

**REDE DOCTUM DE ENSINO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA
CONECTADA À REDE NO PRÉDIO DA DOCTUM CARATINGA**

WESLEY FERREIRA CAMPOS

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

WESLEY FERREIRA CAMPOS

**ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA
CONECTADA À REDE NO PRÉDIO DA DOCTUM CARATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica do Instituto Tecnológico de Caratinga ITC/DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professor Orientador: Daniel Mageste Butters .

Caratinga/MG

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE NO PRÉDIO DA DOCTUM CARATINGA

Nome completo do aluno: WESLEY FERREIRA CAMPOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Daniel Mageste Butters, Joildo Fernandes Costa Junior e Vinicius Murilo Lima Rodrigues, às 20:10 horas do dia 12 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: APROVADO (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: ÓTIMA (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: (X)SIM ()NÃO

Caratinga, 12 de dezembro de 2016

Daniel M. Butte

Professor Orientador e Presidente da Banca

[Assinatura]
Professor Avaliador 1

Vinicius M. Lima

Professor Avaliador 2

[Assinatura]
Aluno(a)

[Assinatura]
Coordenador(a) do Curso

A Deus por me permitir chegar até aqui, vencendo cada obstáculo que eram impostos pelo caminho, realizando mais um sonho. Obrigado Deus.

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que fez e continua fazendo em minha vida.

Agradeço à minha família, em especial a minha mãe Gislene e meu pai Amilcar, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Ao meu irmão Weverton, pelo incentivo e companheirismo.

A minha noiva Simone pelo carinho, paciência e motivação.

Aos meus amigos pelos momentos de dificuldades e alegrias que passamos juntos nesses cinco anos da graduação.

Aos professores do curso de Engenharia Elétrica, pela dedicação e pelos conhecimentos compartilhados.

A todos que de alguma forma contribuíram para essa importante etapa da minha vida, o meu muito obrigado!

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia”
(ROBERT COLLIER)

CAMPOS, Wesley Ferreira. **ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE NO PRÉDIO DA DOCTUM CARATINGA**. Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de caso sobre a implantação de um sistema de energia solar com painéis fotovoltaicos conectados à rede, utilizando a área dos telhados do edifício da Rede de Ensino Doctum - Campus Caratinga, o sistema utiliza a tecnologia conhecida como Grid Tie, de modo que a energia gerada pelos painéis e que não for consumida pela instituição, seja injetada na rede elétrica da concessionária local, gerando um crédito no valor da conta de energia. Com as novas normas sobre a geração distribuída de energia elétrica de fontes renováveis, geradas pelos próprios consumidores, em especial a geração solar fotovoltaica, conforme publicação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) resolução nº: 482/2012, atualizada pela resolução nº: 687/2015, houve um grande avanço na padronização e incentivos a usuários residenciais e comerciais, para adquirirem os equipamentos e para poder compartilhar a energia gerada com a rede. Com a implantação do sistema de geração solar fotovoltaico na instituição deverá ser aproveitado uma parte da área dos telhados que está ociosa para a geração de energia limpa, trazendo benefícios financeiros de médio a longo prazo, podendo também servir como ponto de partida para uma possível implantação nas demais unidades da instituição. A implantação também pode servir como uma importante ferramenta para o auxílio do ensino de alunos da graduação da instituição, sendo que a tecnologia de energia solar está crescendo a cada ano e com ótimas perspectivas para o futuro.

Palavras-chave: Energia solar. Painéis. Fotovoltaico.

CAMPOS, Wesley Ferreira. **ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE NO PRÉDIO DA DOCTUM CARATINGA.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica. Instituto Tecnológico de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

This present work presents a case study about a solar energy system's deployment with photovoltaics panels connected to the grid, using the roof of the Doctum Learning Center - Campus Caratinga, the system uses the technology known as Grid Tie, so that the energy generated by the panels and not consumed by the institution, is injected into the local concessionaire's electric grid, generating a credit on the amount of the electric bill. With the new rules on the distributed generation of electricity from renewable sources generated by the consumers themselves, in particular photovoltaic solar generation, according to a publication by the National Agency of Electric Energy (ANEEL) resolution number 482/2012, updated by resolution number 687/2015 there has been a great advance in the standardization and incentives to residential and commercial users, to acquire equipment and to be able to share the generated energy with the grid. With such implantation, a part of the roof area that is idle in order to generate clean energy, bringing financial benefits over the medium to long term, and can also serve as a starting point for a possible implementation for the other branches of the institution. Such implementation can also serve as an important tool for aiding under graduated students, considering that solar technology is growing every year and with great prospects for the future.

Key-words: Solar energy. Panels. Photovoltaic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Temperatura média anual de Caratinga – MG.	17
Figura 2	– Irradiação solar diária – horizontal de Caratinga – MG.	17
Figura 3	– Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo típico.	18
Figura 4	– Organização e componentes de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica.	19
Figura 5	– Conceito de geração distribuída.	21
Figura 6	– Sistema de compensação de energia elétrica.	22
Figura 7	– Configuração para o aproveitamento da célula fotovoltaica.	24
Figura 8	– Célula fotovoltaica de silício policristalino.	25
Figura 9	– Célula fotovoltaica de silício monocristalino.	26
Figura 10	– Célula fotovoltaica de silício filme fino.	27
Figura 11	– Constituição de um módulo fotovoltaico.	27
Figura 12	– Orientação azimutal correta do módulo solar.	28
Figura 13	– Posicionamento solar no verão e inverno.	28
Figura 14	– Modos de ligação de conjuntos de módulos em série e paralelo.	29
Figura 15	– Inversor CC – CA utilizado em Grid Tie e funciona em sincronia com a rede elétrica.	30
Figura 16	– Principais recursos presentes nos inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.	31
Figura 17	– Protetor de surto string box ABB Centrium Energy.	33
Figura 18	– Diagrama elétrico de uma caixa de strings.	34
Figura 19	– Conectores de engate rápido MC4 para conexões de módulos fotovoltaicos.	35
Figura 20	– Painéis solares dentro da zona de proteção de um SPDA.	37
Figura 21	– Latitude, longitude e elevação da cidade de Caratinga – MG.	40
Figura 22	– Irradiação solar no plano inclinado em Caratinga – MG.	41
Figura 23	– Vista da área disponível nos telhados do bloco B.	44
Figura 24	– Área descartada pelo estudo no Bloco C.	45
Figura 25	– Área escolhida pelo estudo como ideal do Bloco C.	45
Figura 26	– Vista da área disponível nos telhados do bloco D.	46
Figura 27	– Tela de configuração do sistema fotovoltaico no software PVsyst.	48
Figura 28	– Produção de energia e perdas mensais por kwp instalado.	49
Figura 29	– Desempenho mensal do sistema fotovoltaico.	49
Figura 30	– Previsão de geração do sistema fotovoltaico.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Consumo em kwh/mês dos 3 padrões durante o período de 12 meses	38
Tabela 2	– Radiação solar diária – horizontal de Caratinga-MG	39
Tabela 3	– Escolha do ângulo de inclinação do modulo.	40
Tabela 4	– Comparação entre as áreas disponíveis e a necessária	46
Tabela 5	– Média das porcentagens dos reajustes anuais da CEMIG.	51
Tabela 6	– Tabela com os dados dos orçamentos referente os três padrões da instituição.	54
Tabela 7	– Tabela VPL, considerando os valores calculados de total do investimento e seu retorno anual.	56
Tabela 8	– Tabela com os valores de VPL, referente aos 3 padrões de energia elétrica.	57
Tabela 9	– Tabela TIR, comparando o investimento na poupança e o investimento na implementação do sistema fotovoltaico.	58
Tabela 10	– Tabela com os valores de TIR, referente aos 3 padrões de energia elétrica.	59
Tabela 11	– Tabela do payback sem despesas.	60
Tabela 12	– Tabela do payback com despesas.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CDC	Crédito Direto ao Consumidor
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CNPJ	Cadastro Nacional Pessoa Jurídica
CO ₂	Dióxido de Carbono
CPF	Cadastro Pessoa Física
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica de Sérgio Brito
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
EVA	Etileno Acetato de Vinila
FINEM	Linha de Financiamento de Empreendimentos
GD	Geração Distribuída
GRID TIE	Sistema Livre em Rede
IEC	International Electrotechnical Commission
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
KVA	Quilovolt-ampère
KW	Quilowatt
KWH	Quilowatt-hora
KWP	Quilowatt-Potência
M ²	Metro quadrado

MG	Minas Gerais
MPPT	Maximum Power Point Tracking (Tradução Livre: Sistema de Rastreamento da Máxima Potência Fotovoltaica)
MW	Megawatt
NBR	Norma Brasileira
ND	Norma de Distribuição
NR	Norma Regulamentadora
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica
PROGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
RMS	Root Medium Square (Tradução Livre: Raiz Média Quadrada)
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolados da Rede
SFV	Sistema Fotovoltaico
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
SWERA	Solar and Wind Energy Resource Assessment (Tradução Livre: Avaliação Solar e dos Recursos de Energia Eólica)
THD	Total Harmonic Distortion
TIR	Taxa Interna de Retorno
TWH	Terawatt-hora
UV	Ultravioleta
V	Volt
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 CONCEITOS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	16
2.1 RADIAÇÃO SOLAR	16
2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS	17
2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE	18
2.4 CONCEITO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	20
2.5 DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO	21
2.6 FINANCIAMENTOS	23
3 PRINCIPAIS COMPONENTES PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	24
3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	24
3.2 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	25
3.2.1 Silício Policristalino	25
3.2.2 Silício Monocristalino	26
3.2.3 Filmes Finos de Silício	26
3.3 CONSTRUÇÃO DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	27
3.4 POSICIONAMENTO PAINEL FOTOVOLTAICO	27
3.5 CONJUNTOS OU ARRANJOS FOTOVOLTAICOS	28
3.6 INVERSOR CC-CA	29
3.6.1 Sistema de Controle de Corrente	31
3.6.2 Sistema de Detecção de Ilhamento	31
3.6.3 Sistema de MPPT	32
3.7 STRING BOX	32
3.8 CABEAMENTO E CONEXÕES	34
3.9 ESTRUTURAS DE SUPORTE DOS PAINÉIS	35
3.10 ATERRAMENTO	36
3.11 SPDA	37
4 ESTUDO DE CASO	38
4.1 ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO USINA FOTOVOLTAICA	38
4.2 RADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA – HORIZONTAL DE CARATINGA – MG	39
4.3 ÂNGULO DOS PAINÉIS	39
4.4 CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO SOLAR	41
4.5 SIMULAÇÃO NO SOFTWARE PVSYS	47
4.6 PRAZO PARA O RETORNO DO INVESTIMENTO	51
4.6.1 VPL (Valor Presente Líquido)	55
4.6.2 TIR (Taxa Interna de Retorno)	57

4.6.3 Payback	59
5 CONCLUSÃO	62
6 REFERÊNCIAS	64
APÊNDICE A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO	70
APÊNDICE B - TABELA VPL PARA OS 3 PADRÕES DE ENERGIA	71
APÊNDICE C - TABELA TIR PARA OS 3 PADRÕES DE ENERGIA	72
APÊNDICE D - TABELA PAYBACK PARA O PADRÃO DO Nº: 125	73
APÊNDICE E - TABELA PAYBACK PARA O PADRÃO DO Nº: 147	74
APÊNDICE F - TABELA PAYBACK PARA O PADRÃO DO Nº: 197	75
ANEXO A - CONTA ENERGIA ELÉTRICA DO Nº: 197	76
ANEXO B - CONTA ENERGIA ELÉTRICA DO Nº: 125	77
ANEXO C - CONTA ENERGIA ELÉTRICA DO Nº: 147	78
ANEXO D - ORÇAMENTO SELTEC PARA USINA DE 118,04 KWP	79
ANEXO E - ORÇAMENTO SELTEC PARA O PADRÃO DO Nº: 125	80
ANEXO F - ORÇAMENTO SELTEC PARA O PADRÃO DO Nº: 147	81
ANEXO G - ORÇAMENTO SELTEC PARA O PADRÃO DO Nº: 197	82
ANEXO H - ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL	83

1 INTRODUÇÃO

Mediante o cenário energético brasileiro atual, que tem sua maior parte geradora centralizada em usinas hidroelétricas e que devido a interferências climáticas, vem sofrendo constantes baixas em seus reservatórios devido a poucas chuvas, com isso recentemente o país utilizou diversas usinas termoelétricas, cujo custo de geração de energia é mais elevado.

Com a crescente demanda por energia elétrica principalmente para o avanço industrial, essa instabilidade do setor energético brasileiro é um fator preocupante, pois afeta diretamente nos custos de produção das indústrias. Sendo necessária não apenas uma solução rápida, mas uma solução que atenda ao crescimento industrial e que seja uma energia mais limpa possível, a fim de atender a um crescente avanço da consciência ambiental.

A busca pela utilização de fontes alternativas de energia se tornou algo necessário pois, uma vez que depender em sua grande parte das gerações hidroelétricas e termoelétricas podem trazer riscos a geração, pois dependem de condições climáticas e elementos naturais, sendo que na falta ou diminuição deste meio gerador, traz sérios problemas na matriz energética nacional.

Atualmente existem diversas fontes de geração alternativas conhecidas e disponíveis, cada fonte tem sua particularidade, sendo que constantemente estão sendo pesquisadas e aperfeiçoadas, tornando-se a cada dia mais eficientes e com custos de implantação e manutenção menores.

Uma fonte que tem um grande poder de geração é a utilização da energia solar, pois sua fonte está presente em quase toda parte do planeta e em toda a extensão nacional e que atualmente sofreu importantes mudanças em suas regras o que deve impulsionar o uso mais abrangente do então criado Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que estimula a geração de energia elétrica por consumidores e visa principalmente a geração da energia solar fotovoltaica.

O marco teórico para o presente trabalho apresentado a seguir, determina as vantagens da utilização da geração distribuída e o crescimento do setor para o futuro.

A geração distribuída traz benefícios para o consumidor e para o setor elétrico: está no centro de consumo, o que reduz a necessidade de estrutura de transmissão elétrica e evita perdas. Até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por elas mesmas, entre residências, comércios, indústrias e no setor agrícola, o que pode resultar em 23.500 MW (48 TWh produzidos) de energia limpa e renovável, o equivalente à metade da geração da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Com isso, o Brasil pode evitar que sejam emitidos 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2015, p.1).

Com o intuito de aproveitar os benefícios concedidos para a implantação e distribuição da energia solar fotovoltaica e também de conseguir um possível retorno financeiro de médio a

longo prazo, devido a sua localização, extensão e ao alto consumo energético, foi escolhido para esse estudo um dos edifícios da Rede de Ensino Doctum - Campus Caratinga.

O estudo se iniciará com as atividades de revisão bibliográfica, tendo como marca fundamental a proximidade com o marco teórico, feito isso para definir as bibliografias básicas e suplementares, reunindo projetos, resoluções, normas e estudos, afim de permitir sintetizar fundamentos novos e desenvolvimento, em uma área que está em plena expansão.

O campus da Doctum Caratinga possui uma vasta área nos telhados que está ociosa, podendo vir a ser utilizada para geração de energia elétrica solar, servindo também como uma importante ferramenta de ensino para os alunos da instituição, sendo que estes não somente visualizem um sistema de energia solar fotovoltaico em funcionamento, mas também saibam como analisar os dados coletados, promover possíveis melhorias no sistema, solucionar problemas, dentre outros.

O presente trabalho tende a analisar cada área com possível potencial de geração, quais e quantos equipamentos serão necessários para cada área escolhida, se as áreas escolhidas são suficientemente adequadas, análise dos dados de irradiação solar que incide na cidade, obter o consumo de energia elétrica do campus e averiguar se é viável financeiramente, encontrando o possível tempo para retorno do investimento.

2 CONCEITOS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

Segundo PINHO (2014) o termo “radiação solar” tem seu uso de forma genérica e se referencia em termos de fluxo de potência. Já o termo irradiação solar de acordo com CRESESB (2014, p.42), é a "energia incidente por unidade de superfície de um dado plano, obtida pela integração da irradiância durante um intervalo de tempo, normalmente uma hora ou um dia."

Para GREENPRO (2004), a terra está a uma grande distância do sol e apenas uma parte mínima da radiação solar atinge a superfície terrestre, essa radiação corresponde a 1×10^{18} KWh/ano, que corresponde a aproximadamente dez mil vezes a procura de energia global, assim é necessário utilizar apenas 0,01% dessa radiação solar que incide sobre a terra para suprir toda a energia consumida no mundo.

Conforme GREENPRO (2014), existem 3 tipos de irradiação solar incidentes na terra, são elas:

- Irradiação direta: Corresponde a irradiação direta em linha reta até a superfície da terra.
- Irradiação difusa: Irradiação que se espalha pelas moléculas de ar, nuvens e partículas que estejam em suspensão.
- Irradiação refletida: Também chamada de albedo é a irradiação que se reflete na superfície terrestre e toma posição de um plano inclinado.

A irradiação solar pode ser aproveitada para geração de energia de duas maneiras, de acordo com REIS; SILVEIRA (2012).

O uso da energia solar para a geração de eletricidade pode se dar de duas formas:
 a) indiretamente, através do uso do calor para gerar vapor que, expandido em sua turbina a vapor, acionara um gerador elétrico em uma central termelétrica;
 e b) diretamente através do uso de painéis fotovoltaicos. (REIS; SILVEIRA, 2012, p.60).

Segundo TOLMASQUIN (2012), para o uso da geração fotovoltaica a irradiação direta varia muito durante o dia, por isso os painéis solares atuais utilizam a irradiação global horizontal, que quantifica a radiação que chega a uma superfície plana horizontal, composta pela soma da irradiação difusa e pela irradiação direta. A irradiação global horizontal consiste na quantidade de luz que incide sob uma superfície horizontal e leva em conta as parcelas atenuadas e dispersas pela poluição ou pelas nuvens, fazendo com que os painéis fotovoltaicos continuem gerando energia até mesmo em dias nublados.

TOLMASQUIN (2012), disserta sobre a irradiação média anual brasileira.

A irradiação média anual varia entre 1.200 e 2.400kwh/m²/ano, valores que são significativamente superiores à maioria dos países europeus, cujas estatísticas indicam intervalos entre 900 e 1.250kwh/m²/ano na Alemanha, entre 900 e 1.650kwh/m²/ano na França e entre 1.200 e 1.850kwh/m²/ano na Espanha. (TOLMASQUIN, 2012, p.21).

Caratinga está situada no leste de Minas Gerais e de acordo com o atlas solarimétrico do Brasil (anexo H), fica em um setor com uma insolação diária média anual de 6 horas. Existe em Caratinga desde de 23 de maio de 2007 uma estação meteorológica automática, que tem os dados coletados disponibilizados pelo site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), que mostra que a cidade possui a temperatura mínima média de 24,9°C e média máxima de 26,4°C.

O gráfico a seguir traz a temperatura média para cada mês do ano em Caratinga – MG, juntamente com a média geral encontrada, com dados obtidos junto ao site CLIMATE–DATA.ORG.

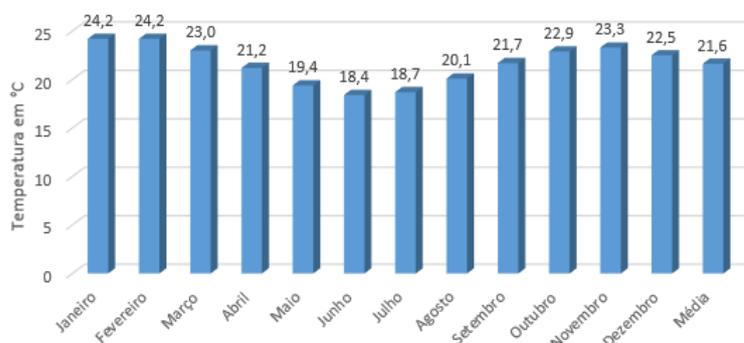


Figura 1: Temperatura média anual de Caratinga – MG.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados da Climate–Data.org, 2016.

Com os dados obtidos junto ao site SWERA, foi possível elaborar o gráfico a seguir contendo a irradiação solar diária – horizontal de Caratinga – MG, durante os meses do ano.



Figura 2: Irradiação solar diária – horizontal de Caratinga – MG.
Fonte: Elaborado pelo autor com dados da Swera, 2016.

2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÔNOMOS

Os sistemas autônomos utilizam um banco de baterias para armazenar a energia gerada para poder utiliza-la quando for necessário, este tipo de sistema é muito utilizado em localidades

isoladas, onde as linhas de transmissão estão distantes, ou para suprir cargas específicas, como torres de transmissão de internet em áreas onde não é possível a ligação na rede de transmissão da concessionária.

De acordo com VILLALVA (2012), sistemas autônomos podem ser encontrados na iluminação pública, sinalização de estradas, sistema de telecomunicações e no carregamento de baterias utilizadas em veículos elétricos terrestres e náuticos, até mesmo sistemas aeroespaciais.

Ainda segundo VILLALVA (2012, p. 99), "muitos lugares do Brasil não são atendidos por rede elétrica. Nesses locais um sistema fotovoltaico autônomo pode ser empregado para substituir geradores movidos a diesel, com a vantagem da redução de ruídos e poluição".

Um sistema autônomo é composto por uma ou mais placas fotovoltaicas que basicamente efetuam a conversão da radiação solar em energia elétrica, controlador de cargas que tem a função de regular e prolongar a vida das baterias, sendo estas que armazenam a energia para posterior utilização e o inversor faz a conversão da tensão e corrente contínua em alternada, para que o usuário possa utilizar a energia para alimentar qualquer tipo de equipamento. A figura a seguir mostra os componentes de um sistema autônomo de geração de energia.

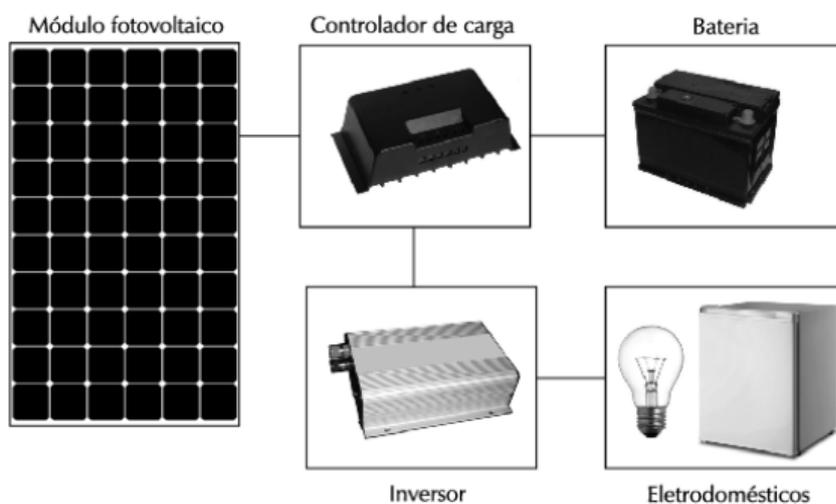


Figura 3: Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo típico.

Fonte: VILLALVA, 2012.

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

Também conhecidos como Grid Tie, são sistema de geração que não utilizam baterias para armazenar a energia gerada, essa energia gerada é injetada à rede de distribuição da concessionária de energia local, voltando em forma de créditos na conta de energia elétrica do mês seguinte a geração.

VILLALVA (2012, p. 152) afirma que "sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, [...], podem ser conectados à redes monofásicas ou trifásicas de residências, empresas,

prédios comerciais e qualquer outro tipo de consumidor que seja atendido pela rede pública de distribuição de eletricidade”.

