

GILSON BARBOSA FERRAZ JÚNIOR  
MANOEL BARBOSA CANGUSSU NETO

**ANÁLISE DA MICROGERAÇÃO RESIDENCIAL  
FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
DE BAIXA TENSÃO – ESTUDO DE CASO**

BACHARELADO  
EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA

DOCTUM-CARATINGA  
2015

GILSON BARBOSA FERRAZ JÚNIOR  
MANOEL BARBOSA CANGUSSU NETO

**ANÁLISE DA MICROGERAÇÃO RESIDENCIAL  
FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
DE BAIXA TENSÃO – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à banca examinadora do instituto tecnologia de Caratinga-ITC/DOCTUM, como exigência parcial para obtenção do grau de bacharel em engenharia elétrica, sob a orientação do prof. Joildo Fernandes Costa Júnior.

DOCTUM-CARATINGA

2015

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## **AGRADECIMENTOS**

Eu Gilson,

Agradeço primeiramente a Deus, pelas bênçãos derramadas em minha vida, proporcionando-me saúde, conduzindo-me com tua proteção nas estradas, perseverança, fé e dedicação.

Aos meus pais Gilson e Neuza, que nunca mediram esforços para ajudar-me nessa caminhada tão longa, o carinho e amor de sempre.

A minha noiva, Silmara, que sempre esteve ao meu lado me incentivando e alimentando com palavras que ajudaram a seguir até o fim dessa caminhada.

Aos meus irmãos e toda minha família que fizeram acreditar que seria possível alcançar este objetivo.

A todos os professores, pela paciência e dedicação, os quais contribuíram muito para o meu crescimento profissional.

Ao orientador, Prof. Joildo, pelos conhecimentos e experiências disponibilizadas a construção do trabalho.

Aos colegas de sala, pela oportunidade de convivência e muitos momentos de irreverências.

A instituição, FIC, pela oportunidade de poder estudar e adquirir uma formação profissional.

Ao colega de trabalho, Manoel, pela hombridade, amizade e confiança em dividir esse desafio.

Ao proprietário da usina fotovoltaica de Caratinga, Cleber, que permitiu realizar o estudo de caso sobre sua microgeradora.

## AGRADECIMENTOS

Eu, Manoel,

A Deus, que me permitiu com suas graças chegar até aqui e não sucumbir às intempéries que enfrentei durante essa marcha, é quem é digno de toda a Glória.

Aos meus pais, Zita e Florisvaldo, sem os quais também eu não teria chegado até aqui, agradeço pelo exemplo, amor e ensinamentos que até hoje recebo.

À minha amada esposa, Lucimar, pela fidelidade, amor incondicional, pela paciência e força que me deu durante todos esses anos de luta.

À minha pequenina, minha filha Carrolliny, que a cada dia me enchia de motivação para seguir em frente com seu amor, carinho e sua inocência.

Aos meus irmãos e irmãs, Stênio, Rodolfo, Priscylla, Tais e Talita, que diuturnamente me estimulavam e incentivavam.

Aos meus familiares e amigos, que direta ou indiretamente de alguma forma, me sustentaram nos momentos em que ameaçava recuar e me ajudaram sempre.

Aos colegas de turma que me receberam ao longo da jornada e que contribuíram para estarmos aqui hoje, finalizando essa caminhada, e aos que eventualmente passaram pela turma e que, por circunstâncias da vida e do destino, não puderam estar aqui conosco, na linha de chegada.

Ao amigo e parceiro Gilson, pelo desafio em conjunto de realizar essa obra e pela competência sempre demonstrada.

Aos conspícuos professores, mestres por vocação, e em especial ao nosso Orientador Professor Joildo Fernandes, que durante essa caminhada me direcionaram de forma egrégia para o progresso intelectual, ético e humano.

A instituição de ensino, FIC, onde vivi toda essa trajetória e através da qual escrevi essa história, pela estrutura que tive e pela organização dispensada.

Ao Cléber, proprietário do nosso objeto de estudo, pela disposição imediata em ajudar-nos e pela presteza com que nos atendeu.

## **RESUMO**

Recentemente o Brasil enfrentou um período de estiagem severo, que trouxe prejuízos para a sociedade em todos os seus segmentos, com destaque para o setor elétrico nacional. A proveniência da maior parcela da geração de energia elétrica brasileira, favorecida por suas características naturais, são as usinas hidrelétricas. Em períodos de escassez hídrica, a diminuição no uso dessa fonte de geração obriga a compensação da demanda não diminuta através do emprego de usinas térmicas. Essa alternativa, necessária ao sistema interligado nacional, tem um custo elevado, tanto no aspecto financeiro quanto no aspecto ambiental. O Brasil, por suas condições tropicais, detém uma enorme incidência de luz solar sobre seu território continental, que por sua vez proporciona um potencial de geração de energia elétrica fotovoltaica invejável e que precisa ser aproveitado, principalmente sob a forma de microgeração distribuída conectada às redes de baixa tensão das concessionárias. Na Europa, com destaque para a Alemanha, mesmo não apresentando níveis de insolação tão favoráveis como no Brasil, já é avançado o uso de geração de energia solar fotovoltaica. Esse avanço ocorre principalmente através políticas de incentivo, que ao longo dos anos se tornaram atraentes aos usuários. É extremamente necessário que, com um potencial tão abundante, o Brasil invista em buscar meios de viabilizar, principalmente, os sistemas de microgeração fotovoltaica conectados à rede elétrica de baixa tensão. Energia elétrica é indispensável e a cada dia percebe-se uma elevação de demanda que requer ampliação da matriz geradora. É fundamental que esse acréscimo explore o potencial solar como insumo para a microgeração distribuída, favorecendo clientes, empresas, sociedade e meio ambiente.

**Palavras Chave: Microgeração fotovoltaica, Energia elétrica e alternativa.**

## **ABSTRACT**

Recently Brazil faces a severe drought period, which brought losses to society in all its segments, especially the national electricity sector. The provenance of the largest portion of the Brazilian electricity generation, favored by its natural characteristics, are the hydroelectric plants. In periods of water scarcity, the decrease in the use of this source of generation requires compensation demand has not diminished through the use of thermal plants. This alternative, necessary for the national interconnected system, has a high cost, both in financial terms and in the environmental aspect. Brazil for its tropical conditions, has a huge incidence of sunlight on its mainland, which in turn provides a potential enviable photovoltaic electricity generation that needs to be tapped, especially in the form of micro distributed connected to networks low voltage concessionaires. In Europe, especially Germany, although there was no insolation levels as favorable as in Brazil, is already advanced the use of solar photovoltaic power generation. This advance is mainly through incentive policies, which over the years have become attractive to users. It is very necessary that with a potential so abundant, Brazil invests in seeking ways to enable primarily the micro PV systems connected to the electrical low-voltage network. Electricity is indispensable and every day we can see a high demand which requires expansion of the generating matrix. It is essential that this increase explore the solar potential as a feedstock for distributed microgeneration, favoring consumers, corporations, society and the environment.

**Keywords: Micro Photovoltaic, electric and alternative energy**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EVOLUÇÃO RECENTE DO PREÇO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS .....	21
FIGURA 2 - MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL – 2011. ....	25
FIGURA 3 - MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL – 2015. ....	25
FIGURA 4 - SITUAÇÃO DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DO BRASIL .....	27
FIGURA 5 - EMISSÕES DE CO <sub>2</sub> , POR MWH GERADO (2010) .....	30
FIGURA 6 - GERAÇÃO TERMELETRICA – ANO BASE 2014 .....	32
FIGURA 7 - PERFIL ESQUEMATICO DE UMA USINA NUCLEAR.....	33
FIGURA 8 - POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO .....	35
FIGURA 9 - GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA – 2014 X 2013 .....	36
FIGURA 10 - EXEMPLO SIMPLIFICADO DO CÁLCULO DAS PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	41
FIGURA 11 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: ESTRATIFICAÇÃO POR CLASSE .....	42
FIGURA 12 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MÊS E ACUMULADO EM 12 MESES.....	42
FIGURA 13 - ORGANIZAÇÃO E COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL CONECTADO À REDE ELÉTRICA.....	45
FIGURA 14 - CÉLULA FOTOVOLTAICA E MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	46
FIGURA 15 - INVERSORES PARA A CONEXÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS À REDE ELÉTRICA. CORTESIA: SANTERNO. ....	47
FIGURA 16 - QUADRO DE PROTEÇÃO DE C.C.....	49
FIGURA 17 - QUADRO DE PROTEÇÃO C.A .....	51
FIGURA 18 - MEDIDOR BIDIRECIONAL .....	52
FIGURA 19 - EXEMPLO DE GERAÇÃO ATRAVÉS DO EFEITO FOTOVOLTAICO. ....	54
FIGURA 20 - RADIAÇÃO SOLAR DIRETA NORMAL MÉDIA DIÁRIA ANUAL - MAPA DE MINAS GERAIS .....	57



FIGURA 21 - INSOLAÇÃO MÉDIA DIÁRIA ANUAL – MAPA DE MINAS GERAIS...	58
FIGURA 22 – PROCEDIMENTOS E ETAPAS DE ACESSO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO.....	60
FIGURA 23 – VALORES DO DÓLAR EM 2015.....	66
FIGURA 24 – IRRADIAÇÃO SOLAR NO PLANO INCLINADO MENSAL – CARATINGA-MG .....	68
FIGURA 25 - ENERGIA PRODUZIDA MENSALMENTE .....	70
FIGURA 26 – TOTAL DE GERAÇÃO INFORMADA NO INVERSOR DA MICROGERADORA DE CARATINGA-MG .....	73
FIGURA 27 – SALDO DE GERAÇÃO ACUMULADO PELA MICROGERADORA INJETADO À REDE .....	74

### **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	17
TABELA 2 – TARIFAS VIGENTES DA CONCESSIONÁRIA CEMIG-D – MG - 2015 .....	64
TABELA 3 – IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MENSAL – CARATINGA-MG.....	68
TABELA 4 – ESTIMATIVA MENSAL DA ENERGIA PRODUZIDA.....	69
TABELA 5 – COMPARATIVO DE MÉDIA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA X PROJEÇÕES DE GERAÇÃO COM E SEM TD PELA MICROGERADORA DE CARATINGA-MG .....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Corrente Alternada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Artigo
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CO2	DIÓXIDO DE CARBONO
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica de Salvo Brito
DIC	Duração de Interrupção Individual por unidade Consumidora
DICRI	Duração da Interrupção individual ocorrida em dia Crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão
DDR	Disjuntor Diferencial Residual
DMIC	Duração Máxima de Interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
EOL	Central Geradora Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
FIC	Frequência de interrupção Individual por unidade Consumidora
FV	Fotovoltaico
GD	Geração distribuída
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GW	Gigawatt
Hz	Hertz

ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEC	Comissão Internacional de Eletrotécnica
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IP20	Proteção contra Infiltração
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
KG	Quilograma
KW	Quilowatt
KWH	Quilowatt-hora
M²	Metro quadrado
MG	Minas Gerais
MPPT	Rastreamento do Ponto de Máximo de Potência
MWH	Megawatt-hora
NBR	Norma Brasileira
ND	Norma de Distribuição
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIS	Programas de Integração Social
PLS	Projeto de Lei do Senado
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de energia elétrica
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFV	Sistema Fotovoltaico
SIN	Sistema Interligado Nacional
TD	Taxa de Desempenho
TWH	Terawatt-hora
UFV	Usina Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear
W	Watt

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	13
CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS .....	16
1 MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL .....	24
1.1 FONTES GERADORAS .....	24
1.1.1 Hidrelétricas .....	26
1.1.2 Termelétrica .....	28
1.1.3 Nucleares .....	32
1.1.4 Eólica.....	34
1.2 LEGISLAÇÃO PARA INCENTIVO À IMPLANTAÇÃO DO PARQUE GERADOR .....	36
2 MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO.....	40
2.1 CONCEITO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....	40
2.2 CONFIGURAÇÃO BÁSICA DE UM SFCR.....	43
2.2.1 Módulos Fotovoltaicos.....	46
2.2.2 Inversor CC-CA .....	47
2.2.3 Proteção de C.C.....	49
2.2.4 Proteção de C.A. ....	50
2.2.5 Medidores Bidirecionais .....	52
2.3 GERADOR FOTOVOLTAICO .....	53
2.4 DEFINIÇÕES DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO .....	58
2.5 REGULAMENTAÇÃO E NORMATIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA.....	59
3 ESTUDO DE CASO.....	62
3.1 ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA MICROGERADORA DE CARATINGA.....	62
3.1.1 Dados da Microgeradora de Caratinga.....	63

3.1.1.1 Custos da Implantação e Payback da Microgeradora .....	64
3.1.2 Análise de Implantação da Microgeradora em Caratinga atualmente .....	66
3.1.2.1 Projeção da Geração de Energia Elétrica Utilizando Dados do Software SunData .....	67
3.1.2.2 Payback e Resultados.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
REFERÊNCIAS.....	78
ANEXOS .....	81

## INTRODUÇÃO

Esse trabalho apresenta uma abordagem quanto aos aspectos que envolvem a ampliação do uso da geração de energia fotovoltaica na matriz nacional, justificada pela expressiva necessidade atual de se obter alternativas que promovam eficiência, sejam viáveis e tenham sustentabilidade. A pesquisa apresenta aspectos regulamentares que estimulam os investimentos no emprego de geração de energia fotovoltaica, com destaque para as características de um sistema já em uso, interligado à rede de baixa tensão na cidade de Caratinga e regido pela regulamentação ANEEL vigente.

A ciência estima que o sol seja uma fonte de energia infinita. Através da geração de energia fotovoltaica, percebe-se que a utilização dessa fonte como insumo energético primário apresenta grande favorabilidade. Um aspecto extremamente relevante diz respeito ao fato de que não se faz necessário a implantação de um sistema nos moldes convencionais mais comuns, que apresentam sistemas de geração, transmissão e distribuição de forma independente. No caso da geração fotovoltaica, tem-se a possibilidade, além de utilizar a configuração comum envolvendo os sistemas independentes, também de consumir a energia no próprio ponto de geração.

Após a resolução 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), tornou-se possível a interligação de sistemas de geração fotovoltaicos às redes de baixa tensão das concessionárias de energia, proporcionando como forma de compensação aos que optem por essa conexão um retorno em créditos na fatura mensal pelo volume superior que for injetado à rede em relação ao consumido.

Mesmo já havendo regulamentação estabelecida desde o ano de 2012, os investimentos em geração fotovoltaica ainda são tímidos no Brasil. Esse cenário é, principalmente, devido aos custos elevados na tecnologia utilizada para implementação das usinas fotovoltaicas, em sua maioria providas de equipamentos importados. Nessa análise, identifica-se também a necessidade de desenvolvimento e fomentação da indústria nacional de equipamentos e tecnologia relacionada à geração fotovoltaica.

A análise realizada nessa pesquisa delimita-se aos aspectos construtivos e operacionais de um sistema de microgeração fotovoltaico, interligado à rede de

baixa tensão da CEMIG Distribuição S.A. na cidade de Caratinga, sendo a principal interrogante debatida e avaliada, o emprego de microgeração solar fotovoltaica conectada à rede como alternativa viável e sustentável para ampliação da fatia que representa essa fonte de geração no cenário energético.

Hipoteticamente, tem-se que a ampliação no emprego de microgeração fotovoltaica conectada à rede de baixa tensão requer medidas e mecanismos que promovam o incentivo necessário para que haja investimentos satisfatórios na implementação tanto de micro usinas quanto no desenvolvimento dos equipamentos através de produção nacional.

A crescente demanda de energia tem direcionado os investimentos mais significativos para empreendimentos de grande porte, que indiscutivelmente são soluções efetivas, contudo as dificuldades e morosidade que os acompanham impõem inúmeras dificuldades e entraves, por sua vez, a demanda de energia é sempre imediata.

A geração de energia elétrica fotovoltaica já é estruturada na matriz energética de países que não possuem potencial significativo para justificar a preferência por essa fonte e se mostra extremamente favorável.

No Brasil, o potencial de geração fotovoltaico supera toda a capacidade de geração hidrelétrica instalada, reunindo assim o insumo básico para que se possa atender sua demanda e justificando-se o emprego dessa fonte como forma de auxiliar o suprimento das necessidades, sendo que através dos sistemas dotados de microgeração, esse suprimento ocorre com maior celeridade, em virtude da menor complexidade na implantação dessas geradoras.

Objetiva-se durante a obra, uma abrangência nas características normativas que regem os sistemas de microgeração para análise de sua favorabilidade. Além disso, revisão bibliográfica, levantamento de requisitos normativos, estudo de caso de sistema real sob aspectos positivos e negativos percebidos pelo cliente além de uma simulação dessa percepção sobre o cenário atual e conclusão, compõem a estratégia adotada.

Os métodos elencados para a definição dessa análise trazem desde a fundamentação e embasamentos teóricos de conteúdos sobre o tema até dados colhidos em campo e verificados junto a usuários do sistema. Através de ações e verificações de todos os aspectos levantados, pautados em viabilidade e eficiência do sistema, efetiva-se o desenvolvimento do trabalho em três capítulos.

No primeiro capítulo abordam-se os aspectos gerais e conceitos básicos das principais fontes de geração de energia elétrica e suas características na matriz brasileira. Além disso, apresenta-se o cenário geral do setor elétrico e legislação básica que rege o advento da microgeração fotovoltaica como alternativa para expansão da matriz, com base nos aspectos percebidos durante as ações de cunho cognitivo.

O segundo capítulo, avalia os aspectos gerais e específicos de um sistema de microgeração fotovoltaica. Suas características básicas e das partes que o compõem e as normas da concessionária para receber a conexão.

O terceiro e último capítulo apresenta um estudo de caso de um sistema específico em operação na cidade de Caratinga, avaliando aspectos de instalação e custos desse sistema para o cliente, verificação do reflexo em suas faturas de energia e um diagnóstico mediante as hipóteses levantadas.



## CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

Mediante os desafios submetidos ao setor elétrico brasileiro, principalmente no que tange à necessidade de suprir a voracidade de todos os setores da sociedade em desenvolvimento constante e que a cada dia requerem do sistema mais energia elétrica, torna-se indiscutivelmente preciso um reforço no sistema de geração. A energia elétrica é sem dúvida, um dos combustíveis mais poderosos para o desenvolvimento da sociedade moderna.

Ao longo dos anos, o avanço da consciência ambiental tornou-se de extrema importância para que se ocorra desenvolvimento de forma sustentável, isto é, atender as necessidades cada dia maiores, mas sem agredir severamente os recursos naturais e o meio ambiente. Nesse cenário destaca-se a busca por fontes alternativas de geração de energia, uma vez que as mais largamente utilizadas nas matrizes mais comuns, das quais destacamos usinas hidrelétricas e termelétricas, tendem ser mais hostis à natureza.

Como alternativas tem-se uma série de fontes disponíveis e conhecidas, cada uma delas com seus aspectos e particularidades singulares, que tem sido, constantemente, instrumento de pesquisa pela ciência para que se obtenha o máximo que cada uma pode oferecer de potencial de geração de energia elétrica.

A microgeração fotovoltaica apresenta uma série características que favorecem seu uso de maneira sustentável, destacando-se como alternativa viável, tanto no ponto de vista técnico quanto no quesito ambiental. A principal característica que a favorece é o fato de abranger baixas potências, podendo ser disseminada de forma mais rápida e já interligada às redes de baixa tensão das concessionárias.

Para conciliar os aspectos supracitados, torna-se imprescindível uma contextualização que envolva desde os conceitos básicos de geração de energia elétrica e fontes alternativas de geração buscadas recentemente até obtermos destaque para a aplicação da microgeração fotovoltaica como sendo uma contribuição eficaz para o desenvolvimento da malha de geração distribuída de forma gradual e favorável.

A potencialidade de geração de energia solar fotovoltaica do Brasil é uma das mais promissoras do planeta. A capacidade de geração estimada para o país é gigantesca, justificada pela sua localização geográfica e pela sua extensão territorial expressiva, que o proporciona ter características continentais. Entretanto, mesmo recebendo em abundância a radiação solar necessária para garantir um suprimento energético considerável ao consumido no país, o uso dessa fonte, conforme figura a seguir, como insumo em sua matriz energética ainda é pequeno no Brasil.

**TABELA 1 - MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	492	318.497	320.395	0,24
EOL	261	5.819.901	5.732.789	4,23
PCH	475	4.803.360	4.774.391	3,53
UFV	317	19.179	15.179	0,01
UHE	201	87.308.965	84.544.838	62,43
UTE	2.019	39.547.828	38.054.409	28,1
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,47
<b>Total</b>	<b>3.767</b>	<b>139.807.730</b>	<b>135.432.001</b>	<b>100</b>

Os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual a considerada no Ato de Outorga. A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora.

Fonte: ANEEL, 2015<sup>1</sup>.

Em vários outros países, com destaque aos europeus e recentemente um forte avanço também na China, a realidade no que tange à geração de energia fotovoltaica é muito diferente da que existe no Brasil, conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética.

A irradiação média anual varia entre 1.200 e 2.400kWh/m<sup>2</sup>/ano, valores que são significativamente superiores à maioria dos países europeus, cujas estatísticas indicam intervalos entre 900 e 1.250kWh/m<sup>2</sup>/ano na Alemanha, entre 900 e 1.650kWh/m<sup>2</sup>/ano na França e entre 1.200 e 1.850kWh/m<sup>2</sup>/ano na Espanha.<sup>2</sup>

Motivados por inúmeros fatores, dentre os quais se podem citar políticas de redução de fontes não renováveis para geração de energia, países como a Alemanha, por exemplo, mesmo possuindo um potencial muito inferior em relação

<sup>1</sup> AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acessado em: 15 de abr. 2015.

<sup>2</sup> TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira – Nota Técnica EPE**. Rio de Janeiro: EPE, 2012, p.21.

ao Brasil para a utilização de sistemas fotovoltaicos, estão muito à frente na inserção desse tipo de fonte em sua matriz energética, fato esse que projeta para o Brasil uma solução eficaz para difundir e diversificar a sua matriz energética com fontes renováveis alternativas.

A geração distribuída fotovoltaica parte do princípio de que cada unidade consumidora é uma de produção elétrica em potencial, capaz de abastecer total ou parcialmente a sua própria demanda, e caso a geração seja superior à demanda, o excedente é injetado (vendido) na rede. Dessa forma, os Sistemas Fotovoltaicos contribuem com o setor elétrico injetando energia diretamente na rede de distribuição ou aliviando a demanda de uma determinada unidade de consumo.<sup>3</sup>

No entanto, para que isso possa tornar-se realidade é preciso que haja intervenção por meio de políticas que incentivem os investimentos nesse tipo de tecnologia e assim busque uma maior sustentabilidade.

A história hodierna, em que o Brasil enfrentou uma estiagem elevada, impede que haja negligência ao potencial fotovoltaico que possui, principalmente pelo fato de que essa tecnologia apresenta algumas vantagens sobre outras fontes alternativas.

A energia solar fotovoltaica apresenta mais regularidade no fornecimento de eletricidade do que a energia eólica e pode ser empregada em todo o território brasileiro, pois o País é privilegiado com elevadas taxas de irradiação solar em todas as regiões.<sup>4</sup>

A diminuição do volume pluviométrico registrada recentemente vista de forma massiva no ano de 2014, causou uma série de impactos negativos ao sistema elétrico nacional. Igualmente devido a fatores geográficos e naturais, o Brasil dispõe de recursos hídricos satisfatórios além de condições climáticas que propiciaram, ao longo dos anos, o desenvolvimento de uma matriz energética com predominância de geração de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas. Esse cenário, embora tenha-se mostrado extremamente favorável, exige uma garantia. Para que não haja comprometimento no suprimento da demanda de energia há dependência direta de volume hídrico nos reservatórios das usinas, abastecidos por um fluxo pluviométrico

---

<sup>3</sup> ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012, p.57.

<sup>4</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.34.

constante, mas que apresenta oscilações para as quais não há uma ação imediata capaz de reverter uma estiagem. Esses fatores influenciam diretamente o abastecimento de energia elétrica proveniente das usinas.

Como alternativa ao abastecimento de energia elétrica de fontes hidráulicas o Brasil desenvolveu também, ao longo dos anos, uma fatia em sua matriz de geração com inúmeras usinas termelétricas. Esse tipo de geração utiliza a queima de combustíveis como carvão e derivados do petróleo, que ao contrário da água represada nas barragens de forma gratuita, faz com que os custos da energia se tornem maiores. Essa despesa, durante certo período, foi custeada através dos governos que durante os estudos para reajustes tarifários da energia repassariam através de cobrança à sociedade na medida em que fossem realizadas as revisões tarifárias.

Recentemente, a situação tomou proporções graves onde, devido a necessidade contínua de se manter a geração por meio das termelétricas, os custos ficaram cada vez maiores e foi necessário um novo tipo de ajuste para que não houvesse custeio direto ao governo, o rateio da despesa seria de todos, assim criou-se as bandeiras tarifárias como forma de sinalizar e cobrar dos consumidores o investimento mais elevado feito para geração de energia termelétrica.

Desse modo, é preciso que haja prudência quanto ao uso dessa fonte não renovável, motivado também pelo fato de que esse tipo de geração provoca danos graves ao meio ambiente e conseqüentemente, haverá reflexo direto no equilíbrio natural, trazendo consigo influências e alterações no ciclo de chuvas, por exemplo. É um efeito em cascata, portanto é necessário que haja diversificação de fontes para que essas sejam utilizadas coordenadamente e de preferência sustentáveis, renováveis e limpas.

Os estímulos à geração distribuída (geralmente localizada próxima aos centros de carga) justificam-se pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico: a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão; o baixo impacto ambiental; a redução no carregamento das redes; a redução de perdas e a diversificação da matriz energética, entre outros.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> RUFINO, Romeu Donizete. **Micro e Minegeração Distribuída – Cadernos Temáticos ANEEL - Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2014, p.9.

Há ainda, outras fontes alternativas de geração de energia que podem ser exploradas para que se obtenha variedade para a matriz energética, fazendo com que se possa existir um controle de modo a aperfeiçoar a geração por determinado tipo de fonte que num dado momento oferecer maior disponibilidade ou que apresentar vantagem técnica. O ideal é que se reduza, drasticamente, o uso de fontes não renováveis, não somente pelo fato delas serem finitas, mas também pelo desequilíbrio causado por elas, principalmente pela poluição gerada ou risco de contaminações que se existe.

