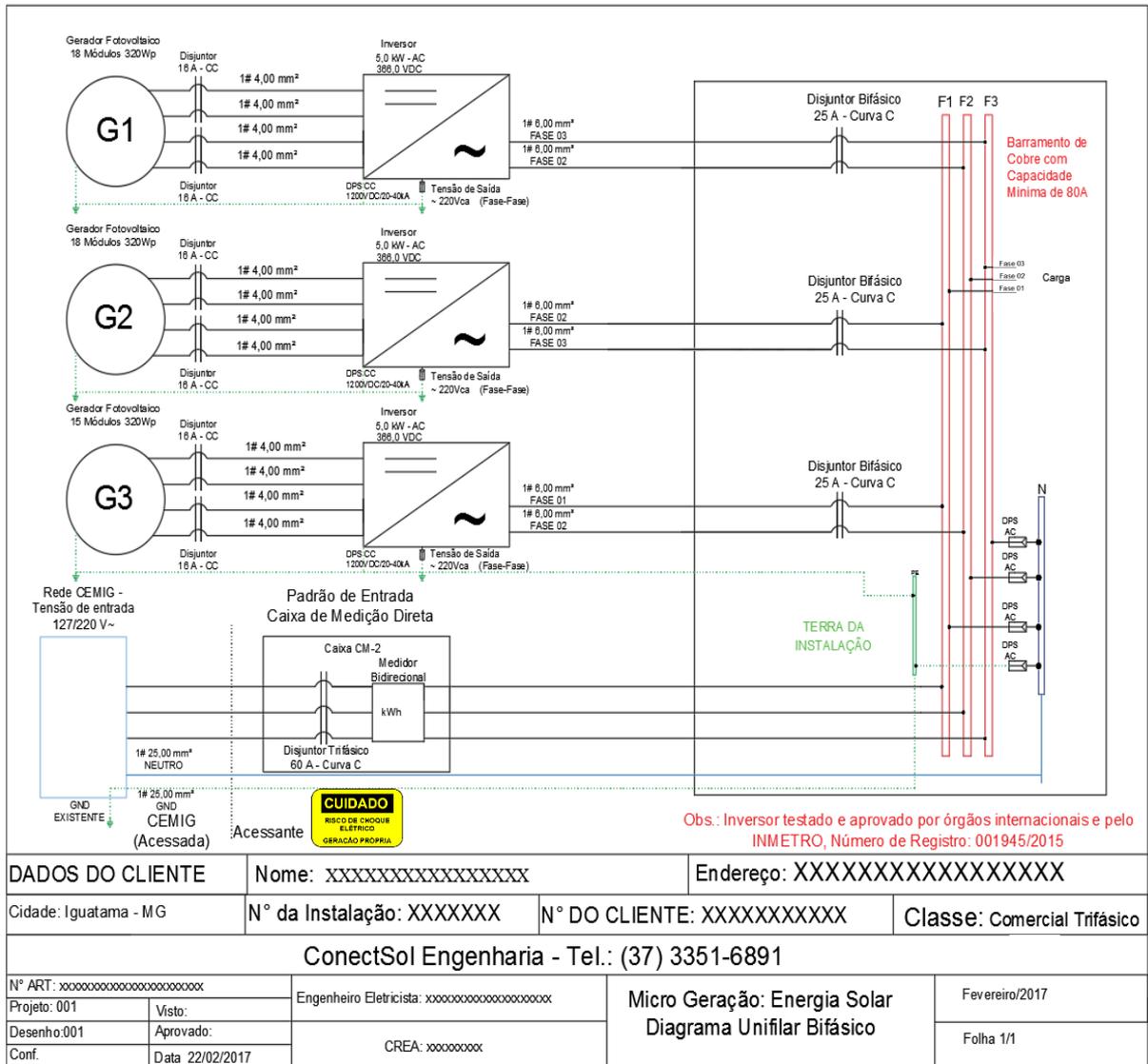
Possui Telhado com espaçamento entre caibros inferior a 1,9 m. <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim. Quantos Telhados a Unidade Possui: <u>2</u>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

Telhado 1 possui espaçamento entre caibros linear: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não.	Se sim. Telhado 1. Dimensões Comprimento <u>11,5</u> (m), Largura <u>7,0</u> (m) Espaçamento: <u>1,8</u> (m)
Telhado 1 possui espaçamento entre caibros não linear, porem em algumas partes inferior a 1,9m: <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Se sim. Comprimento _____ (m)
Caída do Telhado <u>11,1</u> °	Desvio azimutal <u>-31,6</u> °
Número de Caibros: <u>7</u>	