A publicação da Resolução nº 482 em 17 de abril de 2012 da ANEEL, foi um marco para todo o setor de energias renováveis do país, pois possibilitou o acesso da energia gerada por fontes renováveis como a solar, eólica, hidráulica e biomassa, às redes de públicas de distribuição (VILLALVA, 2012).

Segundo BRASIL ENERGIA (2016), em março de 2016 entrou em vigor a Resolução nº 687 de 2015, que veio para atualizar alguns pontos da Resolução nº 482, entre as mudanças veio a possibilidade da chamada geração compartilhada, que permite unir investimentos de várias unidades consumidoras, para a construção de um sistema de geração distribuída e utilizar os créditos em proporções diferentes se necessário. Também foi possível utilizar o sistema em lugares com várias unidades consumidoras, como condomínios e shoppings, sendo possível também que usuários que não possuem área disponível para implantar o sistema utilize outras áreas, até mesmo alugada.

A figura a seguir, mostra os componentes e a organização de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede da concessionária.

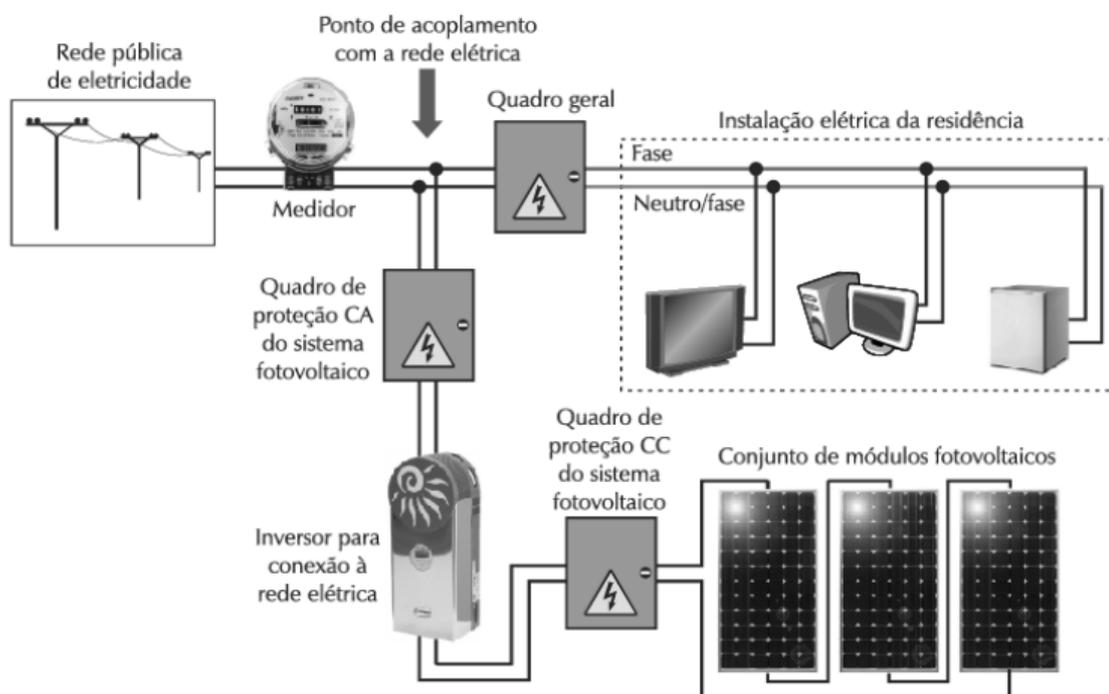


Figura 4: Organização e componentes de um sistema fotovoltaico residencial conectado à rede elétrica.

Fonte: VILLALVA (2012)

2.4 CONCEITO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída também conhecida como GD, tem como característica a geração próxima ou junto dos consumidores, sendo diversos grupos geradores espalhados em relação aos centros de carga. Esse tipo de geração tem como principal vantagem a eficiência energética, devido a geração ser próxima do local de consumo da energia elétrica, ocasionando em uma perda de energia muito menor na transmissão. Ao contrário do que ocorre em grandes distâncias de transmissão e distribuição, além de custos menores pois não são necessários investimentos grandiosos em linhas de transmissão e distribuição, sofrendo também muito menos com possíveis falhas causadas por intempéries devido a uma grande malha transmissora exposta.

A geração elétrica perto do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 40, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou mais barata, reduzindo o interesse dos consumidores pela GD e, como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração também parou. (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2016, p.1).

As perdas no transporte da energia gerada, custos ambientais, longas distâncias e necessidade de uma matriz energética mais limpa são fatores que estimulam a utilização e atualização cada vez maior da geração com o uso de fontes alternativas de energia elétrica no Brasil, sendo que as linhas de transmissão brasileiras estão entre as mais extensas do mundo e que a distância pressupõe perda em valores diretamente proporcionais (OSETORELETRICO, 2013).

Segundo ANEEL (2012), em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a resolução normativa ANEEL 482/2012, que autoriza o consumidor a gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e poder disponibilizar o excedente gerado a rede de distribuição próxima a fonte geradora, esse tipo de geração passou a ser chamada de micro e minigeração distribuída de energia elétrica. Esse avanço pode aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles, estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética. (ANEEL, 2012, p.1).

A figura 5, mostra o conceito de geração distribuída, com diversos pontos geradores interligados a matriz energética.

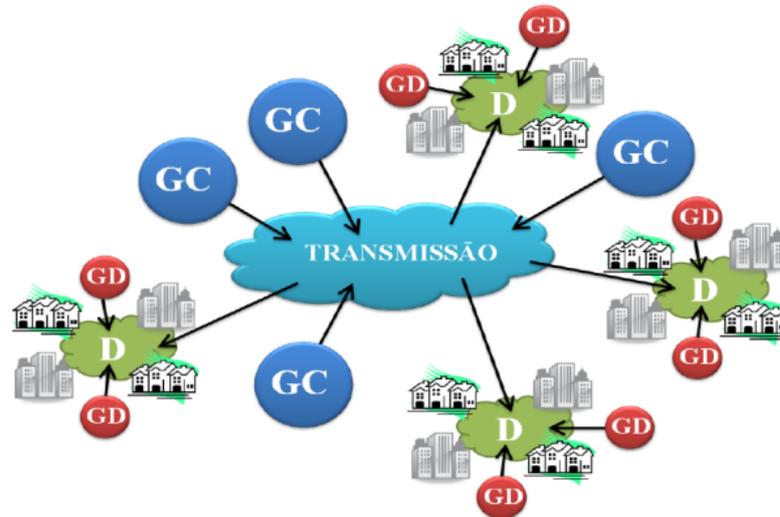


Figura 5: Conceito de geração distribuída.

Fonte: ABREU, 2010, apud VIEIRA, 2013

ANEEL (2015), publicou a resolução normativa 687/2015 revisando a resolução normativa 482/2012 e a seção 3.7 do módulo 3 do PRODIST, a fim de reduzir os custos e o tempo gasto para conexão da microgeração e minigeração, alterando os seguintes parâmetros:

- A potência da microgeração diminui de até 100 KW para até 75 KW.
- Já a potência da minigeração muda de entre 100 KW e 1 MW para uma faixa superior a 75 kW e limitada a 3 MW, no caso da fonte hidrelétrica, e a 5 MW, no caso das demais fontes renováveis.
- São introduzidas as modalidades de geração compartilhada, que usa sistemas instalados longe das unidades consumidoras que compensarão a energia, e agregada, no caso de sistemas para condomínios.
- Prazo para conexão dos sistemas a partir da solicitação do consumidor passou de 82 dias, no total, para 34 dias, no caso da microgeração e para 49 dias no caso da minigeração.
- Validade dos créditos gerados passa de 36 meses para 60 meses.
- Créditos deixam de ser abatidos no montante de energia equivalente ao custo de disponibilidade (tarifa mínima).

2.5 DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

O sistema de compensação de energia elétrica, foi uma importante inovação que se iniciou em 2012 com o inciso III do art. 2º da resolução 482/2012 publicada pela ANEEL, que se aplica a geração de energia solar, eólica, hídrica, biomassa ou de cogeração qualificada, de modo que isso se torne um incentivo a utilização cada vez maior de energia sustentável e que não agrida o meio ambiente.

Esse sistema pode atender consumidores residenciais e industriais, trazendo o benefício de poder ter a sua geração excedente injetada na rede de distribuição local, gerando créditos em energia (KWh), com abatimento diretamente na próxima conta de energia elétrica ou em até 60 meses seguintes. O crédito pode ser utilizado pelo usuário gerador da energia elétrica ou transferido para outra unidade consumidora, que seja do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) e que esteja localizada dentro da mesma área da concessão.

A figura 6, mostra um exemplo de maneira simplificada de como é o funcionamento do sistema de compensação de energia elétrica, desde a geração por fontes alternativas de energia passando pelo quadro de energia e por um medidor bidirecional, podendo utilizar a energia gerada pelas fontes instaladas, ou em momentos que a planta geradora não estiver gerando o sistema utiliza a energia que é disponibilizada pela concessionária local, podendo também injetar a geração em excesso nesta rede.



Figura 6: Sistema de compensação de energia elétrica.
Fonte: ANEEL, 2014, apud CARVALHO, Maristela, 2014

Para distinguir os tipos de usuários consumidores a ANEEL os dividiu em dois grupos, o Grupo A e Grupo B. O Grupo A são consumidores de alta tensão e o Grupo B são consumidores de baixa tensão. A ND 5.30 da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), estabelece os requisitos para a conexão dos acessantes ao seu sistema de distribuição, que estabelece que os usuários do Grupo B de baixa tensão são de até 75KW e os usuários do Grupo A, podem ser de 75 KW a 5 MW.

Potência disponibilizada da unidade consumidora do grupo A é a demanda contratada, expressa em quilowatts (kW). Para o grupo B é a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do dispositivo de proteção geral da unidade consumidora pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampère (kVA). (CEMIG, 2016, p.1).

Para ANEEL (2016), o valor a ser faturado é diferente para consumidores do Grupo A e do Grupo B, os consumidores do Grupo A (alta tensão), não possuem uma taxa de valor mínimo referente ao seu consumo, eles serão faturados pela sua demanda. Os consumidores do Grupo B (baixa tensão), terão que pagar a diferença entre a energia consumida da concessionária, menos a energia injetada, caso o valor injetado seja superior ao consumido da concessionária, será gerado o crédito desse excedente, caso esse valor fique abaixo ao do custo de disponibilidade, o consumidor terá que pagar a taxa referente ao custo de disponibilidade.

2.6 FINANCIAMENTOS

Devido a um grande crescimento da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, vários bancos e instituições financeiras, criaram financiamentos específicos ou não, para pessoas físicas ou jurídicas estarem adquirindo o sistema solar de modo a pagar em parcelas, facilitando ainda mais a utilização desse meio gerador.

Segundo a FOLHA UOL (2015), uma das opções para os usuários que optem pela compra por meio de financiamento, é o Construcard, cartão da Caixa para a compra de material de construção. Os valores liberados podem variar de R\$ 1.000,00 a R\$ 180.000,00, com taxa de juros de 1,85% ao mês e o financiamento pode ser de até 240 meses.

O Banco do Brasil possui uma linha de crédito para pessoa física correntista do próprio banco, com taxas de 1,53% a 2,02% ao mês. O Banco Santander possui o sistema CDC Eficiência Energética de Equipamentos, que financia a compra e serviços referentes a energias solar e eólica por exemplo. (EBES, 2016).

Outra fonte de financiamento mais utilizada em grandes empreendimentos é o FINEM (Linha de financiamento de empreendimentos) do BNDES (Banco nacional do desenvolvimento), essa linha atende a sociedades com sede e administração no país, de controle nacional ou estrangeiro e pessoas jurídicas de direito público. Com essa modalidade de financiamento o BNDES atende a financiamentos a partir de R\$ 5 milhões. (BNDES, 2016).

3 PRINCIPAIS COMPONENTES PARA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

De acordo com VILLALVA (2012), os módulos podem ser também chamados de placas ou painéis fotovoltaicos, pois possuem o mesmo significado e são utilizados para descrever um conjunto de células fotovoltaicas, montadas em uma estrutura rígida e interligadas eletricamente em série, para produzir maiores valores de tensão.

O módulo fotovoltaico é utilizado para a geração de energia elétrica por meio da radiação solar, é composto por células fotovoltaicas que são feitas por materiais capazes de produzir eletricidade quando submetidos a radiação solar, essas células são feitas principalmente pelo elemento químico silício.

Para poder aproveitar esta energia incidente, é necessário a presença de um campo elétrico. Para tal, utiliza-se de uma propriedade dos semicondutores chamada de camada de depleção. Este efeito surge ao unirem-se dois cristais semicondutores, um dopado positivamente e outro negativamente. Devido ao reposicionamento de elétrons e lacunas, surge próximo à fronteira dos cristais, uma camada de ânions do lado p e cátions do lado n. Esta distribuição gera um campo elétrico e a este chama-se de camada de depleção.[...] O diodo, como qualquer material, quando é exposto à um feixe luminoso, gera pares de elétrons-lacunas que rapidamente decaem a seu estado neutro normal. No entanto, quando um fóton excita um elétron à banda de condução próximo da região de depleção, o elétron cai na influência do campo elétrico existente nesta região atravessando a junção do diodo. Caso o diodo não esteja conectado a nada, isto simplesmente geraria um aumento na tensão entre os terminais do diodo. Se for oferecido um percurso para o elétron retornar a seu estado original passando por uma carga, é possível obter uma corrente elétrica capaz de realizar trabalho. (DAZCAL; MELLO, 2008, p.3).

A figura 7, mostra o princípio de funcionamento de uma célula fotovoltaica.

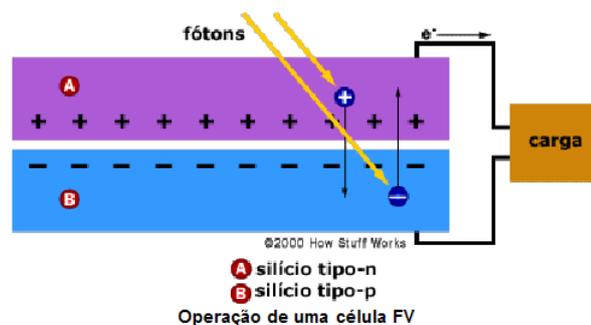


Figura 7: Configuração para o aproveitamento da célula fotovoltaica.

Fonte: HOWSTUFFWORKS, 2007, apud DAZCAL; MELLO, 2008.

Uma célula fotovoltaica consegue fornecer uma tensão elétrica de até aproximadamente 0,6 V. Para produzir módulos com tensão de saída maiores, os fabricantes conectam várias células em série. Tipicamente um módulo tem 36, 54 ou 60 células, dependendo de sua classe de potência. (VILLALVA; GAZOLI, 2012, p.76).

Segundo o PORTAL ENERGIA (2016), as moléculas de silício são utilizadas em 80% dos painéis fotovoltaicos, a pureza dessas moléculas influencia diretamente na qualidade da geração de energia, quanto mais pura a molécula melhor será a conversão da luz solar em energia elétrica. Atualmente existem 3 tipos básicos de painéis fotovoltaicos, são eles os painéis de silício policristalino, silício monocristalino e o de filme fino. Cada um destes nomes indica diretamente a sua eficiência na conversão ou em sua vida útil.

3.2 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

3.2.1 Silício Policristalino

Os painéis fotovoltaicos de silício policristalino tem como característica em sua construção ter suas placas cortadas de forma quadrada, o que as torna menos eficientes, os cristais de silício têm sua fundição em blocos de modo a preservar a formação de seus componentes. Esse tipo de painel tem sua fabricação mais barata e com uma vida útil que chega a mais de 30 anos e tem a quantidade residual de silício bem menor que outros modelos de painéis. Sua desvantagem se incide em sua eficiência que fica prejudicada devido a células de silício com um menor grau de pureza, com isso os painéis tende a ter uma área maior para geração. (PORTAL ENERGIA, 2016).

A figura a seguir mostra um exemplo de célula fotovoltaica de silício policristalino.

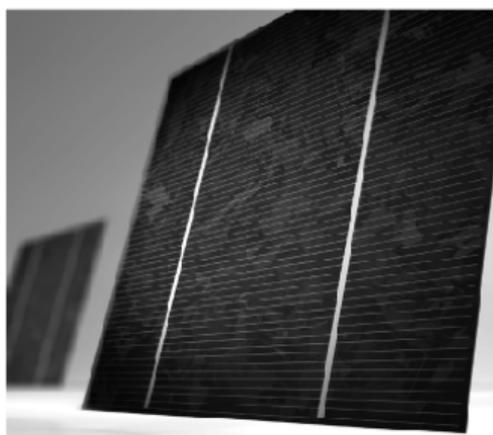


Figura 8: Célula fotovoltaica de silício policristalino.

Fonte: VILLALVA, 2012.

3.2.2 Silício Monocristalino

A fabricação dos painéis de silício monocristalino é feita por um único cristal de silício ultrapuro, tem suas lâminas fatiadas em formas individuais arredondadas, são tratadas e transformadas nas células fotovoltaicas. Tem uma alta eficiência de geração e com isso conseguiu ocupar um espaço menor que a utilizada pelos painéis policristalinos para a mesma quantidade de energia gerada, tem sua vida útil em mais de 30 anos, é considerado o melhor painel do mercado atual. A desvantagem desse modelo fica em sua produção, que é bem mais cara e que no processo de corte dos lingotes cilíndricos, temos perdas de material e que acabam tendo que ser reciclados. (PORTAL ENERGIA, 2016).

A figura 9, é um exemplo de célula fotovoltaica de silício monocristalino.

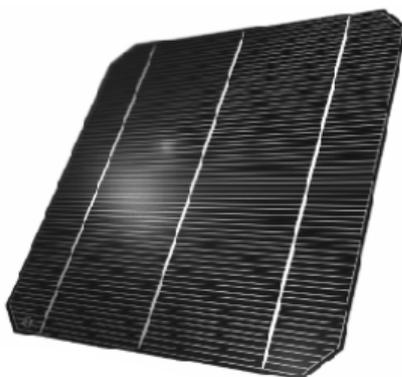


Figura 9: Célula fotovoltaica de silício monocristalino.

Fonte: VILLALVA, 2012.

3.2.3 Filmes Finos de Silício

Já os painéis solares de filme fino são fabricados por uma ou mais camadas de células fotovoltaicas de película fina, também existem painéis semelhantes que utilizam células fotovoltaicas orgânicas, telureto de Cádmio, silício amorfo e cobre – índio e gálio seleneto. A fabricação dos painéis de filme fino é mais barata, pois podem ser produzidas em larga escala. São painéis menos impactados com baixas temperaturas, são mais apresentáveis e por serem flexíveis, tem sua aplicação facilitada. Como fator negativo temos a sua baixa eficiência, a menor de todos os outros 2 tipos citados acima, além de degradar mais rápido, influenciando em sua vida útil que também é inferior aos demais. (PORTAL ENERGIA, 2016).

Na figura a seguir, o exemplo de uma célula fotovoltaica de silício filme fino.



Figura 10: Célula fotovoltaica de silício filme fino.

Fonte: SUNENERGY, 2016.

3.3 CONSTRUÇÃO DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

A construção do módulo é feita sobre uma estrutura em quadro geralmente feito de alumínio e possui várias células fotovoltaicas ligadas em paralelo e em série entre si, são cobertas por um encapsulamento que protege tanto as ligações quanto a própria célula, de eventuais impactos e também contra interferências climáticas. A parte exposta a luz solar do painel é coberta normalmente por vidro transparente, mais pode ser coberta também por plástico ou resina de silicone mais um encapsulante normalmente EVA. Já na parte de traz dos painéis é utilizado um revestimento normalmente de Tedlar. (ALVARENGA, 2016).

A figura a seguir exemplifica a constituição de um módulo fotovoltaico.

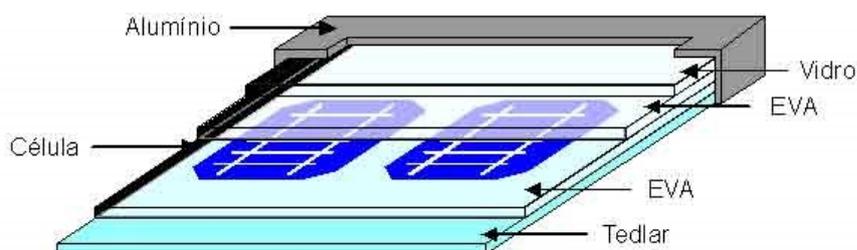


Figura 11: Constituição de um módulo fotovoltaico.

Fonte: PUCRS, 2016.

3.4 POSICIONAMENTO PAINEL FOTOVOLTAICO

O posicionamento correto dos painéis fotovoltaicos influencia diretamente na qualidade da geração de energia solar. É importante uma correta avaliação do local de instalação dos painéis, considerando a área disponível e a estrutura necessária para a fixação adequada, atentando para o posicionamento e ângulo de instalação.

A figura 12, mostra a orientação azimutal correta do módulo solar, ficando sempre com sua face voltada ao sol, de modo a aproveitar a radiação solar durante todo o dia.

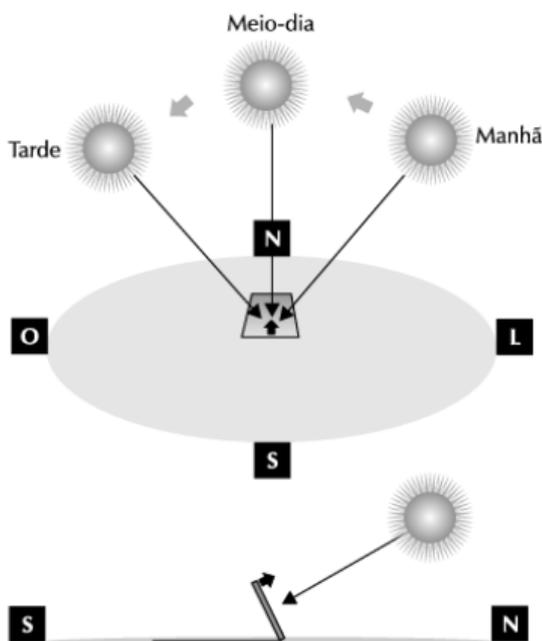


Figura 12: Orientação azimutal correta do módulo solar.

Fonte: VILLALVA, 2012.

No Brasil a posição ideal para a instalação dos painéis fotovoltaicos é posicioná-los voltados para o norte, pois é sabido que o sol sempre nasce ao leste, faz uma leve inclinação ao norte e se põe ao oeste, assim o painel terá uma exposição solar maior durante o dia e conseqüentemente uma produção maior de energia, como mostra a figura a seguir. “Para sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica, o ângulo de inclinação igual ao da Latitude é normalmente o melhor ângulo para se instalar um painel fotovoltaico”. (PORTAL SOLAR, 2016, p.1).

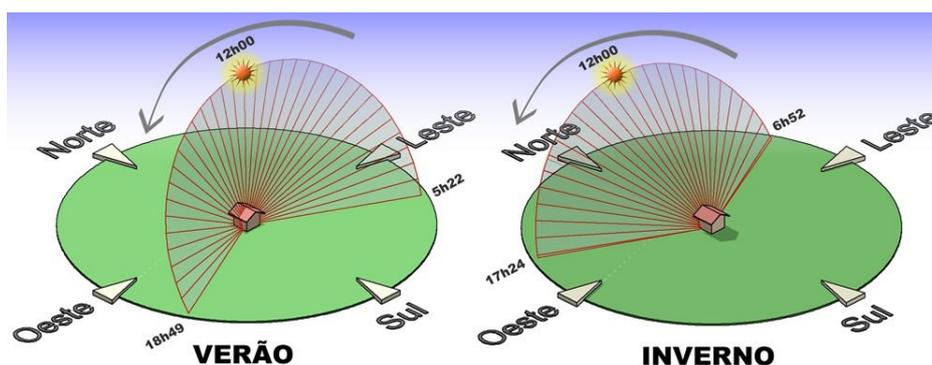


Figura 13: Posicionamento solar no verão e inverno.