Além de serem limitadas, as fontes não renováveis são causadoras de diversos danos ambientais, dentre os quais podem ser citados os vazamentos de petróleo nos oceanos, a emissão de poluentes pela queima e a contaminação causada pela estocagem de dejetos radioativos e pela ocorrência de vazamentos em acidentes com usinas nucleares que, embora raros, são um risco permanente para o planeta.<sup>6</sup>

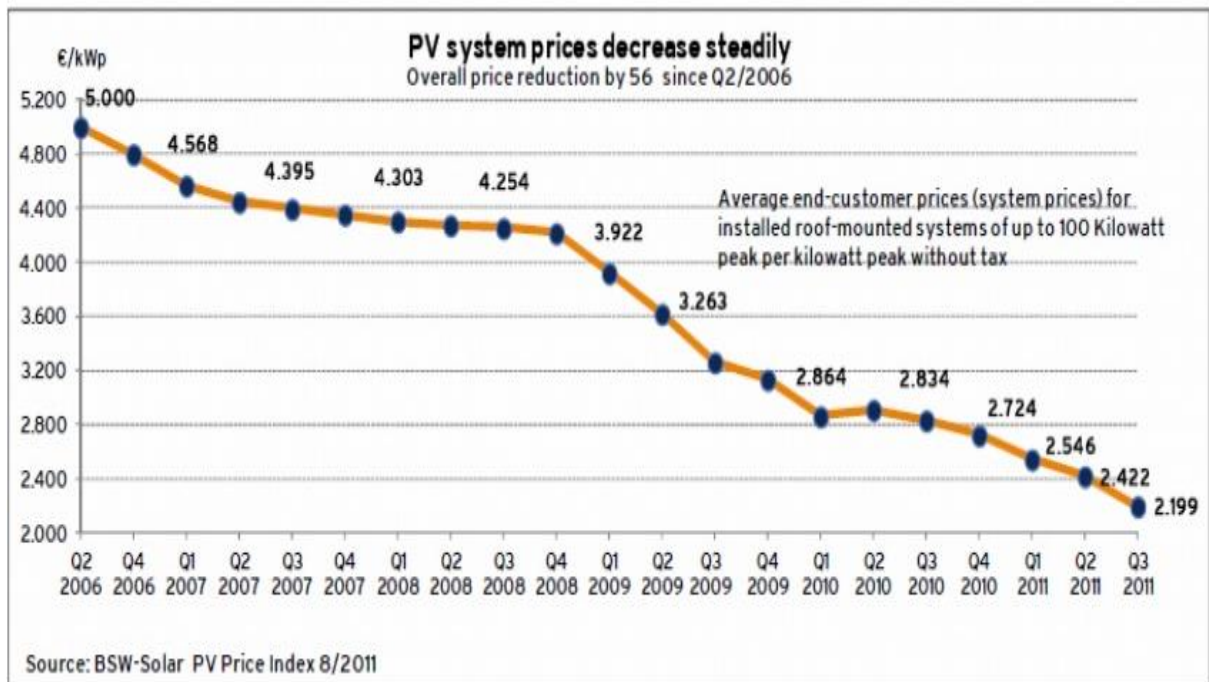
A realidade atual obriga há uma nova discussão no país, que é a busca de desenvolvimento de soluções eficazes e de curto prazo, para evitar um colapso no tocante ao suprimento de energia, necessário para o crescimento do país e indispensável atualmente para a sobrevivência.

Nesse cenário, a geração de energia elétrica fotovoltaica desponta como umas das mais favoráveis. No gráfico abaixo nota-se a queda nos preços dos sistemas fotovoltaicos.

---

<sup>6</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.16.

**FIGURA 1 - EVOLUÇÃO RECENTE DO PREÇO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**



Fonte: BSW-Solar, 2011<sup>7</sup>.

Diferente das mais comuns fontes de geração, ela se apresenta com maior flexibilidade, pois se pode optar por empreendimentos que tenham porte similar ao de grandes gerações de maior potência bem como pelo uso de pequenas gerações distribuídas que não trazem dificuldades semelhantes às que são encontradas para a implementação de outras formas de geração. Além disso, há outra característica importante que é o fato de não haver necessidade de existir de forma estrutural os sistemas que compõem um circuito de energia elétrica, que abrange geração, transmissão e distribuição. A energia fotovoltaica permite que ponto de geração e ponto de consumo seja os mesmos, o que impacta diretamente no ponto de vista de investimentos financeiros desse sistema.

Considerar a geração distribuída no planejamento da expansão do setor energético possibilita aumentar progressivamente a oferta, postergando ou aliviando a necessidade de instalação de grandes usinas e permitindo que a oferta acompanhe de perto o aumento da demanda. Para além do aumento da oferta em si, a geração distribuída, ao menos em princípio, poderá colaborar na viabilização de grandes empreendimentos energéticos.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira – Nota Técnica EPE**. Rio de Janeiro: EPE, 2012, p.24.

<sup>8</sup> ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012, p.53.

Tantas características promissoras fazem com que a geração de energia fotovoltaica receba uma atenção especial e se vislumbre sua aplicação na ampliação e complementação da matriz geradora nacional com energia proveniente dessa fonte. Entretanto, a demora em buscar se criar mecanismos para nortear as ações de forma preventiva e proativa, fez com que durante muito tempo esse insumo sequer fosse cogitado, mas agora há um aprofundamento muito forte nos estudos para que se tenha uma definição de critérios que possa regulamentar o desenvolvimento desses sistemas bem como produzir incentivos que seduzam a implementação e o investimento nessa novidade.

O marco teórico para esse trabalho apresentado a seguir, determina o quão será difundido no Brasil o emprego dessa fonte energética.

O número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede vem aumentando no Brasil e sua utilização deverá ter um salto extraordinário nos próximos anos, principalmente com a recente aprovação pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) da microgeração e da minigeração com sistemas de distribuição conectados em baixa tensão e alimentados por fontes renováveis de energia.<sup>9</sup>

Através da resolução normativa 482/2012 da ANEEL, estabeleceu-se o alicerce por sobre o qual se pode desenvolver toda uma estrutura para permear as definições e, sem dúvida, originar de forma expressiva nos motivadores que farão com que o Brasil se torne no futuro um dos maiores líderes na utilização dessa fonte de energia, visto que o seu potencial é superior ao de países que já saíram à frente nesse processo.

Dadas às dimensões territoriais e as elevadas taxas de irradiação solar brasileira, é razoável esperar para o Brasil um potencial de geração fotovoltaica pelo menos dez vezes superior à capacidade instalada na Alemanha atualmente. Isso representaria 200 GW de eletricidade a partir da luz do Sol, ou seja, o dobro de toda energia elétrica que produzimos hoje.<sup>10</sup>

Recentes estudos técnicos concretizados para o setor projetam um fortalecimento ainda maior para a viabilização do sistema fotovoltaico conectado à

---

<sup>9</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.34.

<sup>10</sup> Idem, p.35.

rede, conforme previsto na publicação da nota técnica da Empresa de Pesquisa Energética.

Um dos instrumentos de uso comum para viabilizar projetos e a concessão de condições especiais de financiamento. Neste sentido seja por possibilitar um menor desembolso de capital próprio por parte do empreendedor, seja por atuar no sentido de aumento do retorno do capital próprio, condições especiais de financiamento incentivam uma maior quantidade de empreendedores a investir.<sup>11</sup>

Há ainda opção de que se adotem outras vertentes com intuito de que se fomente ainda mais o estímulo, algumas inclusive, obtidas pelo aprendizado de práticas já testadas nos países pioneiros da Europa estudados pela EPE, e no Brasil usado como subsídio em outros segmentos da economia.

O incentivo no imposto de renda e outra forma de estímulo capaz de desempenhar importante papel na disseminação da tecnologia fotovoltaica associada à geração distribuída. De fato, observa-se que esta tem sido prática relativamente comum na experiência internacional (EUA, França). (Nota Técnica EPE)<sup>12</sup>

Esses estímulos atualmente distam longínquos da realidade do Brasil, mas não se pode desconsiderá-los para comporem um processo fundamental para o desenvolvimento e disseminação da implantação dos sistemas.

---

<sup>11</sup> TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira – Nota Técnica EPE**. Rio de Janeiro: EPE, 2012, p.43.

<sup>12</sup> Idem, p.45.



# 1 MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL

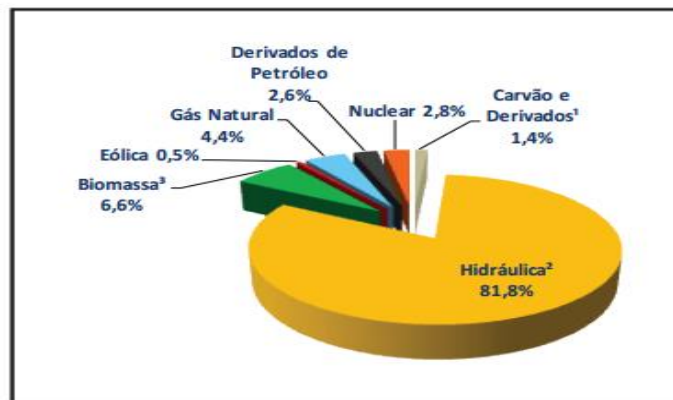
## 1.1 FONTES GERADORAS

Existem diversas maneiras de se obter energia elétrica através da transformação de várias fontes energias disponíveis na natureza. A busca contínua pelo aumento da produção desse bem, com o qual não mais se obtém o desenvolvimento da sociedade em que vivemos e tampouco sua sobrevivência, tem se tornado atualmente um dos maiores desafios para a ciência que se depara com a necessidade de atender a uma frequente ampliação de demanda, mas sem agredir ainda mais o nosso planeta.

No Brasil, pode-se identificar em sua matriz de geração de energia elétrica que existe uma característica marcante que a diferencia do modelo que se adota em outros países, sobretudo quando esse paralelo ocorre num comparativo entre o Brasil e os chamados países desenvolvidos ou de primeiro mundo.

Uma expressiva fatia da matriz energética brasileira é representada, predominantemente, pelas fontes provenientes de insumos renováveis, sendo que desse montante a maior parte é originária de usinas hidrelétricas. Ainda que esse insumo se trate de uma fonte renovável é necessário que existam, no decorrer do desenvolvimento da sociedade, mecanismos que possam possibilitar uma variedade de alternativas de modo que não se crie dependência exclusiva de apenas um insumo, que mesmo renovável pode vir a sofrer influências diretas ocasionadas pelas constantes reações do planeta à forte degradação praticada pelos seres humanos em busca do progresso.

FIGURA 2 - MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL – 2011



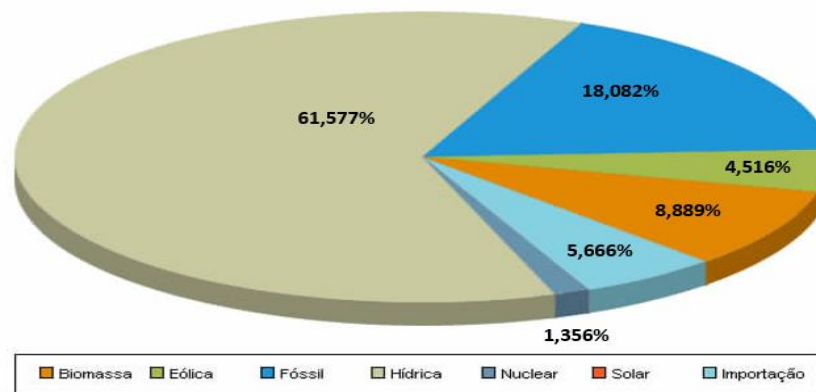
<sup>1</sup> Inclui gás de coqueria

<sup>2</sup> Inclui importação

<sup>3</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Fonte: EPE, 2013<sup>13</sup>

FIGURA 3 - MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL - 2015



Fonte: ANEEL, 2015<sup>14</sup>

Percebe-se assim que, frente a esse cenário, o modelo ultimamente tem buscado abrir seu leque de recursos, afim de que se obtenham mecanismos que aumentem as possibilidades para o setor elétrico. Conforme dados publicados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, nota-se, nas fig. 2 e 3, que a representatividade das hidrelétricas na matriz registrou uma diminuição nos últimos

<sup>13</sup> Idem, p.31.

<sup>14</sup> AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidad.cfm>>. Acessado em: 15 de abr. 2015.

anos, apesar de ainda corresponder a mais da metade da energia elétrica produzida no país através dessa fonte de geração.

### 1.1.1 Hidrelétricas

A energia hidrelétrica é obtida por meio do aproveitamento dos fluxos das águas dos rios nas usinas geradoras de energia elétrica. Aproveita-se a energia cinética do movimento do fluxo das águas pelas turbinas, em diversos modos de configurações e métodos mais adequados para cada caso, que desse modo produz movimento nos eixos acoplados aos geradores que transformam essa energia mecânica em eletricidade.

A energia hidrelétrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na qual as obras civis – que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório – são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados.<sup>15</sup>

O Brasil destaca-se por possuir características geográficas extremamente favoráveis, grandes mananciais e um extenso território. As fontes hidráulicas se caracterizam como fontes renováveis, pois entende-se que através dos ciclos hidrológico e climático os fluxos tendem a apresentar constância. Embora apresente favorabilidade nesse aspecto, há outros impactos trazidos pelo emprego de usinas hidrelétricas.

O uso de recursos hídricos para geração de energia elétrica é privilégio de poucos países. Disponibilidade dos mananciais, extensão de territórios e condições geográficas são fatores determinantes. A revogabilidade da fonte primária é um atrativo importante para esse tipo de empreendimento, contudo a geração hidroelétrica não é completamente isenta de impactos socioambientais.<sup>16</sup>

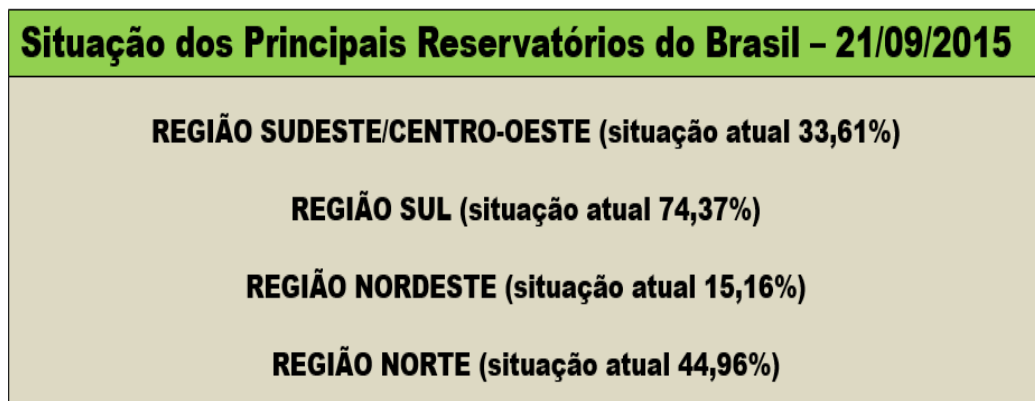
---

<sup>15</sup> KELMAN, Jerson; SANTANA, Edvaldo Alves; Saraiva, Joísa C. Dutra. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008, p.53.

<sup>16</sup> BORGES, Manuel Rangel Neto; CARVALHO, Paulo Cesar Marques. **Geração de Energia Elétrica – Fundamentos**. São Paulo: Érica, 2014, p.29.

As usinas hidrelétricas atualmente vêm sofrendo com o período de estiagem registrado em seus reservatórios. É uma condição inerente à matriz, pelo fato de ser em sua maioria proveniente de fonte hidráulica, possuir dependência direta e efetiva de abastecimento constante desses reservatórios que são determinados principalmente pela sazonalidade de períodos úmidos. Desse modo, quando se atinge baixos níveis nos grandes reservatórios não resta alternativa, faz-se necessário o emprego de outros recursos de geração para suprir a demanda. De acordo com dados atuais do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, neste período seco os reservatórios de quase todas as regiões do país estão operando com menos da metade do volume de suas capacidades, exceção apenas para a região Sul.

**FIGURA 4 - SITUAÇÃO DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DO BRASIL**



Fonte: ONS, 2015.<sup>17</sup>

Um dos grandes entraves para a produção de energia através de usinas hidrelétricas é a necessidade de construção de grandes linhas de transmissão para estabelecer conexão entre a geração até o centro de consumo. Esse fator eleva o custo financeiro global efetivo, principalmente nos empreendimentos de grande porte, além de provocar também desapropriações de áreas para instalações de torres de suporte para linhas de transmissão.

<sup>17</sup> OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Situação dos Principais Reservatórios do Brasil**. Disponível em: < [http://www.ons.org.br/tabela\\_reservatorios/conteudo.asp](http://www.ons.org.br/tabela_reservatorios/conteudo.asp)>. Acessado em: 21 de Set. 2015.

Quanto maior a usina, mais distante ela tende a estar dos grandes centros. Assim, exige a construção de grandes linhas de transmissão em tensões alta e extra alta (de 230 quilovolts a 750 quilovolts) que, muitas vezes, atravessam o território de vários Estados.<sup>18</sup>

Outro ponto desfavorável com que se depara o desenvolvimento de geração hidrelétrica está relacionado às questões intrínsecas das legislações ambientais. Esses fatores tem sido constantemente pleito de discussões jurídicas pelo fato de envolver sanções severas ao não cumprimento de ações previstas e dessa forma, conseqüentemente pela morosidade envolvida há um atraso considerável na execução de projetos e empreendimentos.

Os maiores entraves à expansão hidrelétrica do país são de natureza ambiental e judicial. No final de 2007 e início de 2008 uma polêmica ocorreu entre os formadores de opinião quando veio a público que a maior parte das obras estava atrasada em função da dificuldade para obtenção do licenciamento ambiental provocada por questionamentos na justiça, ações e liminares.<sup>19</sup>

Atualmente o Brasil viveu uma dificuldade muito grande na elaboração da usina hidrelétrica Belo Monte, por exemplo, onde foram enfrentadas diversas situações que acarretaram uma morosidade enorme em sua conclusão, assim prejudicando o sistema como um todo, haja vista que essa usina iria contemplar uma demanda significativa.

### 1.1.2 Termelétrica

A produção de energia elétrica, a partir de processos térmicos, é denominada geração termoelétrica e pode ser descrita como a conversão de energia térmica em energia mecânica, a qual aciona geradores elétricos.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> KELMAN, Jerson; SANTANA, Edvaldo Alves; SARAIVA, Joísa C. Dutra. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008, p.53.

<sup>19</sup> Idem, p.61.

<sup>20</sup> BORGES, Manuel Rangel Neto; CARVALHO, Paulo Cesar Marques. **Geração de Energia Elétrica – Fundamentos**. São Paulo: Érica, 2014, p.53.

A fonte de calor pode ser obtida por diversas fontes primárias como a solar, geotérmica, biomassa, combustível fóssil, incineração de resíduos e a nuclear.<sup>21</sup>

Diferente do praticado pelo Brasil nota-se que em grande parte do planeta, o emprego de energia elétrica oriunda de fontes térmicas é responsável por grande parte da energia consumida mundo a fora.

Uma das principais desvantagens das termelétricas está relacionada aos resíduos criados nos processos, que trazem riscos ao meio ambiente.

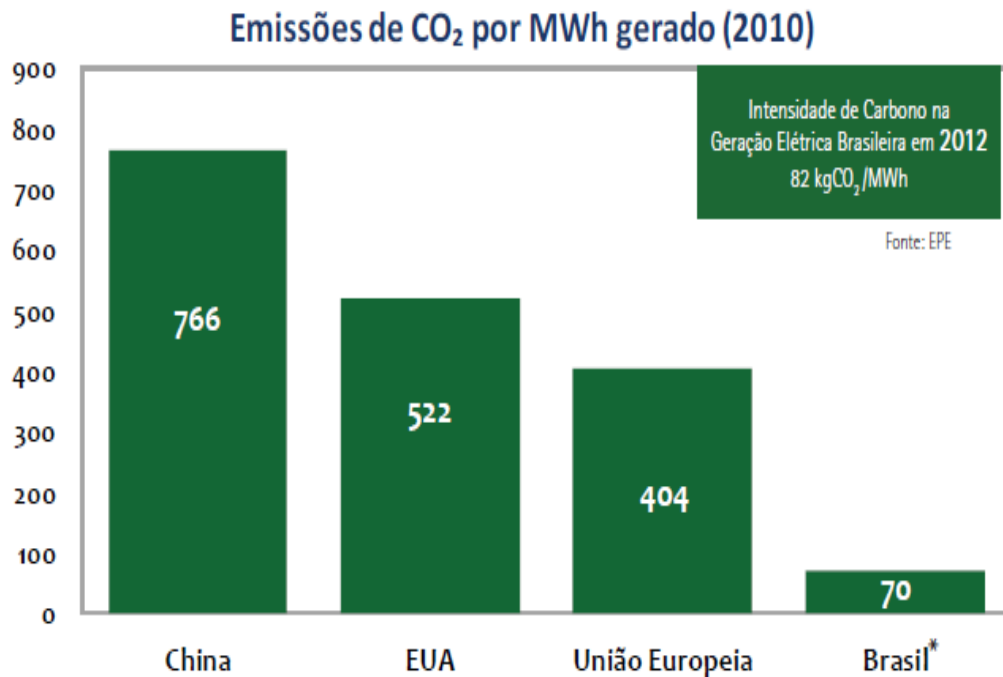
O destaque maior deve-se às características não renováveis das fontes primárias, bem como à emissão de gases do efeito estufa (GEE) dos processos de conversão abastecidos por combustíveis fósseis e a produção de material radioativo do reator nuclear após o uso.<sup>22</sup>

Através dos dados divulgados pela agência internacional de energia, bem como pelas informações do relatório síntese publicado pela empresa de pesquisa energética, verifica-se que no Brasil a emissão de CO<sub>2</sub> é muito inferior aos níveis praticados em diversos países, principalmente com países que compõem os grupos das principais economias do mundo. Desse modo, comprova-se a diferença característica das matrizes geradoras de energia desses países com proporções extremas se comparado à China, por exemplo, que superou em aproximadamente 11 vezes os níveis de emissão registrados no Brasil.

---

<sup>21</sup> Idem

<sup>22</sup> Idem

FIGURA 5 - EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>, POR MWh GERADO (2010)

Fonte: EPE, 2012.<sup>23</sup>

As usinas termelétricas estão entre as que promovem os maiores impactos ambientais negativos que se enfrentam hoje em dia no planeta. Esse parâmetro está profundamente ligado com os efeitos produzidos pela queima, necessária para concretizar a conversão de energia térmica em elétrica, que emitem uma infinidade de gases poluentes que dia após dia degradam e prejudicam todo o meio ambiente, contribuindo inclusive para as mutações climáticas severas a que o nosso planeta tem sido submetido, causando fenômenos e provocando desequilíbrio. Além disso, por não se caracterizar como fonte renovável, tem-se a incerteza de garantia de recursos para sua perpetuidade.

Embora sejam muito grandes as reservas de petróleo, gás e carvão em todo o mundo, a disponibilidade desses recursos fósseis diminui com o uso, portanto são fontes de energia não renováveis. A discussão sobre quando ocorrerá o esgotamento dessas fontes é irrelevante diante da certeza que são finitos.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> EPE. **Balanco Energético Nacional 2013 – Relatório Síntese – Ano Base 2012**. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2013\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2013_Web.pdf)>. Acessado em 18 Set. 2015.

<sup>24</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.16.

Apesar de provocar grandes impactos negativos, é de suma importância salientar que as termelétricas possuem um papel fundamental na matriz de geração elétrica do Brasil. Embora a escolha efetiva seja de evitá-las, surgem situações atípicas que obrigam o uso dessa alternativa, de modo a impedir um colapso ao sistema elétrico brasileiro. Apesar da negatividade causada pela poluição que é gerada através dessa fonte, podemos considerar como vantagens das termelétricas, a confiabilidade de continuidade de serviço e a necessidade de ocupação de área para o estabelecimento de uma usina termelétrica ser muito menor se comparado com as usinas hidrelétricas.

Entre as vantagens da geração termoelétrica estão a necessidade de áreas relativamente pequenas em comparação às grandes hidrelétricas, a mobilidade em função do porte, pois é possível a desmontagem, remoção e instalação de forma relativamente rápida e, tendo combustível armazenado ou disponível, apresenta alto grau de confiabilidade do ponto de vista da continuidade de serviço.<sup>25</sup>

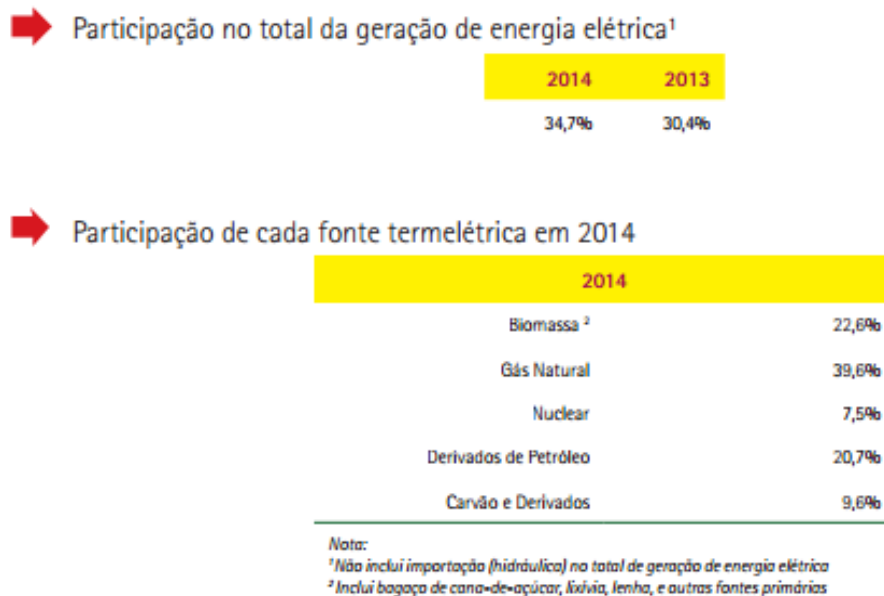
De acordo com os dados obtidos pelo relatório síntese, referente ao ano base de 2014, que fora divulgado pela empresa de pesquisa energética (EPE), percebeu-se uma elevação de pouco mais de 14% na geração de energia termelétrica no comparativo ao no de 2013, que foi motivada principalmente pela necessidade de redução de geração hidrelétrica nesse período, quando foi percebido de forma mais drástica os efeitos da forte estiagem.

---

<sup>25</sup> BORGES, Manuel Rangel Neto; CARVALHO, Paulo Cesar Marques. **Geração de Energia Elétrica– Fundamentos**. São Paulo: Érica, 2014, p.53.



**FIGURA 6 - GERAÇÃO TERMELÉTRICA – ANO BASE 2014**



Fonte: EPE, 2015. <sup>26</sup>

Sem o acionamento das usinas termelétricas o sistema de energia elétrica sofreria um colapso, no entanto se trata de um sistema de geração com elevado custo de geração, além de não ser uma energia renovável, contribui para o efeito estufa, com a emissão de CO<sub>2</sub> e outros GEE.

### 1.1.3 Nucleares

Outro insumo para a obtenção de energia elétrica é através de usinas nucleares, que utilizam como combustível base o elemento urânio. É um modelo que é também considerado como geração termelétrica.