Telhado 2 possui espaçamento entre caibros linear: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não.	Se sim. Telhado 2. Dimensões Comprimento <u>14,5</u> (m), Largura <u>2</u> (m) Espaçamento: <u>1,6</u> (m)
Telhado 2 possui espaçamento entre caibros não linear, porem em algumas partes inferior a 1,9m: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim. Comprimento <u>1,5 m</u> (m)
Caída do Telhado <u>-1,6</u> °	Desvio azimutal <u>-44</u> °
Número de Caibros: <u>5</u>	

Telhado 3 possui espaçamento entre caibros linear: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não.	Se sim. Telhado 3. Dimensões Comprimento _____ (m), Largura _____ (m) Espaçamento: _____ (m)
Telhado 3 possui espaçamento entre caibros não linear, porem em algumas partes inferior a 1,9m: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Se sim. Comprimento _____ (m)
Caída do Telhado _____ °	Desvio azimutal _____ °
Número de Caibros: _____	

**APÊNDICE B – Diagrama Unifilar do projeto executado e enviado a CEMIG.**



## ANEXO A – Fatura da CEMIG

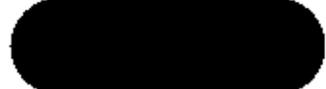
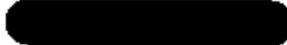
Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087 Tarifa Social de Energia Elétrica – TSEE foi criada pela  
Av. Barbacena, 1.200 – 17º andar – Ala A1 – CEP 30190-131 – Belo Horizonte – MG Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002



Referente a  
**JAN/2017**

**Nº DO CLIENTE**

Código de Débito Automático



## 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

<b>Classe</b> Comercial Bifásico	<b>Subclasse</b> Comercial	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 02/12 Atual 03/01 Próxima 02/02	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 03/01 Apresentação 03/01	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> 
----------------------------------------	-------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	-----------------------------

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	AEA076009744	6.447	8.946	1	2.499

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.076, de 24/05/2016, DEZ/2016 Band. Verde - JAN/2017 Band. Verde O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando <a href="http://www.cemig.com.br">www.cemig.com.br</a> Leitura realizada conforme calendário de faturamento

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	2.499	0,74904117	1.871,83
Encargos/Cobranças			
Contrib. Custeio Ilum. Pública			30,67
Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
Energia Elétrica kWh		0,53122000	

Indicadores de Qualidade de Fornecimento			
Bambu-Mês: 11/2016		Valores Permitidos	
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	6,15	12,30	24,60
FIC 0,00	3,48	6,97	13,95
DMIC 0,00	3,63	-	-
DICRI -	12,22	-	-
Tensão: Nominal= 127/220 V Min= 117/202 V Máx.= 133/231 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 631,61			

Informações de Faturamento			
PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%
Energia 485,07	25,91	Enc. setoriais 304,08	16,25
Distribuição 403,79	21,57	Tributos 544,32	29,08
Transmissão 33,75	1,80	Totais 1.871,83	100,00
Perdas 100,82	5,39		

<b>VENCIMENTO</b> <b>23/01/2017</b>	<b>VALOR A PAGAR</b> <b>R\$ 1.902,50</b>
----------------------------------------	---------------------------------------------

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
JAN/17	2.499	78,09	32
DEZ/16	2.177	75,06	29
NOV/16	2.268	75,60	30
OUT/16	2.232	72,00	31
SET/16	1.918	61,87	31
AGO/16	1.745	58,16	30
JUL/16	1.778	57,35	31
JUN/16	2.021	65,19	31
MAI/16	2.219	71,58	31
ABR/16	2.367	76,35	31
MAR/16	2.110	72,75	29
FEV/16	1.998	71,35	28
JAN/16	2.416	73,21	33

Reservado ao Fisco			
SEM VALOR FISCAL			
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	Valor (R\$)
-	-	-	-

Ouvedoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis

<b>Unidade de leitura</b> 	<b>Conta Contrato</b> 	<b>Vencimento</b> <b>23/01/2017</b>	<b>Total a pagar</b> <b>R\$1.902,50</b> Janeiro/2017
-------------------------------	---------------------------	----------------------------------------	------------------------------------------------------------