Fonte: AQUINO, 2016.

3.5 CONJUNTOS OU ARRANJOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos podem ser conectados entre si em série ou em paralelo para que seja alcançada a quantidade de energia pretendida, este agrupamento dos módulos é chamado de conjuntos ou arranjos fotovoltaicos.

Segundo VILLALVA (2012), quando os módulos fotovoltaicos são conectados em série, a tensão que sai do arranjo é a soma das tensões dos módulos e a corrente elétrica é a mesma em todos os módulos.

Ainda de acordo com VILLALVA (2012), a conexão dos módulos em paralelo, fazem com que a corrente na saída do arranjo seja a soma das correntes dos módulos, já a tensão do arranjo será a mesma fornecida por um único módulo. Quando a necessidade de aumento na potência do sistema, conjuntos de módulos em série são acrescentados em paralelo, esses arranjos são chamados de strings.

A imagem a seguir mostra o modo de ligação dos arranjos de módulos em série e paralelo, sendo que neste exemplo temos dois strings com dois módulos em série em cada string.

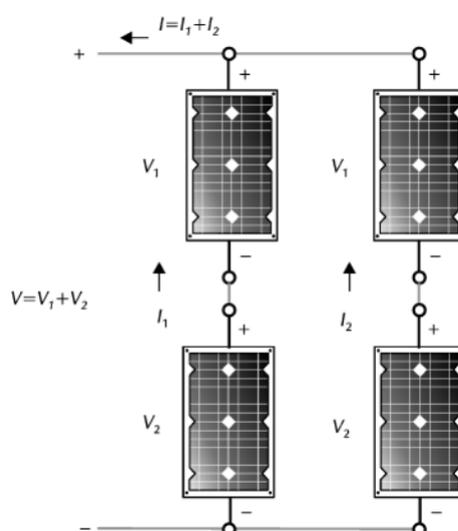


Figura 14: Modos de ligação de conjuntos de módulos em série e paralelo.

Fonte: VILLALVA, 2012.

3.6 INVERSOR CC-CA

Em um sistema de geração de energia fotovoltaica, os inversores têm papel fundamental no processo, pois após a conversão dos raios solares em energia elétrica pelos painéis fotocondutores, essa energia precisa ser transformada para poder ser utilizada, pois a energia gerada pelos painéis é em corrente contínua (CC) e a grande quantidade de cargas utilizadas atualmente são em corrente alternada (CA). Esse inversor é um dispositivo eletrônico que faz essa conversão de CC para CA e ajusta esses valores aos estabelecidos pela concessionária de energia e são utilizados em sistemas isolados e também aos sistemas conectados à rede de transmissão local.

O inversor identifica e ajusta parâmetros como: tensão, frequência, forma e amplitude de onda de forma automática diretamente a rede da concessionária, de modo que o sistema fique em perfeito sincronismo com a rede, podendo assim inserir ou absorver corrente na rede de distribuição de energia. O inversor ainda conta com um importante sistema de segurança

chamado de anti-ilhamento que identifica a falta de corrente vinda da rede de distribuição seja por falha ou por manutenção programada e desconecta a geração, de modo que a energia gerada não seja injetada na rede, impedindo possíveis acidentes com trabalhadores que estejam manuseando a rede para manutenções.

Nos sistemas fotovoltaicos não são necessários os relés de sincronismo e proteção normalmente empregados em sistemas baseados em outras fontes de energia. Todos os recursos de proteção e sincronismo são realizados pelo inversor eletrônico, responsável pela injeção da energia elétrica produzida na rede elétrica. (OSETORELETRICO, 2012, p.37).

A figura seguinte mostra um inversor CC - CA, considerado um dos melhores do mercado brasileiro, que funciona em sincronia com a rede elétrica.



Figura 15: Inversor CC – CA utilizado em Grid Tie e funciona em sincronia com a rede elétrica.

Fonte: NEOSOLAR ENERGIA.

Critérios de qualidade de um inversor

Um inversor para sistemas fotovoltaicos deve possuir as seguintes características:

- Alta eficiência de conversão, tanto na carga nominal quanto em cargas parciais;
- Alta confiabilidade e baixa manutenção;
- Operação em uma faixa ampla de tensão de entrada;
- Boa regulação na tensão da saída;
- Forma de onda senoidal com baixo conteúdo harmônico;
- Baixa emissão de ruído audível;
- Baixa emissão de interferência eletromagnética;
- Tolerância aos surtos de partida das cargas a serem alimentadas;
- Segurança tanto para as pessoas quanto para a instalação;
- Grau de proteção IP adequado ao tipo de instalação;
- Garantia de fábrica de pelo menos 2 anos. (PINHO; GALDINO, 2014, p.239).

No Brasil a norma da ABNT NBR 16149:2013 é que estabelece parâmetros para os inversores conectados à rede, tais como: fator de potência, faixas de variação de tensão e frequência, THD, proteção contra ilhamento, entre outros. A imagem a seguir apresenta os principais recursos do inversor conectado à rede.



Figura 16: Principais recursos presentes nos inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

Fonte: OSETORELETRICO, 2012.

3.6.1 Sistema de Controle de Corrente

De acordo com OSETORELETRICO (2012), o sistema de controle de corrente disponível atualmente é feito através de um sistema microprocessado nos inversores, esse controle efetua a conversão de CC para CA e formata a corrente injetada na saída. Seu funcionamento consiste na leitura do valor instantâneo da corrente na saída, que é obtido através de um sensor e compara a leitura com um sinal de referência, este sinal de referência por sua vez tem sua onda em forma senoidal e é obtido através de informações geradas do sistema de sincronismo com a tensão da rede da concessionária e pelo MPPT (Sistema de rastreamento da máxima potência fotovoltaica).

Ainda segundo OSETORELETRICO (2012), após a análise entre a corrente instantânea e o sinal de referência, o sistema de controle abre ou fecha os transistores eletrônicos inseridos no inversor, possibilitando a injeção da corrente produzida senoidal na rede elétrica, dispensando qualquer outro dispositivo de sincronismo e proteção, por ter sua corrente produzida de forma eletrônica e utilizando as informações da própria rede.

3.6.2 Sistema de Detecção de Ilhamento

Este sistema é responsável pela segurança de equipamentos, instalações e principalmente pessoas, pois tem como princípio de funcionamento a detecção da falta de energia da rede elétrica da concessionária e efetuar a desconexão do inversor da mesma, evitando qualquer tipo de possíveis acidentes, mesmo que o sistema fotovoltaico tenha condições de geração.

O método de detecção de ilhamento pode ser dividido em três categorias, sendo eles: remotos, passivos e ativos. O método remoto é o mais atual, surgiu com o avanço tecnológico e

com os sistemas smart grid, tem o seu custo mais elevado, mas tende a ser mais eficiente que os demais. Já o método passivo detecta anormalidades no valor de RMS da tensão e frequência, no ponto de acoplamento e efetua o ilhamento. Por fim o método ativo envia distúrbios na corrente elétrica fornecida pelo inversor e analisa a resposta obtida da rede elétrica a esses distúrbios. (OSETORELETRICO, 2012.)

3.6.3 Sistema de MPPT

Segundo OSETORELETRICO (2012), o MPPT (maximum power point tracking), ou rastreamento do ponto de máxima potência, este sistema é responsável por garantir que o sistema opere de forma instantânea em seu ponto de máxima potência, sendo independente das condições de irradiação solar e temperatura.

Todos os inversores comerciais utilizam alguma variação do método de MPPT da perturbação e observação, [...]. O MPPT funciona por meio de um algoritmo muito simples, que consiste em perturbar a operação dos módulos, alterando intencionalmente a tensão nos seus terminais, e observar o que acontece com a potência fornecida. [...] O sistema de MPPT fornece ao sistema de controle de corrente a informação sobre a amplitude da corrente que deve ser produzida na saída do inversor, alterando instantaneamente o fluxo da potência injetada na rede elétrica. Indiretamente a tensão e a corrente dos módulos fotovoltaicos, na entrada do inversor, são reguladas pela modulação da corrente de saída do inversor. (OSETORELETRICO, 2012, p.40).

3.7 STRING BOX

Segundo SICESBRASIL (2016), nosso país possui um número elevado de incidentes com raios, sendo superior a qualquer outra parte do mundo, isto acontece devido a sua dimensão e por ser um país tropical, sendo que as altas temperaturas favorecem o surgimento de tempestades. Os raios são considerados os maiores vilões dos equipamentos eletrônicos, além de trazer riscos de incêndios. Nos sistemas fotovoltaicos os raios podem causar até mesmo a perda de equipamentos, ou propagar surtos para equipamentos conectados na rede, por isso é muito importante a proteção para o sistema fotovoltaico.

SICESBRASIL (2016, p. 2) afirma que “no que se refere aos para-raios, em geral, não é conveniente adota-lo como proteção de um Sistema Fotovoltaico, pois os custos são tão altos que os benefícios são dispensáveis”.

Apenas conectar a estrutura de fixação a uma malha de aterramento, não proporciona proteção adicional ao sistema, porque não existe uma garantia que o surto não se propague até o Inversor e/ou instalação elétrica, e ainda pode tornar a estrutura um captor natural de raios. Mesmo quando o Inversor estiver protegido por um ou mais dos componentes da String Box (fusíveis e/ou DPS) internamente a ele, é válido e aconselhado usar igualmente uma proteção externa, a ser colocada o mais perto possível aos módulos no telhado, pois não se

sabe as características elétricas dos componentes de fábrica do Inversor, e no caso de falha dos mesmos. (SICESBRASIL, 2016, p.3).

Diante do exposto o uso do String Box fornece a proteção necessária dos equipamentos, a instalação elétrica e a vida das pessoas envolvidas na instalação ou manutenção dos equipamentos, pois fornece um meio de desacoplar os módulos fotovoltaicos do inversor de forma rápida, garantindo a proteção contra choques elétricos, tornando assim indispensável para proteção do sistema fotovoltaico. (SICESBRASIL, 2016).

A figura a seguir mostra um String Box já montado com os seus componentes de proteção, como a chave seccionadora, seccionador fusível, DPS (Dispositivo de proteção contra surtos), e fusível.



Figura 17: Protetor de surto string box ABB Centrium Energy.

Fonte: ALDO, 2016.

O String Box deve ser instalado em um local onde possa garantir uma ação rápida e de forma segura, sendo assim o local mais indicado é “o mais próximo do arranjo fotovoltaico (até 10 metros), no telhado, e sempre externamente ao local de instalação do inversor”. (SICESBRASIL, 2016, p. 3).

Isso é necessário pois o DPS precisa estar próximo do local do possível surto, para poder ser efetivo e por este motivo o String Box deve seguir essa orientação, pois um de seus componentes principais é o DPS, sendo então o DPS quem define o melhor local para a instalação do String Box.

Em caso de surto, a String Box vai sacrificar os componentes dela abrindo o circuito elétrico a partir de onde ela é instalada. Assim, se ela é instalada no telhado, o circuito elétrico é interrompido externamente e o risco da propagação do problema por dentro do edifício é muito baixo. (SICESBRASIL, 2016, p.4).

As caixas String Box, também podem ser construídas com componentes vendidos de forma avulsa, ou de forma já completa de fábrica, como mostrado na figura 17, a caixa String deve ser protegida contra intempéries, tendo que possuir no mínimo grau de proteção IP54, além de seu obrigatório o uso de fusíveis de strings em todos os seus condutores, como manda a norma IEC 60364. (VILLALVA, 2012).

Se não forem utilizados fusíveis em série com os strings, os condutores devem estar dimensionados para a máxima corrente de curto-circuito dos módulos fotovoltaicos. O uso de até dois strings paralelos dispensa a presença de fusíveis. Conjuntos com mais de dois strings requerem fusíveis de proteção. (VILLALVA, 2012, p.195).

A seguir o diagrama elétrico de uma String Box, para um conjunto fotovoltaico com strings em paralelo.

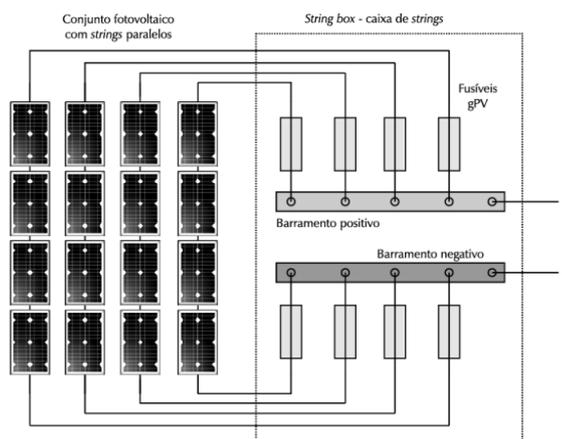


Figura 18: Diagrama elétrico de uma caixa de strings.

Fonte: VILLALVA, 2012.

3.8 CABEAMENTO E CONEXÕES

Todo o tipo de sistema fotovoltaico seja ele conectado à rede ou não, tem toda a sua interligação entre seus componentes efetuada por cabos e suas conexões, sendo então de extrema necessidade que os mesmos tenham uma atenção especial nos projetos de energia solar. O cabeamento deve ser dimensionado de acordo com a norma vigente NR10, já a NBR 5410 indica as características térmicas e capacidade de condução de corrente.

A bitola dos condutores depende principalmente do circuito onde os mesmos são instalados. Seu comprimento depende do posicionamento dos vários elementos do sistema, desde que não sejam excedidos os limites permitidos para perda de tensão. Sua construção depende do meio ambiente (temperatura, conduíte etc.) a que está submetido e do tipo de instalação em que será utilizado. (CRESESB, 2004, p.151).

Os cabos devem respeitar as polaridades positivas e negativas das caixas de ligação do sistema fotovoltaico, sendo fabricado em cobre e seu revestimento deve seguir as cores vermelhas para os condutores positivos e preta, para os condutores negativos. O processo de desencapar a extremidade do cabo utilizado em áreas externas (duplo isolamento) deve ser feito com muito cuidado para não comprometer o isolamento entre os condutores. (CRESESB, 2004).

De acordo com o CRESESB (2004, p. 152), “Os fios sujeitos a intempéries e diretamente expostos à luz solar, devem ter revestimento plástico resistente a radiação ultravioleta ou terão que ser substituídos periodicamente”.

O cabeamento de conexão entre os módulos e o inversor deve ter sua tensão de isolamento de 300 V a 1000 V e possuir capacidade de trafegar correntes até 25% a mais que a corrente de curto-circuito dos módulos fotovoltaicos. (VILLALVA, 2012).

Os conectores para painéis fotovoltaicos utilizados mundialmente são chamados de MC4, esses conectores foram fabricados com exclusividade para painéis fotovoltaicos e possuem uma série de vantagens, dentre elas a facilidade de conexão entre os painéis, seja em série ou paralelo, ou com inversores, possuem também proteção UV, contra umidade e intempéries, tem o seu travamento de forma automática, é de fácil montagem e possui acabamento profissional. (NEOSOLAR, 2016).

Esses conectores devem possuir grau de proteção IP67 ou superior e não devem ser posicionados em canaletas ou dutos que possam acumular água. Os cabos não devem ficar soltos e sujeitos à ação do vento, e sim presos à estrutura do painel fotovoltaico por meio de abraçadeiras apropriadas. (CRESESB, 2014, p.156).

Segundo o CRESESB (2004, p. 152), “os terminais para conexão com os outros elementos do sistema devem estar claramente identificados, segundo o circuito a que correspondam”.

Um exemplo de conectores de engate rápido MC4, utilizado em módulos fotovoltaicos, pode ser visto a seguir.



Figura 19: Conectores de engate rápido MC4 para conexões de módulos fotovoltaicos.

Fonte: NEOSOLAR ENERGIA.

3.9 ESTRUTURAS DE SUPORTE DOS PAINÉIS

As estruturas deverão ser fabricadas em alumínio, por ser um elemento leve, resistente, ter boa resistência contra oxidação e ter um excelente custo benefício, existem no mercado diversos tipos de estruturas pré-fabricadas, já em alumínio, para diferentes áreas e prontas para

serem fixadas. É importante ressaltar que toda a estrutura dos módulos fotovoltaicos deverá ser aterrada.

É recomendado que usinas geradoras com potência acima de 10 kW sejam equipadas com para-raios. Em caso de já existência de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, o sistema fotovoltaico pode ser interligado a este sem necessidade de um novo sistema de proteção exclusivo a ele. A proteção dos módulos fotovoltaicos contra descargas atmosféricas deve ser extremamente eficiente, pois um arco elétrico em corrente contínua não se extingue como em corrente alternada quando a curva senoidal cruza o eixo zero, podendo ocasionar danos ao sistema e provocar até mesmo incêndio. (GROTH, 2013, p.27).

3.10 ATERRAMENTO

O aterramento elétrico segue rigorosas normas de segurança da ABNT por meio da norma NBR 5410, que aborda as exigências necessárias para o correto aterramento, seus materiais e métodos, sendo que a principal função de um aterramento é colocar os equipamentos elétricos no mesmo potencial das instalações, a diferença de potencial entre a terra e o equipamento, tem que ser nulo ou o valor mais baixo possível.

Quando efetuado de maneira correta o aterramento protege a integridade física das pessoas, evitando correntes de fuga na superfície de equipamentos, auxilia no funcionamento dos dispositivos de segurança e elimina as cargas eletrostáticas das carcaças ou partes metálicas na superfície dos equipamentos.

Em sistemas fotovoltaicos o aterramento envolve todas as partes condutoras que não possuem isolamento do sistema, sendo elas as armações dos painéis que são fabricadas em metal, o sistema de geração de potência e as células fotovoltaicas. O sistema fotovoltaico aterrado corretamente evita que o sistema atinja altas tensões com caso de falhas. (MANCILHA, 2013)

De acordo com o CRESESB (2014, p. 387), “o aterramento dos SFCRs difere dos sistemas isolados pois o aterramento de cada unidade, individualmente, é interconectado com o aterramento das outras unidades consumidoras da concessionária, aumentando a eficiência da malha de aterramento“.

As plantas possuem os seguintes tipos de sistema de proteção: IT, TN ou TT. O sistema IT apresenta o neutro isolado da terra e suas massas ligadas diretamente à terra de proteção. O sistema TN possui o neutro ligado à terra de serviço e suas massas ligadas diretamente ao neutro. Já o sistema TT possui o neutro ligado à terra de serviço e suas massas ligadas diretamente à terra de proteção. (MANCILHA, 2013, p.39).

Nos sistemas onde existe o transformador ligado à carga, é utilizado os tipos IT ou TN, já do lado da alimentação do transformador o ideal é utilizar o tipo TT. Em plantas que não utilizam transformadores é utilizado o sistema TT ou TN. (MANCILHA, 2013)

Ainda nos dizeres do CRESESB (2014, p. 387), “Uma grande distância entre os equipamentos do SFV pode tornar necessária a utilização de sistemas de aterramento distintos. Entretanto, eles devem ser interconectados, preferencialmente por cabo de cobre nu enterrado. Formando uma malha de terra”.

3.11 SPDA

A geração de energia fotovoltaica depende de uma grande área para a captação da luz solar, sendo que quanto maior for esta área utilizada pelos painéis solares, maior a área em que o sistema está exposto a descargas atmosféricas por isso o uso do SPDA (Sistema de proteção contra descargas atmosféricas) em sistemas de energia fotovoltaicas se torna algo necessário.

Entre as estruturas de sustentação do SFV, externos ou em edificações, deve ser considerada a distância de segurança para impedir centelhamentos entre os componentes metálicos do SPDA e do SFV. As medidas contidas em um sistema de proteção contra descargas atmosféricas classe III são normalmente suficientes para as características de um SFV. (SANTOS, 2011, p.1).

A elaboração de um projeto SPDA em sistemas de geração de energia fotovoltaica deve ter alguns pontos observados, um dos pontos seria como dito anteriormente a interligação do sistema fotovoltaico ao aterramento principal da edificação, outro ponto seria os condutores de equipotencialização devem ser roteados em paralelo e sempre o mais perto possível dos cabos de corrente contínua, outro fator seria que os condutores de sinal devem estar incluídos na mesma ideologia de proteção. (SANTOS, 2011).

A figura 20, mostra um sistema fotovoltaico com os seus painéis solares dentro da zona de proteção de um SPDA.



Figura 20: Painéis solares dentro da zona de proteção de um SPDA.

Fonte: SANTOS, 2011.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO USINA FOTOVOLTAICA

Primeiro passo para implantação de um sistema fotovoltaico é a escolha do tipo de ligação do sistema, existem dois tipos de utilização, sendo eles: o SFI (Sistema fotovoltaico isolados da rede) e o SFCR (Sistema fotovoltaico conectado à rede). Para o primeiro o sistema gerador tende a ser dimensionado, a fim de atender uma determinada demanda de energia elétrica, já o segundo, o consumo de energia é menos importante, pois a energia pode ser complementada a qualquer momento pela rede da distribuidora de energia. O sistema escolhido para o presente trabalho foi o sistema fotovoltaico conectado à rede, pelo fato da instituição de ensino ter o seu maior nível de consumo no período da noite, tornando a geração fotovoltaica importante para suprir parte da demanda e o seu restante injetado na rede da distribuidora, gerando crédito na conta de energia elétrica conforme a resolução 482/2012.

A instituição conta hoje com 3 padrões de energia elétrica junto a concessionária CEMIG, localizados na Rua João Pinheiro com os números: 197 EL, 125 CO e 147 CO. Para o presente estudo de caso, foram analisados o consumo de energia elétrica dos referidos padrões durante o período de 12 meses, a partir do mês de outubro de 2015 a setembro 2016, conforme consta na tabela a seguir.

Tabela 1: Consumo em kwh/mês dos 3 padrões durante o período de 12 meses

Endereço:	Rua João Pinheiro 197	Rua João Pinheiro 125	Rua João Pinheiro 147
Referência	Consumo Kwh/mês	Consumo Kwh/mês	Consumo Kwh/mês
set/16	9.280	1.780	3.308
ago/16	6.240	1.331	2.354
jul/16	7.480	1.754	3.315
jun/16	10.000	1.931	3.975
mai/16	12.480	2.172	4.742
abr/16	13.680	2.378	4.971
mar/16	11.880	2.214	4.426
fev/16	6.360	1.278	2.549
jan/16	8.560	1.476	2.892
dez/15	13.880	2.530	5.244
nov/15	11.640	2.450	4.540
out/15	12.160	2.553	4.587
Total Anual:	123.640	23.847	46.903

Total kwh ano:	194.390,00 kwh
Média mensal:	16.199,17 kwh
Média diária:	539,97 kwh

Fonte: AUTOR, 2016.

4.2 RADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA – HORIZONTAL DE CARATINGA–MG

Para calcular a potência diária necessária é preciso encontrar a média anual da radiação solar diária – horizontal. Os dados foram obtidos junto ao site da SWERA que disponibiliza os dados de forma gratuita e de fácil acesso, para a análise foi elaborada a tabela a seguir com os dados obtidos da cidade de Caratinga - MG.