A maior aplicação do átomo de urânio é em usinas térmicas para geração de energia elétrica – as chamadas usinas termonucleares.<sup>27</sup>

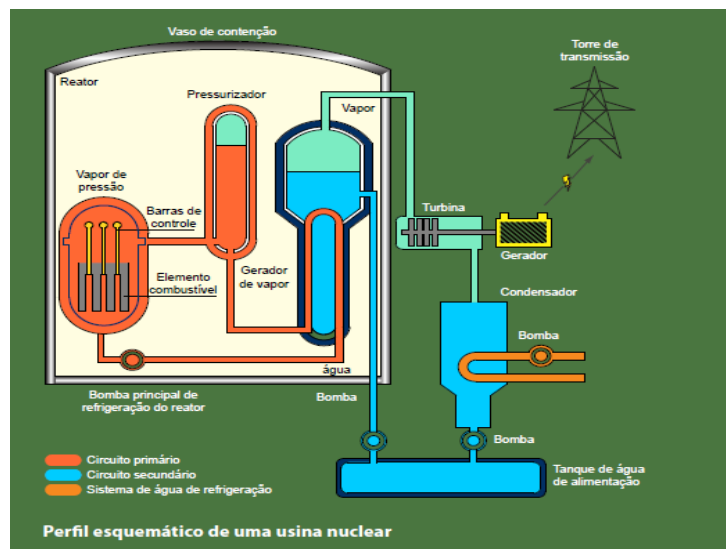
<sup>26</sup> EPE. **Balanço Energético Nacional 2015 – Relatório Síntese–Ano Base 2014**. Disponível em: < [https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2015\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf)>. Acessado em 18 Set. 2015.

<sup>27</sup> KELMAN, Jerson; SANTANA, Edvaldo Alves; SARAIVA, Joísa C. Dutra. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008, p.118.

A energia elétrica obtida através de uma usina termonuclear ocorre através da utilização da energia térmica resultante de sucessivas segmentações das partículas de urânio. Nesse caso, o processo de transformação de energia assemelha-se aos demais processos que utilizam energia térmica para obter a rotação nas turbinas dos grupos geradores.

O núcleo do átomo é submetido a um processo de fissão (divisão) para gerar energia. Se a energia é liberada lentamente, manifesta-se sob forma de calor. Se é liberada rapidamente, manifesta-se como luz. Nas usinas termonucleares ela é liberada lentamente e aquece a água existente no interior dos reatores a fim de produzir o vapor que movimenta as turbinas.<sup>28</sup>

**Figura 7 - PERFIL ESQUEMATICO DE UMA USINA NUCLEAR**



Fonte: Aneel, 2013.<sup>29</sup>

As usinas termonucleares ainda são alternativas que provocam uma infinidade de questionamentos por vários segmentos. Há certamente aqui, do ponto de vista ambiental duas perspectivas distintas sobre riscos envolvidos nos empreendimentos desse tipo de fonte, além da certeza de sua identidade como insumo primário não renovável. Seu processo é idêntico ao de uma termelétrica, apenas não há emissão de gases uma vez que não há queima.

<sup>28</sup> Idem

<sup>29</sup> Idem

Um caso muito particular de fonte energética não renovável e limpa são as usinas termonucleares. São uma fonte não renovável porque os minerais radioativos são encontrados em quantidade limitada na natureza. São uma fonte limpa porque, apesar do risco constante de contaminações radioativas, as usinas termonucleares não emitem carbono para a atmosfera.<sup>30</sup>

O maior desafio para a geração de energia nuclear hoje em dia decorre, principalmente, da necessidade de um controle e segurança no que tange aos resíduos tóxicos que são produzidos, pois se torna grande o risco de contaminação com resíduos de alta radioatividade, como ocorreu no Japão, em Fukushima (2011), depois que um terremoto atingiu o país.

#### 1.1.4 Eólica

Com o abastecimento dos reservatórios de água das hidrelétricas comprometido pela falta de chuvas e o uso das termelétricas aumentado há uma consequente elevação na emissão de gases CO<sub>2</sub>, que provoca ainda mais desequilíbrio ao meio ambiente, obrigando que se busque como alternativa para o atendimento complementar das demandas de energia de energia elétrica fontes limpas e renováveis.

As fontes renováveis de energia podem ter um papel importante na realização da meta de substituição de grande parte dos combustíveis fósseis. Nos países em desenvolvimento, conversores eólicos, caracterizados pelo baixo impacto no meio ambiente, podem exercer um grande papel na construção de sistemas energéticos com baixas emissões de carbono.<sup>31</sup>

A geração de energia eólica se dá através da transformação da energia mecânica obtida com o movimento das pás impulsionadas pelo contato do vento, através dos aerogeradores. Seu potencial de geração depende tanto das características do ar, das pás e velocidade do vento no local.

---

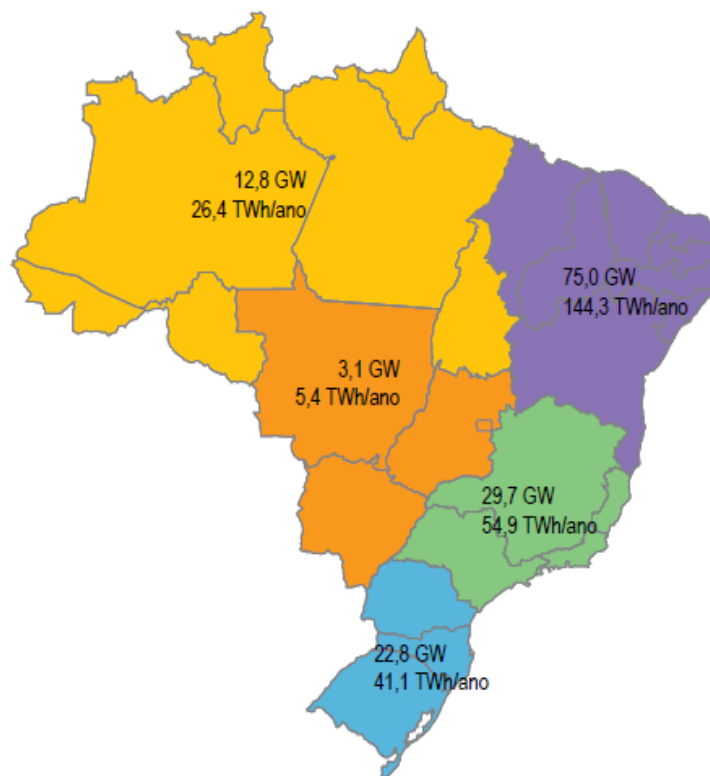
<sup>30</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.17.

<sup>31</sup> BORGES, Manuel Rangel Neto; CARVALHO, Paulo Cesar Marques. **Geração de Energia Elétrica – Fundamentos**. São Paulo: Érica, 2014, p.99.

A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento, elementos integrantes da usina. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o rotor do aerogerador, que produz a eletricidade. A quantidade de energia mecânica transferida – e, portanto, o potencial de energia elétrica a ser produzida – está diretamente relacionada à densidade do ar, à área coberta pela rotação das pás e à velocidade do vento.<sup>32</sup>

A incidência de ventos varia basicamente com as características geográficas de cada região, influenciadas pela sua localização no planeta é percebida de forma mais expressiva nas costas continentais mais próximas à linha do equador. Conforme dados do EPE, são demonstrados o potencial de geração eólica por região do Brasil, em destaque a região Nordeste brasileira.

**FIGURA 8 - POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO**



Potencial eólico brasileiro.

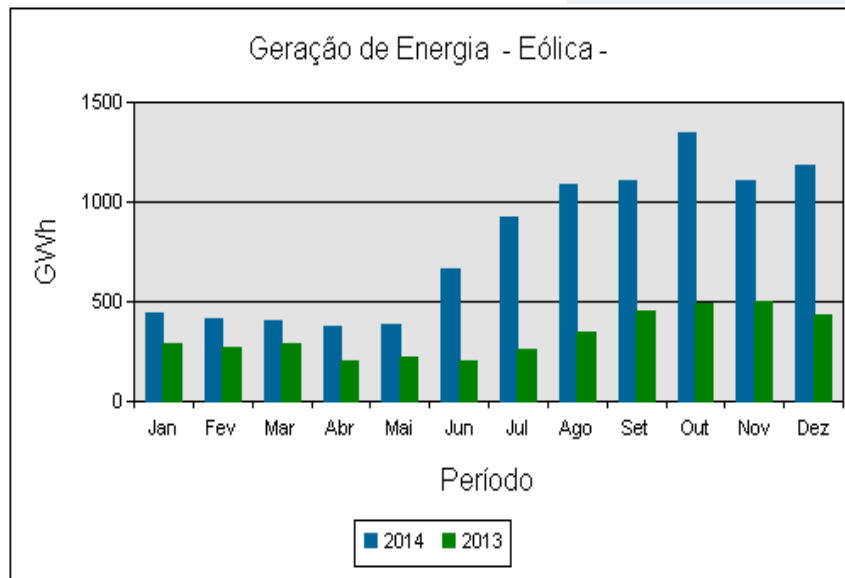
Fonte: EPE, 2007.<sup>33</sup>

<sup>32</sup> KELMAN, Jerson; SANTANA, Edvaldo Alves; SARAIVA, Joísa C. Dutra. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008, p.81.

<sup>33</sup> Idem

Essa tem se tornando uma das fontes alternativas que possui as maiores evoluções na matriz de energia elétrica do Brasil.

**FIGURA 9 - GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA – 2014 versus 2013**



Fonte: ONS, 2015.<sup>34</sup>

De acordo com dados do ONS, percebe-se uma evolução exponencial no comparativo entre os anos de 2013 e 2014 da capacidade de geração eólica, para valores referentes à geração representada a que é injetada ao SIN.

## 1.2 LEGISLAÇÃO PARA INCENTIVO À IMPLANTAÇÃO DO PARQUE GERADOR

A geração de energia fotovoltaica é estruturada na matriz energética de vários países. No Brasil, seu uso era extremamente tímido, muitas vezes limitado a regiões onde as condições para a viabilização de estrutura de um sistema convencional de energia eram muito difíceis, se optava pelo emprego de sistema de geração fotovoltaica em sua maioria numa configuração conjunta com banco de baterias. Além disso, diferente do que era praticado nos países onde já estava estabelecida a fonte solar como insumo primário, não havia mecanismos legais e regimentares para estabelecer as regras e definir os critérios que pudessem fomentar o

<sup>34</sup> OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Geração de Energia - Eólica**. Disponível em: <[http://www.ons.org.br/historico/geracao\\_energia\\_out.aspx?area=>](http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia_out.aspx?area=>)>. Acessado em: 21 de Set. 2015.

desenvolvimento e interesse da sociedade em investir e conseqüentemente dar crescimento a um processo inicial. Era necessário romper essa lacuna regulamentar para que houvesse segmento nessa necessidade.

O ponto de partida para o Brasil iniciar-se na busca pela disseminação de desenvolvimento de sistemas de geração fotovoltaico em sua matriz de energia elétrica, veio com a publicação da resolução, pelo órgão regulador do setor elétrico, de número 482, em abril de 2012, a qual foi atualizada pela resolução 517/2012. Esse documento é considerado um ponto fundamental para o início do processo de desenvolvimento em escala expressiva da geração fotovoltaica na matriz energética do país, possibilitando que usuários comuns possam conectar usinas aos sistemas das concessionárias e ainda receberem retorno em crédito sobre a energia excedente.

É provável que o maior avanço para a geração distribuída tenha ocorrido em função da regulação dos mini e microgeradores ao ser publicada a Resolução 482/2012, que viria a ser atualizada pela Resolução 517/2012, pela ANEEL. A regulação permite, basicamente, que os consumidores instalem pequenos geradores em suas unidades consumidoras e injetem a energia excedente na rede em troca de créditos, que poderão ser utilizados em um prazo de 36 meses.<sup>35</sup>

Com a possibilidade de a microgeração ser conectada à rede da concessionária tem-se a condição de haver a compensação de energia elétrica através da rede. Uma vez conectado ao sistema da concessionária e não estiver utilizando energia durante o período em que estiver gerando, essa energia é injetada na rede da concessionária e registrada através de um medidor bidirecional, do mesmo modo quando a geração da usina não atender a demanda do usuário, a rede fornece energia para unidade consumidora e o registro da energia consumida ocorre normalmente. Após o fechamento do período de faturamento, verifica-se a necessidade de o cliente pagar algum excedente que eventualmente tenha sido consumido a mais da rede da concessionária, ou o que muito se percebe, acumula-se o excedente injetado como bônus para uso do cliente em uma outra unidade à sua escolha.

---

<sup>35</sup> TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Nota Técnica DEA 19/14– Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: EPE, 2014, p.07.

Outra iniciativa de primordial importância para a implantação e crescimento da microgeração fotovoltaica está relacionada às questões tributárias e de impostos aos quais estão submetidos os sistemas e seus componentes, permitindo subsídios fiscais para fomentar novos empreendimentos no setor.

Desde 1997 o CONFAZ estabelece através do Convênio ICMS 101/97, que não seja recolhido ICMS de módulos e células fotovoltaicas em nenhum estado da Federação.<sup>36</sup>

Entretanto, essa medida do CONFAZ não contempla o restante dos equipamentos necessários e indispensáveis nos sistemas de geração fotovoltaicos, como por exemplo, os inversores, em sua maioria, de origem importada.

Na busca pela agilidade, existe em tramitação no congresso nacional algumas medidas que buscam isenção tributária relacionada à importação, conforme relata o EPE.

No aspecto tributário, participa também a União, haja vista que impostos federais (Imposto de Importação, PIS e COFINS) ainda representam valores consideráveis no valor final dos sistemas fotovoltaicos. Neste sentido, tramita o PLS nº 317/2013 que propõe a isenção do IPI sobre dispositivos fotossensíveis semicondutores, incluídas as células fotovoltaicas, mesmo montadas em módulos ou em painéis, entre outros componentes.<sup>37</sup>

Alguns estados por meio de iniciativas próprias, tem desenvolvido políticas para implantação das microgeradoras, em destaque para o estado de Minas Gerais que através da aprovação da lei 20.829 de agosto de 2013 que determina o desenvolvimento de programas e medidas para estimular o uso da energia solar e também atrair investimentos para implantação de usinas solares. Essa política busca ampliar o desenvolvimento tecnológico e impulsionar a qualificação da mão de obra envolvida nos processos de manutenção, instalação e elaboração de projetos.

A resolução 482/2012 da ANEEL é que proporcionou um marco no processo de implantação da geração fotovoltaica, no entanto suas revisões, já produzem retrocessos na perspectiva de vencer as barreiras no que se refere o modelo de compensação proposto.

---

<sup>36</sup> TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Nota Técnica DEA 19/14– Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: EPE, 2014, p.07.

<sup>37</sup> Idem

Limitando a capacidade à carga da unidade local e a retirada da possibilidade de compensação em unidades de titularidades diferentes que tenham acordo ou comunhão de interesses tendem a restringir muito os nichos de viabilidade de inserção de mini e micro GD.<sup>38</sup>

Esses tipos de medidas só contribuem para o retrocesso da disseminação do sistema, são necessárias medidas que venham acrescentar a atratividade existente para que cada cidadão que deseja possuir uma microgeração residencial consiga os meios para viabilizar a implantação do sistema.

---

<sup>38</sup> Idem



## 2 MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO

### 2.1 CONCEITO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída é caracterizada por inúmeros grupos geradores espalhados em relação aos centros de carga. A principal vantagem dessa configuração está relacionada a eficiência energética, uma vez que ela dispensa investimentos em grandes linhas de transmissões e linhas de distribuições muito extensas reduzindo assim as perdas elétricas do sistema que ocorrem quando os circuitos são muito longos, além de reduzir a malha do sistema exposta às intempéries que podem causar faltas.

O transporte a longas distâncias por intermédio do SIN é evitado na geração distribuída, então, a princípio, a qualidade do fornecimento de energia elétrica é superior ao da geração convencional. A geração próxima às cargas torna o sistema mais estável e confiável. A GD é capaz de aliviar a sobrecarga e o congestionamento do sistema de transmissão e de manter a tensão em níveis adequados, especialmente quando posicionada ao longo de redes de grande extensão, proporcionando maior confiabilidade ao sistema ao reduzir as quedas de tensão e os blecautes.<sup>39</sup>

Para entendimento das perdas no sistema elétrico de potência, faz-se necessário a compreensão do sistema elétrico como um circuito único, desde a geração de energia até o consumidor final. O sistema elétrico de potência é constituído basicamente da interligação dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Os clientes, ou consumidor final, seja ele residencial, comercial, industrial ou rural, utiliza a energia elétrica que circula por esse sistema elétrico de potência.

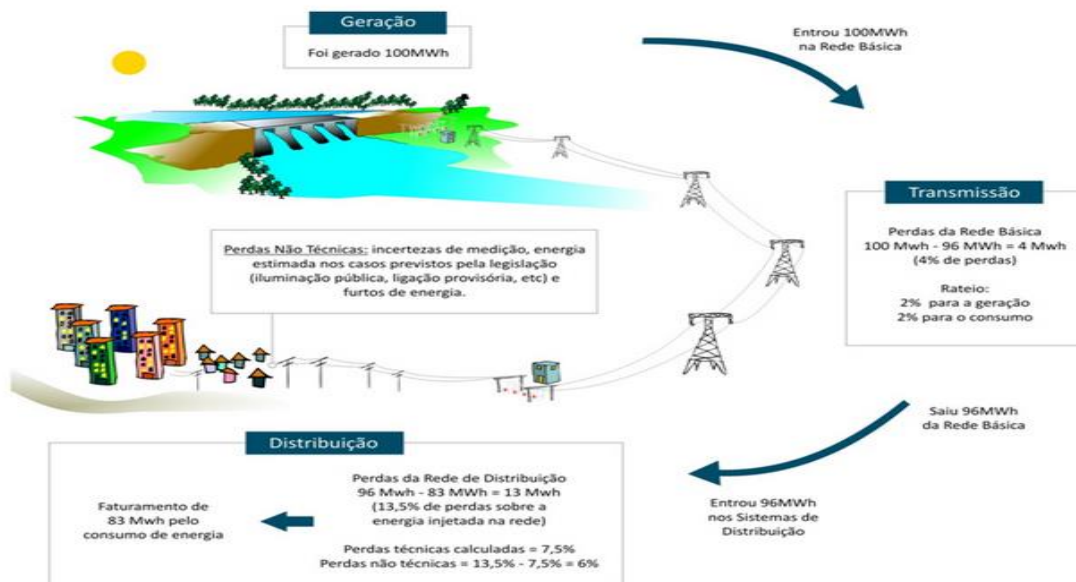
O sistema elétrico de potência é dividido em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. As distribuidoras recebem a energia dos agentes supridores (transmissoras, geradores ou outras distribuidoras),

---

<sup>39</sup> CRUZ, José Luiz Cardoso. **Sistema de geração – Geração Distribuída**. Disponível em: <<http://www.osetoelettrico.com.br/web/publicidade/tabela-de-valores/1121-geracao-distribuida.html>>. Acessado em: 01 de Out. de 2015.

entregando-a aos consumidores finais, sejam eles residenciais, comerciais, rurais, industriais ou pertencentes às demais classes.<sup>40</sup>

FIGURA 10 - EXEMPLO SIMPLIFICADO DO CÁLCULO DAS PERDAS DE ENERGIA ELÉTRICA



Fonte: ANEEL, 2015.<sup>41</sup>

O custo com as perdas na rede básica traz prejuízos e portanto é preciso buscar mecanismos que diminuam esses valores que são custeados por todos os processos envolvidos.

Perdas na Rede Básica (ou Transmissão): são aquelas que ocorrem entre a geração de energia elétrica nas usinas até o limite dos sistemas de distribuição. São apuradas mensalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, conforme dados de medição de geração e a energia entregue às redes de distribuição. A diferença entre elas resulta no valor de Perdas na Rede Básica e seu custo é rateado em 50% para geração e 50% para o consumo.<sup>42</sup>

São também definidas pela ANEEL as perdas relacionadas à rede de distribuição, as quais ocorrem dentro do próprio sistema de distribuição e podem ser divididas entre duas categorias.

<sup>40</sup> AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de Energia**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801>>. Acessado em: 01 de Out. de 2015.

<sup>41</sup> Idem

<sup>42</sup> Idem

Perdas Técnicas: inerentes ao transporte da energia elétrica na rede, relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores (efeito joule), perdas nos núcleos dos transformadores, perdas dielétricas, etc. Podem ser entendidas como o consumo dos equipamentos responsáveis pela distribuição de energia.

Perdas Não Técnicas: correspondem à diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, considerando, portanto, todas as demais perdas associadas à distribuição de energia elétrica, tais como furtos de energia, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, etc. Esse tipo de perda está diretamente associado à gestão comercial da distribuidora.<sup>43</sup>

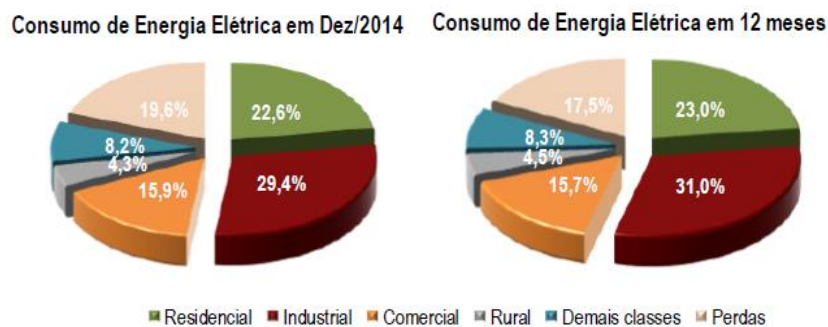
**FIGURA 11 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: ESTRATIFICAÇÃO POR CLASSE**

	Valor Mensal			Acumulado 12 meses		
	Dez/14 GWh	Evolução mensal (Dez/14/Nov/14)	Evolução anual (Dez/14/Dez/13)	Jan/13-Dez/13 (GWh)	Jan/14-Dez/14 (GWh)	Evolução
Residencial	11.136	-2,1%	4,0%	124.896	132.049	5,7%
Industrial	14.483	-4,1%	-5,5%	184.684	178.055	-3,6%
Comercial	7.859	-1,2%	3,8%	83.704	89.819	7,3%
Rural	2.143	-5,0%	8,5%	23.455	25.825	10,1%
Demais classes *	4.051	-1,8%	1,8%	46.383	47.647	2,7%
Perdas	9.652	27,8%	9,7%	96.374	100.504	4,3%
<b>Total</b>	<b>49.325</b>	<b>2,0%</b>	<b>2,0%</b>	<b>559.496</b>	<b>573.899</b>	<b>2,6%</b>

\* Em Demais Classes estão consideradas Poder Público, Iluminação Pública, Serviço Público e Consumo próprio das distribuidoras. Dados contabilizados até dezembro de 2014.

Fonte: EPE, 2014.<sup>44</sup>

**Figura 12 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MÊS E ACUMULADO EM 12 MESES**



Fonte: EPE, 2014.<sup>45</sup>

<sup>43</sup> Idem

<sup>44</sup> BRAGA, Carlos Eduardo de Souza. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Janeiro/2015**. Brasília: MME, 2015, p.11.

<sup>45</sup> Idem.

Com aumento da geração distribuída torna-se possível a diminuição na necessidade de investimentos em grandes projetos relacionados à estruturação de grandes linhas de transmissões e distribuições. Por possuir uma gama de classes de consumidores bem diversificada, mas proveniente em centros urbanos, é possível desenvolver configurações capazes de contribuir com o alívio que grandes centros de consumo possam demandar ao sistema elétrico de potência, evitando perdas causadas no transporte da energia de regiões distantes até esses centros.

## 2.2 CONFIGURAÇÃO BÁSICA DE UM SFCR

Segundo Villalva (2012), a geração fotovoltaica mais comum no país teve seu ponto de partida em sistemas isolados de geração, nos quais eram implementados em unidades consumidoras em que as condições para o emprego de um fornecimento de energia através das redes de distribuição normais das concessionárias.

O SFCR se caracteriza exatamente por permitir uma interligação entre o ponto de geração com o sistema de distribuição da concessionária local, pois ele tem a característica de operação em paralelo com a rede de distribuição, logo ele estará em funcionamento em locais onde as unidades consumidoras já se obtêm da utilização de energia elétrica. Uma vez que o SFCR tem a característica e objetivo em gerar energia elétrica para suprir a demanda das unidades consumidoras e até injetar na rede o excedente de energia elétrica, assim alivia-se a demanda da rede das concessionárias.

De acordo com Zilles (2012), o SFCR possui uma vantagem sobre o sistema isolado, no que se refere ao armazenamento de energia elétrica. Em sistemas isolados é necessário lidar com banco de baterias para que a energia eventualmente não utilizada durante o período em que estiver sendo gerada seja armazenada. Por sua vez, as configurações adotadas pelos SFCR dispensam o uso de bateria ou outros dispositivos para acumular essa energia pois através da conexão com a rede da concessionária cria-se uma espécie de armazenador infinito de energia e essa, portanto, se não usada em algum momento não será desperdiçada.

O fato de um SFCR ser conectado diretamente à rede elétrica dispensa a necessidade do uso de armazenamento de energia. Os sistemas fotovoltaicos que possuem armazenadores de energia, dependendo do dimensionamento realizado, podem desperdiçar capacidade de geração nos momentos em que os acumuladores estiverem completamente cheios e não houver carga, porque o controlador de carga desconecta os geradores nesses momentos. Isso não ocorre nos sistemas conectados à rede, pois esta pode ser encarada como um acumulador infinito de energia.<sup>46</sup>

Os SFCR podem se constituir de vários tipos de potência que se dividem em categorias, para atendimento a quaisquer necessidades de unidade consumidora que possa ocorrer, de acordo com Villalva (2012).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser centralizados, constituindo usinas de geração de energia elétrica, ou micro e minissistemas descentralizados de geração distribuída instalados em qualquer tipo de consumidor.<sup>47</sup>

A resolução 482/2012 da ANEEL define a classificação dos SFCR de acordo com a potência instalada em três tipos:

- ✓ **Microgeração:** potência instalada até 100 KW;
- ✓ **Minigeração:** potência instalada entre 100 KW e 1 MW;
- ✓ **Usinas de eletricidade:** potência acima de 1 MW.