## ANEXO C – Formulário da CEMIG para entrada do Projeto.

	<b>FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU SUPERIOR A 10kW</b>																				
Superintendência de Relacionamento Comercial com Clientes de Distribuição – RC																					
<b>1 – IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA – UC</b>																					
NÚMERO DO CLIENTE: [REDACTED]	NÚMERO DA INSTALAÇÃO: [REDACTED]																				
Titular da UC: [REDACTED]																					
Classe: Comercial Trifásico	CPF/CNPJ: [REDACTED]																				
Rua/Av.: [REDACTED]	Número: [REDACTED]																				
Complemento: [REDACTED]	Bairro: [REDACTED]																				
Município: Iguatama	Estado: MG																				
Telefone: [REDACTED]	Celular: [REDACTED]																				
E-mail: [REDACTED]																					
<b>2 – DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>																					
Carga Instalada (kW): 24,07	Disjuntor Geral de Entrada: <u>60</u> _A <input type="checkbox"/> Monopolar <input type="checkbox"/> Bipolar <input checked="" type="checkbox"/> Tripolar																				
Tensão de Atendimento (V): 127/220	Tipo de Ramal: <input checked="" type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Subterrâneo																				
<b>3 – DADOS DA GERAÇÃO</b>																					
Potência Instalada (kW): 15,00																					
Disjuntor Geral Solicitado: <u>60</u> _A <input type="checkbox"/> Monopolar <input type="checkbox"/> Bipolar <input checked="" type="checkbox"/> Tripolar																					
Tipo de fonte da GD: <input checked="" type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Outra (especificar):																					
<b>4 – TIPOS DE SOLICITAÇÃO</b>																					
<input type="checkbox"/> Ligação de Nova Unidade Consumidora Com Geração Distribuída <input checked="" type="checkbox"/> Conexão de Geração Distribuída em Unidade Consumidora Existente SEM Aumento de Potência Disponibilizada <input type="checkbox"/> Conexão de Geração Distribuída em Unidade Consumidora Existente COM Aumento de Potência Disponibilizada																					
<b>5 - DOCUMENTAÇÃO A SER ANEXADA</b>																					
<input type="checkbox"/> 1. ART do Responsável Técnico pelo projeto e instalação do sistema de microgeração. <input type="checkbox"/> 2. Projeto Elétrico das instalações de conexão e Memorial Descritivo. <input type="checkbox"/> 3. Diagrama unifilar contemplando Geração, Carga e Proteção. <input type="checkbox"/> 4. Certificado de conformidade do(s) inversor(es), de acordo com as normas brasileiras ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150 e ABNT NBR IEC 62116. <input type="checkbox"/> 5. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a> .																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Qtde Módulos</th> <th>Fabricante dos Módulos</th> <th>Modelo do Módulo</th> <th>Potência Módulos (kWp)</th> <th>Qtde Inversores</th> <th>Fabricante do Inversor</th> <th>Modelo do Inversor</th> <th>Potência Inversores (kWp)</th> <th>Área dos Arranjos (m²)</th> <th>Qtde de Instalações a receber o crédito</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">51</td> <td style="text-align: center;">Risen Energy - Renovig</td> <td style="text-align: center;">RSM72-6-320</td> <td style="text-align: center;">320</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">B&amp;B Power - Renovig</td> <td style="text-align: center;">B&amp;B Power SF5000TL</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">98,96</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table>	Qtde Módulos	Fabricante dos Módulos	Modelo do Módulo	Potência Módulos (kWp)	Qtde Inversores	Fabricante do Inversor	Modelo do Inversor	Potência Inversores (kWp)	Área dos Arranjos (m²)	Qtde de Instalações a receber o crédito	51	Risen Energy - Renovig	RSM72-6-320	320	3	B&B Power - Renovig	B&B Power SF5000TL	5	98,96	1	
Qtde Módulos	Fabricante dos Módulos	Modelo do Módulo	Potência Módulos (kWp)	Qtde Inversores	Fabricante do Inversor	Modelo do Inversor	Potência Inversores (kWp)	Área dos Arranjos (m²)	Qtde de Instalações a receber o crédito												
51	Risen Energy - Renovig	RSM72-6-320	320	3	B&B Power - Renovig	B&B Power SF5000TL	5	98,96	1												
<input type="checkbox"/> 6. Lista das unidades consumidoras do sistema de compensação (se houver), indicando a porcentagem de rateio e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012. <input type="checkbox"/> 7. Cópia do instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver). <input type="checkbox"/> 8. Documento que comprove o reconhecimento, pela Aneel, da cogeração qualificada (se houver). <input type="checkbox"/> 9. Formulário de Análise de Carga, com os respectivos anexos necessários (para solicitação de Ligação Nova de Unidade Consumidora com GD ou conexão de GD COM aumento de potência disponibilizada); <input type="checkbox"/> 10. Cópia da Carteira de Identidade do titular da UC, ou de outro documento de identificação oficial com foto.																					
<b>6 – CONTATO NA DISTRIBUIDORA (preenchido pela Distribuidora)</b>																					
Responsável / Área:	Endereço:																				
Telefone: ( ) -	E-mail:																				
<b>7 – SOLICITANTE:</b>																					
Nome do Cliente ou Procurador Legal: [REDACTED]																					
Telefone: [REDACTED]	E-mail: [REDACTED]																				
Local e data: Iguatama, 20 de fevereiro de 2017	Assinatura do Cliente/Responsável Legal: [REDACTED]																				