Tabela 2: Radiação solar diária – horizontal de Caratinga-MG

Mês	Radiação solar diaria - horizontal	Fonte
Janeiro	6.485 kwh/m ² /dia	SWERA
Fevereiro	6.334 kwh/m ² /dia	SWERA
Março	5.215 kwh/m ² /dia	SWERA
Abril	4.923 kwh/m ² /dia	SWERA
Mai	4.096 kwh/m ² /dia	SWERA
Junho	3.361 kwh/m ² /dia	SWERA
Julho	4.508 kwh/m ² /dia	SWERA
Agosto	4.873 kwh/m ² /dia	SWERA
Setembro	4.532 kwh/m ² /dia	SWERA
Outubro	5.928 kwh/m ² /dia	SWERA
Novembro	5.076 kwh/m ² /dia	SWERA
Dezembro	5.849 kwh/m ² /dia	SWERA
Media Anual	5.098 kwh/m²/dia	

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da SWERA, 2016.

4.3 ÂNGULO DOS PAINÉIS

Para a escolha do melhor local de instalação dos painéis foi necessário uma análise para definir o ângulo da instalação dos painéis.

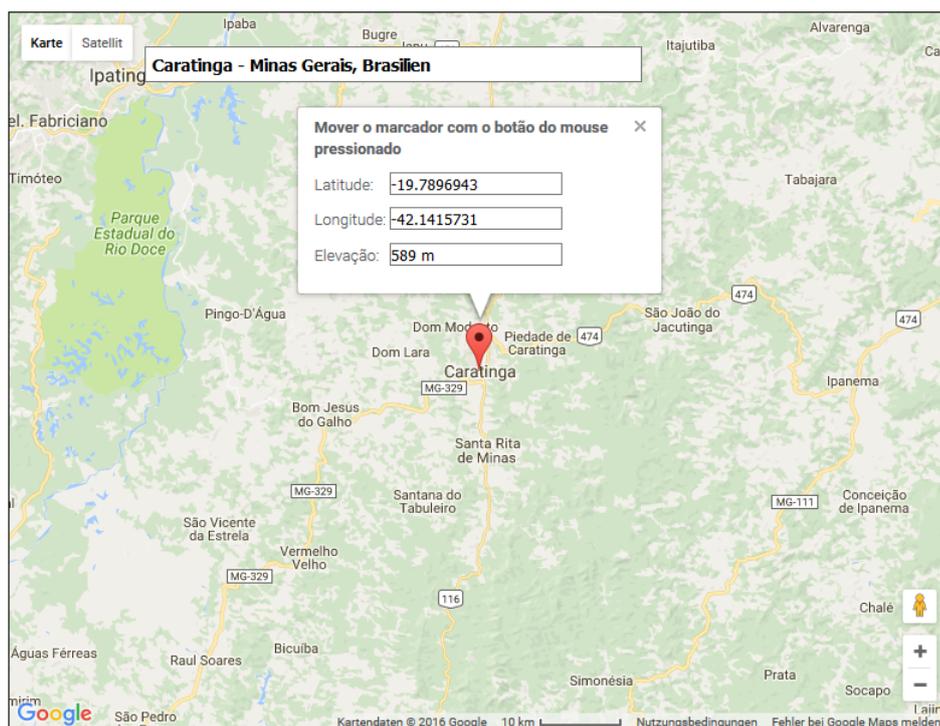
Segundo VILLALVA (2012), não existe consenso definido sobre o melhor método para definir o ângulo para instalação dos módulos solares, de modo que seja possível encontrar um bom ângulo de inclinação utilizando a latitude geográfica da região em conjunto com a tabela a seguir, possibilitando uma boa produção média de energia ao longo do ano. Não sendo recomendado a instalação com ângulo inferior da 10° para evitar o acúmulo de poeira sobre as placas solares.

Tabela 3: Escolha do ângulo de inclinação do módulo.

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: VILLALVA, 2012.

Utilizando o GOOGLE MAPS (2016), foi possível localizar a latitude da cidade de Caratinga, como pode ser visto na imagem a seguir, sendo assim possível determinar que o melhor ângulo a ser utilizado no projeto é de $19,78^\circ$, pois como mostrado na tabela anterior, essa latitude da cidade fica entre 11° e 20° o ângulo de inclinação deve ser igual a sua latitude, não sendo necessário fazer correções.

**Figura 21:** Latitude, longitude e elevação da cidade de Caratinga – MG.

Fonte: GOOGLE MAPS, 2016.

Os módulos fotovoltaicos são fixados em uma estrutura para suporte dos mesmos, que tem como função posicioná-los de forma estável, permitindo a passagem de ar para dissipação do calor que é produzido devido aos raios solares e por perdas pelo processo de conversão energética, a estrutura geralmente é feita de materiais menos suscetíveis a corrosão, pois ficam expostos as diferentes condições climáticas. Outro fato a ser analisado é se a estrutura a qual será

instalada os suportes e conseqüentemente os módulos, ira ter resistência para suportar o peso dos equipamentos assim como uma boa fixação para segurança contra fortes ventos.

O prédio da instituição se encontra com sua face voltada ao norte, sendo assim seria necessário observar que com ângulo do telhado levantado em campo e o ângulo encontrado pela latitude, podemos definir que as estruturas dos módulos deverão ser diferentes para cada bloco, pois cada um tem sua particularidade, o que trará diferenças entre si.

O correto dimensionamento do ângulo dos painéis acrescenta em uma geração de qualidade e que conseguem ter um bom aproveitamento durante todo o ano, com a inclinação se perde eficiência em meses com maior irradiação solar e ganho de eficiência em meses com menor irradiação solar, o gráfico a seguir exemplifica os ganhos por inclinação durante os meses do ano.

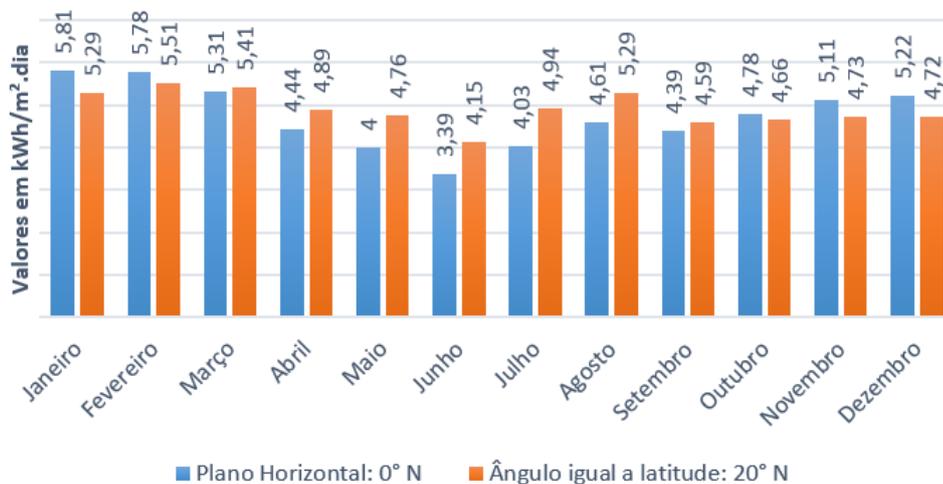


Figura 22: Irradiação solar no plano inclinado em Caratinga – MG.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da CRESESB, 2016.

4.4 CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO SOLAR

De acordo com a ATOMRA (2014), os cálculos de dimensionamento do projeto solar fotovoltaico Grid-Tie, podem ser executados da seguinte forma: Com o consumo médio diário e a radiação solar diária encontrados, juntamente com a eficiência do sistema de geração. A eficiência considerada foi de 83%, pois neste valor já estão incluídas perdas de geração e transmissão de energia, para placas de silício policristalino de 250w.

Média consumo mensal:

$$16.199,17kwh \quad (4.1)$$

De acordo com o art. 98 da Resolução 414/2010 da ANEEL, que estipulou um valor mínimo a ser faturado pela concessionária de energia elétrica, chamado de custo de disponibilidade, se aplicando a todas as unidades consumidoras do Grupo B, sendo que mesmo que a usina

geradora do usuário consiga gerar toda a sua demanda energética consumida, ainda iria ter que pagar o valor estipulado pela resolução. Os valores por tipo de ligação são:

- Monofásica: Valor em moeda corrente equivalente a 30kw/h.
- Bifásica: Valor em moeda corrente equivalente a 50kw/h.
- Trifásica: Valor em moeda corrente equivalente a 100kw/h.

Sendo assim mesmo que consigamos gerar o equivalente para suprir os 16.199,17 kwh que foi o consumo médio mensal calculado (Tabela 1), a instituição que está sendo atendida pela classe trifásica nos 3 padrões, ainda teria que pagar o equivalente ao uso de 100kw/h por padrão, por este motivo os 300kw/h vão ser descontados do valor do consumo médio para o cálculo, logo a seguir o valor já corrigido.

$$15.899,17kwh \quad (4.2)$$

Para efetuar o cálculo de quantas placas serão necessárias para um local, equação (4.3), é utilizado o índice de irradiação solar, que neste caso já foi encontrada na tabela 2, com o valor de 5.098 kwh/m²/dia. Além de assumir a eficiência indicada por ATOMRA (2014), de 83% (inferência padrão), essa eficiência pode variar de acordo com os equipamentos utilizados e condições de instalação do sistema.

$$C = I.P.N.D.E \quad (4.3)$$

Onde:

C = Consumo médio mensal;

I = Irradiação solar;

P = Potência do painel solar;

N = Número de placas fotovoltaicas;

D = Dias mês;

E = Eficiência.

$$15.899,17kwh = 5.098kwh/m^2/dia \times 0,25kw/kw/m^2 \times N \times 30dias \times 0,83 \quad (4.4)$$

$$N = \frac{15.899,17kwh}{5.098kwh/m^2/dia \times 0,25kw/kw/m^2 \times 30dias \times 0,83} \quad (4.5)$$

$$N = 500,99Placas \quad (4.6)$$

Arredondando iremos ter 500 placas fotovoltaicas para suprir o consumo. As placas de silício policristalino de 250w ocupam $1.70 m^2$ cada, com isso é possível calcular a área necessária para a instalação.

$$500 \times 1,70m^2 = 850m^2 \quad (4.7)$$

Com a quantidade de placas encontrada, juntamente com a potência individual de 250w por placa, é possível encontrar a potência de geração do sistema.

$$500 \times 250w = 125kw \quad (4.8)$$

Ao efetuar uma análise no prédio da instituição de ensino Doctum Caratinga foi observado que o melhor local para a instalação dos painéis seria a área dos telhados, pois é uma vasta área e que está ociosa, a instalação neste local traz benefícios como por exemplo, não está sujeito a área com sombreamento, sendo mais seguro contra contato de pessoas, objetos e animais, além de ter uma estrutura de suporte mais simples. Por outro lado, podemos ressaltar que será uma instalação e manutenção mais difícil, além de trazer riscos para os instaladores, que irão trabalhar em uma altura razoável.

A escolha da área ideal dos telhados para a instalação dos painéis fotovoltaicos é algo de extrema importância, pois ao ser posicionado em um local que tenha incidência de sombras ou que possuam obstáculos à luz solar em determinadas partes do dia, como por exemplo árvores, edifícios, dentre outros, a geração fica prejudicada. Por este motivo foi feita uma análise em toda a área dos telhados da instituição de ensino Doctum Caratinga, afim de definir o melhor ponto para a possível instalação dos módulos fotovoltaicos, foram analisados também os espaços disponíveis em cada área, já que o prédio possui diversos blocos com telhados em níveis diferentes o que poderia influenciar na escolha.

Existe a necessidade de uma área de $850 m^2$ (metros quadrados) para a instalação de 500 placas fotovoltaicas de 250 Watts cada, para suprir todo o consumo médio mensal da instituição. Analisando a área dos telhados, foi observado que o bloco B, C e D possuem características necessárias para uma boa geração.

A área disponível nos telhados do bloco B é de $220,32 m^2$, esta área com sua face voltada para o norte, tem o seu telhado embutido entre paredes de alvenaria, como pode ser observado na figura 23, o que além de facilitar a fixação dos suportes das placas e o peso de todo o sistema de geração de energia solar ficaria fixado na parte de alvenaria e não sobre a estrutura dos telhados.



Figura 23: Vista da área disponível nos telhados do bloco B.

Fonte: AUTOR, 2016.

Para encontrar a quantidade de placas que podem ser instaladas nesta área, foi efetuado o cálculo a seguir:

$$220,32m^2/1,70m^2 = 129,6Placas \quad (4.9)$$

Arredondando para baixo teremos o total de 128 placas fotovoltaicas, que podem ser instaladas na área dos telhados do bloco B. Sendo assim essa área tem o potencial de geração de:

$$128X250w = 32kw \quad (4.10)$$

Essa também seria a potência do inversor ideal em caso de implantação do sistema apenas nesta área. Mas no mercado brasileiro atualmente não existe um inversor com tal potência, sendo necessário a utilização de 2 inversores, sendo um de 20kw e outro de 12,500kw.

Sua estrutura deverá ser fixada nas paredes de alvenaria que ficam em volta do telhado e seguir a latitude local de 19,78°.

O bloco C possui duas áreas de telhados distintas, a figura 25, mostra a área que corresponde a 258,30 m^2 e que possui o telhado todo em zinco, sendo mais resistente e indicado para uma possível implantação das placas fotovoltaicas, a outra área mostrada na figura 24, possui uma área de 171,39 m^2 , mas tem o seu telhado todo em amianto, o que torna a área inviável para instalação no momento, por ser uma área com a estrutura mais frágil e que não iria suportar a implantação das placas.



Figura 24: Área descartada pelo estudo no Bloco C.

Fonte: AUTOR, 2016.



Figura 25: Área escolhida pelo estudo como ideal do Bloco C.

Fonte: AUTOR, 2016.

A área de $258,30 \text{ m}^2$ do bloco C está com uma inclinação de $0,4^\circ$ para o sul, sendo necessário uma estrutura que corrija essa inclinação.

De posse da área de $258,30 \text{ m}^2$ é possível calcular a quantidade de placas que podem ser instaladas nos telhados do bloco C.

$$258,30\text{m}^2/1,70\text{m}^2 = 151,94\text{Placas} \quad (4.11)$$

Novamente efetuando o arredondamento para baixo teremos o total de 151 placas fotovoltaicas. Assim essa área tem o potencial de geração de:

$$151 \times 250\text{w} = 37,750\text{kw} \quad (4.12)$$

Como dito anteriormente não é possível encontrar um inversor único com essa potência, então será necessário a utilização de 2 inversores, sendo um de 20kw e outro de 17,500kw, podendo assim diminuir o número de placas de 151 para 150 placas, que multiplicadas pela potência individual dos painéis, teremos justamente os 37,500kw dos 2 inversores, em caso de implantação nesta área de forma separada das outras, ou nela somente.

Sua estrutura deverá ser montada por cima das telhas de zinco, com um suporte próprio e o mesmo deverá ter sua base mais alta que o dos demais blocos, por estar posicionado ao sul, tendo que ser revertido para o norte seguindo a latitude local.

O bloco D possui uma área de $383,43 \text{ m}^2$, sendo a maior área de telhados da instituição, como pode ser visto na figura 26, com essa área pode-se encontrar a quantidade de placas que

podem ser instaladas.

$$383,43m^2/1,70m^2 = 225,54Placas \quad (4.13)$$

Fazendo o arredondamento para baixo temos 225 placas, com potencial de geração de:

$$225 \times 250w = 56,250kw \quad (4.14)$$

Será necessário em caso de implantação somente nesta área, utilizar 2 inversores de 20kw e 1 inversor de 15kw e podemos diminuir o número de placas para 220, ficando a potência de geração em 55kw.



Figura 26: Vista da área disponível nos telhados do bloco D.

Fonte:SOUZA; SILVA, 2015.

O bloco D, é o que conta com a maior área total, esse bloco também possui paredes de alvenaria em volta do telhado, mais na parte central do bloco possui um espaço que tem essa parede de alvenaria um pouco mais elevada, ocasionado assim que sua estrutura seja montada de modo a ficar em nível e que não sofra sombras feitas pela própria estrutura de alvenaria do local em alguma parte das placas.

Após analisar as áreas disponíveis foi elaborada a tabela 4, mostrada a seguir, com o resumo dos valores calculados acima, comparando o que é possível gerar de energia é o necessário para suprir a demanda da instituição.

Tabela 4: Comparação entre as áreas disponíveis e a necessária

Bloco	Área	Placas	Potência Instalada
B	220,3 m ²	128	32 kw
C	258,3 m ²	151	37,5 kw
D	383,4 m ²	220	55 kw
Totais:	862 m²	499	124,5 kw
Necessario:	850 m²	500	125 kw
Restante:	+12,00 m²	-1	- 0,5 kw

Fonte: AUTOR, 2016.

Como pode ser visto a área disponível nos telhados da instituição, é capaz de gerar até 124.5 kw sendo que o necessário seria de 125 kw, conforme encontrado na equação (4.8). Sendo então um pouco abaixo do suficiente para gerar toda a demanda média calculada, faltando apenas 0,5 kw.

4.5 SIMULAÇÃO NO SOFTWARE PVSYST

O software Suiço PVsyst é conhecido em todo o mundo como um dos melhores para simulação e otimização de usinas fotovoltaicas, pois conta com uma vasta biblioteca de dados sobre os equipamentos fotovoltaicos e dados meteorológicos. Para a utilização no presente estudo de caso, foi utilizada a versão 6.40 em modo demonstração, que conta com todas as funções durante o período de 30 dias.

O software não conta com a cidade de Caratinga em seu modo default, sendo necessário inserir a cidade e seus dados de localização e climáticos para o correto dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Alguns parâmetros do software foram alterados para o dimensionamento, o valor de temperatura mínima absoluta foi alterada para 10°C, a temperatura de funcionamento normal durante o inverno foi alterada para 45°C, a temperatura normal de operação alterada foi de 65°C, o valor da temperatura máxima no verão foi de 80°C, esses valores de temperatura foram inseridos como uma margem de segurança para que o inversor não sofra com picos de tensão durante algum período, ficando sempre com o seu funcionamento entre o valor mínimo e máximo de operação, também foi acrescentado uma perda de 3% referente a possível perda devido a poluição, que por ventura venha se acumular sobre os módulos.

O software conta com a escolha dos ângulos de inclinação dos módulos, sendo que ao inserir o valor o próprio software indica se com esse ângulo haverá perdas ou não, o parâmetro escolhido foi o de 19° e o software indicou como inclinação perfeita para o projeto.

Como informado anteriormente o software conta com uma grande biblioteca de equipamentos, portanto foi adicionado os módulos fotovoltaicos de 250w da Yangli Solar modelo YL250P–29b, conforme utilizado nos cálculos anteriores, além da escolha de 3 módulos fotovoltaicos da Fronius International de 48kw modelo CL 48.0, com uma faixa de operação de 230V a 500V, a escolha desses 3 módulos de 48kw foi feita por não encontrar na biblioteca do software um inversor de 124,5kw, valor este encontrado na tabela 4, no campo de potência que é suportada pela área disponível, com a soma dos 3 módulos escolhidos somados ficam com o valor total de 144kw, ficando com aproximadamente 19,5kw de sobre dimensionamento, podendo ser utilizado quando as construções do anfiteatro e salas adicionais forem construídas, podendo assim aumentar o número de módulos para atendê-los.

A figura 27, mostra as opções selecionadas pelo autor, juntamente com informações

sobre o dimensionamento dados pelo software PVsyst.

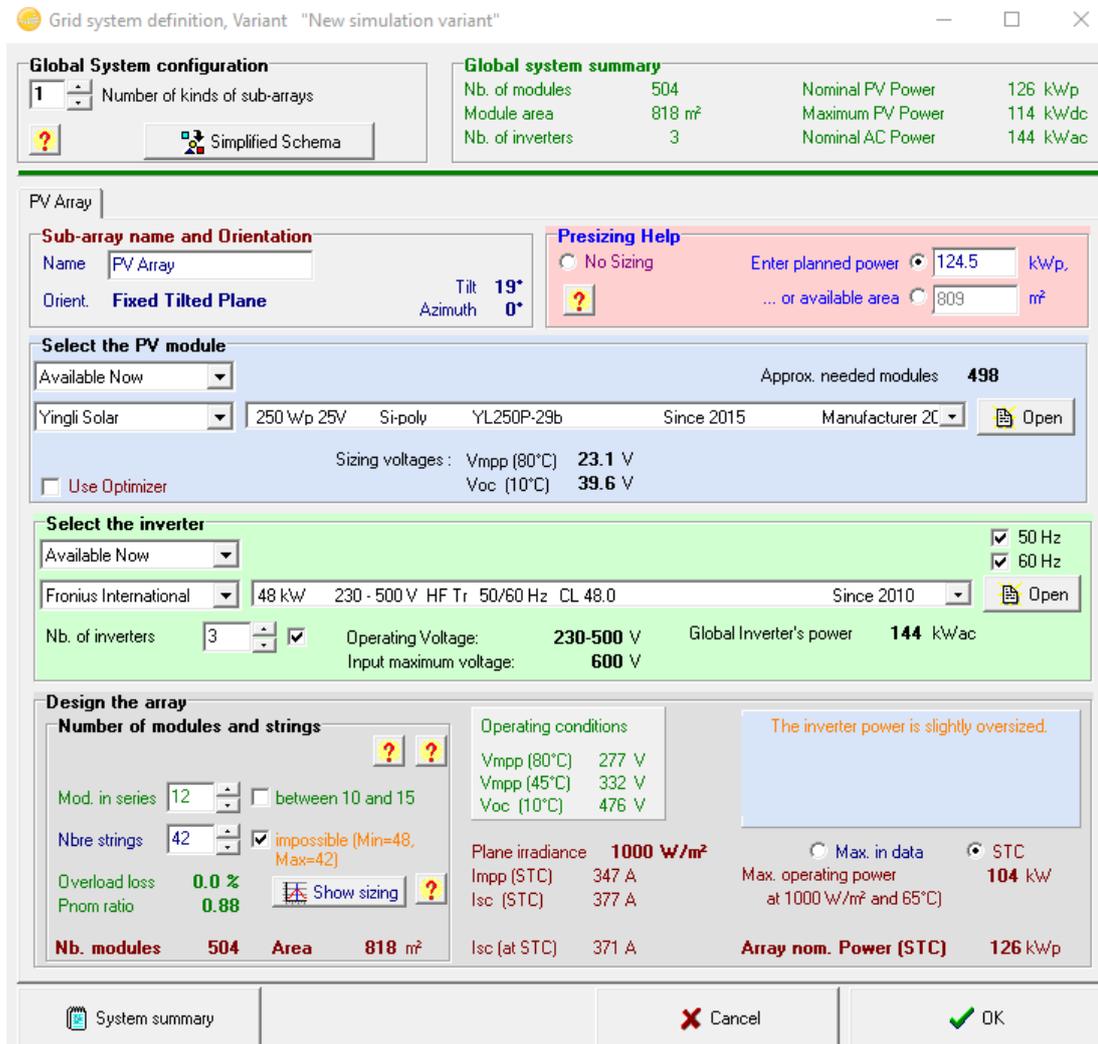


Figura 27: Tela de configuração do sistema fotovoltaico no software PVsyst.

Fonte: SOFTWARE PVSYST, 2016.

Na figura 27, é possível observar que foram necessários 504 módulos, divididos em 42 strings com 12 módulos em série, ocupando uma área total de 818 m², ficando com as condições de operação dentro da margem de segurança do inversor, alcançando a potencia de 126kw, ficando pouco acima da potência encontrada na tabela 4, para o projeto fotovoltaico de 124,5kw, que é a provável geração para os 3 blocos da instituição.

A figura 28, mostra o gráfico que exemplifica a produção de energia mensal, juntamente com as perdas dos equipamentos e suas condições de funcionamento.