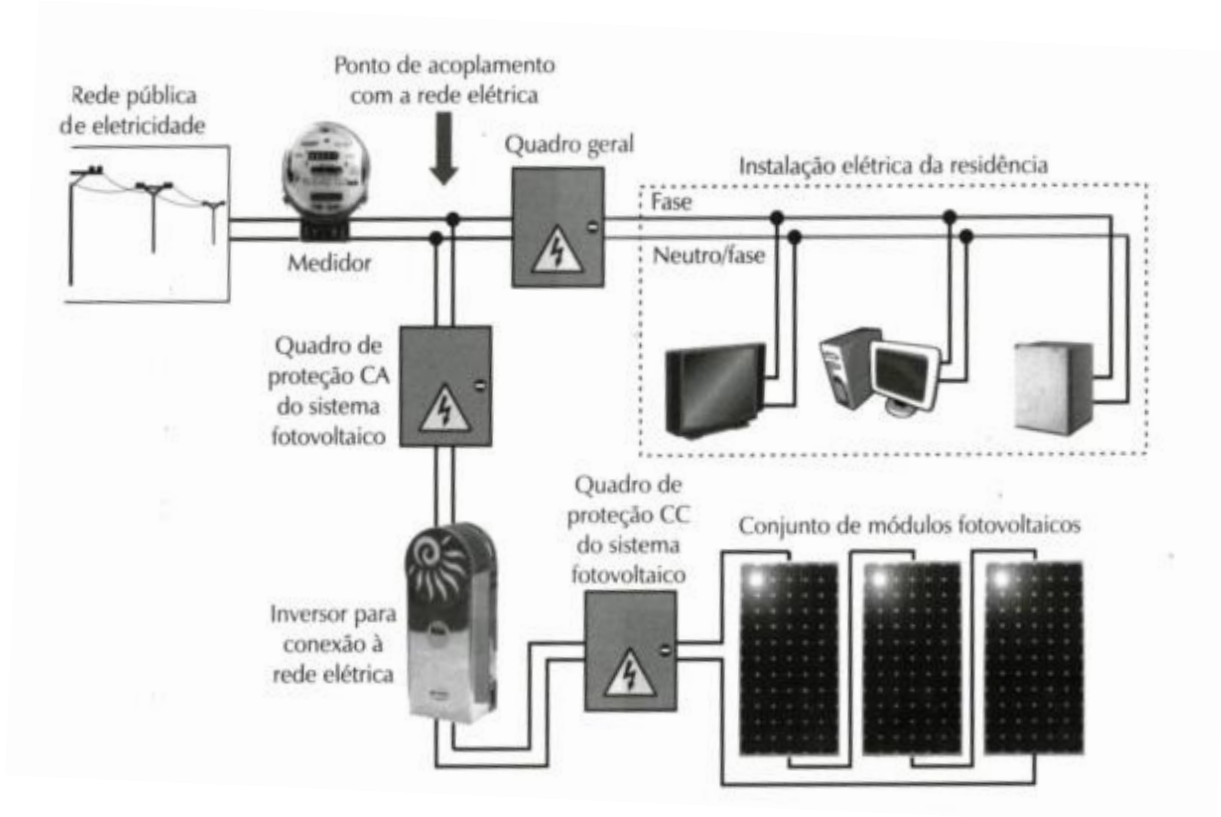
Mediante o propósito e enfoque da pesquisa, será realizada uma abordagem especificamente em relação à configuração básica de um SFCR de microgeração.

A configuração básica de um SFCR, conforme ilustrada pela fig. 13 é constituída pelo conjunto de módulos fotovoltaicos (placas solares), inversor de frequência, medidor bidirecional, quadros de proteções e a rede de distribuição da concessionária. Os módulos fotovoltaicos geram energia elétrica em corrente contínua, como o sistema estará interligado diretamente à rede de distribuição que opera em corrente alternada faz-se necessário uma adequação aos parâmetros elétricos da rede, e para que essa adequação seja realizada é necessário um ajuste dessa frequência através do inversor.

<sup>46</sup> ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012, p.39.

<sup>47</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.149.

**FIGURA 13 - ORGANIZAÇÃO E COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL CONECTADO À REDE ELÉTRICA.**



Fonte: Vilalva, 2012.<sup>48</sup>

Ainda se observa através da figura anterior que, além dos componentes principais, módulos fotovoltaicos e inversor, o sistema se constitui pelo medidor bidirecional que terá a função de registrar as medições tanto da energia consumida pela unidade consumidora, através da rede da concessionária como também a energia elétrica injetada pela microgeradora à rede de distribuição da concessionária. Os quadros de proteções como o próprio nome descrevem, se encarregam de proteger diversas partes do sistema. O quadro de proteção C.C. realiza a proteção entre a conexão dos módulos fotovoltaicos e o inversor, o quadro de proteção C.A. realiza a proteção entre o trecho do inversor e a rede elétrica e o quadro proteção geral tem a proteção entre todo SFCR e as instalações elétricas da unidade consumidora.

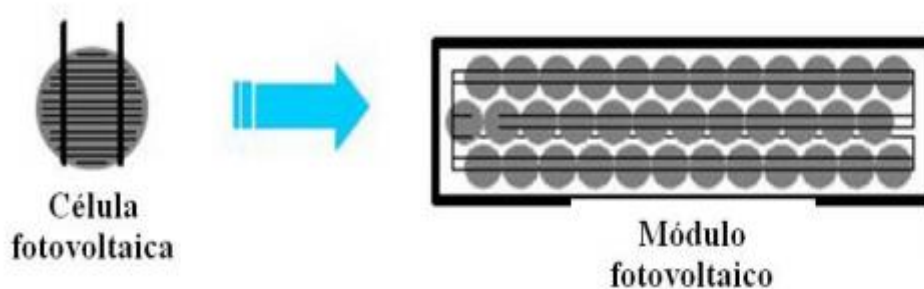
<sup>48</sup> Idem, p.153.

## 2.2.1 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos carregam a essência desse tipo de geração. São constituídos pelo agrupamento das células fotovoltaicas, materiais capazes de, através submetidos à radiação solar, produzir eletricidade, normalmente utiliza-se o elemento químico silício de forma mais comum.

O princípio físico de funcionamento dos módulos fotovoltaicos é denominado efeito fotovoltaico (foto= luz; volt= eletricidade), que é o fenômeno apresentado por determinados materiais que, expostos à luz, produzem eletricidade. Os módulos são compostos por células fotovoltaicas, e a conversão da radiação solar em energia elétrica é obtida utilizando-se material semicondutor como elemento transformador, conhecido como célula solar ou célula fotovoltaica.<sup>49</sup>

**Figura 14 - CÉLULA FOTOVOLTAICA E MÓDULO FOTOVOLTAICO**



Fonte: Florida Solar Energy Center, 1999.<sup>50</sup>

De acordo com o dimensionamento levantado pelo projeto, quanto maior a demanda de carga prevista para a instalação, obviamente far-se-á necessário um conjunto maior de módulos fotovoltaicos para atender esse valor. A esse conjunto de módulos interligados entre si, obtém-se o gerador fotovoltaico da microgeração. Para instalação do gerador é necessário que seja realizada uma avaliação da área que os módulos exigem para sua instalação, considerando também toda a estrutura necessária para a fixação dos mesmos.

<sup>49</sup> JANNUZZI, Gilberto de Martino; VARELLA, Fabiana K. de O. M.; GOMES, Rodolfo D. Maia. **Relatório Final - Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**. Campinas: Pro Cobre Conncts Life, 2009, p.6.

<sup>50</sup> Idem.

### 2.2.2 Inversor CC-CA

Se os módulos carregam a essência do sistema de geração fotovoltaico, por sua vez o inversor é o elemento que pode ser considerado o cérebro de todo o sistema da microgeração fotovoltaico. Ele é o dispositivo responsável por realizar a conversão da corrente contínua para corrente alternada ajustando esses valores aos parâmetros da rede da concessionária. Esses parâmetros são detectados pelo inversor que mantém o sistema de geração constantemente sincronizado com a rede, automaticamente. Além desse sincronismo, uma das funções mais importantes do inversor no SFCR está relacionada à segurança. Exatamente pelo fato de detectar de forma instantânea os parâmetros para manter a geração em sincronismo com a rede da concessionária, em caso de falta percebida na rede da concessionária, o inversor desconecta a geração, abrindo o circuito e impedindo uma energização acidental que pode causar danos e prejuízos a rede e pessoal envolvido nos trabalhos.

Na ausência ou falha no fornecimento de eletricidade da concessionária de energia o inversor para a conexão à rede desliga-se por duas razões: não foi projetado para operar sem rede elétrica e não deve em nenhuma hipótese continuar conectado à instalação elétrica, para a segurança de equipamentos que estão ligados à mesma rede ou de pessoas que manuseiam no momento a instalação elétrica para manutenção.<sup>51</sup>

**FIGURA 15 - INVERSORES PARA A CONEXÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS À REDE ELÉTRICA. CORTESIA: SANTERNO.**



Fonte: Vilalva, 2012.<sup>52</sup>

<sup>51</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.159.

<sup>52</sup>Idem, p.160.



O inversor é, seguramente, o componente que desempenha um papel fundamental no processo e se encarrega de desempenhar inúmeras funções e diversos monitoramentos nos parâmetros do circuito de geração e na interface com a rede da concessionária, o que tornam esse tipo de configuração mais eficiente e seguro.

- Rastreamento do Ponto de Máximo de Potência (MPPT – Maximum Power Point Tracking) – Através do controle da corrente e tensão, esse sistema é capaz de fazer ajustes para manter os módulos FV operando perto do seu ponto de maior potência, que varia de acordo com a radiação solar incidente.
- Converter a corrente CC gerada pelo painel fotovoltaico em CA: Como a corrente gerada através do efeito fotovoltaico apresenta-se na forma contínua, o inversor deve criar uma forma de onda alternada. O nível de semelhança com a forma de onda senoidal deve ser alto (pouca distorção).
- Desconexão e isolamento: O inversor deve desconectar o arranjo fotovoltaico da rede caso os níveis de corrente, tensão e frequência não estejam dentro da faixa aceitável dos padrões da rede elétrica ou também do lado CC. O inversor deve ainda isolar o gerador FV da rede quando a mesma não estiver energizada, seja por falhas ou operações de manutenção, evitando possíveis acidentes com operadores.
- Relatório de Status – Os inversores podem apresentar um painel de informação (display) com parâmetros de entrada e armazenamento das informações em data-logger ou envio para um computador (aplicação remota por link de dados ou transmissão por satélite). Podem ser registrados, por exemplo, grandezas elétricas como a tensão CC e CA, corrente CC e CA, potência CA, energia CA diária, energia CA acumulada entregue à rede, frequência, e os parâmetros meteorológicos e térmicos, como irradiância no plano dos geradores e a temperatura de operação dos módulos.<sup>53</sup>

É importante destacar que em sistemas isolados de geração fotovoltaica, o funcionamento do inversor comporta-se de modo diferente ao que ocorre no SFCR. No sistema isolado ele se caracteriza como uma “fonte de tensão, logo fornece tensões elétricas alternadas nos seus terminais”<sup>54</sup>. Por sua vez, em SFCR, a atuação do inversor se manifesta como uma “fonte de corrente, não tendo a possibilidade de fornecimento de tensão elétrica à unidade consumidora”<sup>55</sup>. Seu

---

<sup>53</sup> PEREIRA, Osvaldo L. S.; GONCALVES, Felipe F.. Dimensionamento de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica: estudo de caso do sistema de tubarão – sc. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 14, No. 1, 1o Sem. 2008, pp. 25-45

<sup>54</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.158.

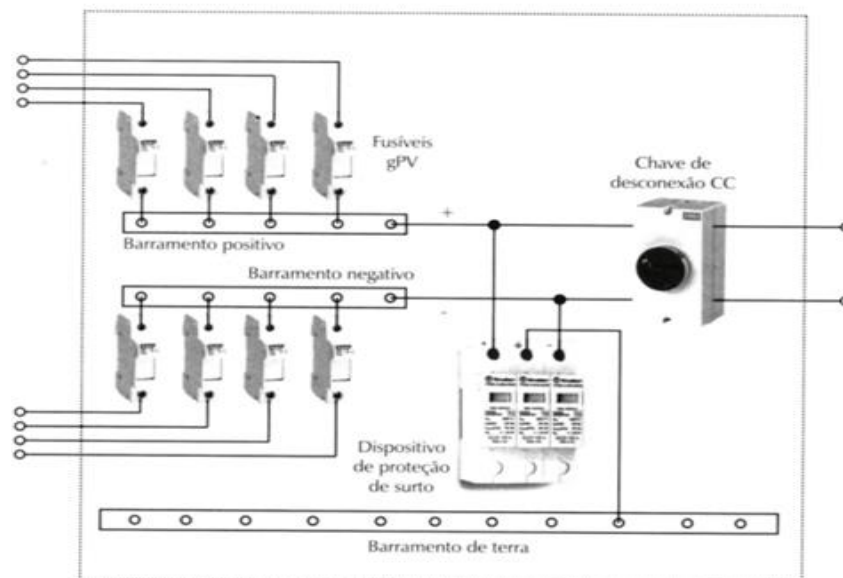
<sup>55</sup> Idem, p.159.

funcionamento em SFCR depende diretamente da alimentação de sua entrada pela rede de distribuição de energia da concessionária.

### 2.2.3 Proteção de C.C.

No sistema de geração fotovoltaico sabe-se que os módulos produzem energia em corrente contínua e essa é conduzida através de um circuito pelo conjunto de placas até o inversor para o ajuste da frequência e posterior sincronismo e conexão na rede. A esse trecho do circuito, que compreende os elementos e componentes dispostos entre o gerador fotovoltaico (módulos) e o inversor é aplicada a proteção de corrente contínua. Essa proteção é específica para os componentes que constituem o circuito referido, podendo ser munida de fusíveis, chave de desconexão, barramentos de terra e dispositivo de proteção de surto (DPS).

FIGURA 16 - QUADRO DE PROTEÇÃO DE C.C.



Fonte: Villalva, 2012.<sup>56</sup>

<sup>56</sup> Idem, p.198.

A configuração do quadro de proteção C.C., deve prever a chave de desconexão para que as intervenções para manutenções preventivas ou corretivas nos elementos do sistema como módulos e inversores, sejam realizadas de forma segura pelos usuários e operadores.

A chave de desconexão é necessária na manutenção dos sistemas fotovoltaicos, permitindo a desconexão dos módulos para garantir a segurança durante manutenções nas instalações e nos inversores.<sup>57</sup>

O DPS destina-se a proteger os cabos e equipamentos contra as sobre tensões ocasionadas pelas descargas atmosféricas. O barramento de proteção do quadro será conectado à terra, utilizando-se um cabo de proteção entre o barramento para realizar a conexão das estruturas metálicas e carcaças dos módulos fotovoltaicos.

O ponto inicial da proteção contra surtos do SFV é a equipotencialização de todas as partes condutoras do sistema. Este objetivo é atingido com a conexão direta de todos os sistemas metálicos normalmente não energizados e com a conexão feita por meio de dispositivos de proteção contra surtos (DPS) dos condutores normalmente energizados.

O inversor de corrente é a parte mais vulnerável do sistema, podendo ser danificado pelo acoplamento de correntes de surto causadas pelas descargas atmosféricas. Esta possibilidade pode ser reduzida pelo uso de medidas de proteção envolvendo o aterramento, equipotencialização, utilização de blindagem e roteamento de cabos. Embora cada medida seja específica, elas constituem um conjunto integrado dentro de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.<sup>58</sup>

#### **2.2.4 Proteção de C.A.**

Completa-se o circuito do SFCR o trecho do sistema em que a energia gerada já passou pelo inversor e segue para a rede da concessionária. Nesse circuito, a energia já circula em corrente alternada e para que se proteja essa parte do sistema monta-se o quadro de proteção C.A., que é similar às proteções utilizadas em

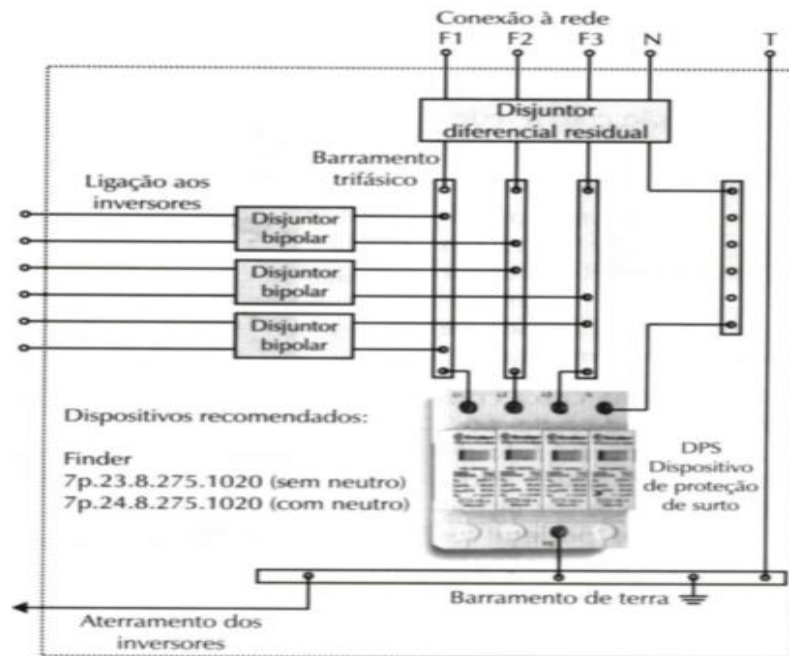
---

<sup>57</sup> Idem, p.197.

<sup>58</sup> OSETORELETRICO. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/publicidade/tabela-de-valores/757-seguranca-e-confiabilidade-em-sistemas-fotovoltaicos.html>>. Acessado em 10 de Set. de 2015.

instalações convencionais de baixa tensão, sendo compostos de disjuntores, DDR, DPS, barramentos de fases, neutro e terra.

**FIGURA 17 - QUADRO DE PROTEÇÃO C.A**



Fonte: Villalva, 2012.<sup>59</sup>

Os disjuntores utilizados devem ser do tipo termomagnético e terão sua capacidade de interrupção dimensionada de acordo com as características de cada projeto, além disso, devem-se respeitar as normas específicas para cada aplicação.

O projeto executivo deverá prever que o(s) disjuntor(es) de baixa tensão AC deverá(ão) ser do tipo disjuntor termomagnético, manopla de comando frontal, frequência de trabalho 60 Hz, dimensionando a capacidade de interrupção de acordo com cada circuito, grau de proteção IP20, conexão de entrada por ambos os lados, com sinalização de posição dos contatos. Devem ser respeitadas as normas IEC 60947-2 e NBR 5410:2004.<sup>60</sup>

Os disjuntores estão realizando as proteções sobre as correntes de curto circuito e sobrecarga entre o inversor e a interligação da rede da concessionária.

<sup>59</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.199.

<sup>60</sup> ELETROBRAS. **Projeto Técnico Fotovoltaico – Smart Grid Parintins**. 2013, p.24. Disponível em: <[http://www.eletrorasrondonia.com/www/down\\_anx/ANEXO\\_I\\_T\\_REFERENCIA\\_PE\\_043\\_2012.pdf](http://www.eletrorasrondonia.com/www/down_anx/ANEXO_I_T_REFERENCIA_PE_043_2012.pdf)>. Acessado em: 25 de Set. 2015.

### 2.2.5 Medidores Bidirecionais

A resolução normativa define o sistema de compensação como sendo um arranjo em que a unidade consumidora dotada de microgeração distribuída realize a injeção de energia ativa excedente na rede da concessionária, cedendo essa energia à distribuidora. Posteriormente esse volume de energia inserido na rede será compensado através de consumo de energia ativa dessa mesma unidade ou de outra unidade cadastrada pelo proprietário. Esse sistema é também conhecido pelo termo em inglês *net metering*. Os registros dos valores consumidos e injetados na rede podem ser realizados por medidores bidirecionais.

O sistema de medição de energia utilizado nas unidades consumidoras que façam a adesão ao sistema de compensação de energia deverá ser bidirecional, ou seja, medir a energia ativa injetada na rede e a energia ativa consumida da rede. Deverá ser instalado um medidor bidirecional com registradores independentes para apuração da energia ativa consumida e da energia ativa injetada.<sup>61</sup>

**FIGURA 18 - MEDIDOR BIDIRECIONAL**



Fonte: Eletrobrás, 2014.<sup>62</sup>

<sup>61</sup> CEMIG. **Manual de Distribuição**: Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão, ND 5.30. Belo Horizonte, 2012, 39p.

<sup>62</sup> ELETROBRAS. **Projeto Técnico Fotovoltaico – Smart Grid Parintins**. 2013, p.79. Disponível em: <[http://www.eletobrasrondonia.com/www/down\\_anx/ANEXO\\_I\\_T\\_REFERENCIA\\_PE\\_043\\_2012.pdf](http://www.eletobrasrondonia.com/www/down_anx/ANEXO_I_T_REFERENCIA_PE_043_2012.pdf)>. Acessado em: 25 de Set. 2015..

É possível realizar as medições, no caso das instalações conectadas em baixa tensão, através de dois medidores unidirecionais, conforme item 7.1.1, Seção 3.7, Módulo 3 do PRODIST. Um medindo a energia consumida e o outro a energia gerada, entretanto a opção pelo medidor bidirecional pode ser feita desde que se obtenha o menor custo global.

## 2.3 GERADOR FOTOVOLTAICO

A energia do Sol é transmitida para o nosso planeta através do espaço na forma de radiação eletromagnética. Essa radiação é constituída de ondas eletromagnéticas que possuem frequência e comprimentos de onda diferentes.<sup>63</sup>

A transformação de energia contida na radiação luminosa em energia elétrica é um fenômeno físico conhecido como efeito fotovoltaico. Observado primeiramente pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839.<sup>64</sup>

Para a obtenção de células fotovoltaicas que sejam condutoras eficientes é necessário que elas sejam submetidas a um processo de dopagem, o qual realiza a adição de impurezas químicas (usualmente boro ou fósforo) para que a estrutura dessas células adquira propriedades de semicondução.

A adição de boro, elemento trivalente, provoca o aparecimento de cargas positivas (ou “lacunas”), enquanto que adição de fosforo, elemento pentavalente, provoca o aparecimento de cargas negativas (elétrons livres).<sup>65</sup>

O semicondutor intrínseco, ou seja, no seu estado puro, é dopado para formação da região tipo p. Adiciona-se material dopante do tipo receptor, o que leva a uma deficiência de elétrons, conhecida como lacuna ou buracos na banda de valência, caracterizando uma região com uma densidade de carga positiva. Posteriormente, para a formação da região tipo n, é adicionado material dopante do tipo doador, que ocasiona o aparecimento de elétrons livres. Entre a região tipo p e tipo n forma-se a junção p-n, que

---

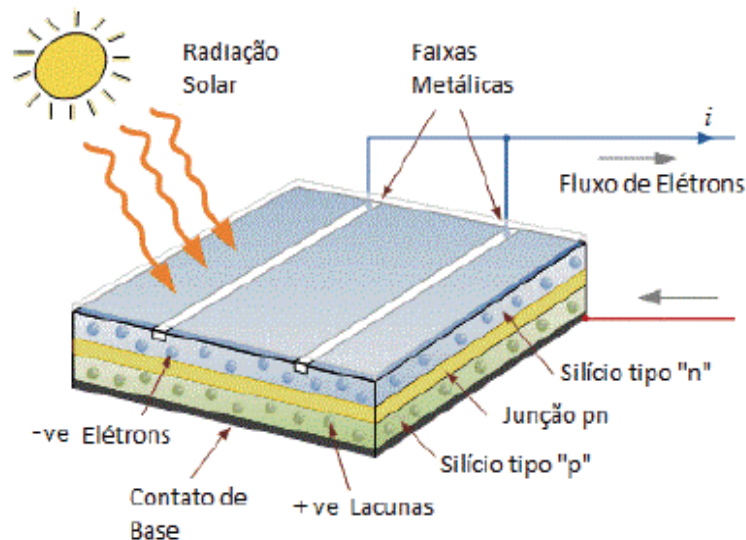
<sup>63</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.39.

<sup>64</sup> ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012, p.13.

<sup>65</sup> Idem.

tem como principal função criar um campo elétrico interno que é responsável pela consolidação da conversão fotovoltaica.<sup>66</sup>

**FIGURA 19 - EXEMPLO DE GERAÇÃO ATRAVÉS DO EFEITO FOTOVOLTAICO.**



Fonte: Eletronics Tutorials, 2008.<sup>67</sup>

As ondas eletromagnéticas ao incidirem sobre determinados materiais, em vez de transmitir calor, podem produzir alterações nas propriedades elétricas ou originar tensões e correntes elétricas.<sup>68</sup>

Conforme demonstrado na fig.19, a radiação solar que incide na superfície do módulo é convertida em energia elétrica através do surgimento de uma diferença de potencial que é criada sobre a célula. Quando se conecta essa célula a dois condutores, cria-se a condição capaz de gerar uma tensão elétrica sobre eles que ao conectados a um circuito ocorrerá fluxo de elétrons, ou seja, corrente elétrica.

O efeito fotovoltaico, que é a base dos sistemas de energia solar fotovoltaica para produção de eletricidade, consiste na transformação da radiação eletromagnética do Sol em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial, ou uma tensão elétrica, sobre uma célula formada por um sanduiche de materiais semicondutores. Se a célula for

<sup>66</sup> Idem, p.15 e 16.

<sup>67</sup> MIRANDA, Artur B. C. Montesano. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014, p.7.

<sup>68</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.39.

conectada a dois eletrodos, haverá tensão elétrica sobre eles. Se houver um caminho elétrico entre os dois eletrodos, surgirá uma corrente elétrica.<sup>69</sup>

Cada material apresenta, especificamente, uma característica física intrínseca ao efeito fotovoltaico. O efeito fotovoltaico é ocasionado em materiais semicondutores e no caso da microgeração o material que traz essa peculiaridade está presente nas células que compõem os painéis, os quais possuem a capacidade de absorver a energia que compõe os fótons presentes na radiação luminosa incidente.

Os semicondutores utilizados nos dispositivos de conversão fotovoltaicos são compostos de elementos capazes de absorver a energia da radiação solar e transferir parte dessa energia para os elétrons, produzindo, assim, pares de portadores de carga (elétrons e lacuna).<sup>70</sup>

A fabricação de células e módulos fotovoltaicos é realizada, basicamente, utilizando o elemento químico silício como matéria prima, insumo que o Brasil dispõe em abundância.

O Brasil possui uma das maiores reservas de silício do mundo. Isto faz com que o país seja um local privilegiado para desenvolver uma indústria local de produção de células fotovoltaicas gerando empregos e retornos em impostos pagos. Para isso, seria preciso investir em pesquisas para desenvolver um conhecimento de purificação do silício até o chamado 'grau solar', que é superior ao do silício empregado na siderurgia.<sup>71</sup>

O gerador fotovoltaico tem como sua base principal a célula fotovoltaica, pois através dela que é realizado o efeito fotovoltaico, onde ocorre a conversão da energia solar em energia elétrica. Para se obter potências relativamente satisfatórias é preciso que sejam realizados arranjos no sentido de agrupar vários módulos que irão compor o microgerador.

---

<sup>69</sup> Idem, p.41.

<sup>70</sup> ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012, p.13.

<sup>71</sup> AMÉRICA DO SOL. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/potencial-brasileiro/>>. Acessado em 25 de Set. de 2015.



Os módulos podem ser organizados em série, paralelo e misto. Para os arranjos em série, denomina-se o conjunto como fileira ou *string*, podendo essas fileiras serem ligadas em outras em paralelo, dando origem à ligação mista.<sup>72</sup>

Tão importante quanto à definição do dimensionamento do gerador fotovoltaico é a determinação do potencial de radiação do sol no local onde se deseja realizar a instalação da microgeração. O conhecimento prévio da taxa de irradiação solar que um determinado local receba, determina seu potencial de geração capaz de produzir.

Uma grandeza empregada para quantificar a radiação solar é a irradiância, geralmente chamada também de irradiação, expressa na unidade de  $W/m^2$  (watt por metro quadrado). Trata-se de uma unidade de potência por área. Como se sabe, a potência é uma grandeza física que expressa a energia transportada durante um certo intervalo de tempo, ou a taxa de variação da energia com o tempo. Quanto maior a potencia da radiação solar, mais energia ela transporta em um determinado intervalo de tempo.<sup>73</sup>

O governo do estado de Minas Gerais num projeto em parceria com a CEMIG, com intuito de mapear o potencial energético solar para identificar os melhores sítios a fim de estimular a atração de investimentos e implantação de empreendimentos solares em Minas Gerais, realizou um estudo com levantamento da radiação e insolação em todo o território do estado que obteve como resultado dessa pesquisa um material que foi intitulado de Atlas Solarimétrico, publicado no ano de 2012, e que apresenta detalhadamente informações relacionadas aos parâmetros necessários a serem considerados durante a elaboração de projetos e propostas de implementações de sistemas de geração fotovoltaicos, sob vários aspectos para toda sua extensão territorial.

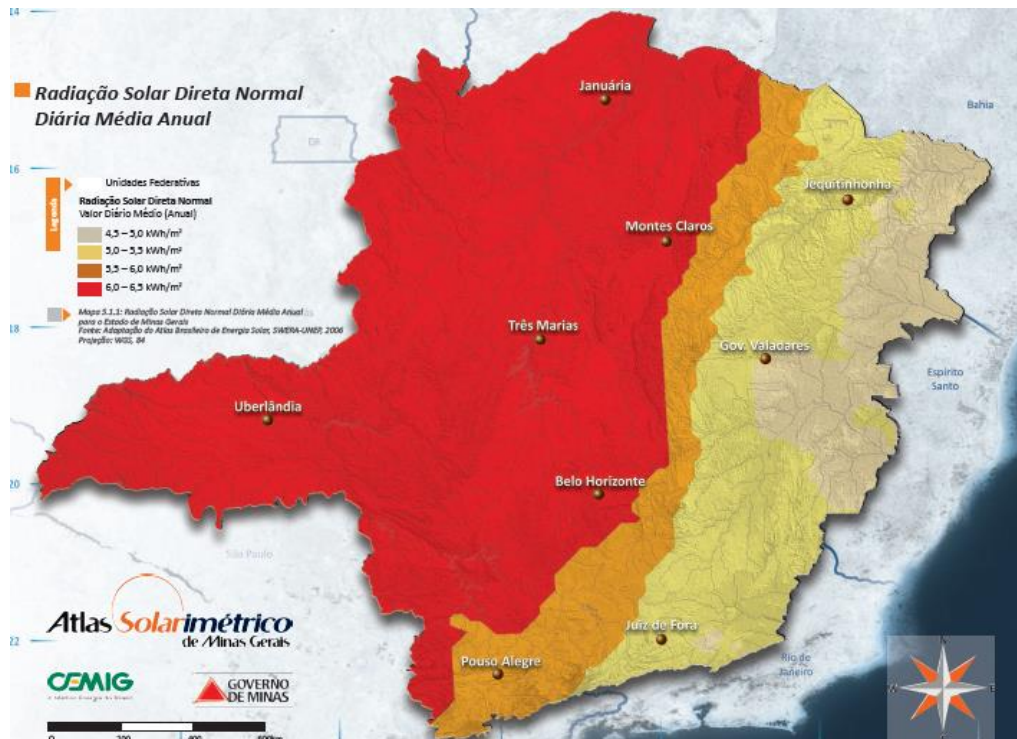
Conforme pode-se verificar nos exemplos demonstrados pelas figuras a seguir, que trazem informações de diferentes perspectivas sobre a matéria, nota-se uma melhoria na eficiência de projetos que considerem esses dados durante os estudos prévios para instalação dos empreendimentos.

---

<sup>72</sup> MIRANDA, Artur B. C. Montesano. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014, p.11.

<sup>73</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.45.

**FIGURA 20 - RADIAÇÃO SOLAR DIRETA NORMAL MÉDIA DIÁRIA ANUAL - MAPA DE MINAS GERAIS**



Fonte: CEMIG, 2012.<sup>74</sup>

O conhecimento do recurso solar é importante para a reprodução ampliada e a difusão intensa do uso da energia solar para fins energéticos. A precisão do seu conhecimento espacial ou temporal permite agregar confiabilidade (menor risco) e qualidade aos sistemas solares, repercutindo nos custos da energia gerada. O recurso solar é necessário para o projeto de sistemas solares em três aspectos principais:

- Estudo de localização de usinas solares (*siting*);
- Predição da produção anual, mensal ou diária da energia gerada e
- Previsão do desempenho temporal e estratégias operacionais.<sup>75</sup>

Para o correto dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos é necessário conhecer os parâmetros de insolação que incidem sobre uma determinada área de superfície, a qual se deseja a implantação do sistema.

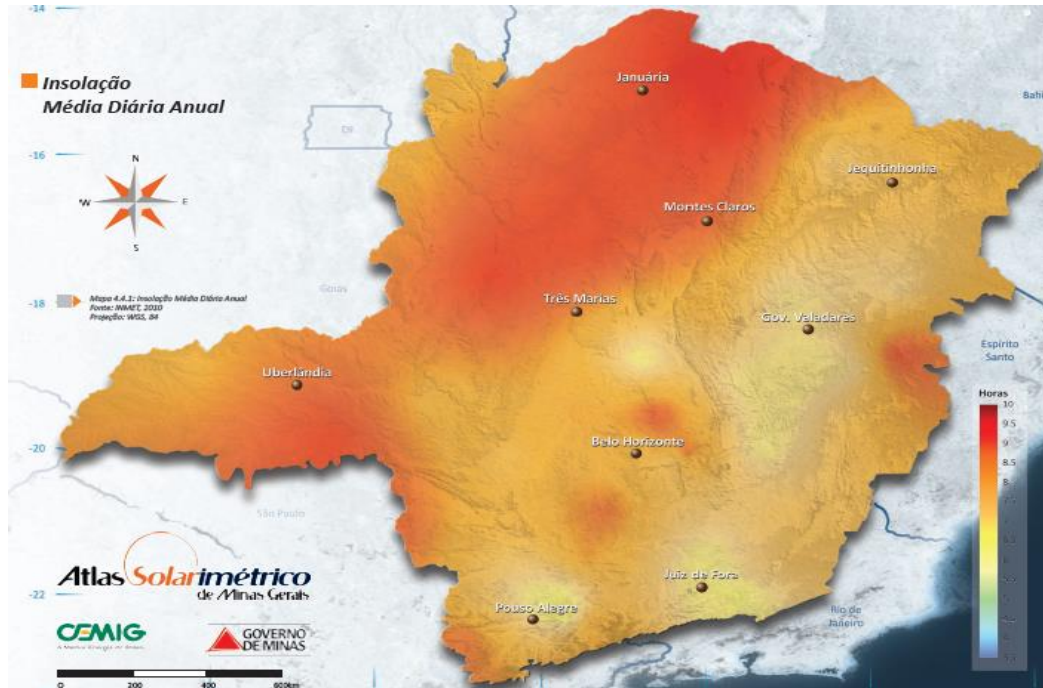
A insolação é a grandeza utilizada para expressa a energia solar que incide sobre uma determinada área de superfície plana ao longo de um determinado intervalo de tempo. Sua unidade é o Wh/m<sup>2</sup> (watt-hora por

<sup>74</sup> MORAIS, Djalma Bastos. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012, p.72.

<sup>75</sup> Idem.

metro quadrado). O watt-hora é uma unidade física de energia e o watt-hora por metro quadrado expressa a densidade de energia por área.<sup>76</sup>

**FIGURA 21 - INSOLAÇÃO MÉDIA DIÁRIA ANUAL – MAPA DE MINAS GERAIS**



Fonte: CEMIG, 2012.<sup>77</sup>

Além dos mapas para auxiliar no potencial de geração de cada localidade, existem alguns softwares que ao receberem as coordenadas geográficas das localidades demonstram todos os parâmetros necessários ao potencial da localidade a se implantar a geração fotovoltaica.

## 2.4 DEFINIÇÕES DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO

O sistema de compensação está definido inciso III do Art. 2º da resolução normativa 482/2012, e prevê que o arranjo ocorra em um sistema no qual a energia

<sup>76</sup> VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. São Paulo: Erica, 2012, p.46.

<sup>77</sup> MORAIS, Djalma Bastos. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012, p.65.

ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

Para o caso em estudo nesse trabalho, com foco em microgeração, tem-se uma importante definição quanto ao acesso, que é prevista na seção 3.7 do módulo 3 do PRODIST, no item 2.1, que estabelece a microgeração distribuída incentivada como sendo uma central geradora de energia elétrica, de potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fonte incentivada de energia, nos termos de regulamentação específica, conectada na rede de baixa tensão da distribuidora através de instalações de unidades consumidoras, podendo operar em paralelo ou de forma isolada, não despachada pelo ONS.

## 2.5 REGULAMENTAÇÃO E NORMATIZAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A garantia de acesso, ao sistema de distribuição das concessionárias, das mini e microgeradoras distribuídas se deu com a construção e publicação pela ANEEL da resolução nº 482/2012.

Conforme estabelecido na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, o procedimento de acesso é simples e expedito, assim como os requisitos de proteção necessários para garantir a segurança das pessoas e a qualidade da energia injetada na rede.<sup>78</sup>

De maneira geral, as etapas a serem seguidas para a instauração do processo que permitirá o acesso do sistema à rede da concessionária, podem ser vistas conforme abaixo.

---

<sup>78</sup> RUFINO, Romeu Donizete. **Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2014, p12.

**FIGURA 22 - PROCEDIMENTOS E ETAPAS DE ACESSO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**



Fonte: ANEEL, 2014.<sup>79</sup>

A figura 22 ilustra os procedimentos a serem realizados para acesso ao sistema, assim como etapas e prazos tanto pelo consumidor como a distribuidora.

Com base nos documentos e resoluções nos quais se fundamentam os princípios que norteiam as regras para a aplicação e implantação desses sistemas, as concessionárias distribuidoras de energia elétrica elaboram seus documentos e regras para garantir o cumprimento de todos os aspectos previstos nas instruções dos órgãos fiscalizadores, atribuindo as devidas responsabilidades às partes interessadas e contemplando suas particularidades que eventualmente forem permitidas e se fizerem necessárias para alguma adequação durante o processo de implantação dos sistemas.

Esta norma tem como propósito concentrar e sistematizar os requisitos de informações técnicas pertinentes às novas conexões ou alteração de conexões existentes, de consumidores que façam a adesão ao sistema de compensação de energia, ao sistema de distribuição em baixa tensão da Cemig D, de forma a facilitar o fluxo de informações e simplificar o atendimento a estes consumidores.<sup>80</sup>

<sup>79</sup> Idem.

<sup>80</sup> CEMIG. **Manual de Distribuição**: Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão, ND 5.30. Belo Horizonte, 2012. 39p.

Na CEMIG Distribuição, que é a concessionária de energia detentora da rede de baixa tensão em que está conectada a usina de microgeração que é objeto de estudo desse trabalho, a norma que sistematiza os requisitos e estabelece os critérios e procedimentos técnicos para a conexão é a ND 5.30, Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão.

### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA MICROGERADORA DE CARATINGA

Diante das premissas apresentadas nos capítulos anteriores, percebe-se que há uma lacuna na qual a microgeração fotovoltaica conectada à rede de distribuição de baixa tensão pode contribuir para o seu preenchimento de forma eficaz e sustentável para nossa sociedade.

Perante as condições desfavoráveis, recentemente enfrentadas pelo setor elétrico nacional, houve uma série de intervenções por parte dos órgãos reguladores e governamentais no sentido de se atenuar os danos que a crise hídrica pudesse causar ao setor e essas mudanças, por estarem inseridas num universo que envolve o mercado econômico e interesses de vários setores, traz várias condicionantes que tornam os investimentos mais atraentes ou não, portanto cabe aqui uma análise que será realizada nesse sentido.

No caso abordado nessa pesquisa, a usina microgeradora fora negociada pelo proprietário antes que estivessem estabelecidas algumas medidas para se buscar diminuir os impactos negativos pelos quais o setor elétrico estava vivenciando, como revisões tarifárias extraordinárias e a criação das bandeiras tarifárias, por exemplo. Essas mudanças, além de provocar uma elevação no custo direto da energia vendida ao consumidor final, juntamente com inúmeros outros fatores associados à uma crise econômica, trouxeram alguns impactos negativos para a implementação desse tipo de empreendimento, pois como a maioria dos componentes é importada, seu custo normalmente em dólar, foi fortemente influenciado pela variação dessa moeda.

Para que se possa fazer uma análise sobre esse cenário, a partir de algumas perspectivas, o estribo central em que se fundamenta esse trabalho e tomado como referência para tal, apresenta-se uma usina de microgeração fotovoltaica, a qual se detalha a seguir e para a qual foi autorizado pelo proprietário, conforme termo nos anexos, para uso das informações aqui descritas.

### 3.1.1 Dados da Microgeradora de Caratinga

De propriedade de Cléber Bento Pereira, situada à Rua Aldo Fernandes Júnior, nº 350, bairro Dário Grossi na cidade de Caratinga, O ponto onde está situada a usina microgeradora tem como coordenadas geográficas, latitude 19°46'19.34"S e longitude 42°8'37.70"O, teve sua conexão efetivada à rede elétrica de baixa tensão da CEMIG em 18/03/2015.

Inicialmente, a edificação do proprietário nasceu com intuito de se obter um imóvel que tivesse um caráter de sustentabilidade para o qual foi projetado de modo a atender esses requisitos. Ao tomar conhecimento da possibilidade de ter em sua residência uma microgeração fotovoltaica que poderia dar a ele a possibilidade de obter essa sustentabilidade e ainda perceber o retorno, mesmo que em médio ou longo prazo, em suas tarifas de energia, resolveu realizar a consulta à empresa responsável e consequente investimento na usina.

A opção feita pela potência escolhida para a sua usina, se deu de forma casual, pois ele considerou apenas o portfólio de produtos que era oferecido pela empresa que iria realizar os serviços e apenas levou em julgamento o valor de investimento que desejava realizar.

O cliente, diante as propostas que recebera de uma empresa prestadora de serviços, que ofertava a instalação de usinas que iniciavam com potência entre 1,5kW até 10kW e valores, na época, entre R\$ 15.000,00 e R\$ 90.000,00, como não havia ainda histórico de consumo e previsão de carga em sua edificação, fez opção pelo investimento mínimo, se abstendo de aprofundar numa análise mais detalhada e projeções quanto ao que seria o seu desejo e seus anseios para o investimento, apenas decidiu que iria fazê-lo e atribuiu um valor que desejara investir.

A área total ocupada pelo gerador da usina é de 9,9m e esse é composto por seis módulos fotovoltaicos da marca AVPROJECT, modelo AVP-60 policristalino agrupados em um arranjo. Esses módulos, possuem certificação INMETRO, apresentam uma eficiência de 15,3% e potência nominal padrão de 250W.

A usina também dispõe de um inversor de frequência, da marca B&B Power, modelo SF1600TL, com potência nominal de 1,6 KVA. Esse inversor opera em uma faixa de tensão entre 176 e 276 volts e possui corrente nominal de 7,80 A. O rendimento do inversor, indicado no manual é de 98% e seu fator de potência é 0,99.



### 3.1.1.1 Custos da Implantação e Payback da Microgeradora

Na data em que a usina foi conectada a rede e, portanto, começou a funcionar de acordo com as regras previstas para o sistema de compensação, o valor do kWh, para o grupo e classe da referida instalação, praticado era de R\$ 0,39642 e após aplicar a cobrança dos tributos e demais elementos que compõem a fatura de energia no estado de Minas Gerais esse valor no mês de março de 2015 ficou em R\$ 0,56911.

**TABELA 2 – TARIFAS VIGENTES DA CONCESSIONÁRIA CEMIG-D – MG - 2015**

**Empresa:** CEMIG-D - CEMIG Distribuição S.A

**Vigência da Tarifa** de 08/04/2015 a 07/04/2016

**Resolução Homologatória N° 1872 Publicada em 08/04/2015**

**Varição percentual em relação ao período anterior: 7,07%**

Descrição	R\$/kWh*
<b>B1 – Residencial</b>	0,50974
<b>B1 - Residencial Baixa Renda</b>	
Consumo mensal inferior ou igual a 30 kW	0,1762
Consumo mensal superior a 30 kWh e inferior ou igual a 100 kWh	0,30206
Consumo mensal superior a 100kWh e inferior ou igual a 220 kWh	0,45309
Consumo mensal superior a 220 kWh	0,50343
<b>*Os valores constantes da Resolução Homologatória referida são expressos em R\$/MWh</b>	

**Empresa:** CEMIG-D - CEMIG Distribuição S.A

**Vigência da Tarifa** de 02/03/2015 a 07/04/2016

**Resolução Homologatória N° 1858 Publicada em 02/03/2015**

**Varição percentual em relação ao período anterior: 0,00%**

Descrição	R\$/kWh*
<b>B1 – Residencial</b>	0,48122
<b>B1 - Residencial Baixa Renda</b>	
Consumo mensal inferior ou igual a 30 kW	0,16618
Consumo mensal superior a 30 kWh e inferior ou igual a 100 kWh	0,28487
Consumo mensal superior a 100kWh e inferior ou igual a 220 kWh	0,42731
Consumo mensal superior a 220 kWh	0,47479
<b>*Os valores constantes da Resolução Homologatória referida são expressos em R\$/MWh</b>	

**Empresa:** CEMIG-D - CEMIG Distribuição S.A

**Vigência da Tarifa** de 08/04/2015 a 07/04/2016

**Resolução Homologatória N° 1700 Publicada em 08/04/2015**

**Varição percentual em relação ao período anterior: 0,00%**

Descrição	R\$/kWh*
<b>B1 – Residencial</b>	0,39642
<b>B1 - Residencial Baixa Renda</b>	
Consumo mensal até 30 kW	0,13650
Consumo mensal entre 31 kWh e até 100 kWh	0,23399
Consumo mensal entre 101 até 220 kWh	0,35099
<b>*Os valores constantes da Resolução Homologatória referida são expressos em R\$/MWh</b>	

Fonte: ANEEL, 2015.<sup>81</sup>

<sup>81</sup> AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Conheça as Tarifas da Classe de Consumo Residencial de uma Concessionária.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifaAplicada/index.cfm>>. Acessado em: 10 de Out. de 2015.

Inicialmente, a expectativa de retorno do investimento apresentada pela empresa que realizou a implementação da usina, previa de forma direta, o cálculo da energia gerada em média pelo sistema, de um total de 216 kWh/mês para insolação média de 4,5h ao dia. Para os valores pagos pela energia na época à concessionária, o retorno nesse caso, ocorreria em cerca de 10 anos, sendo estimado pela empresa e pelo proprietário diretamente, pela seguinte equação<sup>82</sup>.

$$R = \frac{\text{Custo}}{E * P * 12} = \frac{15000}{216 * 0,56911 * 12} = 10,2 \text{ anos}$$

R = retorno em anos

Custo = valor pago pela microgeração

E = estimativa mensal de energia produzida pelo sistema

P = preço do kWh

Essa estimativa de forma direta despreza parâmetros como reajustes e outras intervenções nas quais está submetido esse tipo de negócio, embora, num primeiro momento, o atrativo maior para o cliente é a redução imediata nos valores pagos em sua fatura mensal de energia, com possibilidade de ainda acumular créditos para uso futuro ou em outra instalação de sua propriedade.

Posterior ao processo de aquisição da usina pelo proprietário junto à empresa, o setor elétrico passou por algumas modificações, dentre as quais, algumas distribuidoras obtiveram junto ao órgão regulador reajustes ordinários, oriundos do processo de revisão tarifária e face à criticidade ainda posta pela crise hídrica, foi concedido reajuste extraordinário, que elevou os valores do kWh para 0,50974 e com a incidência dos impostos e bandeiras para a classe residencial no estado de Minas Gerais esse valor é hoje de cerca de R\$ 0,88447. Nesse cenário, aplicando a metodologia de retorno prevista pela empresa inicialmente, o retorno do investimento inicial mediante os custos atuais e geração média prevista, ocorre em aproximadamente 6,5 anos, atingindo um retorno 35% mais rápido.

$$R = \frac{\text{Custo}}{E * P * 12} = \frac{15000}{216 * 0,88447 * 12} = 6,5 \text{ anos}$$

<sup>82</sup> Cálculo estimado pelo proprietário em conjunto com empresa que efetuou a instalação da usina.

Nota-se que a influência da regulação tarifária é premissa fundamental a ser considerada nas análises de viabilidade desse tipo de empreendimento. Além dessa variável, o custo dos componentes influenciados diretamente pela variação do mercado financeiro se torna parâmetro básico de análise, entretanto, as incertezas que envolvem esses parâmetros impedem uma análise de abrangência mais exata, sendo então um aspecto relevante o volume de energia gerado e consumido pelas unidades, esse também um fator influenciado durante o projeto da usina.

### 3.1.2 Análise de Implantação da Microgeradora em Caratinga atualmente

Como elemento comparativo, no intuito de contrastar com o que fora vivenciado pelo proprietário, obteve-se junto à mesma empresa que fora prestadora dos serviços de implementação de sua microgeração, um orçamento para uma usina com as mesmas características e especificações da aqui estudada, com os preços atualizados, para que se possa efetuar um paralelo entre os cenários em aproximadamente um ano após a aquisição pelo proprietário.

**FIGURA 23 - VALORES DO DÓLAR EM 2015**



Fonte: Uol, 2015.<sup>83</sup>

<sup>83</sup> UOL. Uol Economia e Cotações. Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/?historico>>. Acessado em 14 de novembro de 2015.

No orçamento apresentado, o valor da usina microgeradora é pouco mais de R\$ 20.000,00, cerca de 33% maior do que o valor negociado há pouco mais de um ano, nas mesmas condições de parcelamento. Esses preços, fortemente influenciados com alta do dólar no ano de 2015, conforme a fig. 23, e pela necessidade de importação dos componentes, ainda de fabricação em outros países, proporcionam o custo excessivo.

O primeiro parâmetro que deve ser considerado para elaboração do dimensionamento de um SFCR é a realização de cálculos a fim de quantificar a produção de energia desejada para aquele empreendimento, e com base em um histórico de consumo da unidade consumidora elabora-se uma referência para determinar tal geração. Após a análise e definidas as médias de consumo da unidade, obtém-se a referência principal para a conclusão dos cálculos da usina microgeradora.

Para que se obtenha uma análise que apresente maior eficiência é desejável um levantamento do histórico de consumo dos últimos doze meses. De posse desses dados é possível a elaboração do sistema que proporcione o suprimento parcial ou integral da demanda de energia elétrica da unidade consumidora.

Além disso, também é necessário que se conheça a taxa de radiação solar da localidade onde se deseja instalar a usina. Para isso existe uma ferramenta, disponível pela CRESESB, que obtém o cálculo dessa taxa, utilizando-se das coordenadas geográficas do ponto em que se deseja instalar a microgeração fotovoltaica.

#### 3.1.2.1 Projeção da Geração de Energia Elétrica Utilizando Dados do Software SunData

Através das coordenadas geográficas da usina de Caratinga, e uso da ferramenta virtual, SunData, obteve-se a taxa de radiação solar no local.

TABELA 3 – IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA MENSAL – CARATINGA-MG

## Cálculo do Plano Inclinado

Estação: Caratinga

Município: Caratinga, MG – BRA

Latitude: 19,7° S

Longitude: 42,139166° O

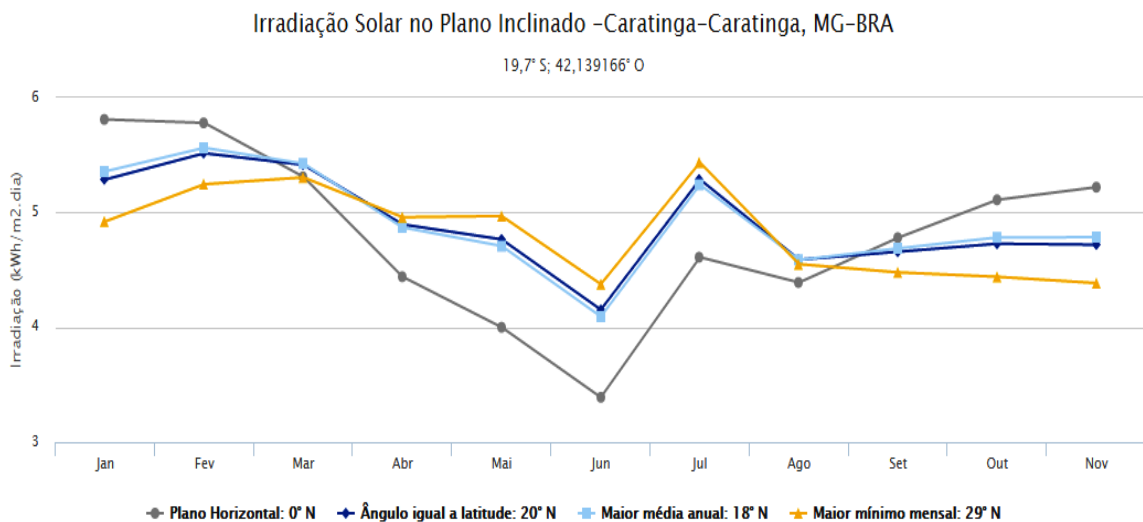
Distância do ponto de referência (19,772039° S; 42,143806° O): 8,0 km

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [ kWh/m <sup>2</sup> .dia]												
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	5,81	5,78	5,31	4,44	4,00	3,39	4,03	4,61	4,39	4,78	5,11	5,22	4,74
Ângulo igual a latitude	20° N	5,29	5,52	5,41	4,90	4,77	4,15	4,94	5,29	4,59	4,66	4,73	4,72	4,91
Maior média anual	18° N	5,36	5,56	5,43	4,87	4,71	4,09	4,87	5,24	4,59	4,69	4,78	4,78	4,91
Maior mínimo mensal	29° N	4,92	5,25	5,31	4,96	4,97	4,38	5,20	5,43	4,55	4,48	4,44	4,38	4,86

Fonte: CRESESB, 2015.<sup>84</sup>

Na tabela 3, observam-se os índices de irradiação no plano inclinado para o município de Caratinga – MG, para as coordenadas da microgeradora. A irradiação média apresentada nessa localização é 4,91 kWh/m<sup>2</sup> por dia, considera-se a angulação da latitude do ponto, voltada para o Norte.

FIGURA 24 - IRRADIAÇÃO SOLAR NO PLANO INCLINADO MENSAL – CARATINGA-MG

Fonte: CRESESB, 2015.<sup>85</sup>

<sup>84</sup> CRESESB. Potencial Solar SunData. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade\\_70](http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_70)>. Acessado em 30 de Outubro de 2015.

<sup>85</sup> Idem.

Como visto anteriormente, não houve observância de nenhum histórico para a implantação da microgeradora, nem pelo proprietário e nem pela empresa. Assim, estimou-se os cálculos para estimativa, com base na potência do microgerador fotovoltaico, que dotado de seis módulos com potência total de 1,5kW. Para realizar o cálculo da energia produzida, medida em kWh, será utilizada a equação<sup>86</sup> a seguir.

$$E_g = (P \times HSP \times \eta_{CC/CA})$$

Onde,

$E_g$  = Energia produzida pelo gerador fotovoltaico em kWh.

P – Potência nominal do gerador.

HSP – O número de horas de sol pleno.

Ncc/ca – Rendimento do inversor.

Aqui, identificam-se os valores médios estipulados pela empresa, de 216kWh de geração estimada, no entanto, conforme PINHO (2014), faz-se necessária a aplicação da taxa de desempenho do sistema, que considera as perdas decorrentes no sistema. Para o cálculo da produção de energia iremos considerar uma TD de 80%.<sup>87</sup>

**TABELA 4 – ESTIMATIVA MENSAL DA ENERGIA PRODUZIDA**

Mês	Dias	Potência Instalada (P)	Irradiação Solar (HSP)	Rendimento do Inversor (Ncc/ca)	Energia Produzida Mensalmente	Energia Produzida Mensalmente (TD = 80%)
		kW	kWh/m <sup>2</sup> *dia	%	kWh/mês	KWh/mês
Jan	31	1,5	5,29	98%	241,07	192,85
Fev	28	1,5	5,52	98%	227,20	181,76

<sup>86</sup> CONCEIÇÃO, Luciana Abreu. **Projeto de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede para Eficientização do Uso da Energia Elétrica no CT/UFRJ**. 2011. 56f. Monografia (Graduação de Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro. UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

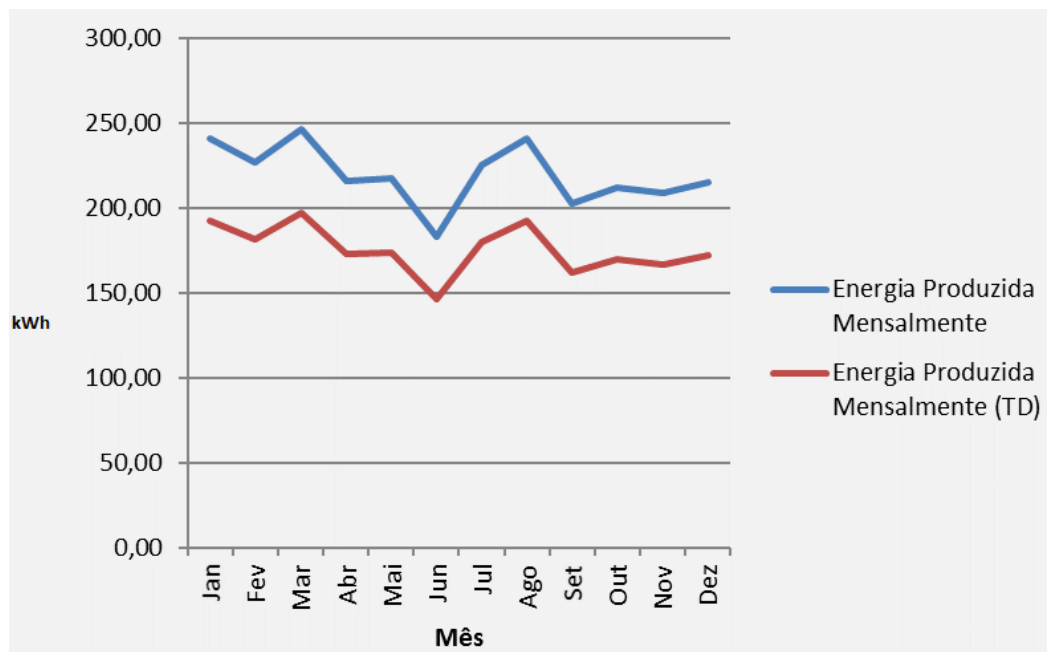
<sup>87</sup> PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual da Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel – Cresesb, 2014, p.329.

Mar	31	1,5	5,41	98%	246,53	197,23
Abr	30	1,5	4,9	98%	216,09	172,87
Mai	31	1,5	4,77	98%	217,37	173,90
Jun	30	1,5	4,15	98%	183,02	146,41
Jul	31	1,5	4,94	98%	225,12	180,09
Ago	31	1,5	5,29	98%	241,07	192,85
Set	30	1,5	4,59	98%	202,42	161,94
Out	31	1,5	4,66	98%	212,36	169,88
Nov	30	1,5	4,73	98%	208,59	166,87
Dez	31	1,5	4,72	98%	215,09	172,07
<b>Média</b>		<b>1,5</b>	<b>4,91</b>	<b>98%</b>	<b>216,71</b>	<b>173,37</b>
<b>Total</b>			<b>58,97</b>	<b>98%</b>	<b>2635,92</b>	<b>2282,10</b>

Fonte: Acervo do autor.

Observa-se pela tabela 4 que o mês de junho apresenta a tendência de ser o menos produtivo enquanto o pico de produção sinaliza-se para o mês de Março. A média mensal estimada é de 173,37 kWh.

FIGURA 25 – ENERGIA PRODUZIDA MENSALMENTE



Fonte: Acervo do autor.

A figura 25 delinea os comparativos das projeções de geração de energia sem a utilização da TD e com a utilização.

### 3.1.2.2 Payback e Resultados

Adotando-se a mesma metodologia para avaliação do retorno previsto, estimada pelo proprietário e empresa responsável, tomando como base os preços da energia, nos dois cenários avaliados anteriormente, posterior e anterior aos reajustes praticados, ter-se-ia no primeiro caso, antes dos reajustes, um retorno previsto em aproximadamente 12,7 anos, isto é, cerca de 24,5% maior que na condição inicial.

$$R = \frac{\text{Custo}}{E * P * 12} = \frac{15000}{173,37 * 0,56911 * 12} = 12,7 \text{ anos}$$

Para o segundo caso, posterior aos reajustes, o retorno previsto seria em aproximadamente 8,1 anos, mostrando 24,6% a mais que o anterior.

$$R = \frac{\text{Custo}}{E * P * 12} = \frac{15000}{173,37 * 0,88447 * 12} = 8,1 \text{ anos}$$

Considera-se a seguir, de modo a sustentar e possibilitar um parâmetro comparativo de conjunturas, o valor apresentado para investimento numa usina de mesmas características e configurações para os dias de hoje, nesse caso, apenas sob a perspectiva dos preços do KWH atual e anterior aos reajustes, considerando os valores de geração estimados com TD.

Conforme verificado nos cálculos de retorno abaixo, para a tarifa inicial o retorno previsto será de 16,9 anos, realizando um acréscimo de 65,7% na previsão de retorno da empresa e 33% maior comparando com a nova projeção, considerando a TD, assim como com o reajuste da tarifa a projeção se deu em 10,9 anos, totalizando um acréscimo de 67,7% em comparação dos dados da empresa e 34,6% a mais na nova projeção considerando a TD.



$$R = \frac{\text{Custo}}{E * P * 12} = \frac{20000}{173,37 * 0,56911 * 12} = 16,9 \text{ anos}$$

$$R = \frac{\text{Custo}}{E * P * 12} = \frac{20000}{173,37 * 0,88447 * 12} = 10,9 \text{ anos}$$

Percebe-se a diferença que existe entre as previsões para retorno, e é ideal ressaltar que a influência do preço do KWH tem importância essencial nessas variações, entretanto, é impossível prever uma tendência para estimar sua evolução ao longo dos anos, uma vez que essas alterações estão associadas a inúmeros fatores, podendo ocorrer inclusive reajustes negativos, ou seja, redução no preço do KWH, que para uma análise de retorno, seria prejudicial.

Após cerca de sete meses de funcionamento, a usina acumula uma geração nesse período de exatos 1267KWH, conforme foto abaixo do display do inversor, produzidos, o que nos dá uma média mensal de 181KWH. Esses dados, praticamente confirmam a necessidade de se considerar o TD de 80% nas estimativas de geração da usina, conforme tabela 5.

Não foi possível verificar de forma precisa os valores de energia produzida a cada mês. Há apenas condições, através das faturas de energia, de se obter esses dados referentes à energia que fora injetada na rede, no entanto, parte da energia gerada que fora consumida na própria instalação não passando pelo medidor não é registrada pelo mesmo.

**FIGURA 26 – TOTAL DE GERAÇÃO INFORMADA NO INVERSOR DA MICROGERADORA DE CARATINGA - MG**



Fonte: Acervo do autor.

**TABELA 5 – COMPARATIVO DE MÉDIA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA X PROJEÇÕES DE GERAÇÃO COM E SEM TD PELA MICROGERADORA DE CATARINGA-MG**

Mês	Média de energia Produzida (kWh/mês)	Projeção de energia Produzida Mensalmente COM TD (kWh/mês)	Projeção de energia Produzida Mensalmente SEM TD (kWh/mês)
Abril	181	172,87	216,09
Maio	181	173,90	217,37
Junho	181	146,41	183,02
Julho	181	180,09	225,12
Agosto	181	192,85	241,07
Setembro	181	161,94	202,42
Outubro	181	169,88	212,36
<b>Total</b>	<b>1267</b>	<b>1197,94</b>	<b>1497,43</b>

Fonte: Acervo do autor.

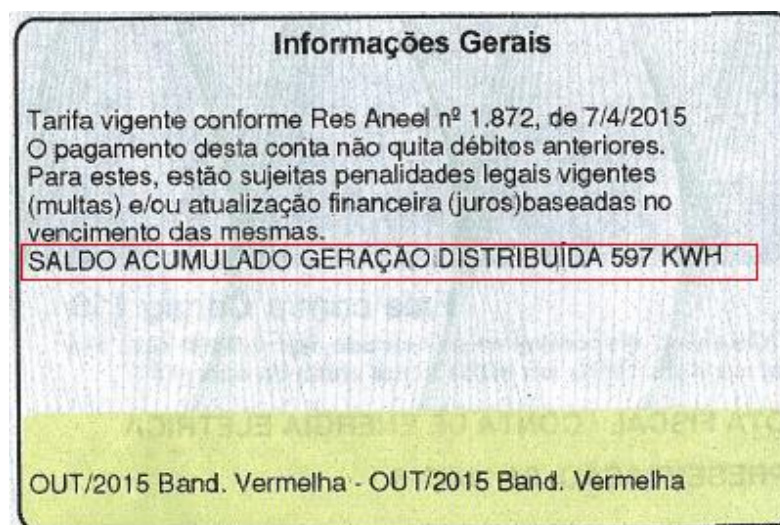
Na figura 25 pode-se observar a disparidade que há entre os valores estimados de geração se não adotar uma TD para cálculo. Na tabela 5 verifica-se

que a proximidade dos valores quando se levou em conta uma TD de 80% com o percebido na prática, porém, há outros aspectos que influenciam diretamente nesse contexto, que é o mecanismo de segurança do sistema, que através do inversor desconecta a usina do sistema, até que a energia da rede seja restabelecida. Nesse caso, não se pode precisar se de fato o valor acumulado tenha sido efetivamente o que foi gerado no período, embora não obtivemos registros de interrupção expressivos no período, conforme verificado pelos indicadores de qualidade da instalação, DIC, FIC, DMIC e DICRI.

Destaca-se também que, em virtude do pouco tempo de operação, tem a dificuldade em obter insumos consistentes que permitam uma maior profundidade nas análises aqui efetuadas, embora todos os dados levantados se consolidaram com as teorias com as quais se confrontaram.

Desde a sua implantação até o mês de outubro, o proprietário acumulou 597 kWh de créditos, conforme figura 27 e conta referente ao mês de outubro de 2015 nos anexos, que tem disponíveis para uso, além de compensar nesse período, o consumo em sua instalação de 357 kWh que foram consumidos, pagando nesse período apenas o custeio de disponibilidade previsto na resolução. Assim, nesse período a energia gerada que foi injetada na rede é de 954 kWh, em aproximadamente 7 meses, o que contempla uma injeção média mensal de 136 kWh.

**FIGURA 27 – SALDO DE GERAÇÃO ACUMULADO PELA MICROGERADORA INJETADO À REDE**



Fonte: Acervo do autor

Assim, percebe-se a severidade com que essas as nuances econômicas influenciam diretamente nas análises de retorno previstas para investimentos nesse tipo de empreendimento. Além disso, se reforça a necessidade emergente, de estabelecer o desenvolvimento dos componentes envolvidos nos sistemas de microgeração serem disseminados pela indústria nacional, como forma de combater os impactos provocados pela variação causada com a necessidade de importação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perante as perspectivas aqui explanadas e durante a realização do estudo de caso, identificou-se que há, ainda, um desinteresse das partes envolvidas para que as implementações desse tipo de empreendimento de microgeração distribuída sejam efetivadas com estudos de maior profundidade e análises mais prudentes, pois o foco geral tende a ponderar tão somente o impacto financeiro percebido pelo investidor diretamente em sua fatura de energia, o que é importante, mas não primordial à essência pela qual se deve investir pesado nesse modelo alternativo, que em sua estirpe, exhibe-se com um potencial prodigioso de sustentabilidade.

É inegável a contribuição positiva das iniciativas já regulamentadas, contudo precisa-se que se intensifiquem ações no que tange ao desenvolvimento dos componentes utilizados através de produção nacional, para que haja mais estabilidade ao setor e garantias de mercado. Essa percepção evolutiva se traduz principalmente pelo crescimento exponencial da implementação já apresentada.

Além disso, nota-se que a elevação das tarifas, efetuadas no período, e possivelmente recorrentes pelas incertezas ainda presentes no mercado regulado de energia tornou-se um atrativo para o aumento nos investimentos em geração distribuída, que apesar de ainda pequeno, cresce de modo considerável.

Apesar de ainda se deparar com inúmeros desafios, os mecanismos existentes já facilitam a instalação de microgeração em paralelo com a rede e certamente, nos próximos anos, será percebida uma ruptura tecnológica no setor elétrico, relacionada ao crescimento da geração de energia solar distribuída.

Essa ruptura está associada à necessidade de tornar esse modelo uma opção expressiva à diversificação da matriz, mas necessita certamente de estudos que aprofundem em detalhes bem mais específicos do que apenas os aspectos financeiros, mas sim que proporcionem sustentabilidade ao setor e propicie equilíbrio para que haja desenvolvimento sucessivo sem agressões severas ao meio ambiente, esse é um desafio e tanto.

É importante salientar que se notou uma falta de critérios um pouco mais técnicos, pela empresa que implantou o sistema, pois a perspectiva de geração divulgada em seu portfólio, não considerara como deveria as perdas e outros aspectos que permitem garantir uma avaliação mais próxima ao que de fato ocorre

após a instalação do sistema, embora, durante as conversas com o proprietário, ele não se mostrou insatisfeito com o investimento, mas caso houvesse influência de fatores inerentes a ele, certamente a garantia de geração dada no momento de aquisição da usina seria maior e conseqüentemente, questionada. Assim, sugere-se que apesar de vantajoso o investimento de modo geral, é necessário que sua implantação ocorra com parcimônia e com profissionais que apresentam transparência para mitigar possíveis equívocos eventuais.

Não foi possível uma análise durante o trabalho de uma verificação nos parâmetros específicos no sistema, uma vez que um desajuste de programação não possibilitou a instalação de equipamentos destinados a coletar os dados necessários à essas análises;

Desse modo e como sugestão para trabalhos futuros, indica-se uma análise nos parâmetros da energia que é gerada nas usinas de microgeração, bem como estudos relativos às questões que submerjam à eficiência dos componentes que constituem o sistema como um todo. Além da verificação de novas tecnologias em estudo para modernizar ainda mais esse modelo de geração crescente.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Conheça as Tarifas da Classe de Consumo Residencial de uma Concessionária.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifaAplicada/index.cfm>>. Acessado em: 10 de Out. de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Formações de Geração.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acessado em: 15 de Abr. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perdas de Energia.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801>>. Acessado em: 01 de Out. de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012.** Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acessado em: 10 de Abr. 2015.

AMÉRICA DO SOL. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/potencial-brasileiro/>>. Acessado em 25 de Set. de 2015.

BORGES, Manuel Rangel Neto; CARVALHO, Paulo Cesar Marques. **Geração de Energia Elétrica– Fundamentos.** São Paulo: Érica, 2014.

BRAGA, Carlos Eduardo de Souza. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Janeiro/2015.** Brasília: MME, 2015.

CEMIG. **Manual de Distribuição:** Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig – Conexão em Baixa Tensão, ND 5.30. Belo Horizonte, 2012.

CONCEIÇÃO, Luciana Abreu. **Projeto de um Sistema Fotovoltaico Conectado à rede para Eficientização do Uso da Energia Elétrica no CT/UFRJ.** 2011. 56f. Monografia (Graduação de Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro. UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

CRESESB. Potencial Solar SunData. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade\\_70](http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_70)>. Acessado em 30 de Outubro de 2015.

ELETROBRAS. **Projeto Técnico Fotovoltaico – Smart Grid Parintins.** 2013, p.24. Disponível em: <[http://www.eletrorasrondonia.com/www/down\\_anx/ANEXO\\_I\\_T\\_REFERENCIA\\_P\\_E\\_043\\_2012.pdf](http://www.eletrorasrondonia.com/www/down_anx/ANEXO_I_T_REFERENCIA_P_E_043_2012.pdf)>. Acessado em: 25 de Set. 2015.

EPE. **Balço Energético Nacional 2013 – Relatório Síntese – Ano Base 2012.** Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2013\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2013_Web.pdf)>. Acessado em 18 Set. 2015.

EPE. **Balço Energético Nacional 2015 – Relatório Síntese–Ano Base 2014.** Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2015\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf)>. Acessado em 18 Set. 2015.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; VARELLA, Fabiana K. de O. M.; GOMES, Rodolfo D. Maia. **Relatório Final - Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação.** Campinas: Pro Cobre Conncts Life, 2009.

KELMAN, Jerson; SANTANA, Edvaldo Alves; SARAIVA, Joísa C. Dutra. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** Brasília: ANEEL, 2008.

MIRANDA, Artur B. C. Montesano. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.

MORAIS, Djalma Bastos. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais.** Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Geração de Energia - Eólica.** Disponível em: < [http://www.ons.org.br/historico/geracao\\_energia\\_out.aspx?area=>](http://www.ons.org.br/historico/geracao_energia_out.aspx?area=>)>. Acessado em: 21 de Set. 2015.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Situação dos Principais Reservatórios do Brasil.** Disponível em: < [http://www.ons.org.br/tabela\\_reservatorios/conteudo.asp](http://www.ons.org.br/tabela_reservatorios/conteudo.asp)>. Acessado em: 21 de Set. 2015.

OSETORELETRICO. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/publicidade/tabela-de-valores/757-seguranca-e-confiabilidade-em-sistemas-fotovoltaicos.html>>. Acessado em 10 de Set. de 2015.

PEREIRA, Osvaldo L. S.; GONCALVES, Felipe F.. Dimensionamento de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica: estudo de caso do sistema de tubarão – sc. **Revista Brasileira de Energia**, Vol. 14, No. 1, 1o Sem. 2008.

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

RUFINO, Romeu Donizete. **Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** Brasília: ANEEL, 2014.

RUFINO, Romeu Donizete. **Micro e Minigeração Distribuída – Cadernos Temáticos ANEEL - Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** Brasília: ANEEL, 2014.



TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira – Nota Técnica EPE**. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Nota Técnica DEA 19/14– Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

UOL. Uol Economia e Cotações. Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/dolar-comercial-estados-unidos/?historico>>. Acessado em 14 de novembro de 2015.

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

ZILLES, Roberto; MACÊDO, Wilson Negrão; GALHARDO, Marcos André Barros. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

## ANEXOS

## ANEXO A – CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA DE MARÇO À OUTUBRO DE 2015

ALEXANDRE JOSE CORREA  
 CONDOMÍNIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**MAR/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U1 - Nº 003127814 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

Classe	Subclasse	Datas de Leitura			Datas da Nota Fiscal		Nº DA INSTALAÇÃO
Residencial	Residencial	Anterior	Atual	Próxima	Emissão	Apresentação	<b>3011728047</b>
Trifásico		11/03	25/03	27/04	25/03	25/03	

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	ARD118017913	383	434	1	51

Informações Gerais
Reajuste Tarifário Extraordinário: percentual médio de 28,80%, conforme Resolução nº 1.858 de 27/02/15. MAR/2015 Band. Vermelha - MAR/2015 Band. Vermelha Leitura realizada conf. calendário de faturamento 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. Isenção ICMS: Decreto Nº 43.080/02, Anexo I, item 79A

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Custo de Disponibilidade			56,42
<b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b>			
Energia Elétrica kWh		0,53622000	
<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
Bandeira Vermelha			5,78

Indicadores de Qualidade de Fornecimento			
Caratinga 1-Mês:01/2015		Valores Permitidos	
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,43	10,86	21,73
FIC 0,00	3,23	6,47	12,95
DMIC 0,00	3,11	-	-
DICRI 0,00	12,22	-	-
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 0,00			

Informações de Faturamento					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	0,00	0,00	Enc. setoriais	0,00	0,00
Distribuição	0,00	0,00	Tributos	0,00	0,00
Transmissão	0,00	0,00	Totais	0,00	0,00

VENCIMENTO	VALOR A PAGAR
<b>17/04/2015</b>	<b>R\$ 56,42</b>

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
MAR/15	51	3,40	15
FEV/15	0	0,00	0
JAN/15	0	0,00	0
DEZ/14	0	0,00	0
NOV/14	0	0,00	0
OUT/14	0	0,00	0
SET/14	0	0,00	0
AGO/14	0	0,00	0
JUL/14	0	0,00	0
JUN/14	0	0,00	0
MAI/14	0	0,00	0
ABR/14	0	0,00	0
MAR/14	0	0,00	0

Reservado ao Fisco			F5CD.BE91.FFB2.A5F5.0D2D.2D8D.211E.8117	
Base de cálculo (R\$)	Aliquota (%)	Valor (R\$)	PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)
			0,50	2,30

ALEXANDRE JOSE CORREA  
 CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**ABR/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 003881471 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

<b>Classe</b> Residencial Trifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuída	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 25/03 Atual 27/04 Próxima 27/05	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 27/04 Apresentação 04/05	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
---	--	---	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia Injetada	ARZ132000069	0	0	1	0
Energia kWh	ARZ132000069	0	0	1	0
Consumo Medidor(es) Anterior(es) - Diurno:		1 kWh			

Informações Gerais
Reajuste Tarifário: percentual médio de 7,07%, conforme Resolução nº 1.872 de 7/4/2015. 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. Há débitos anteriores. Isenção ICMS: Decreto Nº 43.080/02, Anexo I, item 79A <b>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 210 KWH</b>
MAR/2015 Band. Vermelha - ABR/2015 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Custo de Disponibilidade			57,61
<b>Encargos/Cobranças</b>			
Multa 2% conta de 03/2015 sobre R\$ 56,42			1,13
<b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b>			
Energia Elétrica kWh		0,55350485	
<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
Bandeira Vermelha			5,72

Indicadores de Qualidade de Fornecimento			
Caratinga 1-Mês:02/2015	Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,43	10,86	21,73
FIC 0,00	3,23	6,47	12,95
DMIC 0,00	3,11	-	-
DICRI 0,00	12,22	-	-
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 0,00			

Informações de Faturamento					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	0,00	0,00	Enc. setoriais	0,00	0,00
Distribuição	0,00	0,00	Tributos	0,00	0,00
Transmissão	0,00	0,00	Totais	0,00	0,00

**VENCIMENTO**  
**17/05/2015**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 58,74**

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
ABR/15	1	0,03	33
MAR/15	51	3,40	15
FEV/15	0	0,00	0
JAN/15	0	0,00	0
DEZ/14	0	0,00	0
NOV/14	0	0,00	0
OUT/14	0	0,00	0
SET/14	0	0,00	0
AGO/14	0	0,00	0
JUL/14	0	0,00	0
JUN/14	0	0,00	0
MAI/14	0	0,00	0
ABR/14	0	0,00	0

Reservado ao Fisco		
B668.2DF1.2EE0.84D7.D00F.E222.E80F.D55F		
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)
PASEP	Valor (R\$)	COFINS
	0,40	Valor (R\$)
		1,87

**ALEXANDRE JOSE CORREA**  
 CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**MAI/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 003820442 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

<b>Classe</b> Residencial Bifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuída	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 27/04 Atual 27/05 Próxima 24/06	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 27/05 Apresentação 02/06	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
--	--	---	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia Injetada	ARZ132000069	0	0	1	0
Energia kWh	ARZ132000069	0	0	1	0

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 1.872, de 7/4/2015 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. Há débitos anteriores. Isenção ICMS: Decreto Nº 43.080/02, Anexo I, item 79A <b>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 337 KWH</b>  ABR/2015 Band. Vermelha - MAI/2015 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Custo de Disponibilidade			29,74
<b>Encargos/Cobranças</b>			
Multa 2% conta de 04/2015 sobre R\$ 57,61			1,15
Juros mora 1% am+IGPM: 19 dia(s) sobre R\$56,42			0,77
<b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b>			
Energia Elétrica kWh		0,56474000	
<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
Bandeira Vermelha			2,89

Indicadores de Qualidade de Fornecimento				
Caratinga 1-Mês:03/2015		Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	
DIC 0,70	5,43	10,86	21,73	
FIC 1,00	3,23	6,47	12,95	
DMIC 0,70	3,11	-	-	
DICRI 0,00	12,22	-	-	
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V				
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 25,19				

Informações de Faturamento					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	0,00	0,00	Enc. setoriais	0,00	0,00
Distribuição	0,00	0,00	Tributos	0,00	0,00
Transmissão	0,00	0,00	Totais	0,00	0,00

**VENCIMENTO**  
**17/06/2015**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 31,66**

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
MAI/15	0	0,00	30
ABR/15	1	0,03	33
MAR/15	51	3,40	15
FEV/15	0	0,00	0
JAN/15	0	0,00	0
DEZ/14	0	0,00	0
NOV/14	0	0,00	0
OUT/14	0	0,00	0
SET/14	0	0,00	0
AGO/14	0	0,00	0
JUL/14	0	0,00	0
JUN/14	0	0,00	0
MAI/14	0	0,00	0

Reservado ao Fisco  
**C40C.450C.674B.FAD2.0073.1A29.1EB9.9AA8**

ICMS			PASEP	COFINS
Base de cálculo (R\$)	Aliquota (%)	Valor (R\$)	Valor (R\$)	Valor (R\$)
			0,27	1,24

ALEXANDRE JOSE CORREA  
 CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**JUN/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 003867442 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

<b>Classe</b> Residencial Bifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuída	<b>Datas de Leitura</b> Anterior Atual Próxima 27/05 24/06 23/07	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão Apresentação 24/06 30/06	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
--	--	--	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia Injetada	ARZ132000069	0	0	1	0
Energia kWh	ARZ132000069	0	0	1	0

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 1.872, de 7/4/2015 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. Há débitos anteriores. Isenção ICMS: Decreto Nº 43.080/02, Anexo I, item 79A <b>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 438 KWH</b>
MAI/2015 Band. Vermelha - JUN/2015 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Custo de Disponibilidade			29,97
<b>Encargos/Cobranças</b>			
Multa 2% conta de 05/2015 sobre R\$ 29,74			0,59
Juros mora 1% am+IGPM: 14 dia(s) sobre R\$57,61			0,37
<b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b>			
Energia Elétrica kWh		0,56474000	
<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
Bandeira Vermelha			2,92

Indicadores de Qualidade de Fornecimento				
Caratinga 1-Mês:04/2015		Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Annual	
DIC 1,87	5,43	10,86	21,73	
FIC 1,00	3,23	6,47	12,95	
DMIC 1,87	3,11	-	-	
DICRI 0,00	16,60	-	-	
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V				
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 26,71				

Informações de Faturamento					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	0,00	0,00	Enc. setoriais	0,00	0,00
Distribuição	0,00	0,00	Tributos	0,00	0,00
Transmissão	0,00	0,00	Totais	0,00	0,00

**VENCIMENTO**  
**17/07/2015**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 30,93**

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
JUN/15	0	0,00	28
MAI/15	0	0,00	30
ABR/15	1	0,03	33
MAR/15	51	3,40	15
FEV/15	0	0,00	0
JAN/15	0	0,00	0
DEZ/14	0	0,00	0
NOV/14	0	0,00	0
OUT/14	0	0,00	0
SET/14	0	0,00	0
AGO/14	0	0,00	0
JUL/14	0	0,00	0
JUN/14	0	0,00	0

Reservado ao Fisco				
CAA7.CAC7.BE73.EE16.C3C5.79FC.2B0D.EE39				
ICMS			PASEP	COFINS
Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)	Valor (R\$)	Valor (R\$)
			0,31	1,43

**ALEXANDRE JOSE CORREA**  
 CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**JUL/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 003479460 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

<b>Classe</b> Residencial Bifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuida	<b>Datas de Leitura</b> Anterior: 24/06 Atual: 23/07 Próxima: 25/08	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão: 23/07 Apresentação: 29/07	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
--	--	--	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia Injetada	ARZ132000069	0	12	1	12
Energia kWh	ARZ132000069	0	12	1	12

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 1.872, de 7/4/2015 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. Há débitos anteriores. Isenção ICMS: Decreto Nº 43.080/02, Anexo I, item 79A <b>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUIDA 538 KWH</b>
JUN/2015 Band. Vermelha - JUL/2015 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	12	0,60842491	7,29
Dif. Custo Disponib. Res. 482	50	0,60842491	30,40
Energia Injetada kWh	12	0,56474000	6,77-
Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
Dif. Custo Disponib. Res. 482		0,56474000	
Energia Elétrica kWh		0,56474000	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			
Bandeira Vermelha			3,00

Indicadores de Qualidade de Fornecimento				
Caratinga 1-Mês:05/2015		Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Annual	
DIC	0,00	5,43	10,86	21,73
FIC	0,00	3,23	6,47	12,95
DMIC	0,00	3,11	-	-
DICRI	0,00	16,60	-	-
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V				
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 13,52				

Informações de Faturamento					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	13,61	44,02	Enc. setoriais	5,16	16,69
Distribuição	8,24	26,64	Tributos	2,69	8,70
Transmissão	1,22	3,95	Totais	30,92	100,00

**VENCIMENTO**  
**17/08/2015**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 30,92**

Histórico de Consumo				
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias	
JUL/15	12	0,41	29	
JUN/15	0	0,00	28	
MAI/15	0	0,00	30	
ABR/15	1	0,03	33	
MAR/15	51	3,40	15	
FEV/15	0	0,00	0	
JAN/15	0	0,00	0	
DEZ/14	0	0,00	0	
NOV/14	0	0,00	0	
OUT/14	0	0,00	0	
SET/14	0	0,00	0	
AGO/14	0	0,00	0	
JUL/14	0	0,00	0	

Reservado ao Fisco			
FED6.1CD8.4B48.4C91.AB0A.406F.001A.EBBE			
ICMS			PASEP
Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)	Valor (R\$)
			0,47
COFINS			Valor (R\$)
			2,22

ALEXANDRE JOSE CORREA  
 CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**AGO/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 003496025 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

<b>Classe</b> Residencial Bifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuída	<b>Datas de Leitura</b> Anterior Atual Próxima 23/07 25/08 24/09	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão Apresentação 26/08 01/09	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
--	--	--	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia Injetada	ARZ132000069	12	127	1	115
Energia kWh	ARZ132000069	12	127	1	115

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 1.872, de 7/4/2015 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. Há débitos anteriores.
<b>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 543 KWH</b>
JUL/2015 Band. Vermelha - AGO/2015 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	115	0,89047619	102,37
Dif. Custo Disponib. Res. 482	50	0,89047619	44,50
Energia Injetada kWh	115	0,80677143	92,77-
Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
Dif. Custo Disponib. Res. 482		0,56474000	
Energia Elétrica kWh		0,56474000	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			
Bandeira Vermelha			5,26

Indicadores de Qualidade de Fornecimento			
Caratinga 1-Mês:06/2015		Valores Permitidos	
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,43	10,86	21,73
FIC 0,00	3,23	6,47	12,95
DMIC 0,00	3,11	-	-
DICRI 0,00	16,60	-	-
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 13,52			

Informações de Faturamento			
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$) %
Energia	13,61	25,16	Enc. setoriais 5,16 9,54
Distribuição	8,24	15,22	Tributos 25,87 47,82
Transmissão	1,22	2,26	Totais 54,10 100,00

**VENCIMENTO**  
**17/09/2015**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 54,10**

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
AGO/15	0	0,00	4
AGO/15	115	3,48	33
JUL/15	12	0,41	29
JUN/15	0	0,00	28
MAI/15	0	0,00	30
ABR/15	1	0,03	33
MAR/15	51	3,40	15
FEV/15	0	0,00	0
JAN/15	0	0,00	0
DEZ/14	0	0,00	0
NOV/14	0	0,00	0
OUT/14	0	0,00	0
SET/14	0	0,00	0

Reservado ao Fisco			
F86F.8597.2CEF.54D9.5399.A125.2DB3.FB55			
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	PASEP Valor (R\$)
54,10	30	16,23	1,71
			COFINS Valor (R\$)
			7,93

ALEXANDRE JOSE CORREA  
 CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP  
 AREA RURAL  
 35300-000 CARATINGA, MG  
 CPF 758.324.616-49

Referente a  
**SET/2015**  
 Código de Débito Automático  
**008046517077**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005002412**

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 002916837 - PTA Nº 16.000114527.70

REIMPRESSÃO

<b>Classe</b> Residencial Bifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuída	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 30/08 Atual 24/09 Próxima 26/10	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 24/09 Apresentação 30/09	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
--	--	---	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia Injetada	ARZ132000069	127	236	1	109
Energia kWh	ARZ132000069	127	236	1	109

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 1.872, de 7/4/2015 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. <b>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 552 KWH</b>
AGO/2015 Band. Vermelha - SET/2015 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	109	0,88612096	96,57
Dif. Custo Disponib. Res. 482	50	0,88612096	44,28
Energia Injetada kWh	109	0,79358461	86,50-
Encargos/Cobranças			
Multa 2% conta de 08/2015 sobre R\$ 2,76			0,06
Juros mora 1% am+IGPM: 8 dia(s) sobre R\$2,76			0,01
Taxa de 2ª via de débito			2,62
Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
Dif. Custo Disponib. Res. 482		0,55550923	
Energia Elétrica kWh		0,55550923	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			
Bandeira Vermelha			4,48

Indicadores de Qualidade de Fornecimento				
Caratinga 1-Mês:07/2015		Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual	
DIC	0,00	5,43	10,86	21,73
FIC	0,00	3,23	6,47	12,95
DMIC	0,00	3,11	-	-
DICRI	0,00	16,60	-	-
Tensão: Nominal= 220/127 V Min.= 201/116 V Máx.= 231/133 V				
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 3,24				

Informações de Faturamento					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	13,39	24,64	Enc. setoriais	5,07	9,33
Distribuição	8,11	14,91	Tributos	26,58	48,91
Transmissão	1,20	2,21	Totais	54,35	100,00


**VENCIMENTO**  
**17/10/2015**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 57,04**

Histórico de Consumo				
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias	
SET/15	109	4,19	26	
AGO/15	0	0,00	4	
AGO/15	115	3,48	33	
JUL/15	12	0,41	29	
JUN/15	0	0,00	28	
MAI/15	0	0,00	30	
ABR/15	1	0,03	33	
MAR/15	51	3,40	15	
FEV/15	0	0,00	0	
JAN/15	0	0,00	0	
DEZ/14	0	0,00	0	
NOV/14	0	0,00	0	
OUT/14	0	0,00	0	

Reservado ao Fisco		
D7C5.5004.EC42.32BA.9401.218B.4804.3F26		
Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)
54,35	30	16,30
PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)	
1,82	8,46	



		www.cemig.com.br/atendimento	
		Cemig Torpedo 29810 Fale com a Cemig 116	
<b>Cemig Distribuição S.A.</b> 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 10.436, de 26 de abril de 2002	
<b>CLEBER BENTO PEREIRA</b> CONDOMINIO MORADA DO LAGO 9999 LP AREA RURAL 35900-000 CARATINGA, MG CPF 623.342.806-82		Referente a <b>OUT/2015</b> Código de Débito Automático: <b>008050835183</b>	
		<b>Nº DO CLIENTE</b> <b>7004392100</b>	
<b>NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U Nº 003536275 - PTA Nº16.000114527.70</b>			
<b>Classe</b> Residencial Bifásico	<b>Subclasse</b> Residencial Ger Distribuída	<b>Datas de Leitura</b> ANTERIOR 08/10 ATUAL 26/10 PRÓXIMA 25/11	<b>Datas da Nota Fiscal</b> EMISSÃO 28/10 APRESENTAÇÃO 04/11
			<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3011728047</b>
<b>Informações Técnicas</b>			
<b>Tipo de Medição</b> Energia Injetada Energia kWh	<b>Medição</b> ARZ132000069 ARZ132000069	<b>Leitura Anterior</b> 236 236	<b>Leitura Atual</b> 357 357
		<b>Constante de Multiplicação</b> 1 1	<b>Consumo kWh</b> 121 121
<b>Informações Gerais</b> Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 1.872, de 7/4/2015 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. <u>SALDO ACUMULADO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA 597 KWH</u>		<b>Valores Faturados</b>	
		<b>Tarifas aplicadas (sem impostos)</b>	
		Dif. Custo Disponib. Res. 482 0,55474000 Energia Elétrica kWh 0,55474000	
OUT/2015 Band. Vermelha - OUT/2015 Band. Vermelha		<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar *</b> Bandeira Vermelha 4,47	
<b>Indicadores de Qualidade de Fornecimento</b> Caratinga 1 Mês: 08/2015			
<b>Apurado Mensal</b>		<b>Valores Permitidos:</b>	
	Mensal	Trimestral	Anual
DIC	0,00	5,43	10,86
FIC	0,00	3,23	6,47
DMIC	0,00	3,11	-
DICRI	0,00	16,60	-
Tensão Nominal=220/127 V Min.=201/116 V Máx.=231/133 V Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$0,00			

**ANEXO B – FOTOS DO MEDIDOR BIDIRECIONAL E INVERSOR INSTALADOS NO LOCAL**



## ANEXO C – DOCUMENTO FIRMADO ENTRE O CLIENTE E CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA



Relacionamento Operacional CEMIG D – CLEBER BENTO PEREIRA  
Nº 1092066824

### RELACIONAMENTO OPERACIONAL PARA A MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA ADESÃO AO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA CELEBRADO ENTRE CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. E CLEBER BENTO PEREIRA

- I. De um lado a **CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A.**, doravante denominada simplesmente **CEMIG D**, com sede, na Av. Barbacena nº 1200, 17º andar – ala A1, CEP: 30 190-131, Bairro Santo Agostinho, no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 06.981.180/0001-16, neste ato representada, nos termos do seu Estatuto Social, por seus representantes legais, ao final assinados; e
- II. de outro lado o(a) proprietário(a) da microgeração **J CLEBER BENTO PEREIRA**, CPF: 623.342.806-82, RG sob o nº: M 3.216.099 doravante denominado simplesmente **MICROGERADOR**, instalado na unidade consumidora com nº de instalação: 3011728047, com endereço na Rua Aldo Fernandes Junior, 350, CEP: 35.304-214, B. Dario Grossi, no Município de Caratinga, Estado de Minas Gerais, por seu(s) representante(s) legal(is), ao final assinado(s);
- III. têm entre si, justo e acordado, celebrar o presente **RELACIONAMENTO OPERACIONAL**, conforme os seguintes termos e condições:

#### CLÁUSULA 1ª - DO OBJETO

1.1 Constitui objeto deste **RELACIONAMENTO OPERACIONAL** o estabelecimento das condições para a ligação da microgeração distribuída entre o **MICROGERADOR**, responsável pela unidade consumidora que adere ao Sistema de Compensação de

*Espaço reservado para rubricas e carimbos*

Página 1

**Relacionamento Operacional CEMIG D – CLEBER BENTO PEREIRA**  
Nº 1092066824

Energia e a **CEMIG D**, visando à operação segura e ordenada das instalações elétricas que interligam a instalação do **MICROGERADOR** ao sistema de distribuição de energia elétrica da **CEMIG D**.

**CLÁUSULA 2ª - DEFINIÇÕES APLICÁVEIS AO PRESENTE RELACIONAMENTO OPERACIONAL**

**2.1** Para os efeitos deste **RELACIONAMENTO OPERACIONAL** são adotadas as definições contidas na Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, na Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 e no PRODIST.

**CLÁUSULA 3ª - DO PRAZO DE VIGÊNCIA**

**3.1** Conforme Contrato de Adesão disciplinado pela Resolução Normativa nº 414/2010.

**CLÁUSULA 4ª NORMAS, LEIS E PROCEDIMENTOS APLICÁVEIS**

**4.1** A **CEMIG D** e o **MICROGERADOR** comprometem-se a seguir e respeitar:

**4.1.1** a legislação específica e as normas e padrões técnicos de caráter geral da **CEMIG D**;

**4.1.2** as limitações operativas dos equipamentos da **CEMIG D**;

**4.1.3** os documentos elaborados e homologados pela ANEEL, que estabeleçam os procedimentos e os requisitos técnicos para o planejamento, a implantação, o uso e a operação dos Sistemas de Distribuição (PRODIST); e

**4.1.4** as regulamentações da ANEEL que estabeleçam procedimentos operacionais cabíveis a este CONTRATO.



Relacionamento Operacional CEMIG D – CLEBER BENTO PEREIRA  
Nº 1092066824

---

#### CLÁUSULA 5ª - DA ESTRUTURA DE RELACIONAMENTO OPERACIONAL

5.1 A estrutura responsável pela execução da coordenação, supervisão, controle e comando das instalações de conexão é composta por:

5.1.1 Pela **CEMIG D**: Central de Atendimento – através do telefone: 116

5.1.2 Pelo **MICROGERADOR**: Cleber Bento Pereira (33) 3313 5043 ou (33) 9978 1073.

#### CLÁUSULA 6ª - DAS INSTALAÇÕES DO MICROGERADOR

6.1 As instalações do **MICROGERADOR** compreendem: gerador solar com capacidade instalada de 1,6 kW; trifásico conectado diretamente na unidade consumidora, em baixa tensão, e esta ao sistema de distribuição da **CEMIG D**.

6.2 O acesso ao ponto de conexão do **MICROGERADOR** deverá atender ao disposto na Resolução Normativa 414/2010 e a Norma de Distribuição ND 5.30.

#### CLÁUSULA 7ª - DAS RESPONSABILIDADES NO RELACIONAMENTO OPERACIONAL

7.1 A Área responsável da **CEMIG D** orientará o **MICROGERADOR** sobre as atividades de coordenação e supervisão da operação, e sobre possíveis intervenções e desligamentos envolvendo os equipamentos de sua propriedade e as instalações do sistema de distribuição, incluídas as instalações de conexão.

---

Espaço reservado para rubricas e carimbos

Página 3

**Relacionamento Operacional CEMIG D – CLEBER BENTO PEREIRA**  
**Nº 1092066824**

---

**7.2** Caso necessitem de intervenção ou desligamento, ambas as partes se obrigam a informar a outra parte, um plano para minimizar o tempo de interrupção, com a antecedência de 72 horas, conforme Módulo 8 – PRODIST.

**7.3** Em casos de emergência, não sendo possíveis tais informações, as interrupções serão executadas pelos encarregados em suas respectivas instalações.

**7.4** As partes se obrigam a efetuar comunicação formal sobre quaisquer alterações nas instalações do **MICROGERADOR** e da **CEMIG D**.

**CLÁUSULA 8ª - DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA**

**8.1** Para os aspectos relacionados às condições de segurança, o **MICROGERADOR** deverá obedecer ao estabelecido na Norma de Distribuição – ND 5.30.

**8.2** As intervenções de qualquer natureza em equipamentos do sistema ou da instalação de conexão, só podem ser liberadas com a prévia autorização do Centro de Operação da **CEMIG D**.

**8.3** É vetada ao **MICROGERADOR** qualquer intervenção no sistema elétrico da **CEMIG D**, incluindo-se o ponto de entrega, o sistema de medição e o sistema de proteção.

**CLÁUSULA 9ª - DO DESLIGAMENTO DA INTERCONEXÃO**

**9.1** A **CEMIG D** poderá desconectar a unidade consumidora possuidora de microgeração de seu sistema elétrico nos casos em que:






**Relacionamento Operacional CEMIG D – CLEBER BENTO PEREIRA**  
Nº 1092066824

**9.1.1** a qualidade da energia elétrica fornecida pelo **MICROGERADOR** não obedecer aos padrões de qualidade estabelecidos na ND 5.30; e;

**9.1.2** quando a operação da microgeração representar perigo à vida e às instalações da **CEMIG D**, neste caso, sem aviso prévio.

**9.2** Em quaisquer dos casos, a **CEMIG D** notificará o **MICROGERADOR**, informando o motivo da suspensão, de forma escrita, específica e com entrega comprovada, para execução de ações corretivas, com prazo definido pela **CEMIG D**, com vistas ao restabelecimento da conexão de acordo com o disposto na Resolução Normativa nº 414/2010.

**9.3** No caso de dano ao sistema elétrico da **CEMIG D** comprovadamente ocasionado pelo **MICROGERADOR**, aplica-se o estabelecido no caput e no inciso II do art. 164 da Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010.

**9.4** Caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, nos termos do art. 170 da Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica.

**9.5** As PARTES elegem o foro de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, com exclusão a qualquer outro por mais privilegiado que seja, para, se necessário, e apenas e tão somente com esta finalidade, conhecer ações que garantam a completa realização do procedimento arbitral com o disposto na Lei n.º 9.307/96.



**Relacionamento Operacional CEMIG D – CLEBER BENTO PEREIRA**  
Nº 1092066824

E, por estarem assim justas e contratadas, as PARTES celebram o presente Instrumento em 02 (duas) vias de igual teor.

Belo Horizonte 15 de Janeiro de 2015 .

**CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A.**



Nome:

Cargo:

Helcimara Nogueira da Silva  
Gerente de Relacionamento Comercial  
com Clientes Corporativos



Nome:

Cargo:

Eduardo Lima Resende  
Gerente de Relacionamento  
Comercial com Clientes  
Corporativos



**CLEBER BENTO PEREIRA**



Nome:

CPF:

Nome:

CPF:

**TESTEMUNHAS**



Nome:

CPF:

Wilson Geraldo Machado  
CPF: 570.780.766-72



Nome:

CPF:

Vanderley Ribeiro Maia  
CPF: 730.651.536-53







**ANEXO D – MEMORIAL DESCRITIVO DA USINA**

Página 1



**Memorial Descritivo de Procedimentos e  
Especificações Técnicas para Execução de  
Instalações de Sistema de Energia Solar  
Fotovoltaica**

**Novembro / 2014**

## 1. INTRODUÇÃO

O presente Memorial Descritivo estabelece as condições técnicas mínimas a serem obedecidas na execução de instalação de sistema de energia solar fotovoltaica localizado na Rua Aldo Fernandes Junior, 350 - Dario Grossi - Caratinga - MG coordenada 19°46'19.34"S, 42°8'37.70"O. Fixando, portanto os parâmetros mínimos a serem atendidos para materiais, equipamentos, serviços e procedimentos.

Todas as obras e serviços deverão ser executados rigorosamente em consonância com o projeto elétrico elaborado pelo engenheiro eletricitista Jomar Britto de Oliveira (SELTEC - Soluções Elétricas e Tecnológicas Ltda.) e com as recomendações e orientações estabelecidas no neste documento.

Este Memorial Descritivo foi desenvolvido com as técnicas da ABNT, Normas Regulamentadoras da Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, especialmente à NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade) e outras normas abaixo citadas.

- **O Sol como fonte de energia**

O Sol fornece energia na forma de radiação e de calor. Ambas podem ser convertidas em energia elétrica através do Sistema Fotovoltaico.

A radiação solar que a Terra recebe equivale a uma quantidade de energia que seria equivalente a aproximadamente centenas de milhões vezes a geração de energia elétrica da usina de Itaipu, que é a atual maior usina hidrelétrica do mundo em produção energética.

A quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra corresponde, aproximadamente, a dez mil vezes a demanda global de energia. Logo teríamos de utilizar apenas 0,01 % desta energia para satisfazer a demanda total da humanidade.

- **Distribuição da radiação solar**

A intensidade da radiação solar fora da atmosfera, depende da distância entre o Sol e a Terra. Durante o decorrer do ano, essa distância pode variar entre 1,47 x 10<sup>8</sup> km e 1,52 x 10<sup>8</sup> km. Devido a este fato, a intensidade de radiação varia entre 1325 W/m<sup>2</sup> e 1412 W/m<sup>2</sup> o valor médio estabelecido da intensidade de radiação (E<sub>0</sub>) é de 1367 W/m<sup>2</sup>.

A energia incidente acumulada em um ano, por unidade de área em algumas regiões situadas perto do Equador, excede 2300 KWh/m<sup>2</sup> por ano, enquanto no sul da Europa não excede os 1900 KWh/m<sup>2</sup>.

Na figura 1 são mostrados os valores típicos para o Brasil.

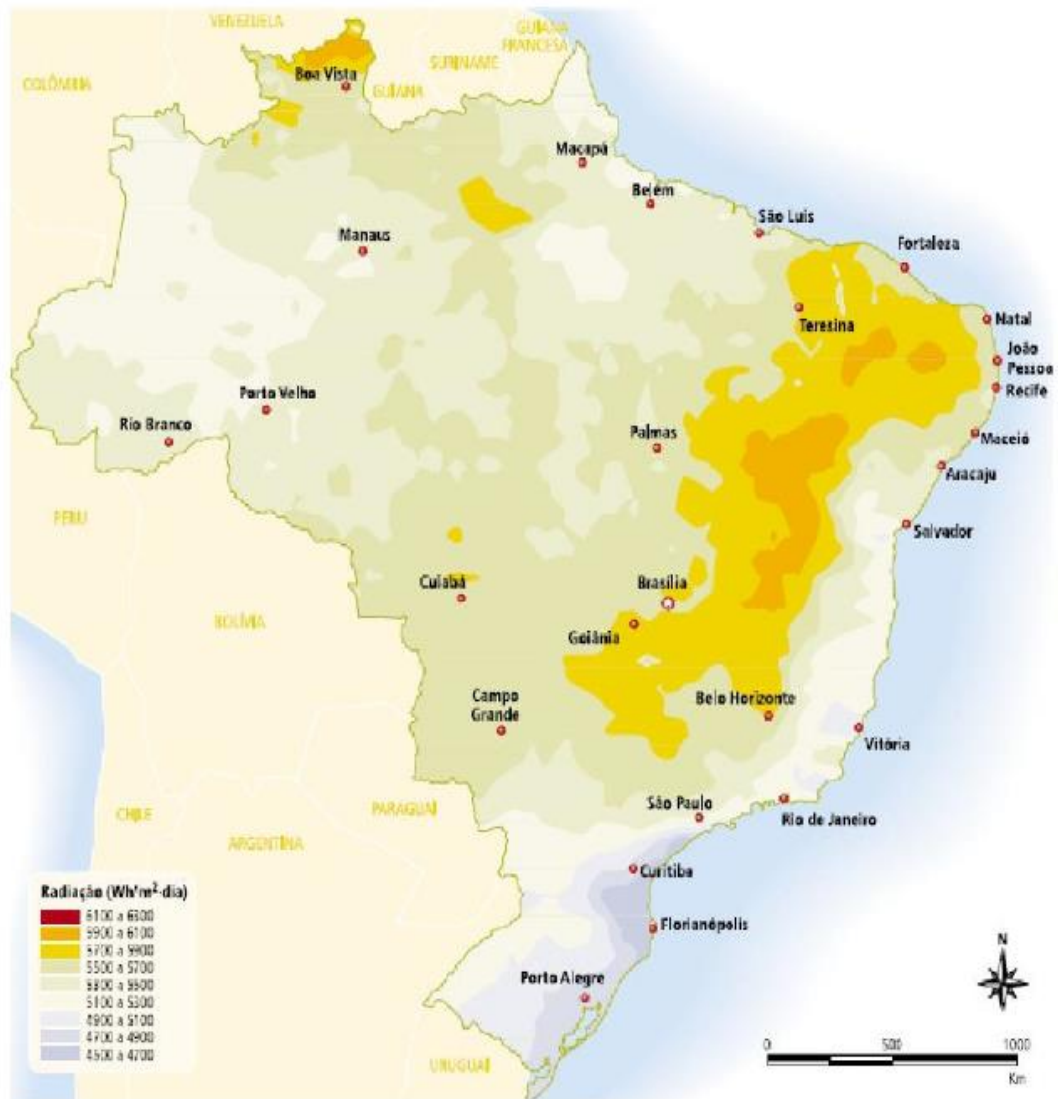


Figura 1: Radiação solar diária no Brasil - Média anual típica.

## 2. GLOSSÁRIO

- NR: Normas Regulamentadoras aprovadas pela Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978 do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE.
- NR-10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.
- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- NBR: Norma Brasileira editada pela ABNT.

- **NBR-5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão.**
- **BAIXA-TENSÃO:** Instalações elétricas de baixa-tensão são aquelas que operam sob tensões nominais abaixo de 1,0 kV, conforme NBR-5410 da ABNT.
- **DISJUNTOR:** Dispositivo eletromecânico para seccionamento de circuitos elétricos sob carga e nas condições de curto-circuito, que opera de modo manual e automático. O desligamento automático dá-se por razões de anomalia do sistema, normalmente por sobrecarga e/ou curto-circuito. Dependendo da sofisticação do equipamento pode ser também acionado por relés.
- **CC:** corrente contínua.
- **CA:** corrente alternada.

### 3. COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Um sistema fotovoltaico é composto fundamentalmente por módulos fotovoltaicos e inversores. Cada componente tem sua característica definida de acordo com a aplicação destinada.

- **Módulos Fotovoltaicos**

Os módulos fotovoltaicos são responsáveis por transformar irradiação solar em eletricidade na forma de corrente contínua.

Na Figura 2 é possível visualizar o símbolo elétrico que pode representar: uma ou várias células solares; um ou vários módulos fotovoltaicos; ou um gerador fotovoltaico.



Figura 2 - Símbolo Fotovoltaico.

As células solares são conectadas em série até obter o nível de tensão requisitado e ligadas em paralelo para aumentar a potência do módulo fotovoltaico. A conexão em série permite um aumento de

tensão sem elevar a intensidade de corrente, por outro lado, em paralelo a corrente é incrementada sem que ocorra elevação de tensão. Página 5

Em operação, os painéis precisam de proteção com relação ao sombreamento e ponto quente. O sombreamento de uma célula pode provocar o aparecimento de uma corrente reversa, pois nesta condição, a célula é polarizada inversamente, comportando-se como uma carga. O ponto quente é oriundo de uma corrente reversa suficientemente elevada capaz de danificar o material da célula. Para evitar tal problema utilizam-se diodos de derivação a cada  $n$  células conforme características de fabricação.

O conjunto de módulos de uma mesma instalação é chamado arranjo. Os módulos de um arranjo podem ser conectados em ramos paralelos, que recebem a denominação de "fileiras". Se as fileiras de um arranjo tiverem módulos conectados em série, a tensão total deve ser a mesma para todas as fileiras. Isto se consegue preferencialmente conectando-se em série um mesmo número de módulos idênticos em cada fileira.

A relação entre a corrente e a tensão gerada pelos painéis pode ser representada pela curva  $I \times V$ , conforme ilustrado na Figura 3. Através desta curva é possível determinar o ponto de potência máxima, que corresponde ao ponto no qual o produto entre a tensão e a corrente é máximo, conforme a Figura 4. As coordenadas desse ponto são: a tensão de potência máxima e a corrente de potência máxima.

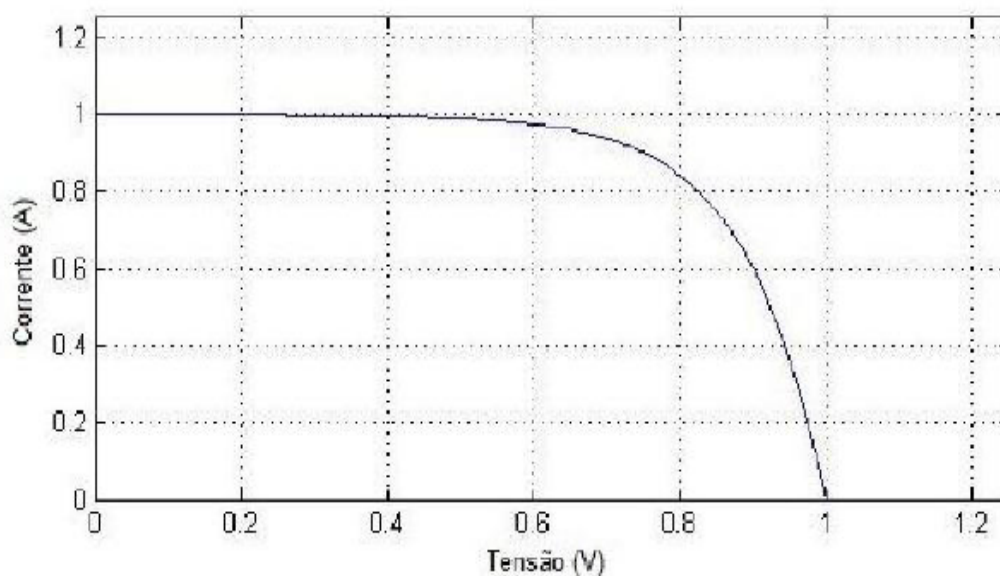


Figura 3 - Relação curva  $I \times V$ .

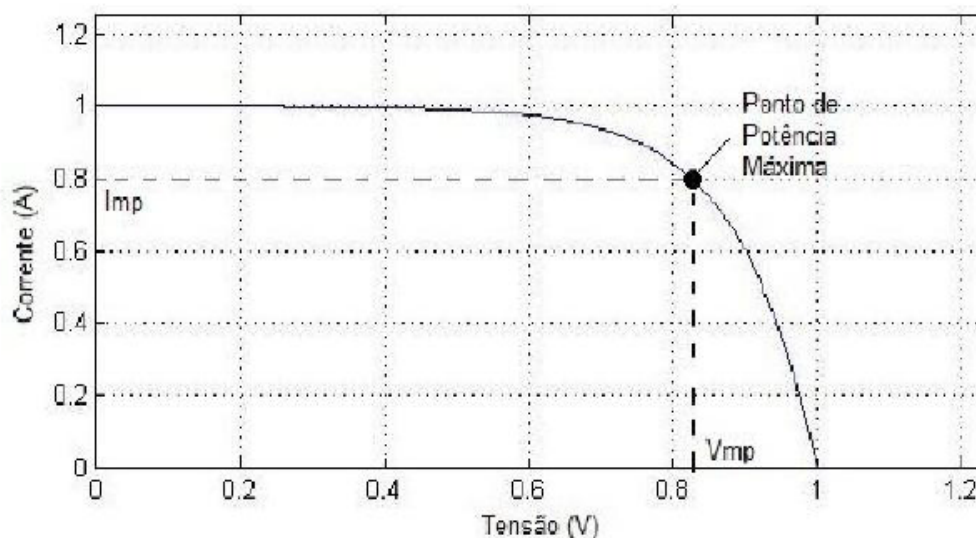


Figura 4 - Curva I x V com ponto de potência máxima.

- **Inversor**

Componente responsável pela conversão da energia CC oriunda do gerador fotovoltaico para uma energia CA com frequência e nível de tensão solicitada pela rede ou carga ao qual se conecta. Usualmente opera com tensão de entrada de 500V e tensão de saída de 220V, com frequência de 60 Hz. O símbolo elétrico deste dispositivo é ilustrado na Figura 4.

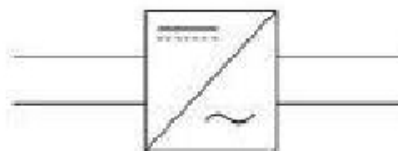


Figura 4 - Símbolo do inversor.

#### 4. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Todos os materiais e equipamentos utilizados na obra deverão ser de Primeira Qualidade ou Qualidade Extra, entendendo-se primeira qualidade ou qualidade extra, o nível de qualidade mais elevado da linha do material e equipamento satisfazendo as especificações da ABNT, do INMETRO, e das demais normas citadas neste Memorial Descritivo.

Caso o material ou equipamento especificado neste Memorial tenham saído de linha, ou <sup>Página 7</sup> encontrem-se obsoletos, estes deverão ser substituídos pelo modelo novo, desde que comprovada sua eficiência e equivalência.

É vedada a utilização de materiais e ou equipamentos improvisados e ou usados, em substituição aos tecnicamente indicados para o fim a que se destinam, assim como não será tolerado adaptar peças, seja por corte ou outro processo, de modo a utilizá-las em substituição às peças recomendadas e de dimensões adequadas.

O inversor a ser usado para montagem do sistema fotovoltaico será da marca B&B Power modelo SF1600TL.

Os módulos fotovoltaicos serão da marca AVPROJECT modelo AVP-60 policristalino.

Os disjuntores de proteção do sistema serão do padrão DIN e devem ser instalados conforme projeto.

**Não será permitido o emprego de materiais e ou equipamentos danificados.**

- **Cabos**

Os cabos utilizados em sistemas fotovoltaicos precisam atender os requisitos da aplicação a que se destinam. O sistema apresenta três tipos de cabos: cabos de módulos; cabo principal CC e cabo de ramal CA.

Os cabos de módulos são responsáveis pela união entre os módulos do gerador e sua caixa de junção. Os condutores positivos e negativos são alocados em cabos diferentes, chamados de cabos monocondutores, visando garantir a proteção contra falhas e curto-circuito. Para aplicações externas, faz-se necessário o uso dos cabos solares, uma vez que são fabricados para operarem entre -55 °C e 125 °C, enquanto que a versão standard suporta uma temperatura máxima na ordem de 70 °C.

Os cabos CC permitem a conexão do gerador com o inversor. Análogo às questões anteriormente citadas, para a proteção contra falhas de terra e curto-circuitos, preferencialmente faz-se o uso de cabos monocondutores. Assim os cabos de módulos também podem ser utilizados como cabos CC. O condutor de proteção, responsável por desviar a corrente de fuga para a terra, não pode estar sujeito a nenhuma tensão.

Ainda, caso a caixa de junção esteja localizada no exterior, os cabos deverão ser alocados em eletrodutos uma vez que os cabos não são resistentes aos raios ultravioleta. Em instalações expostas a incidência de relâmpagos, deve-se utilizar cabo blindado.

Os cabos de ligação CA são responsáveis por ligar o inversor à rede (carga CA). Inversores Bifásicos utilizam cabos de 3 vias (2 fases + terra).

- **Disjuntores**

Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes que atuam automaticamente, isolando o circuito, na presença de um curto-circuito ou sobrecarga. Após o disparo, diferente dos fusíveis, os disjuntores podem ser rearmados, mantendo a segurança da instalação.

## **5. NORMAS APLICADAS**

As normas abaixo e ou suas sucessoras, bem como as demais não citadas neste memorial deverão ser os parâmetros mínimos a serem obedecidos para sua perfeita execução.

Qualquer projeto de geração de energia elétrica deve atender os requisitos impostos pela a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para que seja garantida a segurança e a qualidade da energia elétrica.

Este projeto é classificado, segundo a Aneel “Resolução 482”, como Microgeração Distribuída. A definição deste tipo de geração é transcrita a seguir, a partir da referência.

“Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras”.

- **Norma Regulamentadora**

Resolução 482 - Microgeração Distribuída.

NR-10          Segurança e Instalações e Serviços em Eletricidade.

- **Norma da ABNT**

NBR-5410      Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

- **Norma de distribuição de energia elétrica**

ND 5.30          Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig –  
Conexão em Baixa Tensão.

Todas as tubulações e conexões deverão ser montadas, de modo que a marca fique visível para possíveis fiscalizações.

Os detalhes da instalação e posição dos quadros elétricos deverão ser executados conforme detalhe específico constante do projeto elétrico.



- **Montagem dos Eletrodutos**

O dobramento de eletrodutos deverá ser feito de forma a não reduzir o diâmetro interno do tubo, ou de preferência com conexões de raio longo.

As curvas deverão ter um raio mínimo de 06 (seis) vezes o diâmetro do eletroduto.

Os eletrodutos paralelos deverão ser dobrados de maneira que formem arcos de círculos concêntricos.

Todas as rosca deverão ser conforme as normas da **ABNT** já citadas e ou sucessoras.

Os eletrodutos deverão ser cortados perpendicularmente ao eixo.

Quando aparentes, deverão correr paralelos ou perpendiculares às paredes e estruturas, ou conforme projeto.

Toda a tubulação elétrica deverá estar limpa e seca, antes de serem instalados os condutores. A secagem interna será feita pela passagem sucessiva de bucha ou estopa ou de sopro de ar comprimido.

Durante a construção e montagem, todas as extremidades dos eletrodutos, caixas de passagem, condutores, etc. deverão ser vedados com tampões e tampas adequadas. Estas proteções não deverão ser removidas antes da colocação da fiação.

Os eletrodutos deverão ser unidos por meio de luvas.

Os eletrodutos serão instalados de modo a constituir uma rede contínua de caixa a caixa, na qual os condutores possam, a qualquer tempo, serem enfiados e desenfiados, sem prejuízo para seu isolamento e sem ser preciso interferir na tubulação.

Deverão ser seguidas todas as recomendações e cuidados necessários à montagem de tubulações descritas nos manuais de instalação dos fabricantes e normas da **ABNT**.

- **Instalação de condutores elétricos e de sistemas diversos**

As cores padronizadas para fiação serão as seguintes:

- 1) Fases - vermelho, preto.
- 2) Terra - verde.

Os fios que vão do arranjo das placas para o inversor são de 4mm com isolamento para 750v a 70°C.

Os fios que fazem a interligação do inversor com a rede da CEMIG são de 6mm com isolamento para 750v a 70°C.

Os fios do aterramento das placas e do inversor serão de 6mm cor verde com isolamento para 750v a 70°C.

Toda a fiação será em cabos de cobre do tipo flexível.

As conexões e ligações deverão ser nos melhores critérios para assegurar durabilidade, perfeita isolamento e ótima condutividade elétrica.

Não serão aceitas emendas nos circuitos alimentadores principais, a interligação do quadro com o inversor deverá ser feita sempre, em cabos com um só lance.

As emendas e derivações dos condutores deverão ser executadas de modo que assegurem resistência mecânica adequada e contato elétrico perfeito e permanente por meio de conectores apropriados. As emendas serão sempre efetuadas em caixas de passagem com dimensões apropriadas.

**Obs. O desencapamento dos fios para emendas será cuidadoso, só podendo ocorrer nas caixas de passagem.**

Todas as conexões em cabos serão executadas com conectores do tipo pressão (sem solda).

No caso de condutores serem puxados por métodos mecânicos, não deverão ser submetidos à tração maior que a permitida pelo fabricante do cabo.

Todos os condutores deverão ter suas superfícies limpas e livres de talhos, recortes de quaisquer imperfeições.

#### • **Montagem de Quadros, Caixas e Inversor**

Os quadros elétricos serão constituídos, conforme diagrama unifilar e esquema funcional, apresentado nos respectivos desenhos de projetos

Os quadros embutidos em paredes deverão facear o revestimento da alvenaria e serão nivelados e aprumados.

O Inversor terá a montagem aparente serão fixados na parede através de parafusos e buchas, em quantidades e dimensões necessárias a sua perfeita fixação.

O nível dos quadros de distribuição será regulado por suas dimensões e pela comodidade de operações das chaves ou inspeção dos instrumentos, não devendo, de qualquer modo, ter a borda inferior a menos de 0,50 metros do piso acabado.

Além da segurança para as instalações que abriga, os quadros e inversores deverão ser inofensivos a pessoas, ou seja, em suas partes aparentes não deverá haver qualquer tipo de perigo de choque, sendo para tanto isolados.

A fixação dos eletrodutos aos quadros será feita por meio de buchas ou arruelas metálicas, sendo que os furos deverão ser executados com serra - copo de aço rápido e lixadas as bordas do furo.

As caixas de passagem deverão ser instaladas onde indicado nos projetos e nos locais necessários à correta passagem da fiação.

Independente do aspecto estético desejado serão observadas as seguintes recomendações:

- Todas as partes de aço serão protegidas contra corrosão mediante pintura, esmaltação, zincagem, ou outros processos equivalentes, ou conforme indicado no item pintura de tubulações e equipamentos aparentes.
- O inversor deve apresentar marcado em local visível as seguintes informações: nome do fabricante, ou marca registrada, tensão de alimentação, potências máximas dos dispositivos que nele podem ser instalados.

Deverão ser instalados pára-raios eletrônicos, varistores, conforme indicados no projeto elétrico, para proteção dos tipos e modelos conforme recomendações do projeto e da fabricante.

## 6. REPAROS E LIMPEZA GERAL DA OBRA

Deverão ser previamente retirados todos os detritos e restos de materiais de todas as partes da obra e de seus complementos, que serão removidos para o local apropriado.

### • Equipamentos de Proteção Coletivos e Individuais

A empresa deverá providenciar e exigir que seus trabalhadores utilizem os equipamentos de proteção coletivos e individuais, conforme determina a NR-06 (Equipamento de Proteção Individual) e da própria NR-10;

Os equipamentos de proteção individuais deverão possuir o Certificado de Aprovação (CA) emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego dentro do prazo de validade;

Além dos equipamentos de proteção coletivos e individuais, os eletricitistas deverão utilizar, quando necessário, os equipamentos de proteção de acordo com os riscos ambientais existentes nos locais de trabalho.

### • Ferramentas Manuais com Isolamento Elétrico

As ferramentas manuais com isolamento elétrico normalmente são especificadas para serem utilizados em tensões até 1.000 volts em corrente alternada ou 1.500 volts em corrente contínua e devem estar em conformidade com a Norma ABNT - NBR 9699. A especificação do isolamento deverá estar gravada no cabo (parte isolada) pelo fabricante da ferramenta, devendo o mesmo estar acompanhado de certificado emitido pelo fabricante atestando a qualidade e conformidade com a norma vigente.

O isolamento elétrico da ferramenta obrigatoriamente deve atender as condições da especificação citadas pelo fabricante, devendo sempre ser utilizadas de acordo com a sua finalidade e serem inspecionados com frequência visando à detecção de defeitos no isolamento (trincas, bolhas, desgaste, má aderência, etc.) bem como a condição geral do estado de conservação.

As ferramentas manuais podem ser especificadas com isolamento total ou com isolamento parcial, sendo que sempre que possível devemos dar preferência pela ferramenta com isolamento completo.

Podemos citar como exemplo a chave de fenda como ferramenta com isolamento total desde que <sup>Página 12</sup>  
fabricadas com cabo de material isolante, a parte condutora revestida com material isolante e somente a  
parte que efetivamente entra em contato com a peça sem isolamento.

O alicate universal pode ser classificado como ferramenta com isolamento parcial devido ao fato de ser  
fabricado em aço (condutor), os cabos revestidos com material isolante e a cabeça descoberta para  
permitir o corte, prensagem ou manipulação de cabos / fios de cobre ou peças.

Teófilo Otoni/MG, 14 de Novembro de 2014

SELTEC Soluções Elétricas e Tecnológicas LTDA.  
Jomar Britto de Oliveira - Dpto de Engenharia  
Engº Eletricista / Telecomunicações  
33 3521 1353 - 8809 9372  
www.seltecminas.com.br



ANEXO E – ORÇAMENTO ATUALIZADO



Aqui Geramos nossa Própria Energia

Painéis Solares Fotovoltaicos

SEMPRE CUIDANDO DA SUA ENERGIA

MÁS MUCUMI

**SELTEC**<sup>®</sup> (33) 3521.1353 - 3529.2267  
Soluções Elétricas e Tecnológicas [www.seltecminas.com.br](http://www.seltecminas.com.br)



AO MANOEL BARBOSA CANGUSSU NETO

Queremos neste momento expressar nosso agradecimento pela oportunidade de ofertarmos nossos produtos e serviços. Ficamos felizes pela sua iniciativa em buscar soluções sustentáveis de geração de energia.

Mais do que o fornecimento de equipamentos para geração de energia elétrica baseada no princípio fotovoltaico, a proposta visa um trabalho sistêmico completo e duradouro.

Como resultados desse trabalho podem esperar que os equipamentos apresentados forneçam energia de forma constante e com qualidade, atendendo as expectativas dos usuários.

Desde já agradecemos sua atenção e colocamo-nos ao seu dispor para quaisquer esclarecimentos adicionais que se façam necessários.

Temos certeza de que a presente proposta atenderá às expectativas de V.Sa e asseguramos-lhe que empregaremos nossos melhores esforços para a realização desta.

Atenciosamente,

---

SELTEC Soluções Elétricas e Tecnológicas LTDA.  
Compromisso com o seu Conforto e Bem Estar.

Jomar Britto de Oliveira - Diretor Executivo  
Engenheiro Eletricista / Telecomunicações-INATEL  
MBA em Gerência de Projetos – FGV  
33 3521 1353 - 33 8809 9372 Skype: jomarbritto  
[www.seltecminas.com.br](http://www.seltecminas.com.br)

**PROPOSTA N°****1- OBJETIVO:**

A Seltec Soluções Elétricas e Tecnológicas localizada à Rua Marcílio Rosa, 223, Jardim Iracema. – Teófilo Otoni – MG tem o prazer de submeter à apreciação de V.Sa a presente proposta técnica comercial para: Fornecimento de equipamentos eletrônicos, para implantação geração, conversão, distribuição e monitoramento de energia elétrica baseada no princípio fotovoltaico associado à rede elétrica **ONGRID** de acordo com a Resolução Normativa nº 482/2012 da Aneel.

**1.1 - ITENS INCLUSOS:**

- Levantamento técnico da demanda de energia;
- Dimensionamento da Usina de Energia Elétrica Solar Fotovoltaica;
- Painéis Solares certificados no INMETRO e inversores homologados na concessionária de energia;
- Elaboração do projeto e toda documentação dentro das normas técnicas da concessionária de energia;
- Anotações de Responsabilidade técnica ART;
- Projeto aprovado junto à concessionária local;
- Entrega - logística de entrega de todo sistema;
- Registro em sistema de monitoração da geração solar via Web;
- Instalação por equipe experiente, treinada e qualificada e dentro das exigências do MTE.

**2- DEMANDA ENERGÉTICA:**

A proposta foi elaborada para atendimento a uma demanda energética de aproximadamente 180 kwh/mês de energia, resultando em um abatimento mensal no valor aproximado de aproximadamente R\$ 158,00 na conta de energia elétrica levando em conta uma taxa de R\$0,88 por kw, totalizando uma redução anual de aproximadamente de R\$ 1.900,80.

**3- DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA:**

Para as soluções acima apresentadas, será necessária a instalação de um sistema fotovoltaico de 1,5 Kwp que irá ocupar uma área total de aproximadamente 12 m². Esse conjunto é representado por 06 placas fotovoltaicas de 250 watts, com composição poli cristalina e inversores ONGRID que geram até 1500 watts pico.

A capacidade final de geração do sistema será de aproximadamente 2.194 kwh/ano.

#### Funcionalidade do sistema ONGRID:

Os módulos fotovoltaicos convertem de forma silenciosa e sem partes móveis, a irradiação solar em energia elétrica. Geram corrente contínua (CC) que é convertida por meio de inversores em corrente alternada (CA). A partir daí é conectada com a rede elétrica da distribuidora de forma a reduzir o consumo de energia faturado pela concessionária. Enquanto a usina produzir energia ela pode ser autoconsumida no imóvel e caso a usina esteja produzindo mais do que o consumindo esta energia caminhará para a rede da concessionária da energia pelo medidor bidirecional gerando um crédito de energia que poderá ser utilizada em qualquer unidade consumidora que esteja na mesma titularidade do contratante. **(Este sistema não é anti-apagão)**, ou seja, se for desligada a energia da rede da concessionária não terá energia disponível no imóvel.

A legislação brasileira permite a produção de energia elétrica em uma edificação em determinado local e abater o consumo de energia elétrica de uma edificação em outro local desde que estas edificações estejam registradas no mesmo CPF ou CNPJ e na região atendida pela mesma companhia de energia. Conforme resolução 482\2012 da Aneel.

#### Passo a passo do sistema fotovoltaico:



- **Painel Solar Fotovoltaico** – Produz energia elétrica em corrente contínua.

- **Inversor Solar**- Inverte a corrente contínua em corrente alternada e equaliza com a rede elétrica – Desta forma a energia gerada pelo painel solar fica idêntica à energia consumida da rede elétrica

e assim pode ser utilizada para o consumo próprio.

- **Quadro de Luz** – A energia que sai do inversor solar vai para o seu “quadro de luz” e assim é distribuída para a sua casa, comércio ou indústria.
- **Eletricidade gerada pelos painéis solares** (placas fotovoltaicas) alimenta utensílios, eletrodomésticos, equipamentos e máquinas.
- **Excesso de Eletricidade** volta para a rede elétrica através do Relógio de luz fazendo ele “rodar ao contrario” (2), assim gerando um “crédito de energia” (3 e 4) para ser utilizado de noite ou nos próximos meses.



### Razões que justificam a instalação de um sistema solar

#### ECONOMIA:

- Redução da sua fatura mensal de consumo de energia elétrica, sendo que o consumidor deverá pagar, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade da energia pela concessionária;
- Independência dos constantes aumentos e flutuações das tarifas de energia;
- Ao ser um micro/minigerador, você alivia dos demais encargos e ainda acelera o retorno sobre o seu investimento

#### SUSTENTABILIDADE E RESPONSABILIDADE SOCIAL:

- Instale módulos solares e demonstre seu engajamento com o meio ambiente aos seus clientes, colaboradores, parceiros, futuras gerações... a todos;
- A energia solar não emite gases de efeito estufa para a nossa atmosfera;
- Ponto de destaque para o marketing, a energia solar é uma das fontes mais importantes do grupo de energias renováveis.

#### 3.1- ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA:

Descrição dos componentes do Gerador Solar Fotovoltaico			
Qtd	Descrição	Potência	Marca
06	Módulo Fotovoltaico – Área :26,24 m <sup>2</sup> - Peso: 320 Kg	250 Wp	AVP
01	Inversores ON GRID - Certificado TUV atende as especificações da NBR 16149 – ABNT	1,5 kw	B&B

#### 3.2 – INVESTIMENTO:

Valor do investimento do Gerador Solar Fotovoltaico completo:

Forma de pagamento:

Antecipado	R\$ 17.400,00
A Vista até 30 dias direto	R\$ 18.000,00
Parcelado até 01 + 03 parcelas	R\$ 19,800,00
10 Parcelas	R\$ 20.900,00

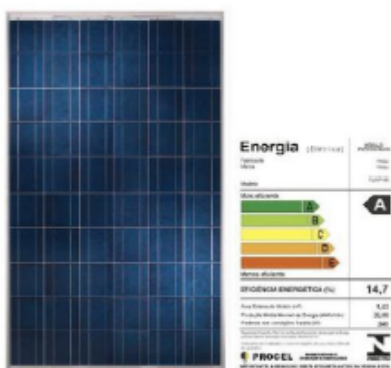
Esta proposta é pautada nos dados fornecidos pela conta de energia do cliente e levantados durante a visita técnica. Apresentando o planejamento, o dimensionamento, o fornecimento dos equipamentos adequados e materiais necessários e a execução do projeto de geração fotovoltaico conectado à rede, também chamado "On-Grid".

#### 4 - PRAZO DE ENTREGA

- O Prazo regulatório de entrega do sistema fotovoltaico é de 120 dias, considerando todos os trâmites burocráticos de registros conforme REN482 Aneel. Informado no item 1.1 desta proposta.

#### 5- EQUIPAMENTOS:

##### PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA:



##### 6- GARANTIA DOS PAINÉIS:

- 10 anos de garantia das placas.
- 5 anos de garantia do gerador solar fotovoltaico.
- 25 anos de garantia do fabricante dos módulos fotovoltaicos relativa a capacidade de geração de energia.

##### INVERSOR:

Inversores **B&B** Power, o qual oferece a mais completa linha de inversores para sistema solar fotovoltaico, aparência moderna, interface amigável, maior eficiência, alta relação de custo-benefício e garantia de qualidade.

##### GARANTIA DO INVERSOR:



5 anos de garantia.

##### 7- VALIDADE

Essa proposta é válida até 30/11/2015 e foi emitida em 04/11/2015

Atenciosamente,

Douglas Afonso S. P. Barroso  
Consultor de Vendas  
Email: douglasbarrososolltecminas@gmail.com  
(33) 9 8881-1353 / (33) 3521-1353

Proposta aceita pela MANOEL BARBOSA CANGUSSU NETO

Em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

## ANEXO F – TERMO DE AUTORIZAÇÃO

---

### Termo de autorização para uso de informações privadas

Eu, Cléber Bento Pereira, proprietário de uma micro usina de geração de energia elétrica fotovoltaica, localizada na cidade de Caratinga, Minas Gerais, autorizo, por meio desse termo, a utilização e publicação de informações referentes aos dados elétricos e técnicos desse empreendimento pelos graduandos do curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga, Gilson Barbosa Ferraz Júnior e Manoel Barbosa Cangussu Neto, como subsídio para objeto de estudo em trabalho acadêmico de conclusão de curso de autoria dos mesmos.

Sem mais, subscrevo-me.



---