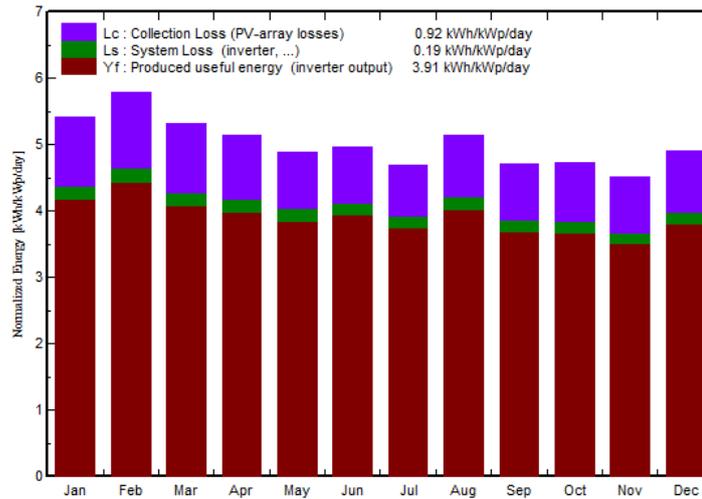


Figura 28: Produção de energia e perdas mensais por kwp instalado.

Fonte: SOFTWARE PVSYST, 2016.

Já a figura 29, apresenta o gráfico que indica o desempenho do sistema fotovoltaico durante os meses do ano.

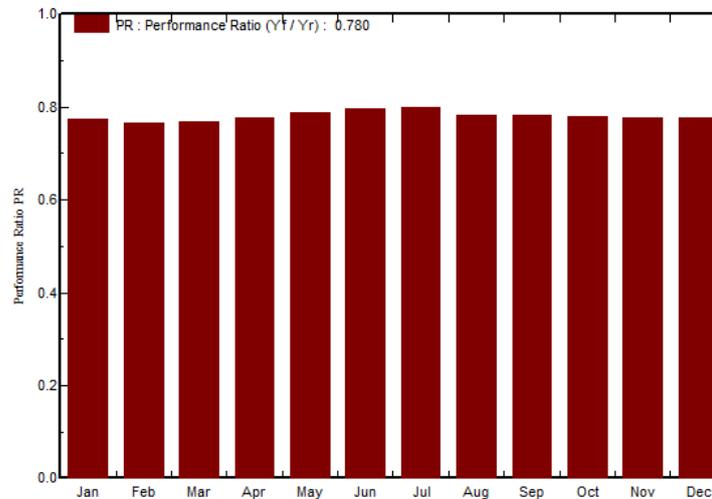


Figura 29: Desempenho mensal do sistema fotovoltaico.

Fonte: SOFTWARE PVSYST, 2016.

Vale ressaltar que eficiência encontrada pelo PVsyst com as condições e equipamentos escolhidos, ficou em 78%, sendo que na equação (4.4) foi utilizado o valor de 83% como uma possível eficiência do sistema.

O gráfico da figura 30, foi elaborado a partir de dados obtidos junto ao software PVsyst, e traz a previsão de geração de energia durante todos os meses do ano.

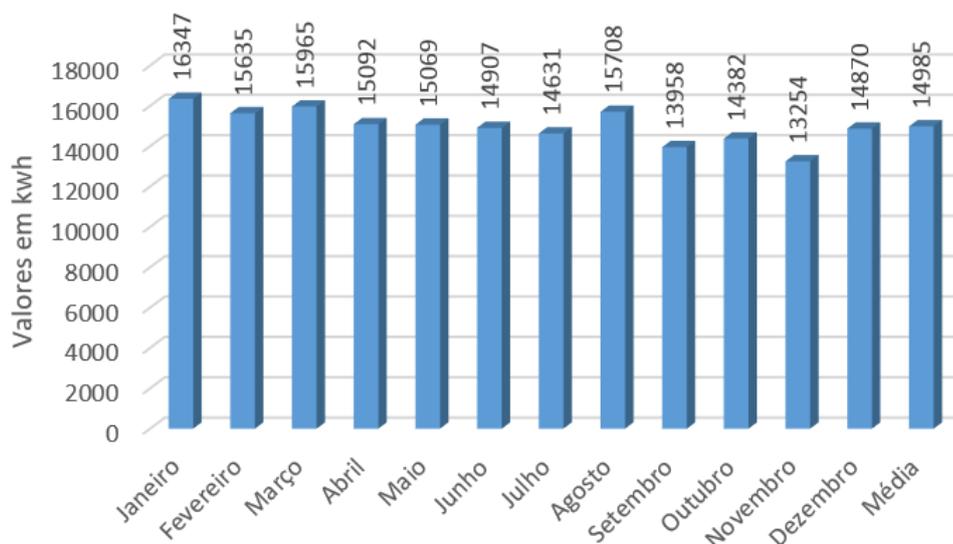


Figura 30: Previsão de geração do sistema fotovoltaico.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do SOFTWARE PVSYST, 2016.

Com os dados obtidos é possível observar que teremos uma geração satisfatória com os equipamentos utilizados na simulação, conseguindo atingir um total de previsão de geração de 179.818 kwh ano.

Em caso de implantação do sistema em um ou mais blocos e não de forma completa como abordado anteriormente, será necessário uma nova análise, utilizando o software PVsyst, para isto foi utilizado os mesmo parâmetros usados anteriormente, como as temperaturas, perdas por acúmulo de impurezas sobre as placas, dados de localização, climáticos e ângulo.

Para a análise do bloco B, foi inserido a potência necessária calculada de 32 kw, foram escolhidos os módulos fotovoltaicos da Yingli Solar de 250 Wp, modelo YL250P–29b e dois inversores da Siemens de 16 Kw, modelo Sinvert PVM16 UL, obtendo o resultado de 13 strings, com 10 módulos em série cada, em um total de 130 módulos, ocupando uma área de 211 m², alcançando uma potência de 32.5 kwp, com eficiência de 80%.

O bloco C, possui a potência calculada necessária de 37,5 kw, os módulos escolhidos foram os mesmos do bloco B, já para o inversor foi utilizado 2 inversores da Siemens de 19 kw, modelo Sinvert PVM20, obtendo o resultado de 7 strings com 21 módulos em série cada, no total de 147 módulos fotovoltaicos, em uma área de 239 m², com potência de 36,8 kwp, e eficiência de 80%.

Para o bloco D, a potência inserida no software foi de 55 kwp, sendo escolhidos os mesmos módulos utilizados anteriormente, com um inversor da Siemens de 57 kwp, modelo Sinvert 60 M, sendo necessário 11 strings com 20 módulos em série cada, em um total de 220 módulos, ocupando uma área de 357 m², alcançando a potência de 55 kwp, com eficiência de 77%.

Um ponto importante a ser ressaltado é que em caso de implantação da usina de 124,5 Kwp (tabela 4), a instalação deverá ser modificada para o Grupo A, que vai de 75 KW a 5 MW, mais em caso da instalação em apenas uma das áreas, a instalação poderá continuar sendo do Grupo B, que vai até 75 KW, conforme a ND 5.30 da CEMIG.

4.6 PRAZO PARA O RETORNO DO INVESTIMENTO

Antes de efetuar qualquer tipo de investimento é necessário analisar se existe a viabilidade financeira para o projeto, para isso é necessário confrontar vantagens e desvantagens. Para efetuar essa análise é necessário simular o investimento, seguindo algum modelo, para essa análise, irá ser utilizado o método do payback, que é uma técnica utilizada para calcular o tempo de recuperação do valor investido.

No caso do referido estudo, será realizado uma análise do VPL, TIR e payback utilizando o método indicado por ROCHA (2015), o estudo abordará a implantação do sistema, utilizando os 3 blocos, para suprir todo o consumo médio calculado e de modo individual, por padrão de energia elétrica, ficando a cargo da administração da instituição a escolha de qual implantação seria de seu interesse.

Para a implantação do sistema fotovoltaico nos 3 blocos, seria possível suprir o consumo médio calculado anteriormente, ocasionando em uma redução significativa do valor pago a concessionária de energia elétrica, para calcular o tempo de retorno do investimento, será utilizado a média das porcentagens dos reajustes anuais da CEMIG, autorizados pela ANEEL, que pode ser visto na tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Média das porcentagens dos reajustes anuais da CEMIG.

Reajuste Tarifário Médio	Período de Abrangência
3,78%	08/04/2016 até 07/04/2017
7,07%	08/04/2015 até 07/04/2016
16,33%	08/04/2014 até 07/04/2015
2,99%	08/04/2013 até 07/04/2014
3,85%	08/04/2012 até 07/04/2013
7,24%	08/04/2011 até 07/04/2012
1,73%	08/04/2010 até 07/04/2011
7,58%	08/04/2009 até 07/04/2010
-18,09%	08/04/2008 até 07/04/2009
9,43%	08/04/2007 até 07/04/2008
16,19%	08/04/2006 até 07/04/2007
23,88%	01/07/2005 até 07/04/2006
Total:	81,98%
Média:	6,35%

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da CEMIG e ANEEL.

A média do reajuste tarifário é um componente essencial para encontrar o tempo de retorno de investimento e será utilizada em conjunto com o valor da economia anual, valor do investimento e valor da caderneta de poupança, para encontrar os valores de TIR, VPL e Payback mais adiante.

Utilizando a possível geração diária dos 3 blocos, juntamente com o valor do kwh no mês de setembro de 2016, praticado pela concessionária de energia elétrica local CEMIG, podemos encontrar o valor da economia em kwh e em R\$ (reais), gerada pelo sistema de energia solar em seu primeiro ano.

Economia em kwh no primeiro ano:

Geração dos 3 blocos diária encontrada (tabela 4): 124.5 kwh

Multiplicando pela média da radiação solar diária – horizontal de Caratinga – MG (Tabela 2):

$$124.5kwh \times 5.098kwh/m^2/dia = 634,70kwh/m^2/dia \quad (4.15)$$

Para encontrar o valor mensal, o valor diário foi multiplicado por 30 dias:

$$634,70kwh/m^2/dia \times 30 = 19.041,03kwh/m^2/mes \quad (4.16)$$

Encontrando o valor anual:

$$19.041,03kwh/m^2/mes \times 12 = 228.492,36kwh/m^2/ano \quad (4.17)$$

Multiplicando o valor anual pela eficiência considerada de 83%:

$$228.492,36kwh/m^2/ano \times 0,83 = 189.648,66kwh/m^2/ano \quad (4.18)$$

Economia em R\$ (reais) no primeiro ano, considerando a taxa de 0,76533641 referente ao mês de setembro de 2016 da Cemig já com impostos inclusos.

$$189.648,66kwh/m^2/ano \times 0,76533641 = R\$: 145.145,02 \quad (4.19)$$

Considerando os valores do orçamento obtido junto a empresa SELTEC Soluções Elétricas e Tecnologia (anexo D), que foi elaborado para uma usina de 118.04 Kwp, com o valor total de R\$ 715.000,00, sendo que pelos cálculos realizados anteriormente o valor que a área disponível pode chegar a gerar seria de 124.5 kwp (tabela 4), assim será feita uma estimativa de custo, com base no orçamento obtido, com a quantidade de geração pretendida.

Transformado 118.04 kw em watts:

$$118.04kw \times 1000 = 118.040,00watts \quad (4.20)$$

Dividindo o valor total do orçamento pelo valor de geração do orçamento em watts é possível encontrar o valor em reais de cada watt instalado.

$$715.000,00/118.040,00watts = R\$6,06/Winstalado \quad (4.21)$$

Multiplicando o valor em reais do watt encontrado pelo total de geração pretendida, encontramos a estimativa de valor total para a implantação do sistema.

$$R\$6,06 \times 124,500watts = R\$754.470,00 \quad (4.22)$$

Para calcular se o sistema fotovoltaico dará ou não retorno financeiro, será feita uma estimativa de despesas com o sistema, considerando as mesmas de modo mais pessimista possível.

Depreciação do valor dos equipamentos de modo que em 25 anos ele já não tenha valor algum:

$$R\$754.470,00/25anos = R\$30.178,80 \quad (4.23)$$

O valor de mercado de seis inversores de 20 kw e um inversor de 5 kw, para somados chegarem a 125 kw, ficam pelo valor de R\$ 87.300,00, considerando que todos eles queimem ou seja danificados a cada 5 anos, tendo que ser substituídos, teremos:

$$R\$87.300,00 \times 5anos = R\$436.500,00 \quad (4.24)$$

Dividindo o resultado por 25 anos que é o tempo de vida útil estimado dos painéis fotovoltaicos.

$$R\$436.500,00/25anos = R\$17.460,00 \quad (4.25)$$

O valor de R\$ 17.460,00 representa a despesa anual estimada com a troca dos inversores.

Outras despesas como manutenção em geral, troca de disjuntores, DPS, dentre outras, foi considerado o valor anual de:

$$R\$1.000,00 \quad (4.26)$$

Chegando assim a um valor de despesas anuais estimadas de:

$$R\$48.638,80 \quad (4.27)$$

Para encontrar os valores de economia do primeiro ano, dos três padrões de energia de forma individual, será utilizado o mesmo método usado anteriormente, mais de forma direta, apresentando somente os valores utilizados e seus respectivos resultados.

A empresa SELTEC Soluções Elétricas e Tecnologia, também efetuou orçamentos individuais para cada padrão da instituição, a seguir tabela com os valores dos orçamentos, os orçamentos completos estão nos anexos E, F e G.

Tabela 6: Tabela com os dados dos orçamentos referente os três padrões da instituição.

Endereço	Tamanho da Usina	Área Ocupada	Valor do Orçamento
João Pinheiro nº: 125	16,9 Kwp	109 M ²	R\$ 110.000,00
João Pinheiro nº: 147	32,76 Kwp	211 M ²	R\$ 201.000,00
João Pinheiro nº: 197	70,46 Kwp	453 M ²	R\$ 425.000,00
Totais:	120,12 Kwp	773 M²	R\$ 736.000,00

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da SELTEC, 2016.

Em caso de implantação do sistema fotovoltaico no nº 125, é possível conseguir uma economia no primeiro ano de R\$ 19.702,42, ocupando uma área que não chega a metade da disponível do bloco B, considerando que para a instalação seja necessário um inversor de 12 kw e um de 5 kw, o valor dos dois inversores no mercado ficam na faixa de R\$ 16.980,00, considerando também R\$ 1.000,00 de outras despesas anuais como anteriormente, teremos uma previsão de gastos anuais de R\$ 8.796,00.

Se for considerado o orçamento do nº 147, a economia no primeiro ano após a instalação do sistema é de R\$ 38.192,38, ocupando uma área inferior, tanto a disponível do bloco B, quanto do bloco C, considerando um inversor de 20 kw e um de 12 kw, tendo o valor de mercado na faixa de R\$ 26.280,00, utilizando o mesmo valor de R\$ 1.000,00 de outras despesas anuais, obtemos o valor de R\$ 14.296,00 de previsão de gastos anuais.

Já para o padrão do nº 197, a economia no primeiro ano é de R\$ 82.143,92, ocupando uma área superior a disponível do bloco D, sendo necessário colocar parte dos módulos em outro bloco com área disponível, para este caso foram considerados três inversores de 20 kw e dois inversores de 5 kw, com valor de mercado estimado em R\$ 51.480,00, o valor de outras despesas foram os mesmos R\$ 1.000,00, com isso obtemos o valor de previsão de gastos anuais de R\$ 28.296,00.

Para efeito de comparação para prazo para retorno financeiro, os cálculos a seguir irão utilizar o valor da caderneta de poupança que possui o reajuste anual de 8,21% ao ano.

(CARTEIRA RICA, 2016).

4.6.1 VPL (Valor Presente Líquido)

VPL é considerado um dos métodos mais corretos da engenharia econômica, é utilizada para efetuar cálculos do valor atual de uma série de pagamentos futuros, descontando alguma taxa de custo de capital. Segundo FAZACONTA (2015, p.1), “quanto maior o VPL, mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. O VPL indica qual o lucro em R\$ [...] que o projeto ou novo negócio trará”.

Para o cálculo de VPL, será considerado o valor de economia anual encontrado anteriormente, o valor total do investimento, a taxa do reajuste anual da poupança e o valor do reajuste médio anual da CEMIG.

Tabela 7: Tabela VPL, considerando os valores calculados de total do investimento e seu retorno anual.

Taxa de Retorno:	8,21%
Alteração Tarifária:	6,35%

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor com Despesas
0	2016	-754.470,00	-754.470,00
1	2017	145.145,02	96.506,22
2	2018	154.361,73	105.722,93
3	2019	164.163,70	115.524,90
4	2020	174.588,09	125.949,29
5	2021	185.674,44	137.035,64
6	2022	197.464,76	148.825,96
7	2023	210.003,78	161.364,98
8	2024	223.339,02	174.700,22
9	2025	237.521,04	188.882,24
10	2026	252.603,63	203.964,83
11	2027	268.643,96	220.005,16
12	2028	285.702,85	237.064,05
13	2029	303.844,98	255.206,18
14	2030	323.139,14	274.500,34
15	2031	343.658,48	295.019,68
16	2032	365.480,79	316.841,99
17	2033	388.688,82	340.050,02
18	2034	413.370,56	364.731,76
19	2035	439.619,59	390.980,79
20	2036	467.535,43	418.896,63
21	2037	497.223,93	448.585,13
22	2038	528.797,65	480.158,85
23	2039	562.376,30	513.737,50
24	2040	598.087,20	549.448,40
25	2041	636.065,74	587.426,94

VPL sem despesas: 1.990.294,24
VPL com despesas: 1.480.265,85

Fonte: AUTOR, 2016.

O valor de VPL para a instalação do sistema fotovoltaico para a usina de 124.5 kwp, com despesas encontrado de R\$ 1.480.265,85, indica que durante o período de 25 anos, tempo de vida útil média dos painéis fotovoltaicos, o investimento trará um ótimo retorno financeiro a instituição.

Em seguida será apresentado os valores de VPL para cada padrão de energia elétrica da instituição, levando em conta os valores encontrados de retorno de investimentos e despesas, além dos valores dos orçamentos da empresa SELTEC (anexos E, F e G), para cada padrão. A tabela completa com os dados de VPL pode ser vista no apêndice B.

Tabela 8: Tabela com os valores de VPL, referente aos 3 padrões de energia elétrica.

João Pinheiro nº: 125	
VPL sem despesas:	262.582,52
VPL com despesas:	170.347,32
João Pinheiro nº: 147	
VPL sem despesas:	521.236,83
VPL com despesas:	371.328,41
João Pinheiro nº: 197	
VPL sem despesas:	1.128.382,23
VPL com despesas:	831.669,25

Fonte: AUTOR, 2016.

Com os valores obtidos de VPL, para cada padrão de energia elétrica da instituição, é possível observar que todos trarão retorno financeiro e o mesmo é proporcional ao valor investido.

4.6.2 TIR (Taxa Interna de Retorno)

A TIR é muito utilizada, devido a facilidade de interpretar o seu resultado, se a análise for feita de forma anual, a porcentagem encontrada na TIR, significa o retorno anual do investimento. De acordo com o FAZACONTA (2015, p.1), “quanto maior a TIR, melhor e mais lucrativo será o projeto ou novo negócio. Pense na TIR como a taxa de juros que uma aplicação financeira precisaria render para ser tão lucrativa quanto o projeto ou novo negócio”.

Para a análise da TIR, será comparado o valor do investimento total, sendo o mesmo aplicado na poupança e investido no sistema fotovoltaico na instituição, com e sem despesas calculadas.

Tabela 9: Tabela TIR, comparando o investimento na poupança e o investimento na implementação do sistema fotovoltaico.

Aplicar na Poupança			Investir na usina de 124,5 kwp			
Reajuste Poupança:		8,21%	Reajuste Tarifário:		6,35%	
			Valor considerado para despesa anual:		R\$	48.638,80
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor com Despesas
0	2016	-754.470,00	0	2016	-754.470,00	-754.470,00
1	2017	61.941,99	1	2017	145.145,02	96.506,22
2	2018	67.027,43	2	2018	154.361,73	105.722,93
3	2019	71.283,67	3	2019	164.163,70	115.524,90
4	2020	75.810,18	4	2020	174.588,09	125.949,29
5	2021	80.624,13	5	2021	185.674,44	137.035,64
6	2022	85.743,76	6	2022	197.464,76	148.825,96
7	2023	91.188,49	7	2023	210.003,78	161.364,98
8	2024	96.978,96	8	2024	223.339,02	174.700,22
9	2025	103.137,12	9	2025	237.521,04	188.882,24
10	2026	109.686,33	10	2026	252.603,63	203.964,83
11	2027	116.651,41	11	2027	268.643,96	220.005,16
12	2028	124.058,78	12	2028	285.702,85	237.064,05
13	2029	131.936,51	13	2029	303.844,98	255.206,18
14	2030	140.314,48	14	2030	323.139,14	274.500,34
15	2031	149.224,45	15	2031	343.658,48	295.019,68
16	2032	158.700,20	16	2032	365.480,79	316.841,99
17	2033	168.777,66	17	2033	388.688,82	340.050,02
18	2034	179.495,04	18	2034	413.370,56	364.731,76
19	2035	190.892,98	19	2035	439.619,59	390.980,79
20	2036	203.014,68	20	2036	467.535,43	418.896,63
21	2037	215.906,11	21	2037	497.223,93	448.585,13
22	2038	229.616,15	22	2038	528.797,65	480.158,85
23	2039	244.196,78	23	2039	562.376,30	513.737,50
24	2040	259.703,27	24	2040	598.087,20	549.448,40
25	2041	276.194,43	25	2041	636.065,74	587.426,94
TIR = 12,76%			TIR sem despesas = 25,27%			
			TIR com despesas = 20%			

Fonte: AUTOR, 2016.

Com os valores obtidos, pode-se concluir que durante o período da análise, seria mais viável do ponto de vista econômico, a aplicação do valor total do investimento no sistema fotovoltaico para a usina de 124,5 Kwp, mesmo considerando todas as despesas estimadas.

A seguir uma nova análise de TIR, agora comparando dados referente aos três padrões de energia elétrica da instituição, considerando os valores dos orçamentos (anexos E, F e G), despesas e retorno de investimento calculados.

Tabela 10: Tabela com os valores de TIR, referente aos 3 padrões de energia elétrica.

João Pinheiro nº: 125

Reajuste Poupança:	8,21%	
Reajuste Tarifário:	6,35%	
Valor do investimento:	R\$	110.000,00
Valor considerado para despesa anual:	R\$	8.796,00
Valor retorno financeiro primeiro ano:	R\$	19.702,42
	Valor sem Despesas	Valor com Despesas
TIR:	23,87%	17,82%

João Pinheiro nº: 147

Reajuste Poupança:	8,21%	
Reajuste Tarifário:	6,35%	
Valor do investimento:	R\$	201.000,00
Valor considerado para despesa anual:	R\$	14.296,00
Valor retorno financeiro primeiro ano:	R\$	38.192,38
	Valor sem Despesas	Valor com Despesas
TIR:	25,02%	19,59%

João Pinheiro nº: 197

Reajuste Poupança:	8,21%	
Reajuste Tarifário:	6,35%	
Valor do investimento:	R\$	425.000,00
Valor considerado para despesa anual:	R\$	28.296,00
Valor retorno financeiro primeiro ano:	R\$	82.143,92
	Valor sem Despesas	Valor com Despesas
TIR:	25,36%	20,26%

Fonte: AUTOR, 2016.

Os valores encontrados indicam que todos os 3 possíveis investimentos, podem ser considerados muito bons devido a uma taxa de TIR que é superior à encontrada pelo investimento dos mesmos valores na caderneta de poupança que tem o seu valor de TIR em 12,76%, a tabela completa pode ser vista no apêndice C.

4.6.3 Payback

Payback é uma análise do tempo para retorno do investimento inicial até o momento em que o ganho acumulado durante os anos se iguale com o valor investido. Ainda de acordo com o FAZACONTA (2015, p.1), o tempo do payback é o “tempo para que um projeto se pague, ou seja, a partir do qual o VPL fica positivo”.

A tabela de payback para a instalação de 124,5 Kwp a seguir, não leva em conta as despesas calculadas anteriormente.

Tabela 11: Tabela do payback sem despesas.

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VPL)	Saldo (R\$)
0	2016	-754.470,00	-754.470,00	
1	2017	145.145,02	134.132,72	-620.337,28
2	2018	154.361,73	131.827,14	-488.510,13
3	2019	164.163,70	129.561,19	-358.948,94
4	2020	174.588,09	127.334,19	-231.614,75
5	2021	185.674,44	125.145,47	-106.469,28
6	2022	197.464,76	122.994,37	16.525,09
7	2023	210.003,78	120.880,24	137.405,33
8	2024	223.339,02	118.802,46	256.207,79
9	2025	237.521,04	116.760,39	372.968,17
10	2026	252.603,63	114.753,41	487.721,59
11	2027	268.643,96	112.780,94	600.502,53
12	2028	285.702,85	110.842,37	711.344,90
13	2029	303.844,98	108.937,12	820.282,03
14	2030	323.139,14	107.064,63	927.346,65
15	2031	343.658,48	105.224,31	1.032.570,97
16	2032	365.480,79	103.415,63	1.135.986,60
17	2033	388.688,82	101.638,04	1.237.624,65
18	2034	413.370,56	99.891,01	1.337.515,65
19	2035	439.619,59	98.174,00	1.435.689,66
20	2036	467.535,43	96.486,51	1.532.176,16
21	2037	497.223,93	94.828,02	1.627.004,18
22	2038	528.797,65	93.198,04	1.720.202,23
23	2039	562.376,30	91.596,08	1.811.798,30
24	2040	598.087,20	90.021,65	1.901.819,96
25	2041	636.065,74	88.474,29	1.990.294,24

Fonte: AUTOR, 2016.

Como indicado na tabela acima, a implantação do sistema fotovoltaico de 124,5 Kwp na instituição, sem considerar as despesas estimadas, já traria retorno financeiro no decorrer do sexto ano.

Na tabela 12 a seguir, o cálculo de payback já está contando todas as despesas estimadas na coluna fluxo de caixa.

Tabela 12: Tabela do payback com despesas.

Taxa de Retorno:	8,21%
Alteração Tarifária:	6,35%

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VPL)	Saldo (R\$)
0	2016	-754.470,00	-754.470,00	
1	2017	96.506,22	89.184,20	-665.285,80
2	2018	105.722,93	90.288,91	-574.996,90
3	2019	115.524,90	91.174,50	-483.822,39
4	2020	125.949,29	91.859,94	-391.962,46
5	2021	137.035,64	92.362,68	-299.599,77
6	2022	148.825,96	92.698,84	-206.900,93
7	2023	161.364,98	92.883,27	-114.017,66
8	2024	174.700,22	92.929,64	-21.088,01
9	2025	188.882,24	92.850,57	71.762,55
10	2026	203.964,83	92.657,66	164.420,21
11	2027	220.005,16	92.361,61	256.781,82
12	2028	237.064,05	91.972,28	348.754,10
13	2029	255.206,18	91.498,72	440.252,82
14	2030	274.500,34	90.949,29	531.202,11
15	2031	295.019,68	90.331,67	621.533,78
16	2032	316.841,99	89.652,91	711.186,69
17	2033	340.050,02	88.919,51	800.106,20
18	2034	364.731,76	88.137,44	888.243,64
19	2035	390.980,79	87.312,19	975.555,83
20	2036	418.896,63	86.448,79	1.062.004,62
21	2037	448.585,13	85.551,88	1.147.556,49
22	2038	480.158,85	84.625,69	1.232.182,18
23	2039	513.737,50	83.674,12	1.315.856,30
24	2040	549.448,40	82.700,74	1.398.557,04
25	2041	587.426,94	81.708,82	1.480.265,85

Fonte: AUTOR, 2016.

Após a análise do payback para a instalação de 124,5 Kwp, confirmamos os resultados anteriores do VPL e TIR, em um período de 25 anos, mesmo considerando despesas de modo mais pessimista possível, ainda é possível obter retorno financeiro do sistema já no decorrer do nono ano.

O tempo de payback para a instalação de 16,9 Kwp referente o padrão do nº 125 levando em consideração as despesas calculadas, o projeto começa a trazer retorno financeiro a partir do décimo segundo ano, já para a instalação de 32,76 Kwp referente o padrão do nº 147 o retorno é a partir do décimo ano e para a instalação de 70,46 Kwp para o padrão do nº 197 terá retorno financeiro a partir do nono ano.

As tabelas completas de payback referente os padrões de nº 125, 147 e 197, podem ser vistas nos apêndices D, E e F, respectivamente.

5 CONCLUSÃO

A geração de energia solar fotovoltaica, é uma realidade em todo o mundo, com cada vez mais adeptos e incentivos governamentais em vários países, tendo uma ótima perspectiva para o futuro, sendo que com esse crescente aumento da demanda por esse sistema, os preços tendem a cair tornando esse meio gerador ainda mais atrativo.

O Brasil com toda sua extensão continental, possui um enorme potencial para a geração solar fotovoltaica, tendo em todo o seu território condições favoráveis, com níveis de radiação solar satisfatórios para uma geração de qualidade, contando ainda com uma legislação que atualmente favorece esse meio gerador, tornando-o cada vez mais viável a consumidores.

Os equipamentos utilizados veem em quase toda sua totalidade de outros países, sendo necessário intervenções da iniciativa pública e privada para que o desenvolvimento e fabricação de equipamentos necessários para a geração solar fotovoltaica se torne realidade em nosso país, sendo que o Brasil é um grande exportador de matéria prima para a fabricação dos mesmos, não aproveitando esse fator para se tornar também um grande fabricante desse seguimento.

Com os dados de consumo dos três padrões de energia elétrica da instituição, pelo período de um ano, foi possível encontrar as médias diárias e mensal de todo o consumo energético. Os dados referentes a radiação solar diária de Caratinga – MG, foram obtidos junto ao site da SWERA, podendo assim encontrar sua média anual, com esses dados, foi possível dimensionar a quantidade de painéis que seriam necessários para suprir o consumo médio encontrado geral e para os três padrões em separado, e com isso descobrir que a área disponível é suficiente para a quantidade de módulos fotovoltaicos necessários.

Para validar os dados encontrados foi utilizado o software PVsyst, com o auxílio do software foi possível aperfeiçoar os dados, incluindo perdas por temperatura, acúmulo de impurezas, além de encontrarmos o número de placas em série e a quantidade de strings, para cada uma das opções de usinas. O software utilizado PVsyst, se mostrou uma ferramenta muito importante para a elaboração de projetos fotovoltaicos.

O estudo do prazo para o retorno dos investimentos, foi elaborado encontrando os valores de possíveis gastos com a implantação do sistema, em seguida foram elaboradas tabelas de cálculos para VPL, TIR e Payback, para cada opção de usina fotovoltaica. Os prazos para retorno de investimento encontrados para cada usina, foram bastante satisfatórios, tornando o investimento viável, independente da usina escolhida, mesmo com a utilização de fatores extremos, para cálculo das possíveis despesas com os sistemas.

Para o trabalho em questão foram considerados as tarifas vigentes do mês de setembro de 2016, sendo que houve alterações nas mesmas, pode ser citada como exemplo a tarifa de energia elétrica que passou de R\$ 0,76533641 para R\$ 0,77743305 o kwh já no mês de outubro

de 2016, passando em novembro para bandeira amarela, trazendo mais um reajuste de R\$ 0,015 por kwh consumido, sendo que há indícios de que possa ocorrer novas alterações devido à queda nos reservatórios, pela falta de chuvas, o que certamente influenciaria nos cálculos de retorno financeiro, fazendo com que o sistema de geração fotovoltaica seja ainda mais competitivo, trazendo esse retorno ainda mais rápido para o projeto.

As análises efetuadas mostraram que a instituição possui uma área disponível suficiente para suprir o seu consumo médio total, devido a alto valor para implantação do sistema de geração fotovoltaico, foram apresentadas diversas opções de usinas geradoras na instituição, sendo que cada uma das opções apresentadas, se mostraram viáveis tecnicamente e economicamente, cabendo a direção da instituição analisar e escolher qual dos investimentos seria de seu interesse.

6 REFERÊNCIAS

- ALDO, Componentes Eletrônicos. **Protetor de surto string box ABB Centrium Energy**. 2016. Disponível em: <<http://www.aldo.com.br/Produto/?c=30768d=protetor-de-surto-string-box-abb-centrium-energy-1SL0643A00>>. Acesso em: 09 de outubro de 2016.
- ALVARENGA, Carlos Alberto. **O Módulo Fotovoltaico Para Gerador Solar de Eletricidade**. 2016. Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br/files/Modulo-Fotovoltaico-Solenerg.pdf>>. Acesso em: 07 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Geração distribuída**. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false>. Acesso em: 04 de setembro de 2016.
- ANEEL. **Micro e Mini Geração Distribuída–Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. 2.ed. 2016.
- ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional –PRODIST, Módulo 3 –Acesso ao Sistema de Distribuição**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3_Revisao_5.pdf>. Acesso em: 08 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 87, de 6 de Abril de 2005**. 2005. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2005087.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 310, de 6 de Abril de 2006**. 2006. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2006310.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 446, de 3 de Abril de 2007**. 2007. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2007446.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 626, de 7 de Abril de 2008**. 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2008626.pdf>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 960, de 6 de Abril de 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh2010960.pdf>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 1.269, de 3 de Abril de 2012**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20121269.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 1.422, de 24 de Janeiro de 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20131422.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 1.507, de 5 de Abril de 2013**. 2013. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20131507.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Homologatória Nº 1.700, de 7 de Abril de 2014**. 2014. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20141700.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2016.

- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 414, de 09 de setembro de 2010.** 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012.** 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 07 de setembro de 2016.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015.** 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 07 de setembro de 2016.
- AQUINO, Eduardo. **Posicionamento Correto do Painel Solar.** 2016. Disponível em: <<http://www.eduardoaquino.com.br/posicionamento-correto-do-painel-solar/>>. Acesso em: 09 de outubro de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410.** 2008. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf>. Acesso em: 30 de outubro de 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16149.** 2013. **Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.** 1. ed. 2013.
- ATOMRA, Engenharia em Energia Renovável. **Cálculo do Dimensionamento Projeto Solar Fotovoltaico Sistema Grid-Tie.** 2014. Disponível em: <<http://www.atomra.com.br/dimensionamento-projeto-solar-fotovoltaico/>>. Acesso em: 24 de outubro de 2016.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **BNDES Finem - Eficiência Energética.** Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-eficiencia-energetica/ut/p/z1/tVNLc5swEL77V-TCUZZ4WvRGsWPqkKTxI7a5ZAQWoI6RiJDtpL/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2016.
- BARBOSA, Wilson Pereira; AZEVEDO, Abílio César Soares de. **Geração Distribuída: Vantagens e Desvantagens.** 2014. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2014/artigo_gd.pdf>. Acesso em: 03 de outubro de 2016.
- BRASIL ENERGIA. **Ficou mais fácil gerar sua energia.** nº: 422. Janeiro 2016.
- CARTEIRA RICA. **Poupança: Guia completo da Caderneta de Poupança.** Disponível em: <<http://carteirarica.com.br/poupanca/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2016.
- CARVALHO, Maristela. **Já Pensou em Gerar Sua Própria Energia.** 2014. Disponível em: <<http://www.marieletric.com.br/publicacao/ja-pensou-em-gerar-sua-propria-energia-/2/10>>. Acesso em: 03 de outubro de 2016.
- CEMIG. **ANEEL Define Reajuste de 3,71% para Tarifa Residencial da CEMIG.** 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/Reajuste_Tarifario_2012.aspx>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.
- CEMIG. **ANEEL Define Reajuste das Tarifas da CEMIG.** 2014. Disponível em: <<https://www>>

.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/reajuste_tarifario.aspx>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

CEMIG. ANEEL Define Reajuste Anual Ordinário das Tarifas da CEMIG Distribuição. 2015. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/Reajuste-Anual-Ordinario.aspx>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

CEMIG. Relatório Anual. 2013. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/relatorio_anual/Documents/relatorio/includes/ie/dados_clientes.html>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

CEMIG. Reajuste Anual das Tarifas da CEMIG Distribuição é Definido Pela ANEEL. 2016. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/cemig-aumento-de-tarifa.aspx>>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

CEMIG. Reajustes Tarifários Cemig 2015. 2015. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/Reajustes_tarifarios_Cemig_2015.aspx>. Acesso em: 21 de outubro de 2016.

CEMIG. Mini e microgeração distribuída – Sistema de compensação. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Paginas/micro_minigeracao.aspx>. Acesso em: 08 de setembro de 2016.

CEMIG. ND. 5.30 - Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão. 2012. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Documents/ND-5_30_Requisitos%20para%20a%20conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20ao%20Sistema%20de%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20Cemig%20%20Conex%C3%A3o%20em%20Baixa%20Tens%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 08 de outubro de 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima Caratinga-MG. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/24946/>>. Acesso em: 27 de agosto de 2016.

CRESESB. Irradiação Solar no Plano Horizontal para Caratinga-MG. 2016. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em: 29 de outubro de 2016.

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2004. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf>. Acesso em: 28 de agosto de 2016.

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 29 de outubro de 2016.

DAZCAL, Rafael Guershom; MELLO, Antônio Gonçalves de. Estudo da Implementação de Um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em Um Edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie. 2008. 13f. Artigo (Engenharia Mecânica) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo: 2008.

- EBES, Empresa Brasileira de Energia Solar. **Financiamentos para compra de sistema de energia fotovoltaico**. 2016. Disponível em: <<http://www.ebes.com.br/financiamentos-para-compra-de-um-sistema-de-energia-fotovoltaico/>>. Acesso em: 29 de outubro de 2016.
- FAZACONTA. **VPL e TIR**. 2015. Disponível em: <<http://fazaconta.com/matematica-financeira-val-tir.htm>>. Acesso em: 30 de outubro de 2016.
- FOLHA UOL. **Investimento em painel de energia solar compensa em 23 Estados**. 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/08/1673818-investimento-em-painel-solar-compensa-em-23-estados-diz-consultoria.shtml>>. Acesso em: 08 de setembro de 2016.
- GOOGLE MAPS. 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Caratinga,MG/>>. Acesso em: 13 de outubro de 2016.
- GREENPRO. **Energia Fotovoltaica: Manual sobre Tecnologias, Projeto e Instalação**. 2004. Disponível em: <<http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>>. Acesso em: 18 de outubro de 2016.
- GROTH, Júlio. **Usina de geração fotovoltaica: custo de implementação, operação e taxa de retorno do investimento**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96209/000915411.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 de outubro de 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é geração distribuída**. 2016. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 04 de setembro de 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 06 de agosto de 2016.
- MANCILHA, Kamila Costa. **Aplicação de Energia Fotovoltaica para Prédios Administrativos e Áreas Industriais**. 2013. 83f. Monografia (Graduação de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Juiz de Fora. UFJF, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/prh-pb214/files/2014/01/Kamila-Aplica%C3%A7%C3%A3o-de-energia-fotovoltaica-para-pr%C3%A9dios-administrativos-e-%C3%A1reas-industriais.pdf>>. Acesso em: 21 de agosto de 2016.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Brasil lança Programa de Geração Distribuída com destaque para energia solar**. 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>. Acesso em: 17 de Abril de 2016.
- NEOSOLAR ENERGIA. **Conector – MC4**. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/conector-mc4>>. Acesso em: 2 de novembro de 2016.
- NEOSOLAR ENERGIA. **Inversor Fronius Symo 15.0 –3 –M 15.000W** Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/inversor-fronius-symo-15-0-3-m-15000w.html>>. Acesso em: 2 de

outubro de 2016.

OSETORELETRICO. **Energia Solar Fotovoltaica–Sistemas Conectados à Rede Elétrica**. 2012. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed82_fasc_energias_renovaveis_cap10.pdf>. Acesso em: 27 de outubro de 2016.

OSETORELETRICO. **Matriz Energética em Transformação**. ed. 95. Dezembro 2013.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel –Cresesb, 2014.

PORTAL ENERGIA. **Vantagens, desvantagens e diferenças dos modelos de Painéis Solares Fotovoltaicos**. 2016. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-diferencas-dos-paineis-solares-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 08 de outubro de 2016.

PORTAL SOLAR. **A Melhor Direção do Pannel Solar Fotovoltaico**. 2016. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-pannel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 15 de outubro de 2016.

PUCRS, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2016. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/cbsolar/energia.phpv>>. Acesso em: 9 de outubro de 2016.

PVSYST Photovoltaic Software–PVsyst. Versão 6.40. Switzerland: PVsyst SA.

REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida, et al. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável: Introdução de uma visão multidisciplinar/Lineu Belico dos Reis, Semida Silveira (orgs.)** -2.ed.1. reimpr.-São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012.p.60.

ROCHA, Mirian. **VPL, TIR e Payback (Sistema Fotovoltaico)**. 2015. Disponível em: <<https://eletricaefinancas.wordpress.com/2015/09/24/vpl-tir-e-payback-sistema-fotovoltaico/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2016.

SANTOS, Sérgio Roberto. **Segurança e confiabilidade em sistemas fotovoltaicos**. 2011. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-empresa/757-seguranca-e-confiabilidade-em-sistemas-fotovoltaicos.html>>. Acesso em: 31 de outubro de 2016.

SICESBRASIL. **O que é uma String Box?** 2016. Disponível em: <http://www.sicesbrasil.com.br/images/doc/vari/boletim_qualidade/String_Box_R2.pdf>. Acesso em: 29 de outubro de 2016.

SOUZA, Daiane Aparecida de; SILVA, Gilmara Emanuelle. **Estudo da viabilidade de implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica na instituição de ensino Doctum de Caratinga**. 2015. Disponível em: <http://www.confea.org.br/media/Eletricista_estudo_da_viabilidade_de_implementacao_de_um_sistema_de.pdf>. Acesso em: 07 de agosto de 2016.

SUNENERGY. **Célula fotovoltaica de silício filme fino**. 2016. Disponível em: <http://www.sunenergy.eco.br/componentes_fotovoltaicos.php?menu=energia_solar_comp, 2016.>. Acesso em: 21 de setembro de 2016.

SWERA. **Dados Climáticos de Caratinga–MG**. 2016. Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=z0JMes%255Bv%255D%3Dt&bL=groad&cE=0&IR=0&mC=-19.744085416705005%2C-42.1380615234375&zL=10>>. Acesso em: 07 de agosto de 2016.

TOLMASQUIN, Maurício Tiomno. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/documents/estudos_23/nt_energiasolar_2012.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2016.

VIEIRA, Franco Alisson Martins. **Análise de Impactos da Conexão de Geração Distribuída Fotovoltaica na Rede de Distribuição de Energia Elétrica**. 2013. 92f. Monografia (Graduação de Engenharia Elétrica) –Instituto Federal do Espírito Santo. IFES, Vitória, 2013.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações - Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

APÊNDICE A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Termo de autorização para uso de informações privadas

Aqui representando a Doctum campus Caratinga, localizada na rua João Pinheiro, nº 125, Centro, Caratinga – MG, inscrita no CNPJ com o nº:19.322.494/0026-07 autorizo por meio desse termo a utilização e publicação de informações referentes aos dados elétricos e técnicos do prédio da Doctum campus Caratinga, pelo graduando do curso de Engenharia Elétrica do Instituto Tecnológico de Caratinga, Wesley Ferreira Campos inscrito no CPF de nº: 080.979.536-17, como subsidio para objeto de estudo em trabalho acadêmico de conclusão de curso de autoria do mesmo, a ser realizado no segundo semestre de 2016.

Caratinga, 23 de setembro de 2016.



Flávia Bastos Ramos
Diretora Administrativa
Rede de Ensino Doctum
Campus Caratinga

APÊNDICE B - TABELA VPL PARA OS 3 PADRÕES DE ENERGIA

Taxa de Retorno:	8,21%
Alteração Tarifária:	6,35%

João Pinheiro nº: 125

Periodo	Ano	Fluxo de Caixa	Valor c/ Despesas
0	2016	-110.000,00	-110.000,00
1	2017	19.702,42	10.906,42
2	2018	20.953,52	12.157,52
3	2019	22.284,07	13.488,07
4	2020	23.699,11	14.903,11
5	2021	25.204,00	16.408,00
6	2022	26.804,46	18.008,46
7	2023	28.506,54	19.710,54
8	2024	30.316,71	21.520,71
9	2025	32.241,82	23.445,82
10	2026	34.289,17	25.493,17
11	2027	36.466,54	27.670,54
12	2028	38.782,16	29.986,16
13	2029	41.244,83	32.448,83
14	2030	43.863,88	35.067,88
15	2031	46.649,23	37.853,23
16	2032	49.611,46	40.815,46
17	2033	52.761,79	43.965,79
18	2034	56.112,16	47.316,16
19	2035	59.675,28	50.879,28
20	2036	63.464,66	54.668,66
21	2037	67.494,67	58.698,67
22	2038	71.780,58	62.984,58
23	2039	76.338,64	67.542,64
24	2040	81.186,15	72.390,15
25	2041	86.341,47	77.545,47

VPL s/ despesas:	262.582,52
VPL c/ despesas:	170.347,32

João Pinheiro nº: 147

Fluxo de Caixa	Valor c/ Despesas
-201.000,00	-201.000,00
38.192,38	23.896,38
40.617,60	26.321,60
43.196,81	28.900,81
45.939,81	31.643,81
48.856,99	34.560,99
51.959,41	37.663,41
55.258,83	40.962,83
58.767,77	44.471,77
62.499,52	48.203,52
66.468,24	52.172,24
70.688,97	56.392,97
75.177,72	60.881,72
79.951,51	65.655,51
85.028,43	70.732,43
90.427,73	76.131,73
96.169,89	81.873,89
102.276,68	87.980,68
108.771,25	94.475,25
115.678,23	101.382,23
123.023,79	108.727,79
130.835,80	116.539,80
139.143,88	124.847,88
147.979,51	133.683,51
157.376,21	143.080,21
167.369,60	153.073,60

VPL s/ despesas:	521.236,83
VPL c/ despesas:	371.328,41

João Pinheiro nº: 197

Fluxo de Caixa	Valor c/ Despesas
-425.000,00	-425.000,00
82.143,92	53.847,92
87.360,06	59.064,06
92.907,42	64.611,42
98.807,04	70.511,04
105.081,29	76.785,29
111.753,95	83.457,95
118.850,33	90.554,33
126.397,33	98.101,33
134.423,56	106.127,56
142.959,45	114.663,45
152.037,38	123.741,38
161.691,75	133.395,75
171.959,18	143.663,18
182.878,58	154.582,58
194.491,37	166.195,37
206.841,58	178.545,58
219.976,02	191.680,02
233.944,49	205.648,49
248.799,97	220.503,97
264.598,77	236.302,77
281.400,79	253.104,79
299.269,74	270.973,74
318.273,37	289.977,37
338.483,72	310.187,72
359.977,44	331.681,44

VPL s/ despesas:	1.128.382,23
VPL c/ despesas:	831.669,25

APÊNDICE C - TABELA TIR PARA OS 3 PADRÕES DE ENERGIA

João Pinheiro nº: 125				
Reajuste Poupança:		8,21%		
Reajuste Tarifário:		6,35%		
Valor considerado para despesa anual:		R\$ 8.796,00		
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor com Despesas	Aplicar na Poupança
0	2016	-110.000,00	-110.000,00	-110.000,00
1	2017	19.702,42	10.906,42	9.031,00
2	2018	20.953,52	12.167,52	9.772,45
3	2019	22.284,07	13.488,07	10.393,00
4	2020	23.699,11	14.903,11	11.052,95
5	2021	25.204,00	16.408,00	11.754,81
6	2022	26.804,46	18.008,46	12.501,24
7	2023	28.506,54	19.710,54	13.296,07
8	2024	30.316,71	21.520,71	14.139,31
9	2025	32.241,82	23.445,82	15.037,16
10	2026	34.289,17	25.493,17	15.992,02
11	2027	36.466,54	27.670,54	17.007,51
12	2028	38.782,16	29.986,16	18.087,48
13	2029	41.244,83	32.448,83	19.236,04
14	2030	43.863,88	35.067,88	20.457,53
15	2031	46.649,23	37.853,23	21.766,58
16	2032	49.611,46	40.815,46	23.138,12
17	2033	52.761,79	43.965,79	24.607,40
18	2034	56.112,16	47.316,16	26.169,97
19	2035	59.675,28	50.879,28	27.831,76
20	2036	63.464,66	54.668,66	29.599,07
21	2037	67.494,67	58.698,67	31.478,62
22	2038	71.780,58	62.984,58	33.477,51
23	2039	76.338,64	67.542,64	35.603,33
24	2040	81.186,15	72.390,15	37.864,14
25	2041	86.341,47	77.545,47	40.268,51
Valores de TIR:		23,87%	17,82%	12,76%

João Pinheiro nº: 147				
Reajuste Poupança:		8,21%		
Reajuste Tarifário:		6,35%		
Valor considerado para despesa anual:		R\$ 14.296,00		
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor com Despesas	Aplicar na Poupança
0	2016	-201.000,00	-201.000,00	-201.000,00
1	2017	38.192,38	23.896,38	16.502,10
2	2018	40.617,60	26.321,60	17.866,92
3	2019	43.196,81	28.900,81	18.990,84
4	2020	45.999,81	31.643,81	20.196,76
5	2021	48.866,99	34.560,99	21.479,25
6	2022	51.969,41	37.663,41	22.843,18
7	2023	55.268,83	40.962,83	24.293,72
8	2024	58.767,77	44.471,77	25.836,37
9	2025	62.499,52	48.203,52	27.476,98
10	2026	66.488,24	52.172,24	29.221,77
11	2027	70.688,97	56.392,97	31.077,36
12	2028	75.177,72	60.881,72	33.050,77
13	2029	79.951,51	65.655,51	35.149,49
14	2030	85.028,43	70.732,43	37.381,48
15	2031	90.427,73	76.131,73	39.755,21
16	2032	96.169,89	81.873,89	42.279,66
17	2033	102.276,68	87.980,68	44.964,42
18	2034	108.771,25	94.475,25	47.819,66
19	2035	115.678,23	101.382,23	50.866,21
20	2036	123.023,79	108.727,79	54.085,58
21	2037	130.835,80	116.539,80	57.520,02
22	2038	139.143,88	124.847,88	61.172,54
23	2039	147.979,51	133.683,51	65.066,99
24	2040	157.376,21	143.080,21	69.188,11
25	2041	167.369,60	153.073,60	73.581,56
Valores de TIR:		25,02%	19,59%	12,76%

João Pinheiro nº: 197				
Reajuste Poupança:		8,21%		
Reajuste Tarifário:		6,35%		
Valor considerado para despesa anual:		R\$ 28.296,00		
Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor com Despesas	Aplicar na Poupança
0	2016	-425.000,00	-425.000,00	-425.000,00
1	2017	82.143,92	53.847,92	34.892,50
2	2018	87.360,06	59.064,06	37.757,17
3	2019	92.907,42	64.611,42	40.154,75
4	2020	98.807,04	70.511,04	42.704,58
5	2021	105.081,29	76.785,29	45.416,32
6	2022	111.753,95	83.457,95	48.300,26
7	2023	118.850,33	90.554,33	51.367,33
8	2024	126.397,33	98.101,33	54.629,15
9	2025	134.423,56	106.127,56	58.098,10
10	2026	142.959,45	114.663,45	61.787,33
11	2027	152.037,38	123.741,38	65.710,83
12	2028	161.691,75	133.395,75	69.883,46
13	2029	171.969,18	143.663,18	74.321,06
14	2030	182.878,58	154.582,58	79.040,45
15	2031	194.491,37	166.195,37	84.059,52
16	2032	206.841,58	178.545,58	89.397,30
17	2033	219.976,02	191.680,02	95.074,03
18	2034	233.944,49	205.648,49	101.111,23
19	2035	248.799,97	220.503,97	107.531,79
20	2036	264.598,77	236.302,77	114.360,06
21	2037	281.400,79	253.104,79	121.621,93
22	2038	299.269,74	270.973,74	129.344,92
23	2039	318.273,37	289.977,37	137.568,32
24	2040	338.483,72	310.187,72	146.293,27
25	2041	359.977,44	331.681,44	155.582,90
Valores de TIR:		25,36%	20,26%	12,76%

APÊNDICE D - TABELA PAYBACK PARA O PADRÃO DO Nº: 125

Taxa de Retorno:	8,21%
Alteração Tarifária:	6,35%

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VPL)	Saldo (R\$)
0	2016	-110.000,00	-110.000,00	
1	2017	10.906,42	10.078,94	-99.921,06
2	2018	11.598,98	9.905,69	-90.015,37
3	2019	12.335,51	9.735,43	-80.279,94
4	2020	13.118,82	9.568,09	-70.711,85
5	2021	13.951,86	9.403,62	-61.308,23
6	2022	14.837,81	9.241,99	-52.066,24
7	2023	15.780,01	9.083,13	-42.983,12
8	2024	16.782,04	8.927,00	-34.056,12
9	2025	17.847,70	8.773,55	-25.282,56
10	2026	18.981,03	8.622,75	-16.659,81
11	2027	20.186,32	8.474,53	-8.185,28
12	2028	21.468,15	8.328,87	143,59
13	2029	22.831,38	8.185,70	8.329,29
14	2030	24.281,17	8.045,00	16.374,29
15	2031	25.823,03	7.906,72	24.281,01
16	2032	27.462,79	7.770,81	32.051,82
17	2033	29.206,68	7.637,24	39.689,06
18	2034	31.061,30	7.505,96	47.195,02
19	2035	33.033,69	7.376,95	54.571,96
20	2036	35.131,33	7.250,14	61.822,11
21	2037	37.362,17	7.125,52	68.947,63
22	2038	39.734,67	7.003,04	75.950,68
23	2039	42.257,82	6.882,67	82.833,35
24	2040	44.941,19	6.764,37	89.597,71
25	2041	47.794,96	6.648,09	96.245,81

APÊNDICE E - TABELA PAYBACK PARA O PADRÃO DO Nº: 147

Taxa de Retorno:	8,21%
Alteração Tarifária:	6,35%

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VPL)	Saldo (R\$)
0	2016	-201.000,00	-201.000,00	
1	2017	23.896,38	22.083,34	-178.916,66
2	2018	25.413,80	21.703,75	-157.212,91
3	2019	27.027,58	21.330,69	-135.882,22
4	2020	28.743,83	20.964,04	-114.918,18
5	2021	30.569,06	20.603,69	-94.314,48
6	2022	32.510,20	20.249,54	-74.064,94
7	2023	34.574,59	19.901,48	-54.163,46
8	2024	36.770,08	19.559,39	-34.604,07
9	2025	39.104,98	19.223,19	-15.380,88
10	2026	41.588,15	18.892,77	3.511,89
11	2027	44.228,99	18.568,02	22.079,91
12	2028	47.037,53	18.248,86	40.328,78
13	2029	50.024,42	17.935,19	58.263,96
14	2030	53.200,97	17.626,90	75.890,86
15	2031	56.579,23	17.323,92	93.214,78
16	2032	60.172,01	17.026,14	110.240,92
17	2033	63.992,93	16.733,48	126.974,40
18	2034	68.056,49	16.445,85	143.420,25
19	2035	72.378,07	16.163,17	159.583,42
20	2036	76.974,08	15.885,34	175.468,76
21	2037	81.861,93	15.612,29	191.081,05
22	2038	87.060,17	15.343,94	206.424,99
23	2039	92.588,49	15.080,19	221.505,18
24	2040	98.467,86	14.820,98	236.326,16
25	2041	104.720,57	14.566,23	250.892,39

APÊNDICE F - TABELA PAYBACK PARA O PADRÃO DO Nº: 197

Taxa de Retorno:	8,21%
Alteração Tarifária:	6,35%

Período	Ano	Fluxo de Caixa (CF)	Valor Presente (VPL)	Saldo (R\$)
0	2016	-425.000,00	-425.000,00	
1	2017	53.847,92	49.762,42	-375.237,58
2	2018	57.267,26	48.907,07	-326.330,51
3	2019	60.903,73	48.066,41	-278.264,09
4	2020	64.771,12	47.240,21	-231.023,88
5	2021	68.884,09	46.428,21	-184.595,67
6	2022	73.258,23	45.630,16	-138.965,51
7	2023	77.910,12	44.845,84	-94.119,67
8	2024	82.857,42	44.074,99	-50.044,68
9	2025	88.118,86	43.317,39	-6.727,29
10	2026	93.714,41	42.572,82	35.845,53
11	2027	99.665,28	41.841,04	77.686,57
12	2028	105.994,02	41.121,85	118.808,42
13	2029	112.724,64	40.415,01	159.223,43
14	2030	119.882,66	39.720,33	198.943,75
15	2031	127.495,21	39.037,58	237.981,33
16	2032	135.591,15	38.366,57	276.347,91
17	2033	144.201,19	37.707,10	314.055,00
18	2034	153.357,96	37.058,96	351.113,96
19	2035	163.096,19	36.421,96	387.535,92
20	2036	173.452,80	35.795,91	423.331,82
21	2037	184.467,06	35.180,62	458.512,44
22	2038	196.180,71	34.575,91	493.088,35
23	2039	208.638,19	33.981,59	527.069,94
24	2040	221.886,71	33.397,49	560.467,42
25	2041	235.976,52	32.823,42	593.290,85

ANEXO A - CONTA ENERGIA ELÉTRICA DO Nº: 197

		www.cemig.com.br/atendimento																																																																						
Distribuição S.A.		Cemig Torpedó 29810 Fale com a Cemig 116																																																																						
Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Inc. Estadual 062.322136.0087 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG		Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002																																																																						
INSTITUTO ENSINAR BRASIL RUA JOAO PINHEIRO 197 EL CENTRO 35300-037 CARATINGA, MG CNPJ 19.322.494/0001-59		Referente a SET/2016 Código de Débito Automático 000055348585	Nº DO CLIENTE 7005625625																																																																					
2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Classe</th> <th>Subclasse</th> <th colspan="3">Datas de Leitura</th> <th colspan="2">Datas da Nota Fiscal</th> <th>Nº DA INSTALAÇÃO</th> </tr> <tr> <td>Comercial</td> <td>Outros Serviços e Outras Ativ</td> <td>Anterior</td> <td>Atual</td> <td>Próxima</td> <td>Emissão</td> <td>Apresentação</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">3005534858</td> </tr> <tr> <td>Trifásico</td> <td></td> <td>03/08</td> <td>03/09</td> <td>04/10</td> <td>04/09</td> <td>03/09</td> </tr> </table>	Classe	Subclasse	Datas de Leitura			Datas da Nota Fiscal		Nº DA INSTALAÇÃO	Comercial	Outros Serviços e Outras Ativ	Anterior	Atual	Próxima	Emissão	Apresentação	3005534858	Trifásico		03/08	03/09	04/10	04/09	03/09	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Informações Técnicas</th> <th>Constante de Multiplicação</th> <th>Consumo kWh</th> </tr> <tr> <td>Tipo de Medição</td> <td>Medição</td> <td>Leitura Anterior</td> <td>Leitura Atual</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Energia kWh</td> <td>BMP749000554</td> <td>39.849</td> <td>40.081</td> <td>40</td> <td>9.280</td> </tr> </table>			Informações Técnicas				Constante de Multiplicação	Consumo kWh	Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual			Energia kWh	BMP749000554	39.849	40.081	40	9.280																												
Classe	Subclasse	Datas de Leitura			Datas da Nota Fiscal		Nº DA INSTALAÇÃO																																																																	
Comercial	Outros Serviços e Outras Ativ	Anterior	Atual	Próxima	Emissão	Apresentação	3005534858																																																																	
Trifásico		03/08	03/09	04/10	04/09	03/09																																																																		
Informações Técnicas				Constante de Multiplicação	Consumo kWh																																																																			
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual																																																																					
Energia kWh	BMP749000554	39.849	40.081	40	9.280																																																																			
Informações Gerais <small>Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.076, de 24/05/2016. ICMS aplicado conforme Lei nº 21.781/15. ACO/2016 Band. Verde - SET/2016 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. Leitura realizada conforme calendário de faturamento</small>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Valores Faturados</th> </tr> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Tarifa/Preço (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>9.280</td> <td>0,76533641</td> <td>7.102,30</td> </tr> <tr> <th colspan="4">Encargos/Cobranças</th> </tr> <tr> <td>Contrib. Custeio Ilum. Pública</td> <td></td> <td></td> <td>37,98</td> </tr> <tr> <td>Compensação DMIC mensal</td> <td></td> <td></td> <td>-16,69</td> </tr> <tr> <th colspan="4">Tarifas Aplicadas (sem impostos)</th> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td></td> <td>0,53122000</td> <td></td> </tr> </table>			Valores Faturados				Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	9.280	0,76533641	7.102,30	Encargos/Cobranças				Contrib. Custeio Ilum. Pública			37,98	Compensação DMIC mensal			-16,69	Tarifas Aplicadas (sem impostos)				Energia Elétrica kWh		0,53122000																																					
Valores Faturados																																																																								
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)																																																																					
Energia Elétrica kWh	9.280	0,76533641	7.102,30																																																																					
Encargos/Cobranças																																																																								
Contrib. Custeio Ilum. Pública			37,98																																																																					
Compensação DMIC mensal			-16,69																																																																					
Tarifas Aplicadas (sem impostos)																																																																								
Energia Elétrica kWh		0,53122000																																																																						
Indicadores de Qualidade de Fornecimento <small>Caratinga 1-Mês:07/2016</small> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Mensal</th> <th colspan="2">Trimestral</th> <th>Anual</th> </tr> <tr> <td>Apurado</td> <td>5,43</td> <td>10,86</td> <td>21,73</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DIC</td> <td>3,50</td> <td>3,23</td> <td>6,47</td> <td>12,95</td> </tr> <tr> <td>FIC</td> <td>1,00</td> <td>3,11</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>DMIC</td> <td>3,50</td> <td>12,22</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>DIGRI</td> <td>0,00</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table> <small>Tensão: Nominal= 127/220 V Min.= 117/202 V Máx.= 133/231 V Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 2.083,10</small>		Mensal		Trimestral		Anual	Apurado	5,43	10,86	21,73		DIC	3,50	3,23	6,47	12,95	FIC	1,00	3,11	-	-	DMIC	3,50	12,22	-	-	DIGRI	0,00	-	-	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">VENCIMENTO</th> <th colspan="2">VALOR A PAGAR</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">23/09/2016</td> <td colspan="2" style="text-align: center; font-weight: bold;">R\$ 7.123,59</td> </tr> </table>			VENCIMENTO		VALOR A PAGAR		23/09/2016		R\$ 7.123,59																															
Mensal		Trimestral		Anual																																																																				
Apurado	5,43	10,86	21,73																																																																					
DIC	3,50	3,23	6,47	12,95																																																																				
FIC	1,00	3,11	-	-																																																																				
DMIC	3,50	12,22	-	-																																																																				
DIGRI	0,00	-	-	-																																																																				
VENCIMENTO		VALOR A PAGAR																																																																						
23/09/2016		R\$ 7.123,59																																																																						
Informações de Faturamento <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>PARCELAS VALOR(R\$)</th> <th>%</th> <th>PARCELAS VALOR(R\$)</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td>Energia 2.376,32</td> <td>33,46</td> <td>Enc. setoriais 900,61</td> <td>12,66</td> </tr> <tr> <td>Distribuição 1.440,22</td> <td>20,28</td> <td>Tributos 2.172,58</td> <td>30,59</td> </tr> <tr> <td>Transmissão 212,57</td> <td>2,99</td> <td>Totais 7.102,30</td> <td>100,00</td> </tr> </table>		PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%	Energia 2.376,32	33,46	Enc. setoriais 900,61	12,66	Distribuição 1.440,22	20,28	Tributos 2.172,58	30,59	Transmissão 212,57	2,99	Totais 7.102,30	100,00	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Reservado ao Fisco</th> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">SEM VALOR FISCAL</th> </tr> <tr> <th>Base de cálculo (R\$)</th> <th>ICMS Aliquota (%)</th> <th>Valor (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>PASEP</th> <th>Valor (R\$)</th> <th>COFINS</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Reservado ao Fisco				SEM VALOR FISCAL				Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	Valor (R\$)					PASEP	Valor (R\$)	COFINS	Valor (R\$)																																
PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%																																																																					
Energia 2.376,32	33,46	Enc. setoriais 900,61	12,66																																																																					
Distribuição 1.440,22	20,28	Tributos 2.172,58	30,59																																																																					
Transmissão 212,57	2,99	Totais 7.102,30	100,00																																																																					
Reservado ao Fisco																																																																								
SEM VALOR FISCAL																																																																								
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	Valor (R\$)																																																																					
PASEP	Valor (R\$)	COFINS	Valor (R\$)																																																																					
Histórico de Consumo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MÊS/ANO</th> <th>CONSUMO kWh</th> <th>MÉDIA kWh/Dia</th> <th>Dias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SET/16</td><td>9.280</td><td>299,35</td><td>31</td></tr> <tr><td>AGO/16</td><td>6.240</td><td>208,00</td><td>30</td></tr> <tr><td>JUL/16</td><td>7.480</td><td>241,29</td><td>31</td></tr> <tr><td>JUN/16</td><td>10.000</td><td>322,58</td><td>31</td></tr> <tr><td>MAY/16</td><td>12.480</td><td>402,58</td><td>31</td></tr> <tr><td>ABR/16</td><td>13.680</td><td>441,29</td><td>31</td></tr> <tr><td>MAR/16</td><td>11.880</td><td>409,65</td><td>29</td></tr> <tr><td>FEV/16</td><td>6.360</td><td>227,14</td><td>28</td></tr> <tr><td>JAN/16</td><td>8.560</td><td>259,39</td><td>33</td></tr> <tr><td>DEZ/15</td><td>13.880</td><td>478,62</td><td>29</td></tr> <tr><td>NOV/15</td><td>11.640</td><td>352,72</td><td>33</td></tr> <tr><td>OUT/15</td><td>12.160</td><td>405,33</td><td>30</td></tr> <tr><td>SET/15</td><td>9.080</td><td>313,10</td><td>29</td></tr> </tbody> </table>		MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias	SET/16	9.280	299,35	31	AGO/16	6.240	208,00	30	JUL/16	7.480	241,29	31	JUN/16	10.000	322,58	31	MAY/16	12.480	402,58	31	ABR/16	13.680	441,29	31	MAR/16	11.880	409,65	29	FEV/16	6.360	227,14	28	JAN/16	8.560	259,39	33	DEZ/15	13.880	478,62	29	NOV/15	11.640	352,72	33	OUT/15	12.160	405,33	30	SET/15	9.080	313,10	29	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Unidade de leitura</td> <td style="width: 25%;">Conta Contrato</td> <td style="width: 25%;">Vencimento</td> <td style="width: 25%;">Total a pagar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">02421611</td> <td style="text-align: center;">000055348585</td> <td style="text-align: center;">23/09/2016</td> <td style="text-align: center;">R\$7.123,59</td> </tr> <tr> <td colspan="3">83640000071-4 23590138001-6 90925686833-4 00055348585-5</td> <td style="text-align: center;">Setembro/2016</td> </tr> </table>			Unidade de leitura	Conta Contrato	Vencimento	Total a pagar	02421611	000055348585	23/09/2016	R\$7.123,59	83640000071-4 23590138001-6 90925686833-4 00055348585-5			Setembro/2016
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias																																																																					
SET/16	9.280	299,35	31																																																																					
AGO/16	6.240	208,00	30																																																																					
JUL/16	7.480	241,29	31																																																																					
JUN/16	10.000	322,58	31																																																																					
MAY/16	12.480	402,58	31																																																																					
ABR/16	13.680	441,29	31																																																																					
MAR/16	11.880	409,65	29																																																																					
FEV/16	6.360	227,14	28																																																																					
JAN/16	8.560	259,39	33																																																																					
DEZ/15	13.880	478,62	29																																																																					
NOV/15	11.640	352,72	33																																																																					
OUT/15	12.160	405,33	30																																																																					
SET/15	9.080	313,10	29																																																																					
Unidade de leitura	Conta Contrato	Vencimento	Total a pagar																																																																					
02421611	000055348585	23/09/2016	R\$7.123,59																																																																					
83640000071-4 23590138001-6 90925686833-4 00055348585-5			Setembro/2016																																																																					
																																																																								

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

ANEXO B - CONTA ENERGIA ELÉTRICA DO Nº: 125

		www.cemig.com.br/atendimento																																																										
Distribuição S.A.		Cemig Torpedó 29810 Fale com a Cemig 116																																																										
Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG		Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002																																																										
INSTITUTO ENSINAR BRASIL RUA JOAO PINHEIRO 125 CO CENTRO 35300-037 CARATINGA, MG CNPJ 19.322.494/0001-59		Referente a SET/2016 Código de Débito Automático 008027177487	Nº DO CLIENTE 7005625625																																																									
2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Classe</th> <th>Subclasse</th> <th>Datas de Leitura</th> <th>Datas da Nota Fiscal</th> <th>Nº DA INSTALAÇÃO</th> </tr> <tr> <td>Comercial</td> <td>Outros Serviços e Outras Ativ</td> <td>Anterior 03/08 Atual 03/09 Próxima 04/10</td> <td>Emissão 04/09 Apresentação 03/09</td> <td style="text-align: center;">3000093807</td> </tr> </table>	Classe	Subclasse	Datas de Leitura	Datas da Nota Fiscal	Nº DA INSTALAÇÃO	Comercial	Outros Serviços e Outras Ativ	Anterior 03/08 Atual 03/09 Próxima 04/10	Emissão 04/09 Apresentação 03/09	3000093807																																																		
Classe	Subclasse	Datas de Leitura	Datas da Nota Fiscal	Nº DA INSTALAÇÃO																																																								
Comercial	Outros Serviços e Outras Ativ	Anterior 03/08 Atual 03/09 Próxima 04/10	Emissão 04/09 Apresentação 03/09	3000093807																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="5">Informações Técnicas</th> </tr> <tr> <td>Tipo de Medição</td> <td>Medição</td> <td>Leitura Anterior</td> <td>Leitura Atual</td> <td>Consumo kWh</td> </tr> <tr> <td>Energia kWh</td> <td>ARD118011240</td> <td>2.426</td> <td>4.206</td> <td>1.780</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">Constante de Multiplicação</td> <td>1</td> </tr> </table>					Informações Técnicas					Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Consumo kWh	Energia kWh	ARD118011240	2.426	4.206	1.780			Constante de Multiplicação		1																																				
Informações Técnicas																																																												
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Consumo kWh																																																								
Energia kWh	ARD118011240	2.426	4.206	1.780																																																								
		Constante de Multiplicação		1																																																								
Informações Gerais <small>Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.076, de 24/05/2016. ICMS aplicado conforme Lei nº 21.781/15. AGO/2016 Band. Verde - SET/2016 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. Leitura realizada conforme calendário de faturamento</small>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Valores Faturados</th> </tr> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Tarifa/Preço (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>1.780</td> <td>0,76533641</td> <td>1.362,28</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Encargos/Cobranças</th> </tr> <tr> <td>Contrib. Custeio Ilum. Pública</td> <td></td> <td></td> <td>37,98</td> </tr> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Tarifas Aplicadas (sem impostos)</th> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td></td> <td>0,53122000</td> <td></td> </tr> </table>			Valores Faturados				Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	1.780	0,76533641	1.362,28	Encargos/Cobranças				Contrib. Custeio Ilum. Pública			37,98	Tarifas Aplicadas (sem impostos)				Energia Elétrica kWh		0,53122000																													
Valores Faturados																																																												
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)																																																									
Energia Elétrica kWh	1.780	0,76533641	1.362,28																																																									
Encargos/Cobranças																																																												
Contrib. Custeio Ilum. Pública			37,98																																																									
Tarifas Aplicadas (sem impostos)																																																												
Energia Elétrica kWh		0,53122000																																																										
Indicadores de Qualidade de Fornecimento <small>Caratinga 1-Mês:07/2016</small> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">Valores Permitidos</th> </tr> <tr> <th>Apurado Mensal</th> <th>Mensal</th> <th>Trimestral</th> <th>Anual</th> </tr> <tr> <td>DIC 3,50</td> <td>5,43</td> <td>10,86</td> <td>21,73</td> </tr> <tr> <td>FIC 1,00</td> <td>3,23</td> <td>6,47</td> <td>12,95</td> </tr> <tr> <td>DMIC 0,00</td> <td>3,11</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>DICRI 0,00</td> <td>12,22</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table> <small>Tensão: Nominal= 127/220 V Min.= 117/202 V Máx.= 133/231 V Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 488,47</small>		Valores Permitidos				Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	DIC 3,50	5,43	10,86	21,73	FIC 1,00	3,23	6,47	12,95	DMIC 0,00	3,11	-	-	DICRI 0,00	12,22	-	-																																			
Valores Permitidos																																																												
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual																																																									
DIC 3,50	5,43	10,86	21,73																																																									
FIC 1,00	3,23	6,47	12,95																																																									
DMIC 0,00	3,11	-	-																																																									
DICRI 0,00	12,22	-	-																																																									
Informações de Faturamento <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>PARCELAS VALOR(R\$)</th> <th>%</th> <th>PARCELAS VALOR(R\$)</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td>Energia 455,80</td> <td>33,46</td> <td>Enc. setoriais 172,75</td> <td>12,65</td> </tr> <tr> <td>Distribuição 276,25</td> <td>20,28</td> <td>Tributos 416,71</td> <td>30,59</td> </tr> <tr> <td>Transmissão 40,77</td> <td>2,99</td> <td>Totais 1.362,28</td> <td>100,00</td> </tr> </table>		PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%	Energia 455,80	33,46	Enc. setoriais 172,75	12,65	Distribuição 276,25	20,28	Tributos 416,71	30,59	Transmissão 40,77	2,99	Totais 1.362,28	100,00	VENCIMENTO 23/09/2016		VALOR A PAGAR R\$ 1.400,26																																								
PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%																																																									
Energia 455,80	33,46	Enc. setoriais 172,75	12,65																																																									
Distribuição 276,25	20,28	Tributos 416,71	30,59																																																									
Transmissão 40,77	2,99	Totais 1.362,28	100,00																																																									
Histórico de Consumo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>MÊS/ANO</th> <th>CONSUMO kWh</th> <th>MÉDIA kWh/Dia</th> <th>Dias</th> </tr> <tr> <td>SET/16</td> <td>1.780</td> <td>57,41</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>AGO/16</td> <td>1.331</td> <td>44,36</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>JUL/16</td> <td>1.754</td> <td>56,58</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>JUN/16</td> <td>1.931</td> <td>62,29</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>MAI/16</td> <td>2.172</td> <td>70,06</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>ABR/16</td> <td>2.378</td> <td>76,70</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>MAR/16</td> <td>2.214</td> <td>76,34</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>FEV/16</td> <td>1.278</td> <td>45,64</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>JAN/16</td> <td>1.476</td> <td>44,72</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>DEZ/15</td> <td>2.530</td> <td>87,24</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>NOV/15</td> <td>2.450</td> <td>74,24</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>OUT/15</td> <td>2.553</td> <td>85,10</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>SET/15</td> <td>1.996</td> <td>68,82</td> <td>29</td> </tr> </table>		MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias	SET/16	1.780	57,41	31	AGO/16	1.331	44,36	30	JUL/16	1.754	56,58	31	JUN/16	1.931	62,29	31	MAI/16	2.172	70,06	31	ABR/16	2.378	76,70	31	MAR/16	2.214	76,34	29	FEV/16	1.278	45,64	28	JAN/16	1.476	44,72	33	DEZ/15	2.530	87,24	29	NOV/15	2.450	74,24	33	OUT/15	2.553	85,10	30	SET/15	1.996	68,82	29	Reservado ao Fisco SEM VALOR FISCAL		
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias																																																									
SET/16	1.780	57,41	31																																																									
AGO/16	1.331	44,36	30																																																									
JUL/16	1.754	56,58	31																																																									
JUN/16	1.931	62,29	31																																																									
MAI/16	2.172	70,06	31																																																									
ABR/16	2.378	76,70	31																																																									
MAR/16	2.214	76,34	29																																																									
FEV/16	1.278	45,64	28																																																									
JAN/16	1.476	44,72	33																																																									
DEZ/15	2.530	87,24	29																																																									
NOV/15	2.450	74,24	33																																																									
OUT/15	2.553	85,10	30																																																									
SET/15	1.996	68,82	29																																																									
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Base de cálculo (R\$)</th> <th>ICMS Aliquota (%)</th> <th>Valor (R\$)</th> <th>PASEP Valor (R\$)</th> <th>COFINS Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)																																																				
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Unidade de leitura</td> <td>Conta Contrato</td> <td>Vencimento</td> <td>Total a pagar</td> </tr> <tr> <td>02421611</td> <td>008027177487</td> <td>23/09/2016</td> <td>R\$1.400,26</td> </tr> </table>		Unidade de leitura	Conta Contrato	Vencimento	Total a pagar	02421611	008027177487	23/09/2016	R\$1.400,26																																																			
Unidade de leitura	Conta Contrato	Vencimento	Total a pagar																																																									
02421611	008027177487	23/09/2016	R\$1.400,26																																																									
83650000014-3 00260138000-5 52247319133-9 08027177487-1 Setembro/2016																																																												
																																																												

ANEXO C - CONTA ENERGIA ELÉTRICA DO Nº: 147

		www.cemig.com.br/atendimento																																																													
Distribuição S.A.		Cemig Torpedão 29810 Fale com a Cemig 116																																																													
Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Inc. Estadual 062.322136.0087 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG		Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 25 de abril de 2002																																																													
INSTITUTO ENSINAR BRASIL RUA JOAO PINHEIRO 147 CO CENTRO 35300-037 CARATINGA, MG CNPJ 19.322.494/0001-59		Referente a SET/2016 Código de Débito Automático 000000938050	Nº DO CLIENTE 7005625625																																																												
2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA																																																															
Classe Comercial Trifásico	Subclasse Outros Serviços e Outras Ativ	Datas de Leitura Anterior 03/08 Atual 03/09 Próxima 04/10	Datas da Nota Fiscal Emissão 04/09 Apresentação 09/09	Nº DA INSTALAÇÃO 3000093805																																																											
Tipo de Medição Energia kWh		Medição ARD118010763		Informações Técnicas Leitura Anterior 30.964 Leitura Atual 34.272		Constante de Multiplicação 1		Consumo kWh 3.308																																																							
Informações Gerais Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.076, de 24/05/2016. ICMS aplicado conforme Lei nº 21.781/15. 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. Leitura realizada conforme calendário de faturamento AGO/2016 Band. Verde - SET/2016 Band. Verde				Valores Faturados <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Tarifa/Preço (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>3.308</td> <td>0,76533641</td> <td>2.531,71</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Encargos/Cobranças</td> </tr> <tr> <td>Contrib. Custeio Ilum. Pública</td> <td></td> <td></td> <td>37,98</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Tarifas Aplicadas (sem impostos)</td> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td></td> <td>0,53122000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	3.308	0,76533641	2.531,71	Encargos/Cobranças				Contrib. Custeio Ilum. Pública			37,98	Tarifas Aplicadas (sem impostos)				Energia Elétrica kWh		0,53122000																																	
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)																																																												
Energia Elétrica kWh	3.308	0,76533641	2.531,71																																																												
Encargos/Cobranças																																																															
Contrib. Custeio Ilum. Pública			37,98																																																												
Tarifas Aplicadas (sem impostos)																																																															
Energia Elétrica kWh		0,53122000																																																													
Indicadores de Qualidade de Fornecimento Caratinga 1-Mês:07/2016				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Apurado Mensal</th> <th>Mensal</th> <th>Trimestral</th> <th>Anual</th> <th>Valores Permitidos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D/C</td> <td>3,50</td> <td>5,43</td> <td>10,86</td> <td>21,73</td> </tr> <tr> <td>F/C</td> <td>1,00</td> <td>3,23</td> <td>6,47</td> <td>12,95</td> </tr> <tr> <td>DM/C</td> <td>0,00</td> <td>3,11</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>DIGRI</td> <td>0,00</td> <td>12,22</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> Tensão Nominal= 127/220 V Min.= 117/202 V Máx.= 133/231 V Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 923,19				Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	Valores Permitidos	D/C	3,50	5,43	10,86	21,73	F/C	1,00	3,23	6,47	12,95	DM/C	0,00	3,11	-	-	DIGRI	0,00	12,22	-	-																															
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	Valores Permitidos																																																											
D/C	3,50	5,43	10,86	21,73																																																											
F/C	1,00	3,23	6,47	12,95																																																											
DM/C	0,00	3,11	-	-																																																											
DIGRI	0,00	12,22	-	-																																																											
Informações de Faturamento <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARCELAS VALOR(R\$)</th> <th>%</th> <th>PARCELAS VALOR(R\$)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia 847,07</td> <td>33,46</td> <td>Enc. setoriais 321,04</td> <td>12,68</td> </tr> <tr> <td>Distribuição 513,39</td> <td>20,28</td> <td>Tributos 774,44</td> <td>30,59</td> </tr> <tr> <td>Transmissão 75,77</td> <td>2,99</td> <td>Totais 2.531,71</td> <td>100,00</td> </tr> </tbody> </table>				PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%	Energia 847,07	33,46	Enc. setoriais 321,04	12,68	Distribuição 513,39	20,28	Tributos 774,44	30,59	Transmissão 75,77	2,99	Totais 2.531,71	100,00	VENCIMENTO 23/09/2016		VALOR A PAGAR R\$ 2.569,69																																									
PARCELAS VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$)	%																																																												
Energia 847,07	33,46	Enc. setoriais 321,04	12,68																																																												
Distribuição 513,39	20,28	Tributos 774,44	30,59																																																												
Transmissão 75,77	2,99	Totais 2.531,71	100,00																																																												
Histórico de Consumo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>MÊS/ANO</th> <th>CONSUMO kWh</th> <th>MÉDIA kWh/Dia</th> <th>Dias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SET/16</td><td>3.308</td><td>106,70</td><td>31</td></tr> <tr><td>AGO/16</td><td>2.354</td><td>76,46</td><td>30</td></tr> <tr><td>JUL/16</td><td>3.315</td><td>106,93</td><td>31</td></tr> <tr><td>JUN/16</td><td>3.975</td><td>128,22</td><td>31</td></tr> <tr><td>MAY/16</td><td>4.742</td><td>152,96</td><td>31</td></tr> <tr><td>ABR/16</td><td>4.971</td><td>160,35</td><td>31</td></tr> <tr><td>MAR/16</td><td>4.426</td><td>152,62</td><td>29</td></tr> <tr><td>FEV/16</td><td>2.549</td><td>91,03</td><td>28</td></tr> <tr><td>JAN/16</td><td>2.892</td><td>87,63</td><td>33</td></tr> <tr><td>DEZ/15</td><td>5.244</td><td>180,82</td><td>29</td></tr> <tr><td>NOV/15</td><td>4.540</td><td>137,57</td><td>33</td></tr> <tr><td>OUT/15</td><td>4.587</td><td>152,90</td><td>30</td></tr> <tr><td>SET/15</td><td>3.663</td><td>126,31</td><td>29</td></tr> </tbody> </table>				MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias	SET/16	3.308	106,70	31	AGO/16	2.354	76,46	30	JUL/16	3.315	106,93	31	JUN/16	3.975	128,22	31	MAY/16	4.742	152,96	31	ABR/16	4.971	160,35	31	MAR/16	4.426	152,62	29	FEV/16	2.549	91,03	28	JAN/16	2.892	87,63	33	DEZ/15	5.244	180,82	29	NOV/15	4.540	137,57	33	OUT/15	4.587	152,90	30	SET/15	3.663	126,31	29	Reservado ao Fisco SEM VALOR FISCAL			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias																																																												
SET/16	3.308	106,70	31																																																												
AGO/16	2.354	76,46	30																																																												
JUL/16	3.315	106,93	31																																																												
JUN/16	3.975	128,22	31																																																												
MAY/16	4.742	152,96	31																																																												
ABR/16	4.971	160,35	31																																																												
MAR/16	4.426	152,62	29																																																												
FEV/16	2.549	91,03	28																																																												
JAN/16	2.892	87,63	33																																																												
DEZ/15	5.244	180,82	29																																																												
NOV/15	4.540	137,57	33																																																												
OUT/15	4.587	152,90	30																																																												
SET/15	3.663	126,31	29																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Base de cálculo (R\$)</td> <td style="width: 30%;">ICMS Aliquota (%)</td> <td style="width: 40%;">Valor (R\$)</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>		Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	-	-	-	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">PASEP Valor (R\$)</td> <td style="width: 70%;">COFINS Valor (R\$)</td> </tr> <tr> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </table>		PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)	-	-																																																		
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)																																																													
-	-	-																																																													
PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)																																																														
-	-																																																														
Unidade de leitura 02421611		Conta Contrato 000000938050		Vencimento 23/09/2016		Total a pagar R\$2.569,69																																																									
83640000025-0 69690138003-5 90909320733-2 00000938050-2 Setembro/2016																																																															
																																																															

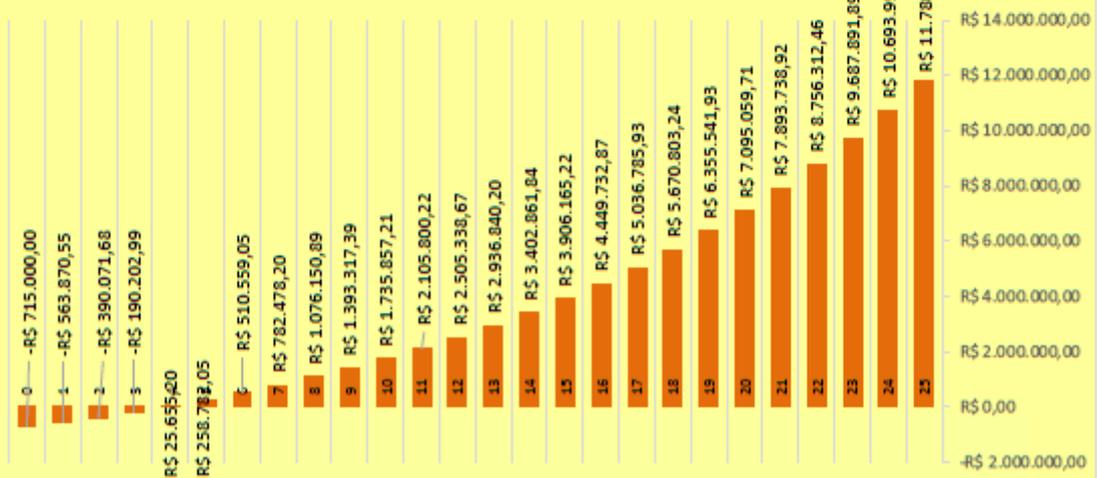
ANEXO D - ORÇAMENTO SELTEC PARA USINA DE 118,04 KWP



Resumo da Proposta

Valor a Contratar	R\$ 715.000,00
Tamanho da Usina	118,04 Kwp
Numero de Placas	454
Tamanho da Usina M ²	759 M ²
Preço da Eletricidade	0,7774
Reajuste do custo de energia	8,00%
Geração de Kwh/Mês	14.087
Geração de Kwh/Ano	169.040
Economia Mensal	R\$ 10.951,41
Economia Anual	R\$ 131.416,91
Retorno do Investimento	3 Anos 10 meses
Valor do Kwh no sistema solar por 25 anos	R\$ 0,18
Retorno Financeiro 10 anos	R\$ 1.735.857,21
Retorno Financeiro 15 anos	R\$ 3.906.165,22
Retorno Financeiro 25 anos	R\$ 11.780.591,92

GRÁFICO RETORNO FINANCEIRO



Data da proposta
Validade da Proposta

26/10/2016

26/11/2016

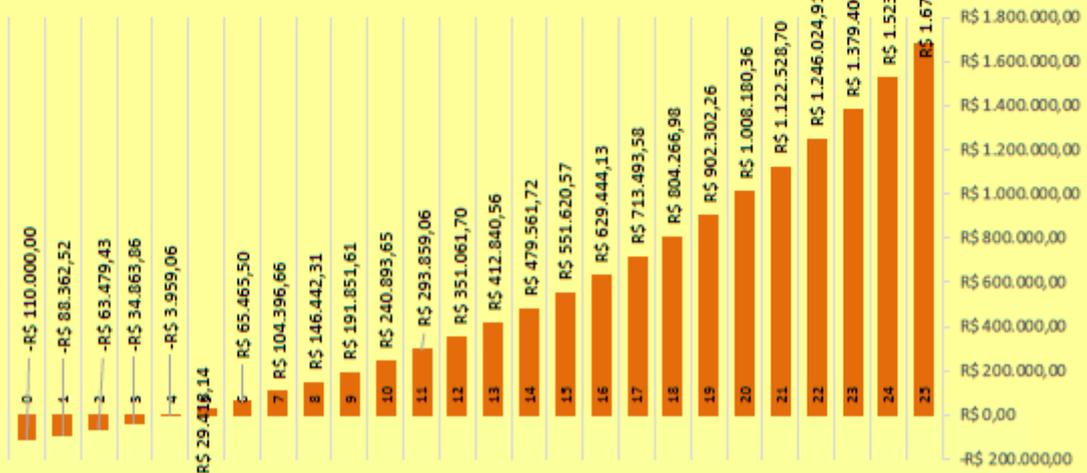
ANEXO E - ORÇAMENTO SELTEC PARA O PADRÃO DO Nº: 125



Resumo da Proposta

Valor a Contratar	R\$ 110.000,00
Tamanho da Usina	16,9 Kwp
Numero de Placas	65
Tamanho da Usina M ²	109 M ²
Preço da Eletricidade	0,7774
Reajuste do custo de energia	8,00%
Geração de Kwh/Mês	2.017
Geração de Kwh/Ano	24.202
Economia Mensal	R\$ 1.567,93
Economia Anual	R\$ 18.815,20
Retorno do Investimento	4 Anos 1 mês
Valor do Kwh no sistema solar por 25 anos	R\$ 0,19
Retorno Financeiro 10 anos	R\$ 240.893,65
Retorno Financeiro 15 anos	R\$ 551.620,57
Retorno Financeiro 25 anos	R\$ 1.679.016,46

GRÁFICO RETORNO FINANCEIRO



Data da proposta
Validade da Proposta

26/10/2016

26/11/2016

ANEXO F - ORÇAMENTO SELTEC PARA O PADRÃO DO Nº: 147



Resumo da Proposta

Valor a Contratar	R\$ 201.000,00
Tamanho da Usina	32,76 Kwp
Numero de Placas	126
Tamanho da Usina M ²	211 M ²
Preço da Eletricidade	0,7774
Reajuste do custo de energia	8,00%
Geração de Kwh/Mês	3.910
Geração de Kwh/Ano	46.914
Economia Mensal	R\$ 3.039,38
Economia Anual	R\$ 36.472,54
Retorno do Investimento	3 Anos 11 meses
Valor do Kwh no sistema solar por 25 anos	R\$ 0,18
Retorno Financeiro 10 anos	R\$ 479.193,85
Retorno Financeiro 15 anos	R\$ 1.081.526,03
Retorno Financeiro 25 anos	R\$ 3.266.939,61



Data da proposta
Validade da Proposta

26/10/2016

26/11/2016

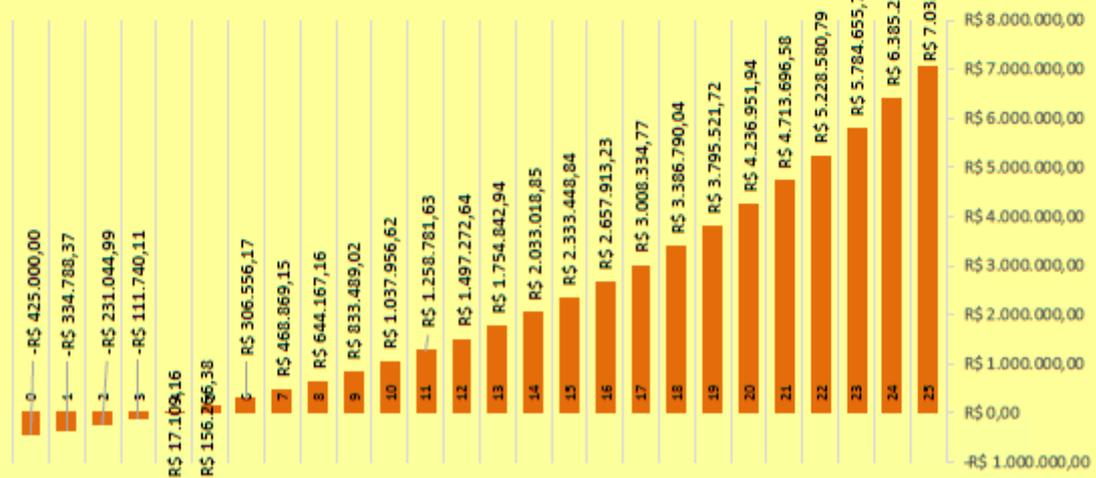
ANEXO G - ORÇAMENTO SELTEC PARA O PADRÃO DO N°: 197



Resumo da Proposta

Valor a Contratar	R\$ 425.000,00
Tamanho da Usina	70,46 Kwp
Numero de Placas	271
Tamanho da Usina M ²	453 M ²
Preço da Eletricidade	0,7774
Reajuste do custo de energia	8,00%
Geração de Kwh/Mês	8.409
Geração de Kwh/Ano	100.902
Economia Mensal	R\$ 6.537,07
Economia Anual	R\$ 78.444,90
Retorno do Investimento	3 Anos 10 meses
Valor do Kwh no sistema solar por 25 anos	R\$ 0,18
Retorno Financeiro 10 anos	R\$ 1.037.956,62
Retorno Financeiro 15 anos	R\$ 2.333.448,84
Retorno Financeiro 25 anos	R\$ 7.033.822,49

GRÁFICO RETORNO FINANCEIRO



Data da proposta
Validade da Proposta

26/10/2016

26/11/2016

ANEXO H - ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL

