

Felipe de Oliveira

**PROJETO DE UM SUBSISTEMA PARA TRANSFERÊNCIA DE CARGA PARA
USINAS DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA**

Trabalho de conclusão de curso, modalidade monografia, apresentado ao curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Me. Fabricio Antônio Egert

Santa Cruz do Sul

2016

TERMO DE ENCAMINHAMENTO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA A BANCA

Com o objetivo de atender ao disposto nos Artigos 20, 21, 22 e 23 e seus incisos, do Regulamento do Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC – considero o Trabalho de Conclusão de Curso, modalidade monografia, do acadêmico Felipe de Oliveira adequado para ser inserido na pauta semestral de apresentações de TCC's do Curso de Engenharia Elétrica.

Prof. Orientador Fabrício Antônio Egert

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa solarimétrico da radiação solar global horizontal média anual	12
Figura 2: Evolução do mercado de Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos no Brasil ...	14
Figura 3: Dimensões da qualidade do fornecimento de energia	15
Figura 4: Trajetória dos indicadores de continuidade no fornecimento de energia elétrica.....	16
Figura 5: Estruturas de bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes	20
Figura 6: Efeito fotovoltaico sobre semicondutor P-N	21
Figura 7: Configuração básica de um Sistema Fotovoltaico Isolado com distribuição CC.....	24
Figura 8: Exemplo de sistema isolado alimentando cargas CA.....	25
Figura 9: Sistema fotovoltaico conectado à rede.....	26
Figura 10: Medição bidirecional de registros independentes (a) com a utilização de um medidor bidirecional e (b) com a utilização de dois medidores unidirecionais ..	27
Figura 11: Ilustração de: (esq.) estrutura básica de uma célula, (dir.) célula fotovoltaica de silício cristalino	28
Figura 12: Fabricação de tarugos de mono-Si pelas técnicas de FZ e Czochralski ..	30
Figura 13: Célula monocristalina nos formatos, quadrada, semi-quadrada e redondada, respectivamente	31
Figura 14: Exemplo de painel fotovoltaico monocristalino.....	31
Figura 15: Blocos de silício policristalino fundido	32
Figura 16: Pastilha policristalina sem a camada anti-reflexão, com a camada anti-reflexão e com a camada anti-reflexão e filamentos elétricos, respectivamente.....	33
Figura 17: Exemplo de painel fotovoltaico policristalino	33
Figura 18: Camadas de um módulo fotovoltaico típico.....	34
Figura 19: Curva característica I-V e de potência P-V para módulo de potência nominal de 100 Wp	36
Figura 20: Curva I-V para 1, 2 e 4 módulos idênticos associados em série.....	37
Figura 21: Curva I-V para 1, 2 e 4 módulos idênticos associados em paralelo.....	38
Figura 22: Funções do sistema de transferência de carga.....	40
Figura 23: Exemplo de QTA com acionamento por contadores	41
Figura 24: Diagrama elétrico de contadores com intertravamento mecânico.....	42

Figura 25: Transferência de carga em transição fechada em rampa	43
Figura 26: Tabela de proteção ANSI para transferência de carga em transição fechada	44
Figura 27: Circuito básico de um inversor em meia-ponte monofásico	45
Figura 28: Sequência de chaveamento para inversor meia-ponte monofásico	46
Figura 29 : Padrão de modulação por largura de pulso senoidal	47
Figura 30: Forma de onda da saída de um inversor gerada através de PWM	47
Figura 31: Modelos de inversores solares (esq.) para sistemas conectados à rede e (dir.) para sistemas isolados.....	49
Figura 32: Procedimentos e etapas de acesso	57
Figura 33: Desenho ilustrativo do sistema proposto.....	61
Figura 34: Layout 3D proposto para a aplicação.....	64
Figura 35: Imagem da fonte de tensão utilizada.....	65
Figura 36: Imagem da fonte de tensão utilizada.....	66
Figura 37: Placa de montagem utilizada para o protótipo.	67
Figura 38: Placa de montagem utilizada para o protótipo.	67
Figura 39: Ligação do relé de interface utilizado como sensor de detecção.	68
Figura 40: Visão geral das contadoras utilizadas.	69
Figura 41: Intertravamento mecânico.....	70
Figura 42: Sinaleiros para simular o funcionamento do sistema.	71
Figura 43: Etapas de funcionamento do sistema.	71
Figura 44: Sistema operando no modo ON-GRID.....	72
Figura 45: Sistema operando no modo OFF-GRID.....	72
Figura 46: Sistema operando no modo REDE.	73
Figura 47: Intertravamento do sistema.....	74
Figura 48: Medição da tensão na carga na transição entre do sistema OFF-GRID para ON-GRID.....	75
Figura 49: Sobreposição dos sinais do sistema ON-GRID e OFF-GRID no momento da transição.....	76
Figura 50: Medição da tensão na carga na transição entre do sistema ON-GRID para OFF-GRID.....	76
Figura 51: Sobreposição dos sinais do sistema ON-GRID e OFF-GRID no momento da transição.....	77

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Histórico de utilização da energia fotovoltaica.....	11
2	JUSTIFICATIVA.....	12
3	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS.....	19
3.1	Objetivo geral.....	19
3.2	Objetivos específicos.....	19
4	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	20
5	SISTEMA FOTOVOLTAICO	23
5.1	Sistemas fotovoltaicos isolados	23
5.2	Sistemas fotovoltaicos conectados à rede	25
6	TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA.....	28
6.1	Silício monocristalino	29
6.2	Silício policristalino.....	32
6.3	Módulos fotovoltaicos.....	33
7	SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CARGAS ELÉTRICAS	39
7.1	Transferência Automática.....	40
7.2.1	Transferência por transição aberta.....	41
7.2.2	Transferência por transição fechada	42
8	INVERSOR.....	45
8.1	Inversores para sistemas fotovoltaicos	48
9	NORMAS E REGULAMENTAÇÕES	50
9.1	Resolução Normativa nº 482 da ANEEL	50
9.2	PRODIST. Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição.....	52
9.3	Norma Técnica NTD 014.001 AES SUL	58
10	METODOLOGIA.....	60
11	RECURSOS	62
12	DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO	63
12.1	Projeto Elétrico	63
12.2	Painéis fotovoltaicos.....	64
12.3	Inversores de Frequência	65
12.4	Painel Elétrico.....	66
12.4.1	Relés de Interface.....	68

12.4.2	Contadoras de potência.....	68
12.5	Aplicação.....	70
13	CONCLUSÃO.....	78
	REFERÊNCIAS.....	79
	APÊNDICE A – LISTA DE MATERIAIS	83
	APÊNDICE B – DIAGRAMA ELÉTRICO DO PROTÓTIPO	84
	ANEXO A – Datasheet da contadora e intertravamento mecânico	90
	ANEXO B – Datasheet Relé de Interface (elemento sensor).....	92

RESUMO

As distribuidoras de energia vêm, a cada ano, melhorando seus sistemas de distribuição de energia elétrica. Este fato se comprova através da redução contínua que seus índices de qualidade de energia vem apresentando nos últimos anos. Índices estes que representam a quantidade e duração das interrupções no fornecimento de energia elétrica. Fato é que não teremos tão cedo o fornecimento contínuo de energia elétrica, ou seja, sem interrupções.

Outro ponto importante que fora considerado no decorrer do estudo é o constante crescimento na utilização de fontes de energia renováveis, sendo uma delas a energia fotovoltaica, onde são apresentados estudos apontando um aumento expressivo na utilização desta tecnologia.

Sendo assim, este estudo vai ao encontro do desenvolvimento de um sistema auxiliar que seja capaz de fornecer energia elétrica para o consumidor nos momentos em que houver interrupção no fornecimento por parte da distribuidora, seja qual for o motivo.

Este sistema fará então o aproveitamento da estrutura de geração de energia fotovoltaica já existente, adicionando apenas alguns componentes extras que possibilitarão transformar um sistema originalmente conectado à rede em um sistema isolado de forma comutativa e reversível.

O intuito é então oferecer as vantagens de ambos os sistemas para o consumidor, onde ele poderá ter seu sistema conectado à rede, gerando energia para seu próprio consumo e também fornecendo para a rede e ao mesmo tempo com a possibilidade de geração de energia isoladamente quando interrompido o fornecimento por parte da distribuidora e seu inversor ser desabilitado pela função de anti-ilhamento, haja vista a não existência no mercado de inversores que realizem esta operação.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica, sistema de comutação automático, sistema de geração fotovoltaica híbrido.

ABSTRACT

Electricity distribution companies are, every year, improving their electricity distribution systems. This fact is proven by the continuous reduction that their power quality indices have been showing in past years. These indices are the ones that represent the frequency and the length of the interruptions in the electricity supply. The fact is that a continuous electricity supply without interruption will not so soon be a reality.

Another important point considered along this study is the steady growth in the use of renewable energy sources, one of them the photovoltaics, where studies are presented pointing at an expressive increase in the use of this technology.

Thus, this study works for a development of an auxiliary system that is responsible to provide electricity for the consumer when there is an interruption in supply from the distribution company, whatever the reason is.

This system will make use of the photovoltaic power generation existing structure, adding just a few extra components that will make possible to transform a system originally connected to the electricity distribution system in an isolated system.

The intention is to offer the vantages of both systems to the consumer, where this consumer may have the system connected to the electricity distribution, generating energy for own consumption and providing energy to the electricity distribution system and, at the same time, with the possibility to generate electricity isolated when the electricity supply is interrupted by the distribution company and the inverter was disabled by the anti-islanding function.

Keywords: Photovoltaics, automatic switching system, hybrid photovoltaic system.

ÁREA E LIMITAÇÃO DO TEMA

O trabalho fundamenta-se sobre a área de energias renováveis, onde dentro desta tratará apenas de energia solar fotovoltaica. Sendo a limitação do tema restrita às usinas de microgeração de energia fotovoltaicas conectadas ao sistema de distribuição de energia do grupo AES BRASIL, mais especificamente da concessionária AES SUL, concessionária do grupo no estado do Rio Grande do Sul.

Dentro deste contexto, se apoiará sobre os sistemas de geração de energia existentes na proposta de criação de um sistema híbrido que atenda às necessidades específicas de consumidores residenciais que possuem unidades geradoras fotovoltaicas.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o fornecimento de energia elétrica é um dos serviços básicos que possui alta complexidade, de forma que realizar sua operação correta e com qualidade não é uma tarefa fácil. Os equipamentos pertencentes ao sistema, como as centenas de centrais geradoras de energia, as linhas de transmissão, subestações e transformadores de distribuição precisam trabalhar de forma conjunta e coordenada para que o consumidor possa dispor de energia elétrica no momento que desejar.

Mesmo este setor representando apenas 2,2 % do Produto Interno Bruto do país, a qualidade no seu fornecimento é essencial para a sua manutenção, pois a falta de energia tem um impacto gigante sobre praticamente todos os produtos e serviços que fazem girar a economia do país. (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014)

É visível, nesta análise, que se tenha um aporte financeiro pesado para que este se mantenha em operação, o que implica diretamente em repasses constantes de aumentos na tarifação de energia elétrica. Por este motivo, necessitamos de diferentes alternativas para suprir esta demanda de energia sem onerar financeiramente tanto consumidores quanto instituições públicas.

Neste sentido, inicia-se a corrida em busca de soluções de geração de energia em fontes alternativas, também chamadas de sustentáveis, como a energia solar, por exemplo. Esta então começa a receber incentivos governamentais para que os próprios usuários façam a aquisição do sistema e passem a produzir e consumir este tipo de energia. Incentivos estes comprovados através do “Sistema de Compensação de Energia”, por exemplo, que vem sendo moldado constantemente pela ANEEL através de sua resolução normativa de número 482, publicada em 2012.

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. (CADERNOS TEMÁTICOS ANEEL, 2014)

Em função disso, tem-se a importância no aprimoramento e desenvolvimento de sistemas para energia solar no âmbito brasileiro, onde devemos buscar a otimização em sua utilização de forma que a energia proveniente do Sol seja a cada dia melhor aproveitada.

1.1 Histórico de utilização da energia fotovoltaica

Segundo Nakabayashi (2014), A tecnologia solar fotovoltaica teve seu surgimento como aplicação prática no final da década de 50 e início da década de 60 em aplicações restritas como em aplicações espaciais e utilização em satélites. Posteriormente, na década de 70 surgem as aplicações no setor de telecomunicações, tornando-a mais popularizada, até que na década de 80 esta começa a se tornar interessante economicamente, devido ao decaimento do seu valor, para fornecimento de energia elétrica para usuários distantes das redes convencionais de distribuição de energia, se consolidando então na década de 90 neste segmento.

Nakabayashi (2014) ainda afirma que este fato se deve ao alto custo envolvido na infraestrutura necessária para se levar energia elétrica através de redes de distribuição para locais bastante isolados e muitas vezes com baixa demanda de energia.

No contexto brasileiro, no que diz respeito à sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, Brasil (2014) afirma que os primeiros sistemas deste tipo foram instalados no final dos anos 90 em concessionárias de energia elétrica, universidade e centros de pesquisa. A Companhia Hidrelétrica do São Francisco foi a pioneira nesta área ao instalar um sistema fotovoltaico em 1995. Outros sistemas foram instalados na USP (São Paulo, SP), na UFSC (Florianópolis, SC), na UFRGS (Porto Alegre, RS) e no Cepel (Rio de Janeiro, RJ).

Já no campo da pesquisa e desenvolvimento, o país vem, através de seus órgãos públicos, investindo bastante ao longo dos últimos anos, onde aparecem os estados de Minas Gerais e São Paulo como pioneiros através dos estudos de seus potenciais solares em seus territórios. Prova disso são o lançamento, em 2012 do Atlas Solarimétrico de Minas Gerais e do estudo intitulado “Energia Solar Paulista: Levantamento do Potencial” pelo estado de São Paulo (BRASIL, 2014).

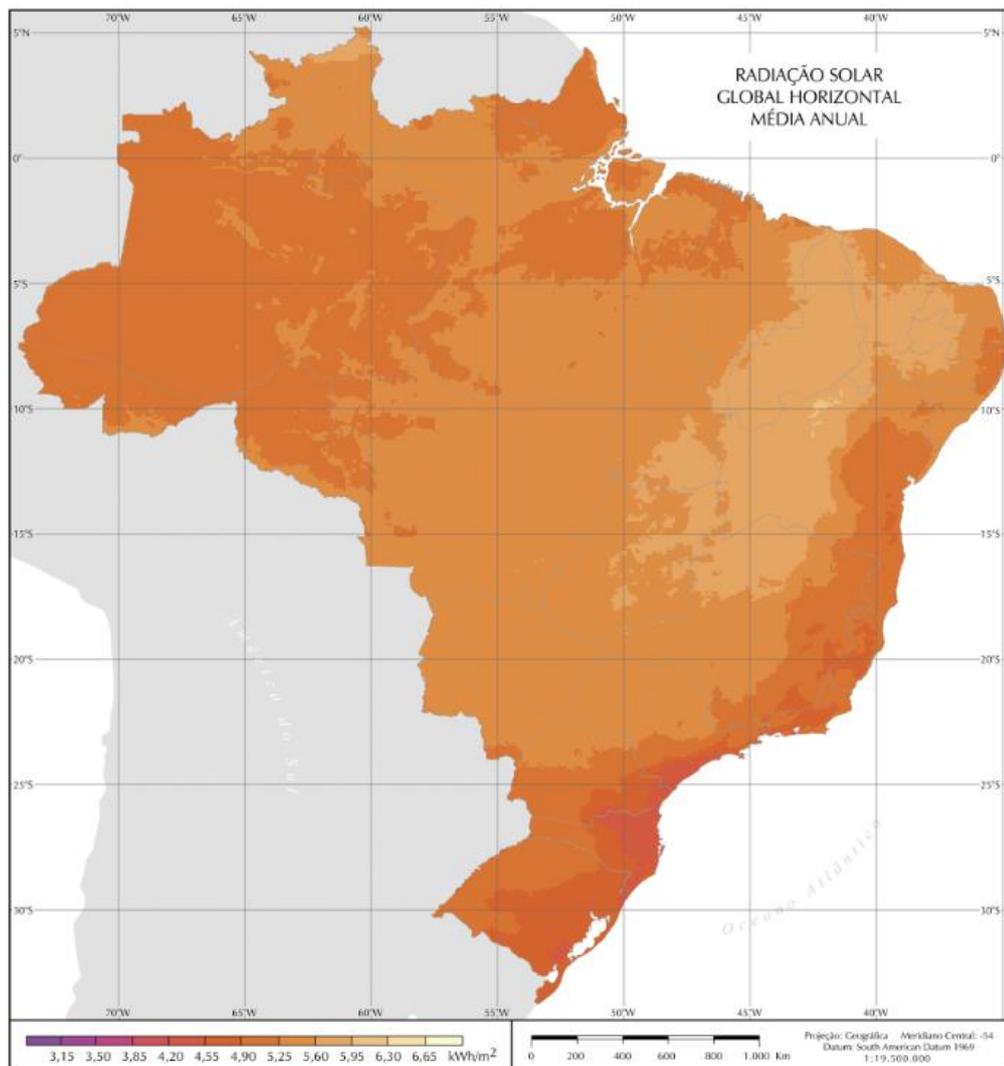
Outro exemplo deste investimento é a participação de universidade, laboratórios e outras instituições no P&D Estratégico da ANEEL: “Arranjos Técnicos e Comerciais Para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira”, que totalizou um investimento total de R\$ 395,9 milhões em um prazo de três anos. (BRASIL, 2014).

2 JUSTIFICATIVA

O Brasil é privilegiado no seu potencial energético solar, que é em torno de 2.500 MW, cinco vezes maior que o dos Estados Unidos e, acentuadamente, maior que a maioria dos países de primeiro mundo. Assim, são amplas as possibilidades de aproveitamento energético do Sol, destacando-se o térmico e o fotovoltaico (FARRET, 2010).

Este potencial é evidenciado e comprovado através de estudos específicos, realizados por órgãos nacionais, que realizam leituras diárias da radiação solar que incide sobre cada uma das diferentes regiões do país. Um destes mapas, também chamados de mapas solarimétricos, pode ser visto na figura a seguir.

Figura 1: Mapa solarimétrico da radiação solar global horizontal média anual



Fonte: Brasil (2006).

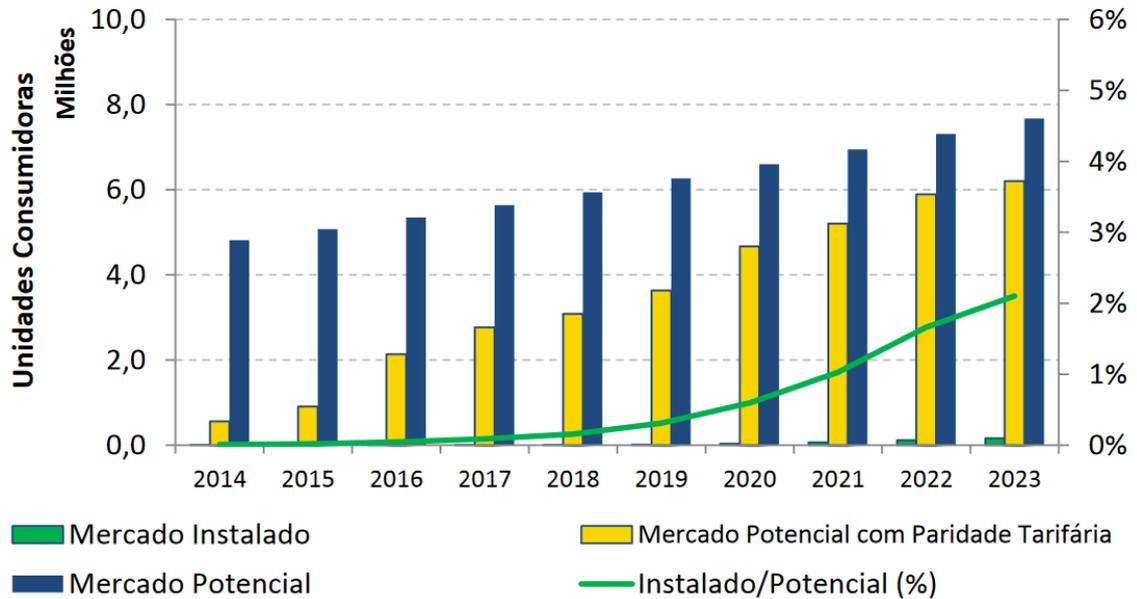
Dentre as fontes alternativas, a energia solar salienta-se como uma fonte de consideráveis características, tais como: é autônoma, não polui o ambiente, ou seja, não prejudica nenhum ecossistema, é uma fonte inesgotável e renovável e tem grande confiabilidade (FARRET, 2010).

O Brasil, por sua vez vem acompanhando o desenvolvimento internacional do setor fotovoltaico, embora ainda com pequena capacidade instalada, tem buscado superar as barreiras, através de um conjunto de elementos, para inserção da fonte na matriz brasileira. Os avanços alcançados nos últimos anos contemplaram ações oriundas de múltiplos agentes, em diversas esferas, destacando-se a regulatória, tributária, normativa, de pesquisa e desenvolvimento, e de fomento econômico

Aliando estes fatores em conjunto com análises mercadológicas e de paridade tarifárias, é possível vislumbrar um horizonte no qual se dará o futuro da tecnologia fotovoltaica no Brasil.

Na figura a seguir podemos visualizar a evolução do mercado de sistemas fotovoltaicos no Brasil até 2023. A barra azul apresenta o número de unidades consumidoras potenciais, isto é, residências com consumo superior a 400 kWh/mês e comércios (sem restrição à nível de consumo), limitados apenas pelo fator da restrição de aptidão (55% do total). A barra amarela representa como o mercado vai se tornando economicamente viável ao longo dos anos, atingindo a viabilidade para mais de 80% dos consumidores potenciais em 2023. Em verde é mostrado o número de consumidores que terão instalados sistemas fotovoltaicos ao longo do horizonte decenal (forma de barra) e o percentual em relação ao potencial, em linha.

Figura 2: Evolução do mercado de Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos no Brasil



Fonte: Brasil (2014)

A tabela a seguir apresenta a previsão do número de consumidores que instalarão painéis fotovoltaicos de acordo com a análise. No fim do horizonte, estima-se que o Brasil tenha instalado aproximadamente 161 mil sistemas. (BRASIL, 2015)

Tabela 1: Cenário do número acumulado de unidades consumidoras com sistemas fotovoltaicos.

Segmento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Residencial	165	339	677	1.355	2.972	9.609	24.539	54.036	1022.387	140.001
Comercial	216	616	1.676	3.735	6.407	9.912	14.936	17.268	19.238	21.349
Total	381	955	2.353	5.090	9.379	19.521	39.475	71.304	121.624	161.360

Fonte: Brasil (2014)

Inclui-se também neste cenário o crescimento abrupto das tarifas de eletricidade, o cenário econômico ruim e também a inclusão de bandeiras tarifárias nas faturas de energia elétrica, conforme mostra a notícia a seguir.

Baixa tensão teve a maior redução desde 2004

No resultado final do ano, o consumo **residencial** caiu 0,7% enquanto o **comercial** cresceu apenas 0,6%, totalizando, respectivamente, 131.315 GWh e 90.383 GWh [...].

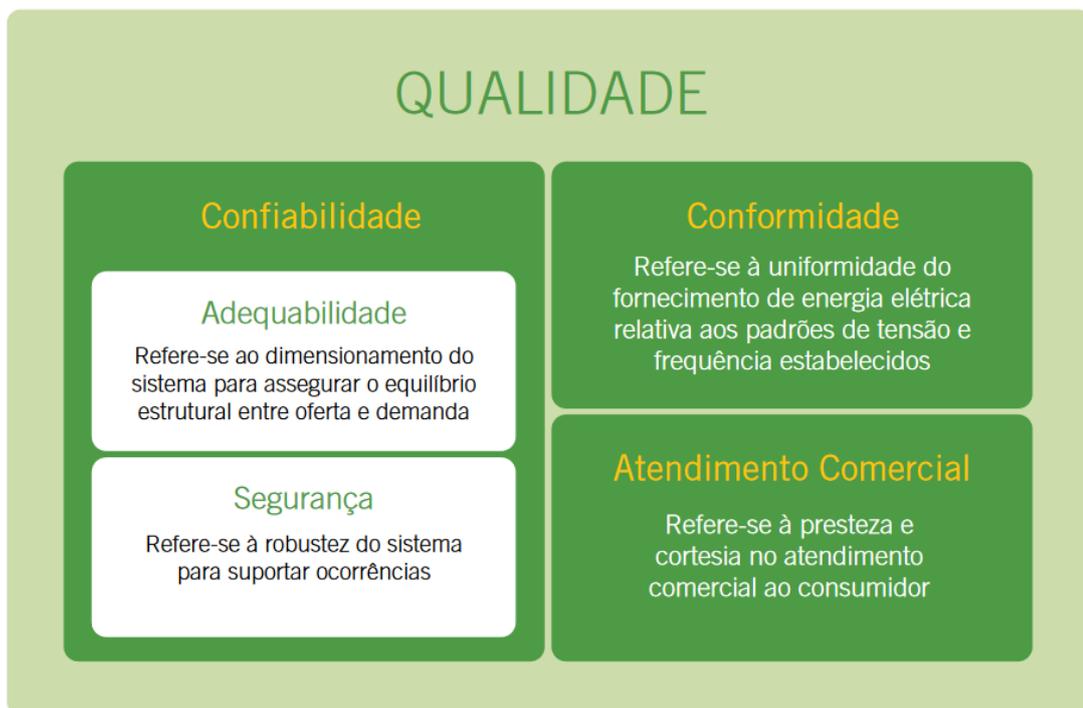
[...] Pela primeira vez depois do racionamento de 2001, o consumo médio nas residências brasileiras em dezembro de 2015 registrou retração. (RESENHA MENSAL DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016).

Realizando uma análise sobre os dados apresentados, é notável a grandeza do potencial evolutivo que esta tecnologia possui e também a magnitude de sua abrangência ao longo dos anos. Isto por conta de todos os seus aspectos positivos e também favorecido através dos problemas enfrentados pelas fontes hoje amplamente utilizadas no nosso país.

Todavia, para fundamentar a justificativa que motiva o desenvolvimento deste estudo, é preciso realizar outro tipo de análise, desta vez do ponto de vista de fornecimento de energia elétrica nas redes de distribuição das distribuidoras, analisando a qualidade da energia elétrica fornecida.

Relativo a qualidade da energia, temos alguns pilares que fundamentam este conceito, relacionando os pontos pelos quais as empresas que atuam na distribuição de energia são avaliadas. A figura a seguir ilustra estes pilares.

Figura 3: Dimensões da qualidade do fornecimento de energia



Fonte: Instituto acende Brasil (2014)

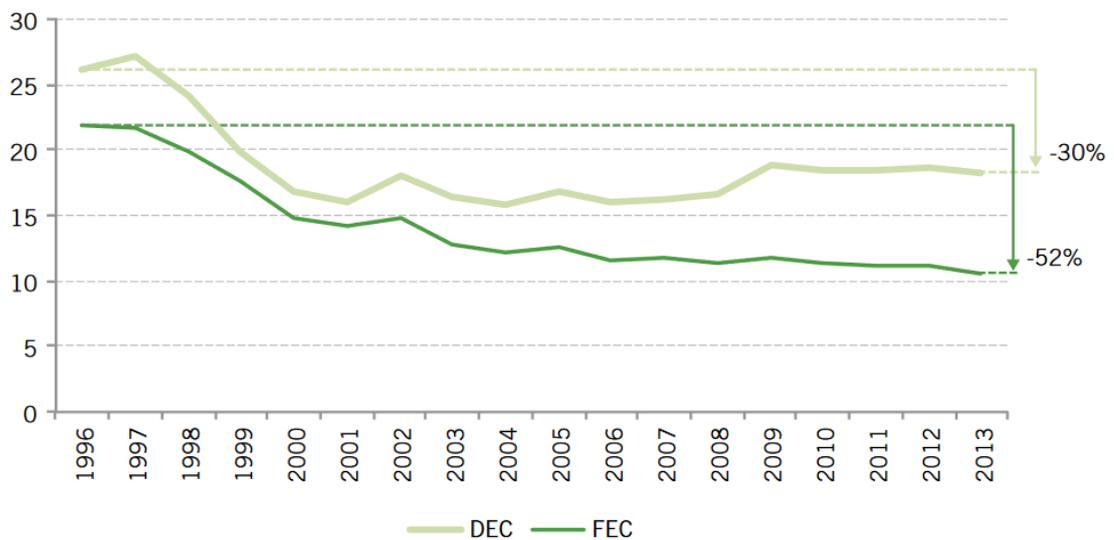
Este estudo, entretanto, se aterá mais especificamente a apenas um deles, a confiabilidade, que se trata da capacidade que o sistema possui para lidar adequadamente com as ocorrências de forma a evitar perturbações excessivas que possam causar a interrupção no fornecimento de energia elétrica aos consumidores.

A avaliação da confiabilidade do fornecimento é feita através de dois indicadores, que são explicados a seguir e sua trajetória demonstrada na próxima figura.

O FEC – **Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora** – indica o número de interrupções médio de um determinado conjunto de consumidores no período de apuração (soma do número de interrupções sofridas em cada unidade consumidora no período de apuração, dividida pelo número de unidades consumidoras).

O DEC – **Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora** – indica a média de horas que os consumidores de um determinado conjunto ficaram sem fornecimento de energia no período de apuração (soma do número de horas que cada unidade consumidora passou sem energia no período de apuração, dividida pelo número de unidades consumidoras).

Figura 4: Trajetória dos indicadores de continuidade no fornecimento de energia elétrica



Fonte: Instituto acende Brasil (2014)

Examinando a trajetória destes dois indicadores, podemos perceber que há sim uma considerável redução tanto no número de ocorrências, como na duração das mesmas, porém ainda estão presentes e são fatores preocupantes para alguns tipos de sistemas.

Devemos considerar também outro fator importante que, mesmo sendo esporádico e sem uma frequência definida, é o responsável pelos maiores aumentos

nestes dois índices citados anteriormente, que são os eventos climáticos caracterizados por fortes chuvas e ventos intensos.

Estes eventos, dependendo de sua intensidade e duração, podem causar a interrupção de fornecimento de energia elétrica por diversos dias, dependendo da abrangência dos equipamentos do sistema em que ele interferir, que podem ser desde a derrubada de postes de distribuição, até a queima de transformadores de subestações.

As notícias apresentadas a seguir comprovam esta condição.

Chuva deixa bairros sem luz e causa estragos em Salvador; veja fotos. Falta energia nos bairros Mata Escura, Águas Claras, Barros Reis e outros. Árvores caíram na Avenida Sete e também há pontos de alagamento (G1, 2016).

Chuva causa interrupção no fornecimento de energia elétrica em bairros Manaus. Vários pontos da capital tiveram problemas no fornecimento de energia neste domingo (8). Forte chuva que caiu na cidade pode ser motivo (UOL, 2015).

Temporal provoca falta de energia e concessionária mobiliza 50 equipes. A forte chuva que atingiu Campo Grande desde às 5 horas, acompanhada de ventos de até 52 km/h, provocaram quedas de árvores e galhos na rede elétrica em diversas regiões da cidade. No Parque dos Poderes faltou energia no início da manhã e em muitos pontos da região central o fornecimento ainda está interrompido (NEWS, 2015).

Considerando as análises realizadas anteriormente e sob o ponto de vista econômico dos consumidores que possuem bens materiais ou de qualquer outra espécie e que, por este motivo, não podem admitir a interrupção no fornecimento de energia elétrica para sua unidade consumidora, é de extrema importância que se tenham sistemas de “*backup*” que possam ser acionados automaticamente quando solicitados.

Estes reduziram não apenas os valores pagos diretamente sobre o consumo de energia mas também a todas as outras que podemos chamar de indiretas, como os custos relacionados à manutenção de sistemas elétricos e também aos de tributação sobre este serviço.

Tendo também o intuito de fomentar o mercado do setor fotovoltaico de modo a proporcionar novas opções para a geração de energia de modo a vencer as barreiras que hoje encontram o setor energético brasileiro por sua dependência das grandes hidrelétricas.

Aliado a estes fatores, temos o potencial solar do Brasil que se trata de uma fonte inesgotável e também sustentável de energia que deve ser aproveitada ao seu máximo em prol das pessoas e do planeta.

Com este intuito então, este estudo será dirigido de modo a criar um sistema secundário que seja capaz de suprir estas necessidades, utilizando-se de equipamentos de geração de energia renováveis (módulos fotovoltaicos), considerando que estes já estarão disponíveis e instalados no sistema elétrico da unidade consumidora.

3 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver um equipamento que seja capaz de maximizar a utilização de sistemas fotovoltaicos de geração de energia conectados à rede elétrica de distribuição, possibilitando a sua utilização com o intuito de geração e manutenção do funcionamento dos equipamentos elétricos em períodos onde que, mesmo com a presença de irradiação solar, os atuais sistemas conectados à rede são desabilitados, através de seus inversores, por motivos de segurança, quando da falta de energia do sistema de distribuição da concessionária.

3.2 Objetivos específicos

Estudar os tipos de sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica existentes e os componentes específicos que fazem parte da sua composição, afim de comprovar tecnicamente a viabilidade do objetivo geral proposto.

Analisar as regulamentações e normativas existentes no âmbito brasileiro e também do estado do Rio Grande do Sul pertinentes ao acesso de microgeração e minigeração distribuída e sistema de compensação de energia elétrica com o intuito de encontrar pontos que possibilitem a utilização de sistemas distintos de geração de energia elétrica.

Desenvolver um *hardware* específico para utilização do sistema proposto, onde o mesmo possa interagir com a rede de distribuição de energia elétrica da concessionária/distribuidora, realizando medições, comparações e acionamentos proporcionando a comutação entre sistemas conectados à rede e sistemas isolados, instalados em conjunto em uma mesma unidade consumidora, de modo a possibilitar o melhor aproveitamento possível do potencial solar disponível.

4 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O processo de fusão no centro do Sol transforma núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio e durante este processo parte da massa é transformada em energia e esta energia, por sua vez, é emitida pelo Sol através de radiação. (GREENPRO, 2004).

O planeta Terra recebe uma quantidade de energia solar na sua superfície correspondente a dez mil vezes à demanda global de energia. Sendo assim, teríamos de utilizar apenas 0,01 % desta energia para satisfazer toda a humanidade. (GREENPRO, 2004).

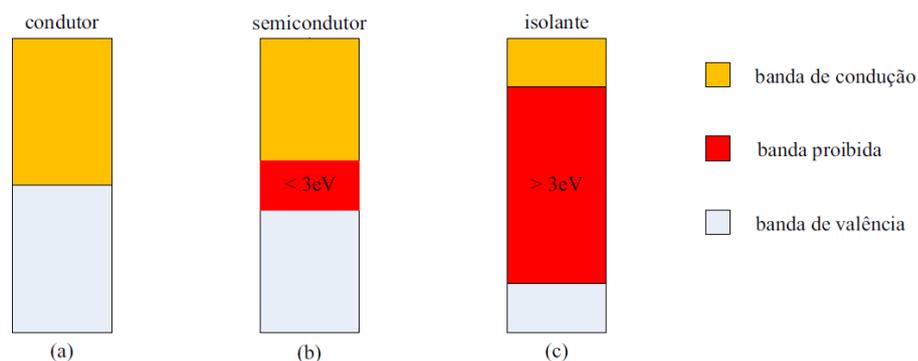
A energia fotovoltaica consiste na transformação direta de energia radiante em eletricidade, sem a produção de nenhuma forma de energia intermediária durante a ocorrência do processo. (FARRET, 2010).

Brasil (2016) lembra que o efeito fotovoltaico é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de um material semicondutor, produzido, neste caso, pela absorção de luz.

Semicondutores são caracterizados pela presença de bandas de valência (com presença de elétrons) e *gaps* (banda totalmente vazias), sendo que em temperatura ambiente existe energia para que alguns elétrons passem do *gap* para a banda de condução. Entretanto, essa quantidade de elétrons é pequena, sendo necessário o processo de dopagem do material para que ele possa ser utilizado como semicondutor na produção de energia elétrica (BRASIL, 2016).

A figura a seguir ilustra o conceito definidor anteriormente para bandas de valência, *gap* (ou bandas proibidas) e bandas de condução de materiais condutores, semicondutores e isolantes.

Figura 5: Estruturas de bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes



Fonte: Brasil (2014)

Temos também uma tabela que mostra a tensão de *gap* (E_g), ou seja, a tensão necessária para que um elétron atravesse o *gap* de diversos materiais semicondutores.

Tabela 2: Bandas proibidas E_g para diversos materiais semicondutores à temperatura de 300 K.

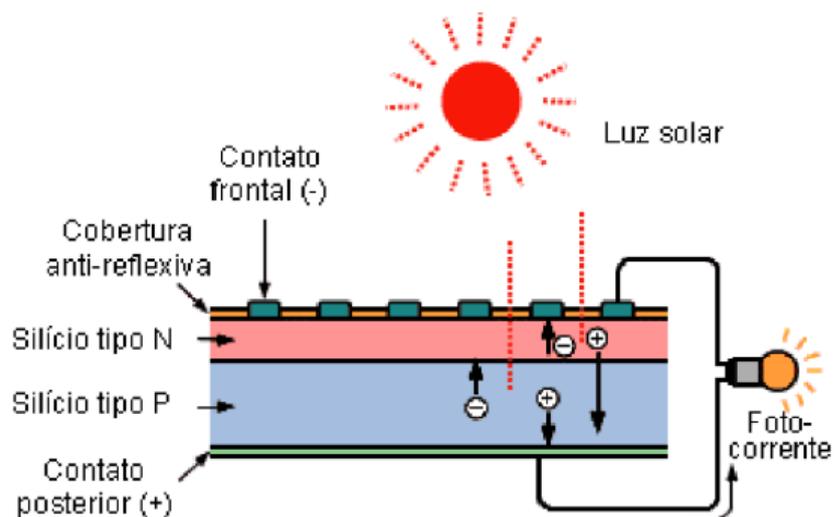
Material	Grupo	E_g (eV)	Material	Grupo	E_g (eV)
Si	Elemento	1,12	GaP	III-V	2,26
Ge	Elemento	0,66	CdS	II-IV	2,42
GaAs	III-V	1,43	PbS	II-IV	0,35
InSb	III-V	0,18	PbTe	II-IV	0,30
InP	III-V	1,35	CdTe	II-IV	1,45

Fonte: Brasil (2014)

Ao se adicionar fósforo, por exemplo, ao silício, teremos ligações com um elétron “sobrando”, fracamente ligado ao seu átomo de origem, sendo necessária pouca energia para libera-lo à banda de condução. Este tipo de processo gera um semicondutor negativamente dopado, ou de tipo “n”. Já se adicionarmos boro, por exemplo, teremos ligações com um elétron “faltando”, ou seja, uma lacuna na rede de ligações do silício, originando-se então um semicondutor positivamente dopado, ou de tipo “p”. (BRASIL, 2016).

A figura a seguir ilustra o efeito da radiação solar sobre um semicondutor dopado.

Figura 6: Efeito fotovoltaico sobre semicondutor P-N



Fonte: Brasil (2016)

Se uma junção pn for exposta a fótons com energia maior que o *gap*, são gerados deslocamentos de cargas que dão origem a uma diferença de potencial nas extremidades do semicondutor, o que é conhecido por efeito fotovoltaico. (BRASIL, 2016).

Brasil (2014) complementa ainda citando que a célula fotovoltaica, que se trata de um dispositivo fabricado em material semicondutor, é a unidade fundamental de todo este processo de conversão de energia.

Existem dois tipos principais de tecnologia para conversão de energia em eletricidade a partir do Sol. O primeiro deles está relacionado com a transformação da luz solar diretamente em eletricidade, o que é feito por meio de módulos fotovoltaicos constituídos de células. A célula comporta-se como se fosse uma bateria de baixa tensão (em torno de 0,5 V), cuja carga é continuamente recompletada numa taxa proporcional à iluminação incidente. A conexão série-paralelo de tais células permite o projeto de painéis solares com altas correntes e tensões. (FARRET, 2010).

O segundo método trata-se do sistema heliotérmico, que basicamente converte a radiação solar primeiro em energia térmica e posteriormente em energia elétrica. Não entraremos mais a fundo neste tipo de tecnologia pois este não possui grande relevância para o trabalho proposto.

No Brasil, a energia solar pode fornecer energia elétrica em corrente alternada de 127 V (110 V) ou 220 V em 60 Hz ou, ainda, em corrente contínua de 12 V, 24 V ou 48 V. Essa energia pode ser utilizada em pequenos aparelhos domésticos. A carga é alimentada diretamente em corrente contínua ou é transformada, por meio de um inversor de potência do tipo chaveado (comutação forçada), em corrente alternada senoidal modificada e estabilizada em tensão e frequência. (FARRET, 2010).

5 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em duas categorias principais: isolados e conectados à rede. Em ambos os casos, podem operar a partir apenas da fonte fotovoltaica ou combinados com uma ou mais fontes de energia, quando são chamados de híbridos. A utilização de cada uma dessas opções depende da aplicação e/ou disponibilidade dos recursos energéticos. Cada um deles pode ser de complexidade variável, dependendo da aplicação em questão e das restrições específicas de cada projeto. (BRASIL, 2014).

Entre outros componentes que podem fazer parte de um sistema fotovoltaico de abastecimento de energia elétrica, estão: (FARRET, 2010).

- Área aberta e sem sombras constantes para a luz solar;
- Um ou mais módulos solares;
- Estrutura ou suporte de alumínio;
- Controlador de carga;
- Banco ou conjunto de baterias;
- Pontos de consumo de carga.

Segundo Farret (2010), A geração de energia elétrica solar está baseada na intensidade da luz incidente sobre os painéis e por este motivo é imprescindível que se tenha uma iluminação satisfatória e constante sobre os painéis, ou seja, é necessário que os painéis permaneçam expostos à luz do Sol na maior parte do dia, sem sobras, edifícios ou anteparos projetados sobre os painéis. Em dias nublados também teremos geração de energia elétrica, porém em níveis menores.

5.1 Sistemas fotovoltaicos isolados

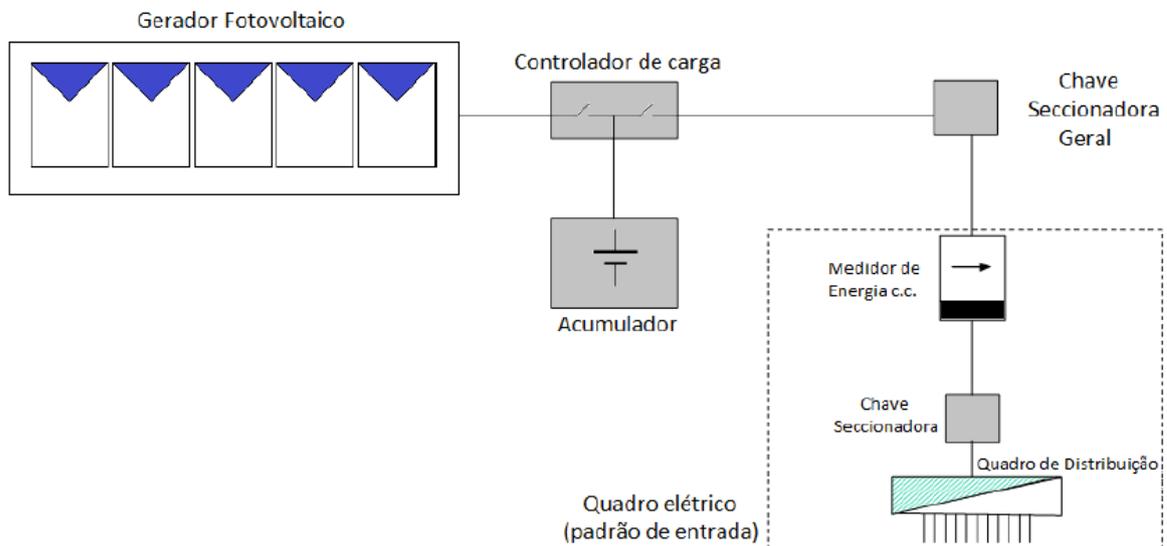
No caso dos sistemas isolados, a utilização da energia elétrica produzida precisa ser ajustada à demanda energética. Considerando que na maioria das vezes a energia produzida não corresponde à demandada, torna-se obrigatório considerar um sistema de armazenamento de energia para adequar à utilização desta energia quando não há produção. (GREENPRO, 2004).

Os sistemas isolados podem ser individuais ou em miniredes. No primeiro caso a geração é exclusiva para atendimento de uma única unidade consumidora, enquanto que no caso da minirede, a geração é compartilhada entre um pequeno grupo de unidades consumidoras que estão geograficamente próximas. (BRASIL, 2014).

Os sistemas individuais consistem em atender a demanda de energia elétrica de domicílios individuais, permitindo aos moradores a utilização desta energia para um determinado fim. Os elementos fundamentais que caracterizam este sistema são a própria carga e o gerador fotovoltaico. Em geral, um sistema tão simples somente permitiria consumos proporcionais à radiação solar, isto é, durante as horas do dia e em dias ensolarados. Como regra geral o sistema deve possuir um acumulador (bateria), que permita dissociar o horário de consumo do horário de geração. (BRASIL, 2014).

A figura a seguir ilustra um sistema de geração de energia fotovoltaica isolado.

Figura 7: Configuração básica de um Sistema Fotovoltaico Isolado com distribuição CC.



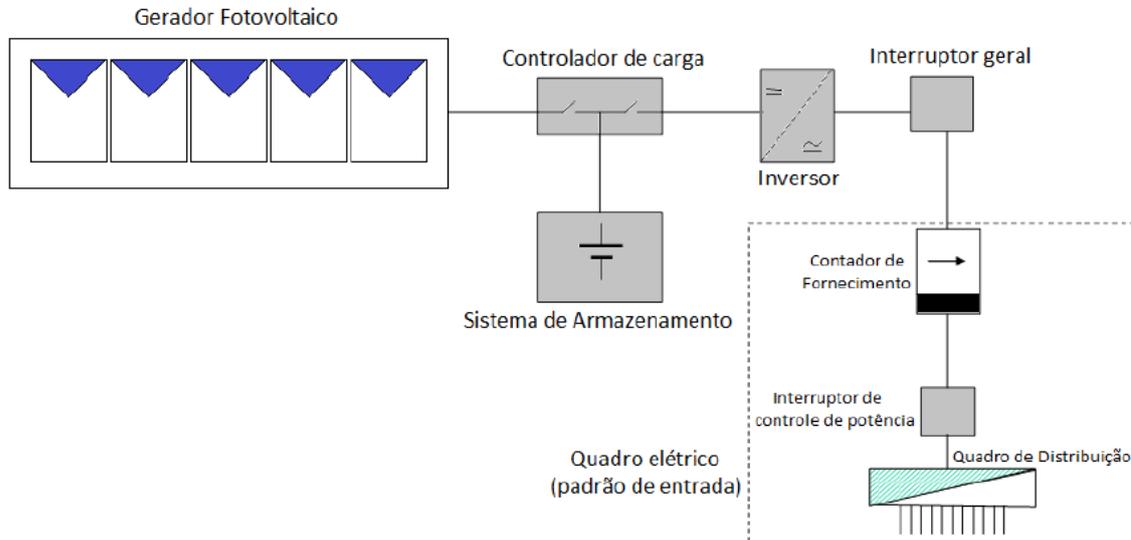
Fonte: Brasil (2014)

O grande problema para este tipo de sistema é sua saída de energia em corrente contínua, o que cria um limitante com relação à utilização da mesma para uso doméstico uma vez que não se tem uma grande variedade de equipamentos que são alimentados por corrente contínua.

Para resolver este problema, ainda neste tipo de sistema, são comumente introduzidos inversores para que seja fornecida energia elétrica em corrente alternada, de modo que se possa oferecer mais possibilidades de utilização de aparelhos eletrodomésticos comercialmente disponíveis e também para se equiparar ao serviço convencional de distribuição de energia elétrica disponível nos centros urbanos.

A figura a seguir ilustra a situação citada anteriormente.

Figura 8: Exemplo de sistema isolado alimentando cargas CA



Fonte: Brasil (2014)

Os sistemas em minirredes se diferenciam por ter um volume maior de equipamentos e podem atender uma quantidade maior de unidades consumidoras, entretanto, este tipo de sistema não é o foco deste estudo.

5.2 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede

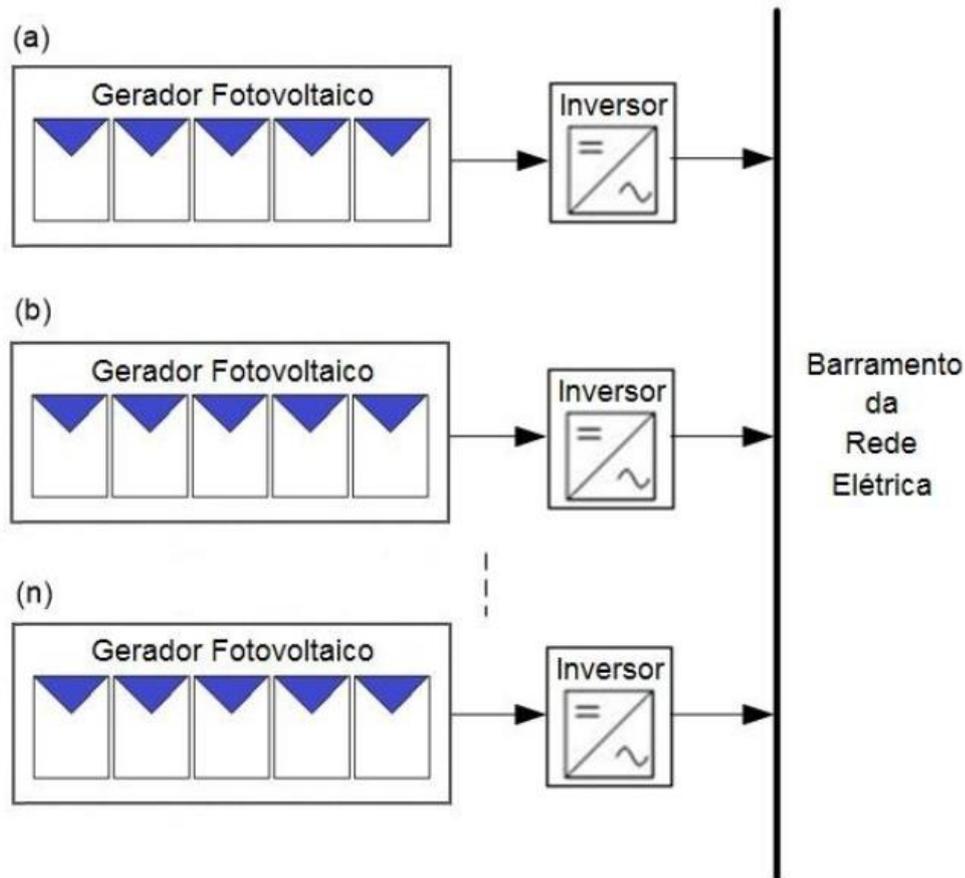
Sistemas conectados à rede são aqueles em que a potência produzida pelo gerador fotovoltaico é entregue diretamente à rede elétrica. Para tanto, é indispensável que se utilize um inversor que satisfaça as exigências de qualidade e segurança, para que não degrade a qualidade do sistema elétrico ao qual se interliga o gerador fotovoltaico. (BRASIL, 2014).

Greenpro (2004) faz referência à rede elétrica de distribuição como sendo o dispositivo de armazenamento para a energia produzida, não necessitando, neste caso, da inclusão deste no sistema projetado.

Brasil (2014) ainda lembra que estes sistemas estão regulamentados pela ANEEL, através da resolução 482 de 2012, onde, entre outras exigências, não permite a operação ilhada destes sistemas, ou seja, em caso de falta de energia na rede de distribuição, o sistema para de funcionar.

A figura a seguir ilustra um sistema de geração de energia fotovoltaico conectado à rede.

Figura 9: Sistema fotovoltaico conectado à rede



Fonte: Brasil (2014)

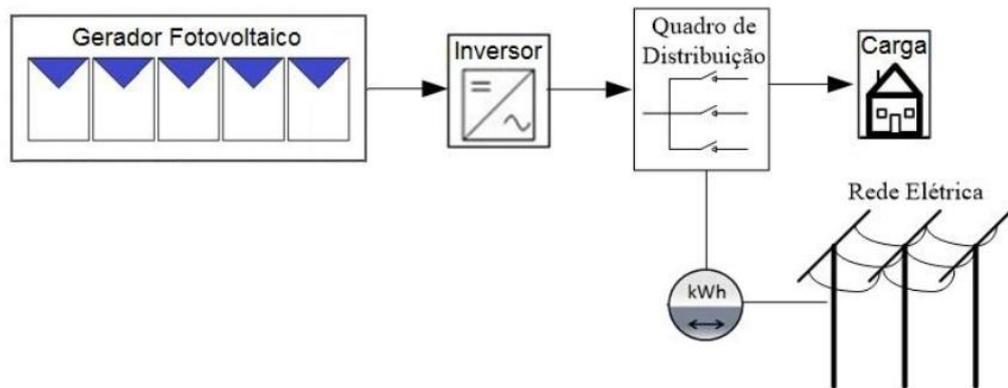
Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede dispensam o uso de acumuladores, pois a energia por eles produzida pode ser consumida diretamente pela carga, ou injetada diretamente na rede elétrica convencional, para ser consumida pelas unidades consumidoras conectadas ao sistema de distribuição. Estes sistemas são basicamente de um único tipo e são aqueles em que o gerador fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico ao qual está conectado. (BRASIL, 2014).

Instalações deste tipo vêm se tornando cada vez mais populares em diversos países europeus, Japão, EUA e mais recentemente no Brasil. Estes sistemas se diferenciam quanto à forma de conexão à rede, que, dentre outras características, depende também da legislação local vigente. (BRASIL, 2014).

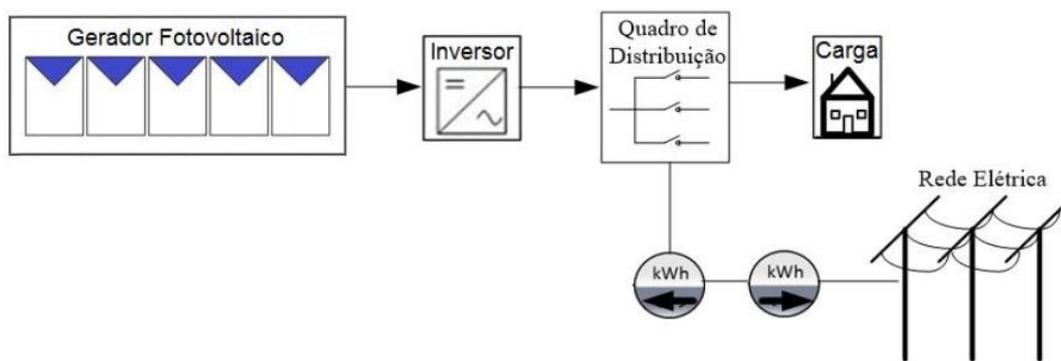
No Brasil, os sistemas fotovoltaicos enquadrados como sistema de micro e minigeração, são regulamentados pela Resolução normativa Aneel Nº 482/2012, e devem atender aos Procedimentos de Distribuição (PRODIST), Módulo 3, e às normas de acesso das distribuidoras locais. (BRASIL,2014).

Dentro do âmbito de micro e minigeração, existem diretivas específicas com relação à medição de energia consumida e produzida, afim da realização de leituras de consumo e produção para cobrança ou crédito de energia elétrica. Para isto então é necessária a adequação do mecanismo de medição da unidade consumidora, podendo esta ser por medidor bidirecional ou por dois medidores, cada um deles fazendo a medição para um sentido, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 10: Medição bidirecional de registros independentes (a) com a utilização de um medidor bidirecional e (b) com a utilização de dois medidores unidirecionais



(a)



(b)

Fonte: Brasil (2014)

6 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

O silício é o material mais importante para a produção das células solares cristalinas, não o seu elemento químico puro, mas uma ligação química em forma de dióxido de silício. (GREENPRO, 2004).

Para obtenção do silício cristalino (c-Si), primeiramente é necessário separar o oxigênio do dióxido de silício. Para tanto, é necessário aquecer a areia de sílica junto com pó de carvão, dando origem ao silício metalúrgico. (GREENPRO, 2004).

O silício metalúrgico (Si-gM) é obtido a partir da areia de sílica (SiO_2) juntamente com pó de carvão aquecido em fornos a arco elétrico numa temperatura de até 1780 °C. (BRASIL, 2014).

Greenpro (2004) ainda lembra que desta reação, surge um silício com 98 % de pureza, entretanto estes 2 % de impurezas não são admitidas na indústria eletrônica. Sendo assim, este silício ainda passa por um processo químico para purificá-lo, tornando-o ultrapuro.

Neste processo ele é então depositado em um forno com ácido clorídrico, tendo como resultado os químicos hidrogênio e triclorosilano. Este último é destilado em várias e sucessivas etapas, fazendo a redução das impurezas. Quando alcança o grau de pureza desejado, este é reduzido à silício misturando-se a hidrogênio a 1.000 C, podendo ser então processado para produzir as células mono ou policristalinas. (GREENPRO, 2004).

A figura a seguir mostra, do lado esquerdo, a estrutura básica da célula fotovoltaica industrial de silício cristalino, onde são mostradas suas diferentes partes e do lado direito uma célula de silício cristalino.

Figura 11: Ilustração de: (esq.) estrutura básica de uma célula, (dir.) célula fotovoltaica de silício cristalino



Fonte: Adaptado de Brasil (2014)

As configurações das células solares em série e em paralelo seguem as mesmas regras dos circuitos DC em série e paralelo. Para componentes idênticos colocados em um arranjo em série, as tensões acrescentam uma corrente constante, e para componentes idênticos colocados em paralelo, as correntes acrescentam uma tensão constante. (HODGE, 2011).

As principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85% do mercado, por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível. (BRASIL, 2014).

Brasil (2014) diz que a segunda geração (módulos de filmes finos) enfrenta ainda problemas com seu menor rendimento e disponibilidade da matéria-prima na natureza, já a terceira geração (células orgânicas) ainda está em fase de pesquisa e desenvolvimento, mas já apresenta altos rendimentos, porém com custos ainda bastante elevados.

O fato de a primeira geração representar o maior percentual de participação no mercado faz com que este trabalho tome esta tecnologia produtiva de células e módulos fotovoltaicos como referência para o restante do estudo.

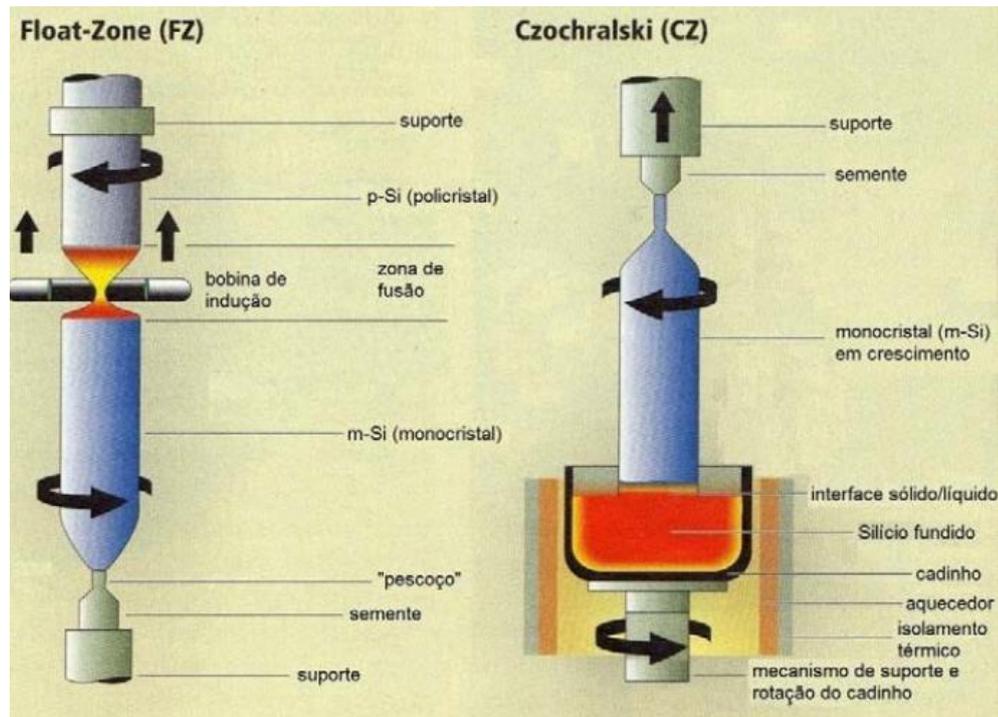
6.1 Silício monocristalino

Os painéis solares de silício monocristalino (mono-Si) são facilmente reconhecíveis apenas olhando de perto. Possuem uma cor uniforme, indicando silício de alta pureza e cantos tipicamente arredondados. (SOLAR, 2016).

A tecnologia monocristalina se destaca pela sua alta eficiência que fica em torno de 14 a 21 % para seus painéis, sendo também a tecnologia mais antiga e também uma das mais caras. (SOLAR, 2016).

O silício monocristalino é obtido através do método Czochralski (Si-Cz) ou pela técnica de fusão zonal flutuante (Si-FZ, *Float Zone*). A figura a seguir ilustra estes dois processos.

Figura 12: Fabricação de tarugos de mono-Si pelas técnicas de FZ e Czochralski



Fonte: Brasil (2014)

O processo de Czochralski foi estabelecido para produzir silício monocristalino para aplicações terrestres e seu processo é descrito por Greenpro (2004), conforme mostrado a seguir.

Durante este processo, o núcleo do cristal com uma orientação definida, é imerso num banho de silício fundido (ponto de fusão de 1.420°C) e retirado do banho enquanto roda lentamente. Deste modo, podem ser produzidos cristais únicos redondos com um diâmetro de trinta centímetros e vários metros de largura. Os cristais únicos redondos são estriados em barras semiquadradas e depois cortados em espessas lâminas de **0,3 mm** (pastilhas). Durante o processo de estriagem dos cristais únicos e de corte das pastilhas, perde-se uma grande parte do silício em forma de pó de serragem. A partir das pastilhas já com impurezas positivas, a fina camada com impurezas negativas é produzida com difusão de fósforo, a temperaturas de **800-1.200 °C**. Depois de unir a camada de contacto posterior, as pastilhas são equipadas com pistas eléctricas e com uma camada de anti-reflexão (**AR**) na parte frontal. (GREENPRO, 2004).

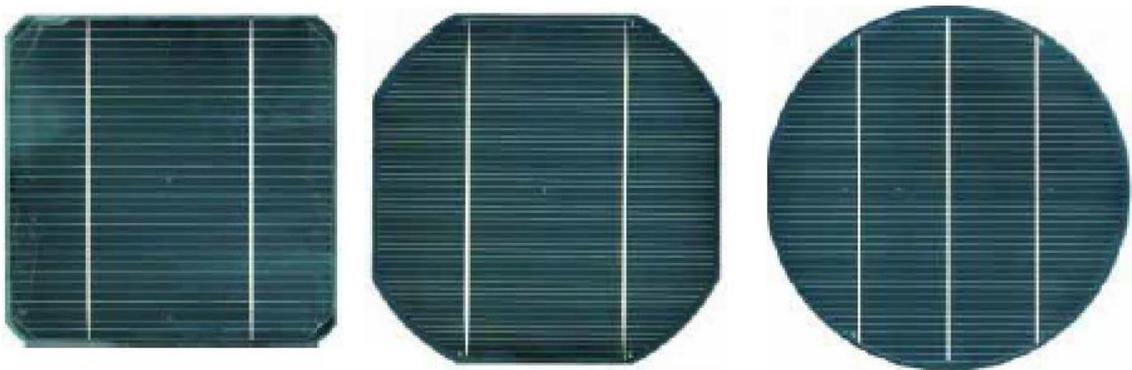
Greenpro (2004) também explica o funcionamento do processo de obtenção por zona flutuante, conforme descrito a seguir.

O processo de zona flutuante consiste noutro processo de produção de silício monocristalino, sendo utilizado para a produção de células solares de maior pureza e de maior eficiência (**1 a 2 %**). No entanto, o material bruto necessário para alcançar esta pureza, uma barra de silício cristalino de extrema pureza,

é muito dispendioso. É reduzida através de uma espiral e fundida do fundo até à parte superior com a ajuda de um campo de altas frequências. A partir do núcleo de silício monocristalino, é produzido silício monocristalino no topo da barra, à medida que esta arrefece. O material impuro fica, de preferência, no banho de fusão. (GREENPRO, 2004).

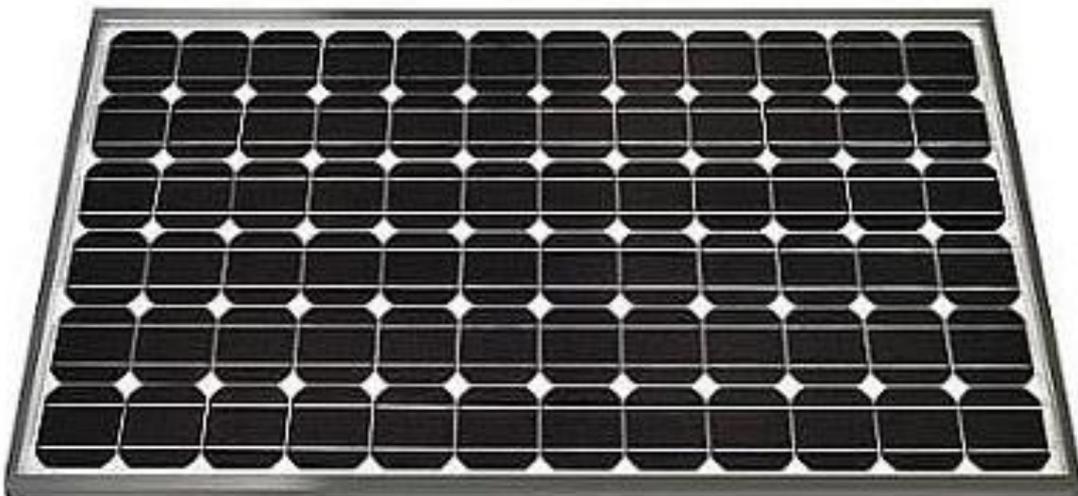
Com relação a sua forma, usualmente são redondas, semi-quadradas ou quadradas, dependendo da quantidade que é estriada do cristal único. As redondas são as mais baratas, considerando que o seu formato já é este ao final dos processos descritos. Porém são raramente utilizadas em módulos convencionais por conta do seu uso ineficaz do espaço físico do módulo, podendo em um único módulo, serem colocadas menos células. (GREENPRO, 2004).

Figura 13: Célula monocristalina nos formatos, quadrada, semi-quadrada e redonda, respectivamente



Fonte: Adaptado de Greenpro (2004)

Figura 14: Exemplo de painel fotovoltaico monocristalino



Fonte: Adaptado de Solar (2016)

6.2 Silício policristalino

A principal diferença entre as tecnologias mono e policristalino é a técnica utilizada para sua fabricação, onde no caso do policristalino, os cristais são fundidos em blocos, preservando a formação dos múltiplos cristais. (SOLAR, 2016).

A figura a seguir demonstra o aspecto de um destes blocos.

Figura 15: Blocos de silício policristalino fundido



Fonte: Greenpro (2004)

Greenpro (2004) também explica como se dá o processo de produção deste tipo de célula fotovoltaica.

O processo de produção mais comum para o silício policristalino, é o de fundição de lingotes. O silício em estado bruto é aquecido no vácuo até uma temperatura de **1.500 °C** e depois arrefecido na direcção da base do cadinho, a uma temperatura aproximada de **800 °C**. São assim criados os blocos de silício de **40x40 cm²** com uma altura de **30 cm**. Os blocos são primeiro serrados em barras e depois em pastilhas com uma espessura de **0,3 mm**. Durante a serragem, perdem-se partes do silício na forma de pó de serragem. Depois da introdução de impurezas de fósforo, a camada posterior de contacto é unida à pastilha. Por último, os contactos eléctricos são fixados no lado frontal juntamente com uma camada de anti-reflexão (**AR**). (GREENPRO, 2004).

Brasil (2014) diz que o objetivo das pesquisas que hoje encontram-se em andamento é de reduzir a espessuras das lâminas até chegarem em 0,12 mm, de modo que se tenha uma redução nos custos de fabricação das mesmas.

Com relação à eficiência, Solar (2016) mostra índices de 13 a 16,5% para os painéis fotovoltaicos que utilizam este tipo de tecnologia em suas células.

Figura 16: Pastilha policristina sem a camada anti-reflexão, com a camada anti-reflexão e com a camada anti-reflexão e filamentos elétricos, respectivamente



Fonte: Adaptado de Greenpro (2004)

Figura 17: Exemplo de painel fotovoltaico policristalino



Fonte: Adaptado de Solar (2016)

A sua estrutura é facilmente distinguida das demais por conta de, durante o processo de fundição do bloco, formarem-se vários cristais, sendo que estes podem então ser facilmente vistos na sua superfície (padrão estrutural semelhante a cristais de gelo) devido ao efeito criado pela reflexão da luz. (GREENPRO, 2004).

6.3 Módulos fotovoltaicos

Módulos fotovoltaicos são dispositivos que transformam a luz radiantes em energia elétrica de corrente contínua de 12 V, 24 V ou 48 V. O tipo comercial mais comum é composto por células de silício monocristalino, protegido por vidro temperado anti-reflexivo e por um material sintético especial. O número de módulos a

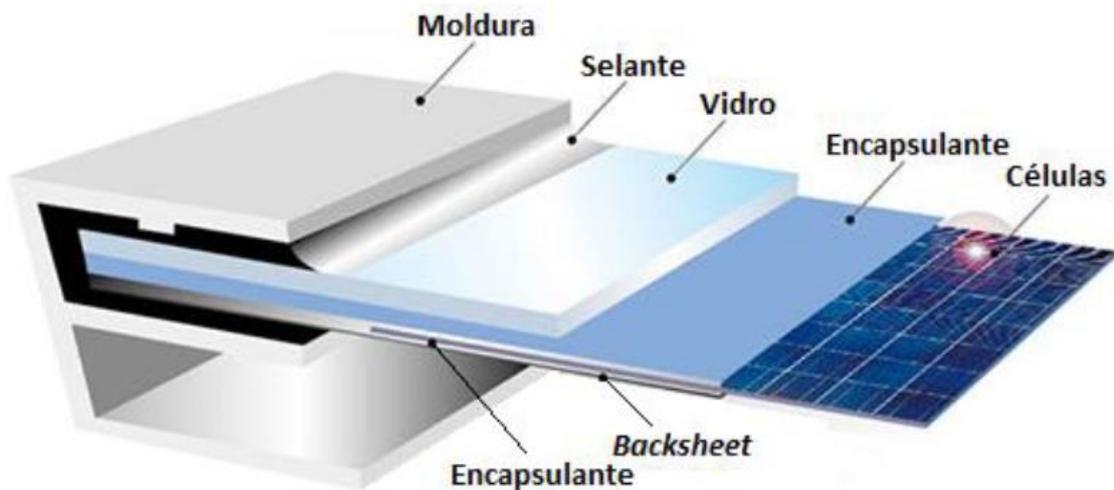
serem utilizados em um sistema é determinado pelas necessidades do consumo de energia elétrica. (FARRET, 2010).

Um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção das células. (BRASIL, 2014).

As células fotovoltaicas possuem, individualmente, tensões muito baixas, da ordem de 0,5 a 0,8 V, para as células de Silício. Assim, para se obterem níveis de tensão adequados, as células são conectadas em série, produzindo o somatório de tensões individuais e adequando a tensão e corrente elétrica desejadas. (BRASIL, 2014).

A estrutura básica de um módulo fotovoltaico é ilustrada e descrita a seguir, conforme BRASIL (2016).

Figura 18: Camadas de um módulo fotovoltaico típico



Fonte: Brasil (2016)

Moldura: parte externa estruturante do módulo, geralmente de alumínio. É através dela que é feita a fixação do módulo.

Selante: composto adesivo usado para unir as camadas internas do módulo com a moldura. Deve impedir a entrada de gases e umidade, além de proteger o interior de vibrações e choques mecânicos.

Vidro: camada rígida externa que protege as células e condutores do ambiente, ao mesmo tempo em que permite a entrada de luz para ser convertida em eletricidade.

É um vidro especial, com baixo teor de ferro, com uma camada anti-reflexiva, e com superfície texturizada, que evitam a reflexão da luz que atinge o vidro.

Encapsulante: filme que envolve as células, protegendo-as da umidade e dos materiais externos, além de otimizar a condução elétrica. O encapsulante mais utilizado é o EVA (Etil Vinil Acetato).

Células Fotovoltaicas: componente eletrônico responsável pela conversão direta da energia eletromagnética em energia elétrica. Os diferentes tipos de células serão detalhados na sequência.

Backsheet: parte inferior do módulo que previne a entrada de umidade e protege as células de elementos externos. Além disso, oferece isolamento elétrico adicional. O Tedlar® é o material base mais utilizado para confecção do *backsheet*.

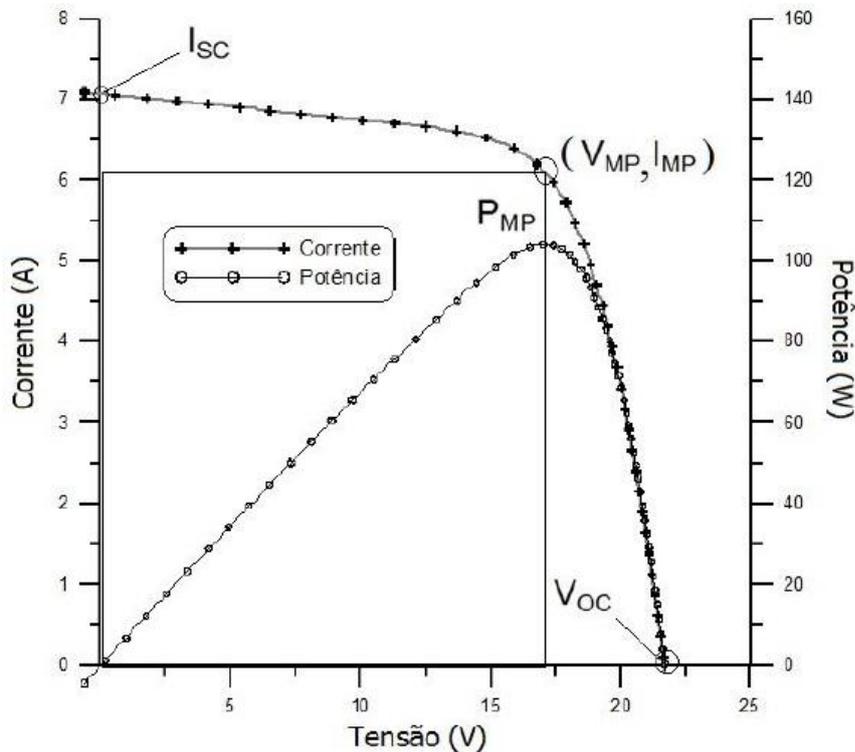
O maior atrativo dos painéis solares é a inexistência de partes móveis, a lentidão da degradação das células solares seladas, a flexibilidade na formação e associação dos módulos desde poucos Watts até MW e a extrema simplicidade no uso e manutenção. (FARRET, 2010).

Atualmente, os módulos fotovoltaicos são produzidos em fábricas automatizadas com mínima interferência humana. A produção em série de módulos fotovoltaicos em grande quantidade tem permitido uma significativa redução nos preços e assegurando a manutenção de produtos de alta qualidade. (BRASIL, 2014).

Um módulo é geralmente identificado pela sua potência elétrica de pico (Wp), mas um conjunto de características compatíveis com a aplicação específica deve ser observado. A definição da potência de pico de um módulo fotovoltaico é feita nas condições-padrão de ensaio (STC, do inglês *Standard Test Conditions*), considerando irradiância solar de $1,000 \text{ W/m}^2$ sob uma distribuição espectral padrão para AM 1,5 e temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. (BRASIL, 2014).

Um dos ensaios mais completos para determinar as características elétricas de um módulo fotovoltaico é o traçado de sua curva característica *I-V*. O módulo é submetido às condições-padrão de ensaio e uma fonte de tensão variável realiza uma varredura entre uma tensão negativa de pouco volts (em relação aos terminais do módulo) até ultrapassar a tensão de circuito aberto do módulo (quando sua corrente fica negativa). Durante esta varredura são registrados pares de dados de tensão e corrente, permitindo o traçado de uma curva característica como a apresentada a seguir. (BRASIL, 2014).

Figura 19: Curva característica I-V e de potência P-V para módulo de potência nominal de 100 Wp



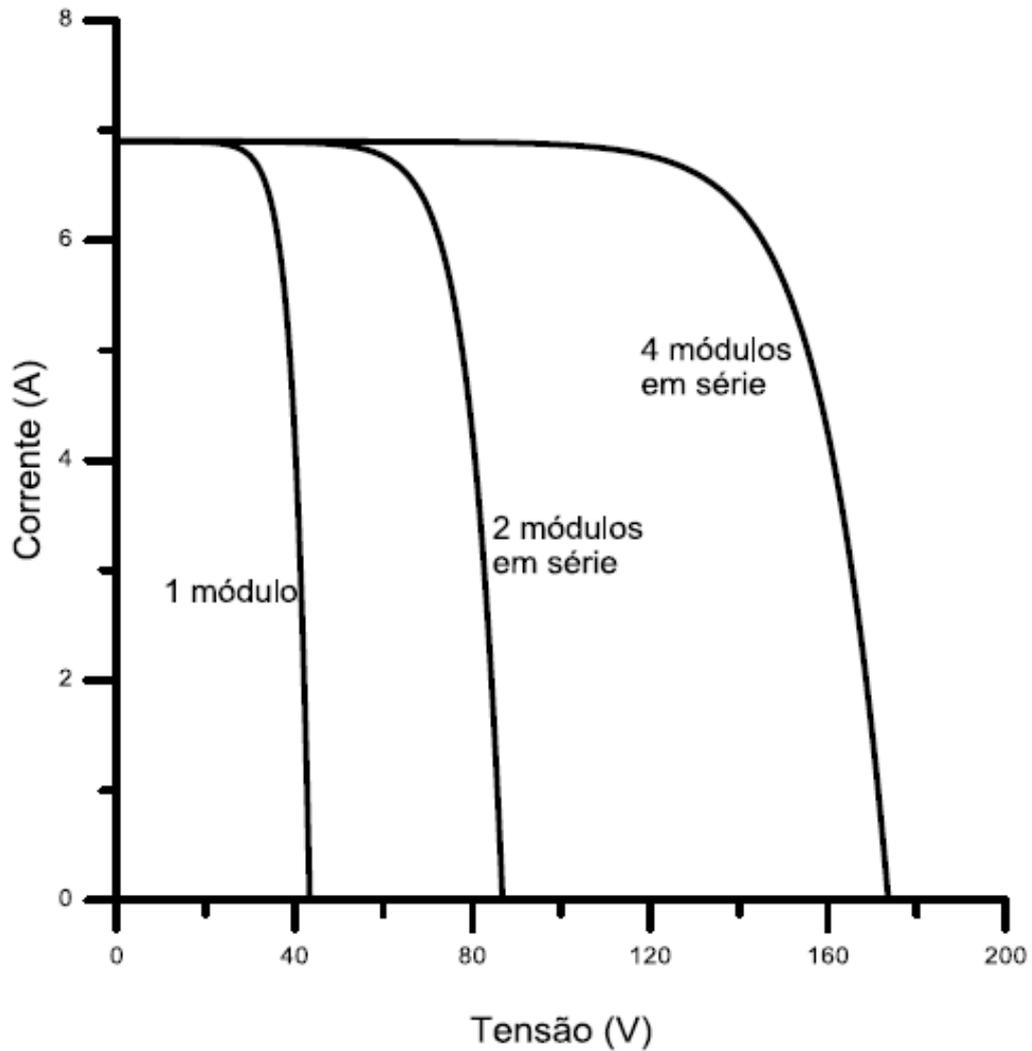
Fonte: Brasil (2014)

O ponto de máxima potência corresponde, então, ao produto da tensão de máxima potência (V_{MP}) e corrente de máxima potência (I_{MP}). Os valores de P_{MP} (ponto de máxima potência), V_{MP} , I_{MP} , V_{OC} (tensão de circuito aberto) e I_{SC} (corrente de curto-circuito) são os cinco parâmetros que especificam o módulo sob dadas condições de radiação, temperatura de operação de célula e massa de ar. (BRASIL, 2014).

Os módulos fotovoltaicos, de maneira análoga às células fotovoltaicas, podem ser conectados em série e em paralelo, dependendo da configuração de corrente e de tensão desejadas, para formar painéis fotovoltaicos com potências mais elevadas. Importante lembrar que sempre devem ser tomados cuidados com relação à compatibilidade das características elétricas dos componentes aos quais estes painéis serão conectados.

Sendo assim, para conexões dos módulos em série, teremos o somatório das tensões dos módulos individuais e a permanência da corrente nominal de cada um deles (para módulos iguais). Este efeito está ilustrado na figura a seguir, onde temos a representação da curva unitária de 1 módulo, a ligação em série de 2 módulos e a ligação em série de 4 módulos.

Figura 20: Curva I-V para 1, 2 e 4 módulos idênticos associados em série

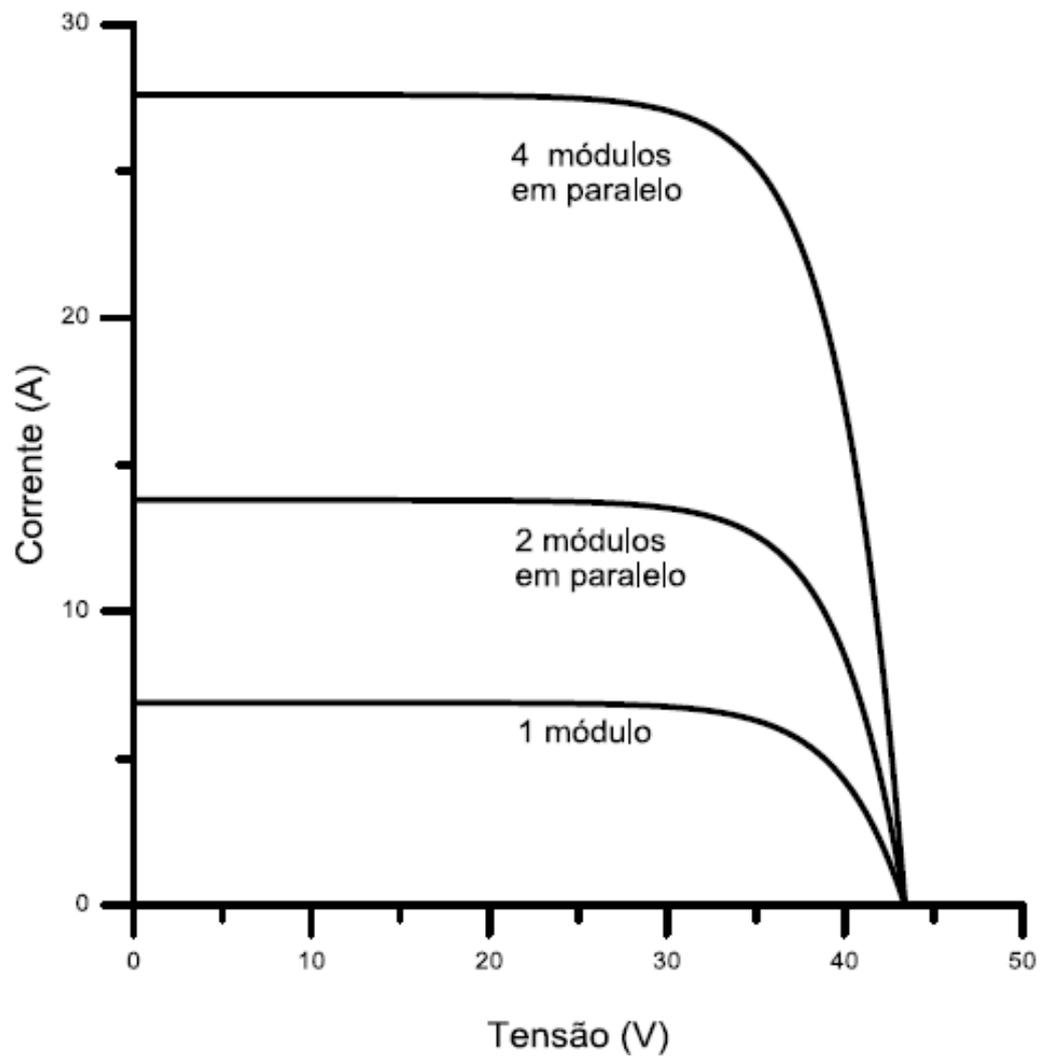


Fonte: Brasil (2014)

Brasil (2014), lembra da importância da utilização de módulos idênticos para este tipo de ligação. Caso algum dos módulos possua valores de corrente menores, o arranjo completo ficará com a corrente limitada a especificação deste módulo de menor valor.

Já para as conexões em paralelo, temos o caso inversor, onde a tensão de saída permanece a mesma, fazendo-se a soma das correntes individuais de cada módulo. A figura a seguir ilustra esta situação. (BRASIL, 2014).

Figura 21: Curva I-V para 1, 2 e 4 módulos idênticos associados em paralelo



Fonte: Brasil (2014)

7 SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CARGAS ELÉTRICAS

Segundo Pereira (2010), os sistemas de transferência automática são utilizados para cargas elétricas críticas, ou seja, equipamentos cuja interrupção no seu funcionamento pode resultar em prejuízos para os usuários que dependem deste sistema. Sendo assim, este tipo de carga necessita de um fornecimento de energia com alta disponibilidade e de boa qualidade.

Conforme Elétrica (2016), o elemento principal de um sistema de transferência automática é a chave de transferência automática, esta por sua vez é basicamente um interruptor que interliga eletricamente uma determinada carga entre duas fontes. Estas chaves podem ser manuais, onde o operador faz a comutação entre as fontes disponíveis, ou automática, também conhecida por ATS (*Automatic Transfer Switch*), onde um sistema eletrônico monitora a disponibilidade de cada uma das fontes e faz a comutação entre a de maior disponibilidade.

Como explica Industrial (2015), esta técnica tem sua principal função de transferência de carga na ocorrência de falha de fornecimento de energia pela fonte principal (rede da concessionária, por exemplo), levando à necessidade de se utilizar uma fonte secundária (gerador) para alimentar estas cargas. Em consumidores abastecidos em baixa tensão, este problema é o que mais acarreta na utilização da técnica de transferência de fontes.

Industrial (2015) também ressalta a importância da transferência de cargas entre fontes para compensação financeira nos horários de ponta, onde a energia fornecida pela concessionária torna-se mais cara.

Para o estudo proposto, esta técnica se baseará como método para transferência entre o sistema fotovoltaicos conectado à rede e o sistema fotovoltaicos isolado, fazendo a comutação entre os inversores conforme seja detectada a falta de fornecimento de energia pela concessionária.

Sendo assim, serão apresentados a seguir os diversos modos pelos quais é possível realizar-se a transferência de cargas de modo automático e também manual para que no fim possamos determinar o método a ser utilizado no sistema proposto.

A escolha entre os diversos modos depende da necessidade e complexidade do sistema ao qual o mesmo será aplicado e o resultado desejado.

7.1 Transferência Automática

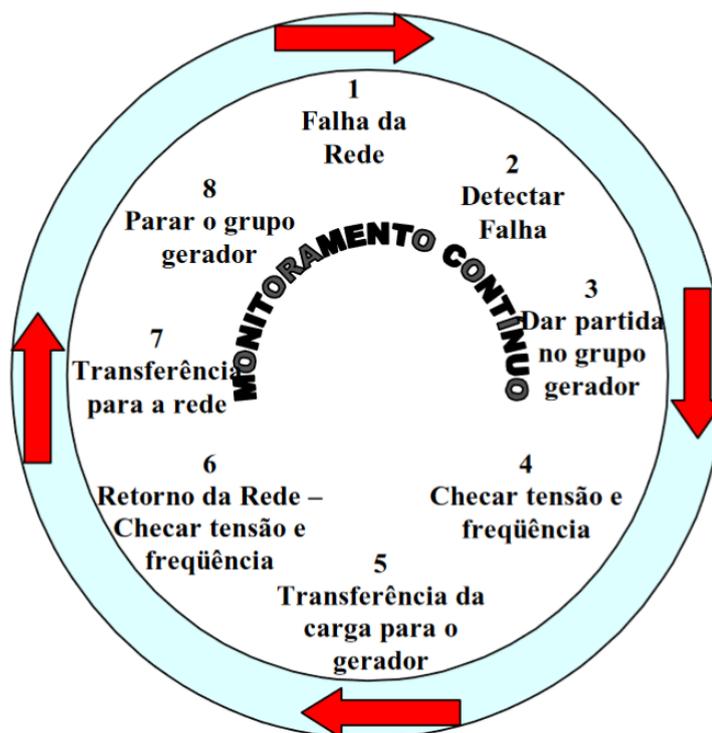
Este tipo de sistema conta com um conjunto de componentes eletrônicos que faz o sensoriamento das condições de ambas as fontes de energia e quando da diminuição de seus parâmetros abaixo dos limites toleráveis, faz a comutação da carga entre elas.

Conforme explica Industrial (2015), estes sistemas possuem tempos de comutação mais curtos e compõem os QTA's (Quadros de Transferência Automática), também conhecidos por ATS (*Automatic Transfer Switch*). Estes se dividem em dois grupos: Os de transição aberta e os de transição fechada.

Orienta Pereira (2016) que devemos adicionar principalmente um dispositivo que faça o sensoriamento da rede que seja capaz de perceber falhas de tensão e frequência e fechar um contato para acionamento do grupo gerador. Estes possuem parâmetros ajustáveis, inclusive um tempo para confirmação de falha, de modo a evitar partidas desnecessárias do grupo gerador por conta de picos instantâneos de tensão.

A Figura a seguir ilustra um fluxograma de transferência de carga para um grupo gerador a diesel.

Figura 22: Funções do sistema de transferência de carga



Fonte: Pereira (2016)

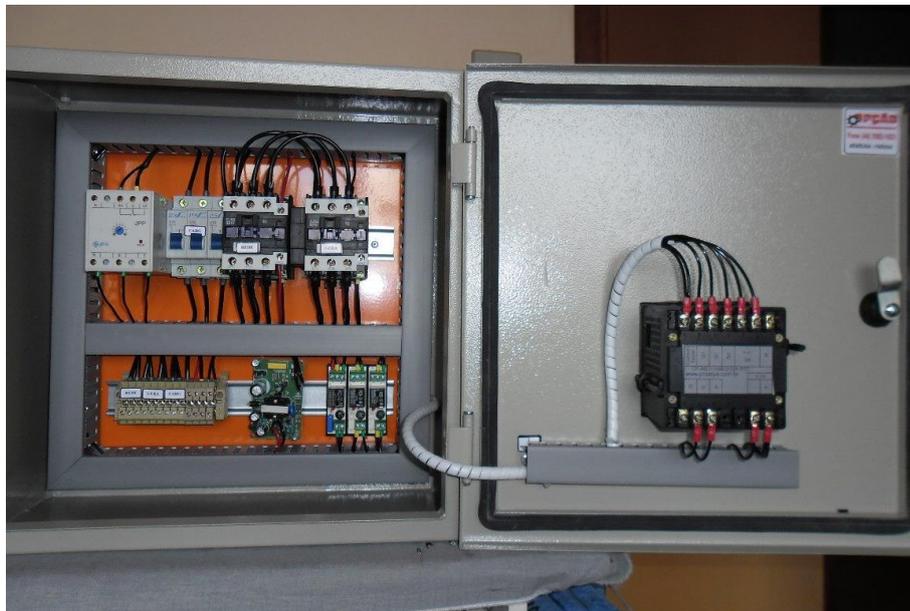
7.2.1 Transferência por transição aberta

Conforme explica Industrial (2015), os QTA's para este tipo de transição, fazem simplesmente a comutação entre uma fonte ou outra para alimentar a carga, bastante semelhante ao sistema manual, todavia com a utilização de sensores para tornar o sistema automático. Muitos modelos apresentam o seu chaveamento baseado em contatores, que possuem boa robustez e custo atraente, podendo agregar os seguintes recursos:

- Comutação em horários pré-definidos (comutando para alimentação pelo gerador em horários de ponta, por exemplo);
- Comutação para fonte secundária em caso de falha na fonte primária (e vice-versa);
- Controle de partida ou parada de geradores;
- Testes de partida de geradores;
- Ajuste de tempo de comutação;
- Operação manual.

A figura a seguir mostra um exemplo de QTA por transição aberta.

Figura 23: Exemplo de QTA com acionamento por contatores

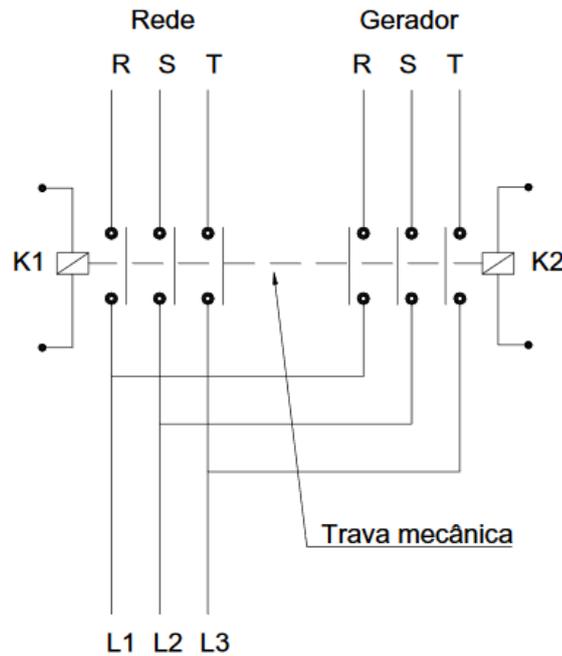


Fonte: Industriais (2016)

Segundo Pereira (2016), existe ainda para os sistemas com contatores um travamento mecânico que impede com que as duas contatores sejam fechadas ao

mesmo tempo e cause danos ao sistema. Adicionalmente no quesito segurança, podem ser implementados intertravamentos elétricos através de contatos auxiliares dos contatores. A ilustração a seguir mostra a ligação elétrica para este tipo de sistema.

Figura 24: Diagrama elétrico de contatores com intertravamento mecânico



Fonte: Pereira (2016)

Mesmo permitindo o ajuste do tempo de comutação, os sistemas acionados através de contatores possuem um atraso para o desligamento de carga devido a características intrínsecas deste componente. O que causa o desligamento momentâneo da carga. Em muitos casos este intervalo não traz problemas, podendo ser até mesmo resolvido com a utilização de *no-breaks*.

Porém quando este desligamento se torna um fator crítico na análise da escolha do QTA, Industrial (2015) recomenda a utilização de QTA's baseados em tiristores (ou SCR's), que são componentes eletrônicos com capacidade de chaveamento muito superiores, gerando intervalos de interrupção para transferência entre uma fonte e outra de menos de meio ciclo de onda senoidal em 60 Hz, tornando a desligamento momentâneo imperceptível.

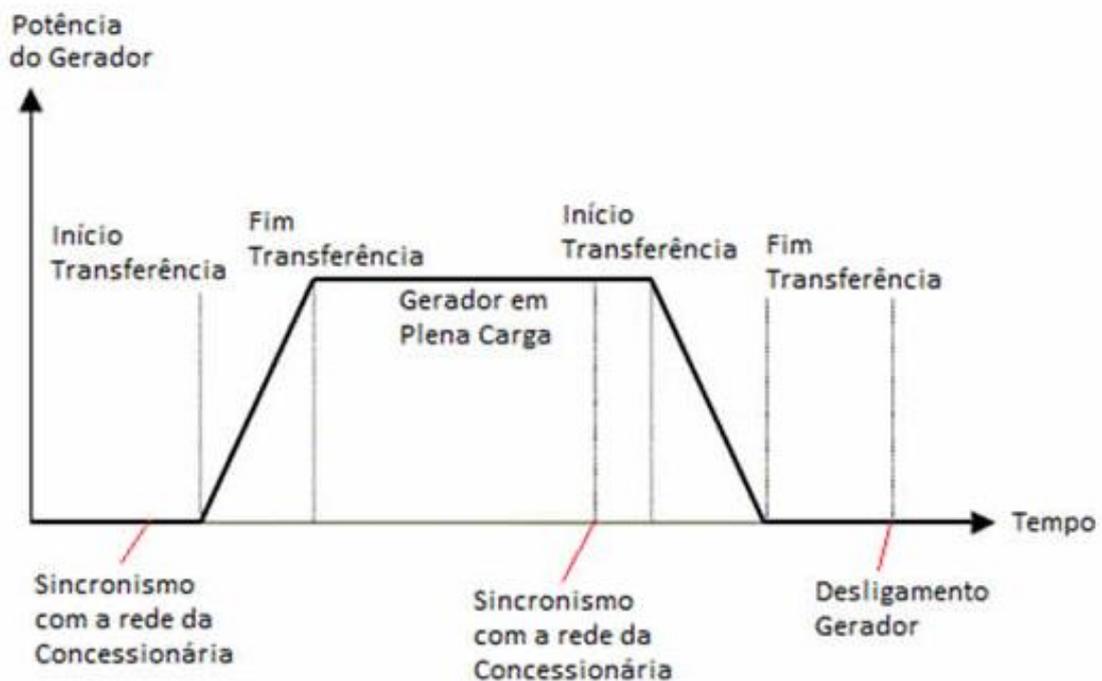
7.2.2 Transferência por transição fechada

Pereira (2016) demonstra outra forma de fazer a transferência de carga é a transição fechada, esta por sua vez coloca as duas fontes em paralelo momentaneamente, sendo que para utilização com a rede da concessionária, existem exigências específicas que devem ser atendidas, basicamente com relação à sincronismo afim de evitar quaisquer transtornos.

Industrial (2015) explica que neste tipo de tecnologia, são realizados controles de ângulo de fase, frequência e magnitude da tensão da fonte secundária de modo que estas grandezas tenham os mesmos valores que a fonte primária, garantindo assim o conhecido sincronismo entre as fontes que possibilita a ligação de ambas em paralelo.

A figura a seguir ilustra a transferência de carga entre fontes para uma transição fechada em rampa, ou seja, de modo suave.

Figura 25: Transferência de carga em transição fechada em rampa



Fonte: Industrial (2015)

A seguir temos uma figura que mostra através de uma tabela quais os tipos de proteções ANSI podem ser solicitados pela concessionária para este tipo de transferência de carga.

Figura 26: Tabela de proteção ANSI para transferência de carga em transição fechada

Nº ANSI	FUNÇÃO
27	Relé de Subtensão – Relé que atua quando a sua tensão de entrada é menor do que um valor predeterminado
32	Relé Direcional de Potência – Relé que atua quando um fluxo de potência circula no sentido contrário ao predeterminado.
47	Relé de Seqüência de Fase de Tensão – Relé que atua para um valor de tensão polifásica na seqüência de fase estabelecida.
59	Relé de Sobretensão – Relé que atua quando sua tensão de entrada for maior do que um valor predeterminado.
81	Relé de frequência – Dispositivo que opera quando a frequência (ou taxa de variação) está fora de limites predeterminados.

Fonte: Pereira (2016)

Este sistema possibilita então que o desligamento momentâneo seja inexistente, fazendo com que cargas que necessitam de trabalhos ininterruptos possam operar normalmente durante a transferência de carga.

Para o sistema proposto no estudo a necessidade é de um sistema automático que possa detectar a falta de energia proveniente da rede da concessionária e faça a comutação da alimentação da carga, tendo como fontes de alimentação o sistema de geração fotovoltaica conectada à rede e o sistema de geração fotovoltaico isolado. Temos também o fornecimento de energia através da concessionária, todavia este será desconsiderado para a determinação do método uma vez que este está interligado através do sistema de geração fotovoltaico conectado à rede, sendo este já considerado na análise.

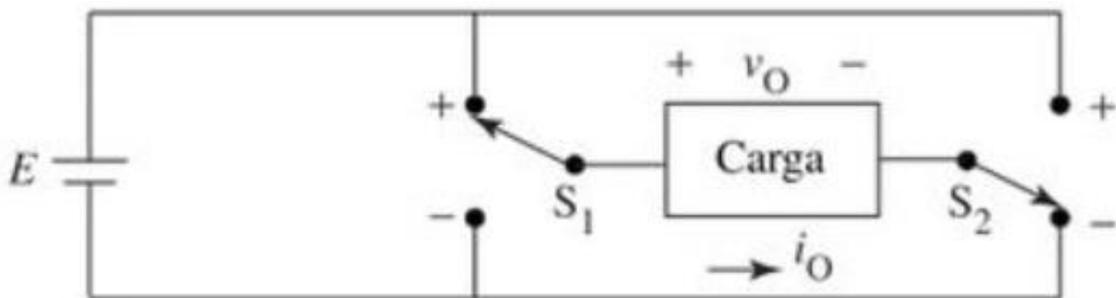
8 INVERSOR

Os conversores CC-CA são conhecidos como inversores. A função deste é alterar uma tensão de entrada CC e transforma-la em uma tensão de saída CA simétrica, com amplitude e frequência desejada. (RASHID, 2014).

A energia em corrente contínua pode ser proveniente, por exemplo, de baterias, células a combustível ou módulos fotovoltaicos. A tensão em corrente alternada de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem alimentadas. Adicionalmente, no caso de sistemas conectados à rede elétrica, a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede. (BRASIL, 2014).

O princípio básico de funcionamento para geração de uma tensão alternada monofásica é mostrado na figura a seguir. Claramente ele não reflete todas as particularidades que outras topologias de inversores apresentam, mas todas elas partem do mesmo princípio de funcionamento.

Figura 27: Circuito básico de um inversor em meia-ponte monofásico



Fonte: Ahmed (2000)

Este também é conhecido como inversor em H-ponte por usar duas chaves semicondutoras. Estas chaves ligam e desligam a fonte DC da carga, de modo alternado, gerando na saída uma onda retangular de corrente alternada. (AHMED, 2000).

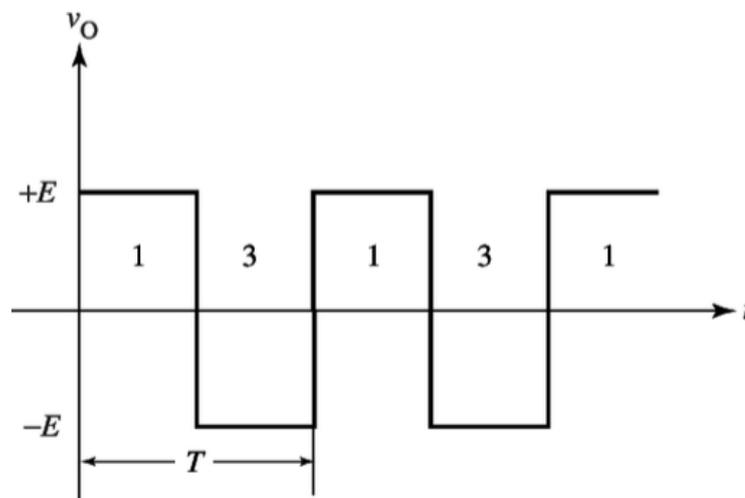
A tabela a seguir descreve as etapas de acionamento das chaves, assim como a figura logo em seguida mostra a tensão resultante na saída.

Tabela 3: Etapas de comutação das chaves de um inversor meia ponte monofásico

Estado	S_1	S_2	Tensão de saída
1	+	-	+E
2	-	-	0
3	-	+	-E
4	-	-	0

Fonte: Ahmed (2000)

Figura 28: Sequência de chaveamento para inversor meia-ponte monofásico



Fonte: Ahmed (2000)

Como podemos perceber, neste caso ainda não temos a tensão alternada na forma senoidal como desejada, por este motivo, necessitamos buscar outras topologias e técnicas de chaveamento para alcançar o resultado desejado.

A tensão senoidal é a forma de onda ideal para muitas aplicações e pode ser obtida através de PWM. A modulação por largura de pulso (*pulse width modulation*, ou PWM) usa um esquema de chaveamento no inversor para modificar a forma de onda na saída através do controle da variação da duração dos pulsos na saída. (AHMED, 2000).

Segundo Ahmed (2000) existem três tipos de modulação por largura de pulso, sendo elas a simples, a múltipla e a senoidal. Trataremos apenas da senoidal, uma vez que esta é a de interesse do estudo.

Na modulação por largura de pulso senoidal, a tensão de saída é controlada pela variação dos períodos nos estados ligado e desligado, sendo os períodos ligados com maior duração representem o pico da onda. (AHMED, 2000).

A figura a seguir mostra um padrão geral para uma modulação por largura de pulsos senoidal.

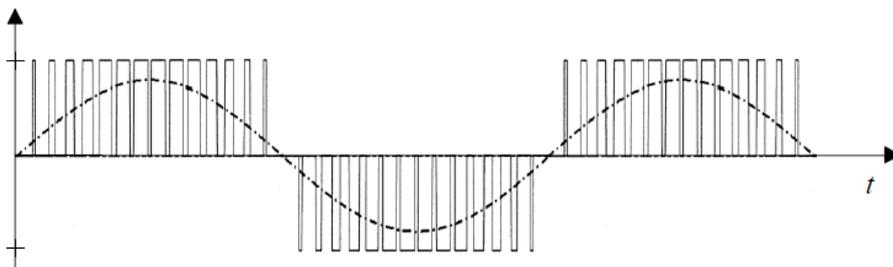
Figura 29 : Padrão de modulação por largura de pulso senoidal



Fonte: Ahmed (2000)

Variando-se então a frequência destes pulsos e também a sua largura, é possível realizar modificações na forma de onda da saída de modo a deixá-la a mais próxima possível da desejada. Na figura a seguir observa-se a tensão eficaz senoidal da saída determinada pela implementação do PWM.

Figura 30: Forma de onda da saída de um inversor gerada através de PWM



Fonte: Brasil (2014)

Os inversores modernos utilizam chaves eletrônicas de estado sólido e o seu desenvolvimento está diretamente ligado à evolução da eletrônica de potência, tanto em termos de componentes (especialmente semicondutores) quanto das topologias de seus circuitos de potência e controle. Desta forma, no decorrer de poucas décadas, as topologias foram sendo otimizadas e os custos de fabricação reduzidos, enquanto

as eficiências de conversão evoluíram até chegar a valores próximos a 99 % em alguns inversores para conexão à rede elétrica. (BRASIL, 2014).

8.1 Inversores para sistemas fotovoltaicos

No caso de sistemas fotovoltaicos, os inversores podem ser divididos em duas categorias com relação ao tipo de aplicação: Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI) e Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR). Embora ambos compartilhem os mesmos princípios gerais de funcionamento, os SFCR possuem características específicas para atender às exigências das concessionárias de distribuição em termos de segurança e qualidade da energia injetada na rede. (BRASIL, 2014).

Brasil (2014) fala também que os inversores podem ser do tipo fonte de corrente ou fonte de tensão, sendo a configuração de fonte de tensão a mais empregada em sistemas fotovoltaicos. Ainda dentro deste tipo, podemos distinguir o controle feito por tensão e por corrente, sendo que o controle por corrente é adotado na maioria dos modelos para SFCRs, por conta de sua estabilidade perante as perturbações da rede, enquanto o controle por tensão é utilizado em inversores para SFIs.

No caso de equipamentos que são ligados à rede elétrica de distribuição, estes devem seguir as exigências definidas através de normas e regulamentações. BRASIL (2014) as especifica.

No Brasil, os inversores para SFCRs devem atender aos requisitos de proteção exigidos no item 5 da seção 3.3 Módulo 3 da Prodist (Aneel, 2012c), o que inclui a proteção anti-ilhamento e a exigência de transformador de acoplamento, entre outras. (BRASIL, 2014).

Severo (2011) conceitua então a proteção anti-ilhamento como sendo uma condição no abastecimento da energia elétrica em que uma porção do sistema elétrico que possui geração distribuída e carga continua energizada, configurando um formato de ilha, já que está isolada do restante do sistema elétrico de potência e esta, por sua vez, não possui controle direto do operador do sistema elétrico.

Brasil (2014) traz esta explicação para a aplicação prática quando diz que esta proteção faz com que estes inversores se desconectem automaticamente da rede elétrica de distribuição, sempre que esta for desenergizada por motivo de falha ou de manutenção programada.

Esta proteção é de fundamental importância e trata-se também do ponto que segrega os inversores para SFCR e SFI, constituindo um papel de fundamental importância para garantir segurança e confiabilidade ao sistema elétrico de distribuição.

Inversores para sistemas isolados possuem características de menor robustez, possuem uma quantidade menor de recursos e também custos de mercado menores, estes fatos todos relacionados por conta de nestes sistemas não haver conexão direta com a rede elétrica de distribuição.

A figura a seguir mostra dois modelos comerciais de inversores para energia solar fotovoltaica.

Figura 31: Modelos de inversores solares (esq.) para sistemas conectados à rede e (dir.) para sistemas isolados



Fonte: Adaptado de Solar (2016)

Resumindo então temos, para estes dois tipos de inversores empregados em sistemas de geração de energia fotovoltaica, diferenças apenas ligadas à componentes e proteções extras que são adicionados aos mesmos afins de adequação aos padrões exigidos pela legislação, sendo que ambos, em seu princípio básico de funcionamento são idênticos.

9 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, criou a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que foi concebida com a missão de "proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade".

Compete à ANEEL, fundamentalmente, exercer a regulação e fiscalização sobre a geração, transmissão, comercialização e distribuição de energia elétrica, buscando harmonizar os interesses do Estado, dos agentes e dos consumidores.

No exercício das suas competências legais, portanto, a Agência promoveu a Consulta Pública nº 15/2010 (de 10 de setembro a 9 de novembro de 2010) e a Audiência Pública nº 42/2011 (de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011), as quais foram instauradas com o objetivo de debater os dispositivos legais que tratam da conexão de geração distribuída de pequeno porte na rede de distribuição.

Como resultado desse processo de consulta e participação pública na regulamentação do setor elétrico, a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e criou o sistema de compensação de energia elétrica correspondente.

9.1 Resolução Normativa nº 482 da ANEEL

Conforme Brasil (2016), a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, foi criada pela Lei nº 9.427 de 1996. (MME, 2016), deu um grande passo para o avanço no uso dos sistemas fotovoltaicos com a publicação da Resolução Normativa de número 482, de 17 de Abril de 2012.

Esta por sua vez estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Estabelece e define também o sistema de compensação de energia elétrica, onde inicia suas definições delimitando as cargas que caracterizam os sistemas de microgeração sendo de potência instalada menor ou igual a 75 kW e sendo de minigeração para potências instalados de 75 kW a 5 MW para fontes renováveis de energia elétrica conectadas na rede de distribuição através de unidades consumidoras.

Nakabayashi (2014) traz a análise realizada por Benedito (2009) a respeito da legislação e das condições que regulamentam a geração de energia distribuída no

Brasil até 2009. Destacando alguns pontos que se tornaram importantes para a evolução da geração distribuída no Brasil, não apenas a fotovoltaica, mas qualquer uma das possíveis, sendo um deles o decreto de 2.003/1996, que regulamenta a produção de energia elétrica pelas figuras de Autoprodutor (denominados AP) e Produtor Independente de energia (PIE) e também o decreto 5.163/2004, que possibilita a compra, pelas concessionárias, da energia produzida por estes citados anteriormente.

Sendo que até então, para uma pessoa física que produzia energia elétrica, era possível produzir sua própria energia para consumo e vender o excedente, todavia a concessionária não tinha nenhuma obrigação de realizar a compra desta energia gerada.

No seu Capítulo III, a Resolução Normativa nº 482 traz uma nova sistemática que fica denominada de “Sistema de Compensação de Energia Elétrica”, onde estão aptos à aderirem a este sistema todos aqueles que possuem unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída, por exemplo.

Este sistema tem por característica pegar toda a energia ativa injetada por meio de uma unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída e cede-la, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e ser posteriormente compensada pelo consumo que esta mesma unidade consumidora tiver de energia ativa, ou seja, a energia excedente gerada é emprestada a distribuidora de energia, gerando créditos para consumo de energia ao consumidor, que podem ser utilizados posteriormente, sem qualquer custo, quando o usuário necessitar.

Como resultado, para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses. (ANEEL, 2012).

Este documento serviu então para estabelecer os parâmetros necessários para regulamentar a micro e minigeração distribuída, porém todas as especificações técnicas e procedimentos que devem ser adotados com relação ao assunto, mesmo dentro desta Resolução Normativa, ficam referenciadas a outro documento publicado pela ANEEL que será abordado posteriormente que é o Módulo 3 da PRODIST.

9.2 PRODIST. Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição

A cartilha de acesso ao sistema de distribuição define o PRODIST da seguinte forma:

Os Procedimentos de Distribuição são um conjunto de regras com vistas a subsidiar os agentes e consumidores do sistema elétrico nacional na identificação e classificação de suas necessidades para o acesso ao sistema de distribuição, disciplinando formas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica, sistematizando a troca de informações entre as partes, além de estabelecer critérios e indicadores de qualidade. (ANEEL, 2010)

Mais especificamente sobre o Módulo 3 temos o seguinte objetivo explicitado no item 1.1 do mesmo:

Estabelecer as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, ao sistema de distribuição, não abrangendo as Demais Instalações de Transmissão – DIT, e definir os critérios técnicos e operacionais, os requisitos de projeto, as informações, os dados e a implementação da conexão, aplicando-se aos novos acessantes bem como aos existentes. (ANEEL, 2012)

Fica claro então a necessidade de uso desta documentação por todo aquele que, de alguma forma, necessite realizar acesso ao sistema de distribuição de energia, sendo este material de abrangência em todo o território nacional e válido para o sistema elétrico brasileiro.

Deste ponto passamos diretamente para a seção 3.7 do documento, que trata especificamente de acesso à rede através de micro e minigeração distribuída participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Esta seção irá especificar os procedimentos técnicos, de documentação, projeto e a tramitação junto à distribuidora para a realização e formalização do acesso.

Inicialmente são apresentadas as etapas para a viabilização do acesso, sendo que para este caso, são obrigatórias apenas as etapas de solicitação de acesso e parecer de acesso, deixando a consulta de acesso como facultativa ao acessante. Estes procedimentos serão descritos a seguir conforme dispostos na seção 3.7 do referido documento.

2.4 Solicitação de acesso

2.4.1 A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo acessante que, uma vez entregue à acessada, implica a prioridade de atendimento, de acordo com a ordem cronológica de protocolo.

2.4.2 Compete à distribuidora a responsabilidade pela coleta e envio à ANEEL das informações para Registro de microgeração e minigeração distribuída, nos termos da regulamentação específica.

2.4.3 Para micro e minigeração distribuída, fica dispensada a apresentação do Certificado de Registro, ou documento equivalente, na etapa de solicitação de acesso.

2.4.4 A solicitação de acesso deve conter o Formulário de Solicitação de Acesso para microgeração e minigeração distribuída constante nos Anexos II, III e IV desta Seção, conforme potência instalada da geração, acompanhado dos documentos pertinentes a cada caso, não cabendo à distribuidora solicitar documentos adicionais àqueles indicados nos Formulários.

2.4.5 Caso a documentação estabelecida no item 2.4.4 esteja incompleta, a distribuidora deve, imediatamente, recusar o pedido de acesso e notificar o acessante sobre todas as informações pendentes, devendo o acessante realizar uma nova solicitação de acesso após a regularização das pendências identificadas.

2.4.6 Após o recebimento da documentação completa de que trata o item 2.4.4, a distribuidora deve entregar ao acessante um recibo da formalização da solicitação de acesso.

2.4.7 A distribuidora deve disponibilizar em sua página na internet os modelos de Formulário de Solicitação de Acesso para microgeração e minigeração distribuída, contendo a relação das informações que o acessante deve apresentar na solicitação de acesso, observado o disposto o item 2.4.4.

2.5 Parecer de acesso

2.5.1 O parecer de acesso é o documento formal obrigatório apresentado pela acessada, sem ônus para o acessante, em que são informadas as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso, e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante com os respectivos prazos, devendo indicar, quando couber:

- a) as características do ponto de entrega, acompanhadas das estimativas dos respectivos custos, conclusões e justificativas;

- b) as características do sistema de distribuição acessado, incluindo requisitos técnicos, tensão nominal de conexão, e padrões de desempenho;
- c) orçamento da obra, contendo a memória de cálculo dos custos orçados, do encargo de responsabilidade da distribuidora e da participação financeira do consumidor;
- d) a relação das obras de responsabilidade da acessada, com correspondente cronograma de implantação;
- e) as informações gerais relacionadas ao local da ligação, como tipo de terreno, faixa de passagem, características mecânicas das instalações, sistemas de proteção, controle e telecomunicações disponíveis;
- f) o modelo de Acordo Operativo para minigeração nos termos do ANEXO I da Seção 3.5 ou o Relacionamento Operacional para microgeração constante no ANEXO I desta Seção;
- g) as responsabilidades do acessante; e
- h) eventuais informações sobre equipamentos ou cargas susceptíveis de provocar distúrbios ou danos no sistema de distribuição acessado ou nas instalações de outros acessantes.

2.5.1.1 Para conexão de microgeração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, o Parecer de Acesso poderá ser simplificado, indicando apenas as responsabilidades do acessante e encaminhando o Relacionamento Operacional.

2.5.2 Compete à distribuidora a realização de todos os estudos para a integração de microgeração, sem ônus ao acessante.

2.5.3 O prazo para elaboração do parecer de acesso deve observar o seguinte:

- a) não existindo pendências impeditivas por parte do acessante, a distribuidora acessada deve emitir o parecer de acesso e encaminhá-lo por escrito ao acessante, sendo permitido o envio por meio eletrônico, nos seguintes prazos, contados a partir da data de recebimento da solicitação de acesso:
 - i - até 15 (quinze) dias após o recebimento da solicitação de acesso, para central geradora classificada como microgeração distribuída, quando não houver necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado;
 - ii - até 30 (trinta) dias após o recebimento da solicitação de acesso, para central geradora classificada como minigeração distribuída, quando

não houver necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado;

- iii - até 30 (trinta) dias após o recebimento da solicitação de acesso, para central geradora classificada como microgeração distribuída, quando houver necessidade de execução de obras de melhoria ou reforço no sistema de distribuição; e
 - iv - até 60 (sessenta) dias após o recebimento da solicitação de acesso, para central geradora classificada como minigeração distribuída, quando houver necessidade de execução de obras de melhoria ou reforço no sistema de distribuição.
- b) na hipótese de alguma informação de responsabilidade do acessante estar ausente ou em desacordo com as exigências da regulamentação, a distribuidora acessada deve notificar o acessante, formalmente e de uma única vez, sobre todas as pendências a serem solucionadas, devendo o acessante garantir o recebimento das informações pendentes pela distribuidora acessada em até 15 (quinze) dias, contados a partir da data de recebimento da notificação formal, sendo facultado prazo distinto acordado entre as partes;
- c) na hipótese de a deficiência das informações referenciada no item (b) ser pendência impeditiva para a continuidade do processo, o prazo estabelecido no item (a) deve ser suspenso a partir da data de recebimento da notificação formal pelo acessante, devendo ser retomado a partir da data de recebimento das informações pela distribuidora acessada.

2.5.4 O acessante deve solicitar vistoria à distribuidora acessada em até 120 (cento e vinte) dias após a emissão do parecer de acesso.

2.5.5 A inobservância do prazo estabelecido no item 2.5.4 implica a perda das condições de conexão estabelecidas no parecer de acesso, exceto se um novo prazo for pactuado entre as partes.

Já com relação aos critérios técnicos e operacionais, dentro do item 3.2 observamos o ponto de maior interesse neste estudo, onde temos que as unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída podem operar em modo de ilha, desde que desconectadas fisicamente da rede de distribuição.

Isto nos mostra a viabilidade técnica, do ponto de vista de regulamentação, para implementação de um sistema que consiga trabalhar conectado à rede sob a

supervisão da função de anti-ilhamento de um inversor certificado pelo INMETRO e também trabalhar de modo desconectado fisicamente da rede quando da interrupção no fornecimento de energia elétrica pela distribuidora.

Temos a seguir uma tabela, extraída do próprio documento que indica os requisitos mínimos para projetos de micro e minigeração distribuída conectados à rede.

Tabela 4: Requisitos mínimos em função da potência instalada.

EQUIPAMENTO	Potência instalada		
	Menor ou igual a 75 kW	Maior que 75 kW e menor ou igual a 500 kW	Maior que 500 kW e menor ou igual a 5 MW
Elemento de desconexão ⁽¹⁾	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção ⁽²⁾	Sim	Sim	Sim
Transformador de Acoplamento ⁽³⁾	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim ⁽⁴⁾	Sim ⁽⁴⁾	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim ⁽⁴⁾	Sim ⁽⁴⁾	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Não	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim ⁽⁵⁾	Sim ⁽⁵⁾	Sim ⁽⁵⁾
Anti-ilhamento	Sim ⁽⁶⁾	Sim ⁽⁶⁾	Sim ⁽⁶⁾
Medição	Sistema de Medição Bidirecional ⁽⁷⁾	Medidor 4 Quadrantes	Medidor 4 Quadrantes

Fonte: Aneel (2016)

Notas:

(1) Chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema, exceto para microgeradores e minigeradores que se conectam à rede através de inversores, conforme item 4.4 desta Seção.

(2) Elemento de interrupção automático acionado por proteção para microgeradores distribuídos e por comando e/ou proteção para minigeradores distribuídos.

(3) Transformador de interface entre a unidade consumidora e rede de distribuição.

(4) Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletroeletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção.

(5) Não é necessário relé de sincronismo específico, mas um sistema eletroeletrônico que realize o sincronismo com a frequência da rede e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação

do elemento de interrupção, de maneira que somente ocorra a conexão com a rede após o sincronismo ter sido atingido.

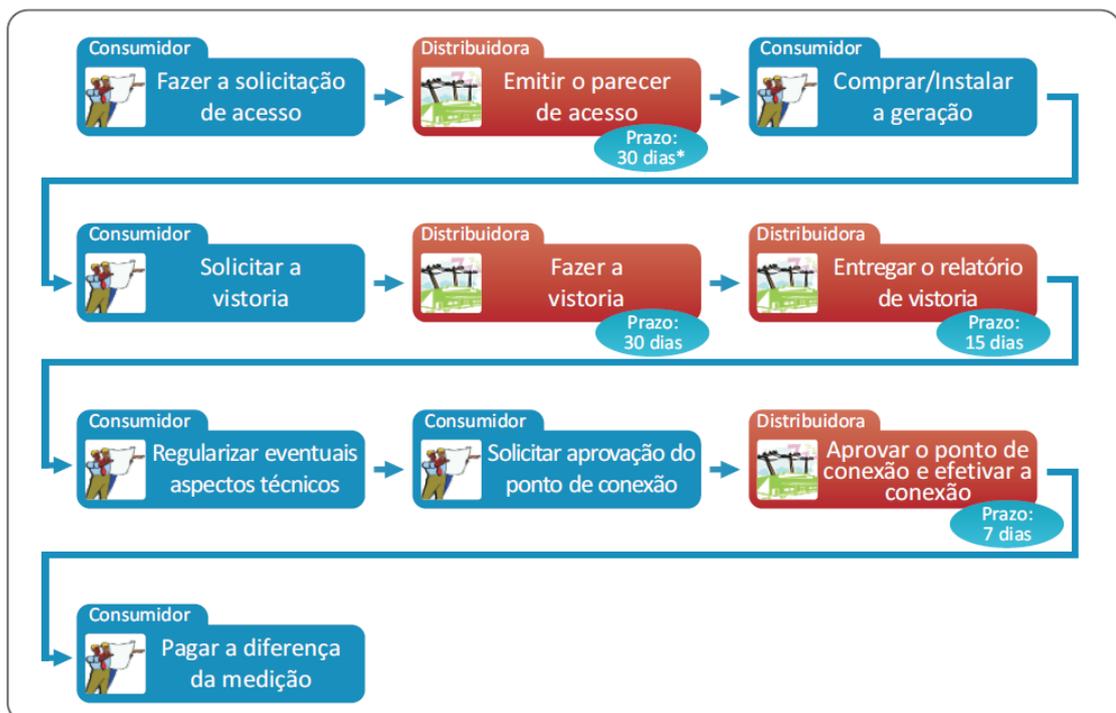
(6) No caso de operação em ilha do acessante, a proteção de anti-ilhamento deve garantir a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora, incluindo a parcela de carga e de geração, sendo vedada a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção do fornecimento.

(7) O sistema de medição bidirecional deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede.

Lembrando que para os sistemas que se conectam à rede através de inversores, para estes equipamentos devem ser apresentados os certificados atestando que foram ensaiados e aprovados conforme normas técnicas brasileiras ou normas internacionais, ou então o número de registro da concessão do INMETRO, de modo que sejam atendidos os requisitos de segurança e qualidade mínimos estabelecidos pelas distribuidoras.

A seguir temos uma imagem que ilustra as etapas e prazos do procedimento de acesso que devem ser seguidos pelo consumidor e pela distribuidora.

Figura 32: Procedimentos e etapas de acesso



FONTE: Aneel (2014)

9.3 Norma Técnica NTD 014.001 AES SUL

Esta normativa tem por objetivo estabelecer os parâmetros técnicos e as diretrizes básicas para interligação entre a microgeração e a minigeração distribuída com a rede de distribuição, assim como discutido anteriormente no módulo 3 da PRODIST publicado pela ANEEL, porém esta possui uma abrangência um pouco menor, onde estão incluídas apenas as redes que são de domínio da AES SUL.

Sendo assim, esta trata-se apenas de um complemento à resolução citada anteriormente, sendo apenas os aspectos regionais e de caracterização da rede que os diferenciam. Deste modo, serão feitas apenas análises sobre os itens que se diferem do documento publicado pela ANEEL.

O procedimento para conexão dos acessantes de microgeração nas redes AES SUL é bastante similar, diferenciando-se na documentação burocrática e de projeto exigida para cada faixa de potência instalada.

A distribuidora AES SUL possui seus formulários próprios para solicitação de acesso de centrais microgeradoras, estes anexos estão disponíveis em: <<http://www.aessul.com.br>>.

A lista de documentos exigidos é descrita a seguir, conforme é apresentada na norma técnica.

1. Formulário preenchido para Registro da solicitação (Anexo I),
2. Formulário de Solicitação de Acesso para Microgeração Distribuída com Potência Superior a 10 kW (ANEXO III),
3. Documento de Responsabilidade Técnica pelo projeto e instalação, fornecido pelo Conselho Regional habilitador (ART),
4. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede,
5. Projeto das instalações de conexão, incluindo:
 - a) Memorial Descritivo;
 - b) Localização e descritivo do padrão de entrada de serviço;
 - c) Localização do equipamento DSV (quando aplicável);
 - d) Planta da entrada de serviço contendo esquema elétrico;
 - e) Diagrama unifilares contemplando geração/proteção/medição e;
6. No caso do cliente ser pessoa jurídica, deve ser apresentado o contrato social do mesmo,

7. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio de créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução 482/2012;

8. Cópia do Instrumento Jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver),

9. Cópia dos documentos apresentados no projeto em formato digital.

Com relação aos requisitos de proteção exigidos, a norma técnica explícita, assim como no Módulo 3 da PRODIST, a necessidade de garantia de desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora em caso de operação em ilha, sendo vedada a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção do fornecimento.

Adicionalmente diz que o paralelismo do gerador instalado com a rede de distribuição deve ser feito dentro das instalações do acessante, exclusivamente.

10 METODOLOGIA

Pode-se definir método como caminho para se chegar a determinado fim. E método científico como o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicas adotados para se atingir o conhecimento. (GIL, 2008).

A metodologia então trata-se, em princípios básicos, da determinação do conjunto de procedimentos, técnicas e meios padronizados que serão utilizados para alcançar o objetivo desejado. Este capítulo tem então o fim específico de determinar, através da análise de diversas metodologias, qual delas será de fato aplicada neste estudo. Fará também um resumo das atividades que serão desenvolvidas no decorrer deste estudo, afim de comprovar a verificabilidade dos resultados encontrados.

A pesquisa tem por princípio a aplicação prática que envolve a busca de novas soluções para um problema específico através de um novo sistema proposto pelo autor, deste modo, classifica-se, quanto à sua natureza, como pesquisa aplicada.

O objetivo, segundo Rodrigues (2007), de uma pesquisa exploratória nada mais é do que a caracterização, de forma inicial, de um problema encontrado no cotidiano das pessoas, assim como fazer a sua classificação e definição. Isto, para Rodrigues (2007), é o primeiro estágio de toda e qualquer pesquisa científica.

Sendo assim, a pesquisa tem caráter exploratório, uma vez que busca soluções para o melhor aproveitamento de um sistema de geração de energia sustentável, onde preza pela otimização no uso de uma fonte de energia de custo zero, financeiramente e ambientalmente falando.

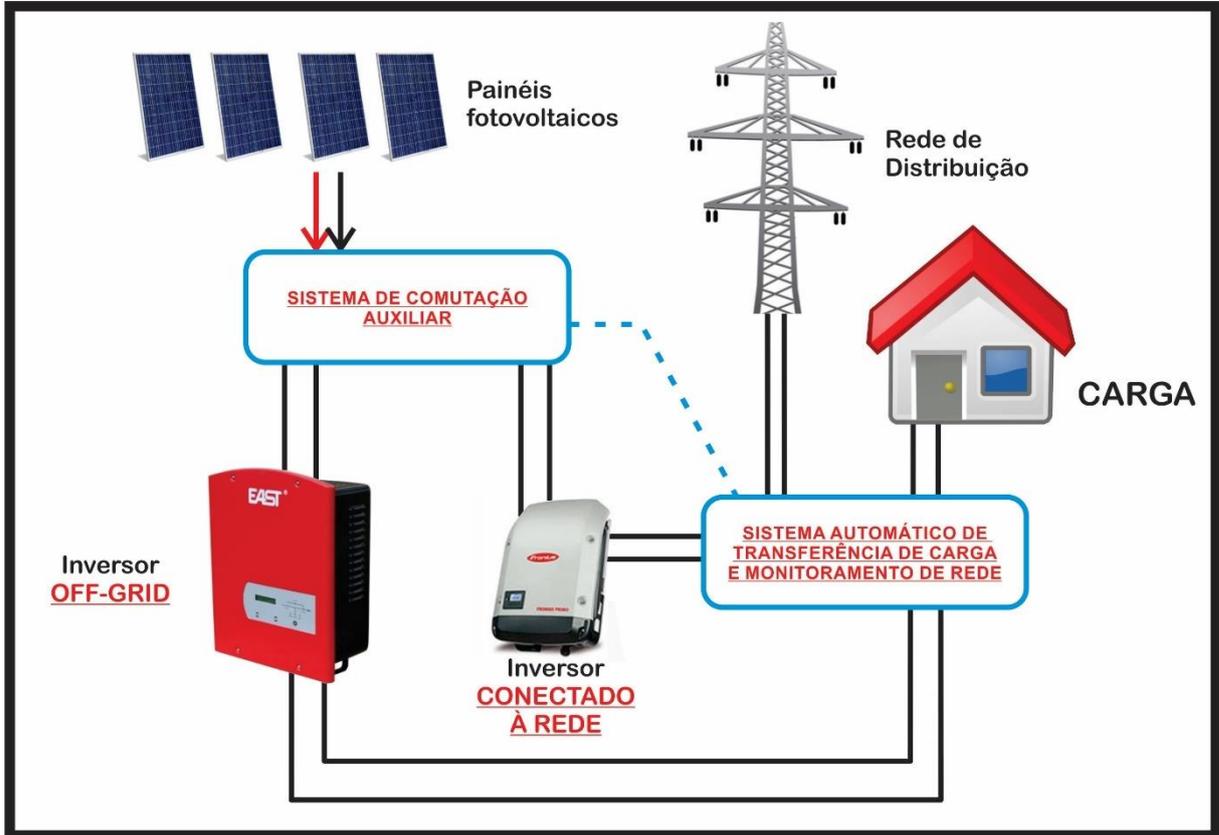
Conforme a abordagem apresentada no trabalho, este contextualiza a situação atual da necessidade de utilização, cada vez mais crescente, de fontes de energia renováveis por conta da escassez futura das não-renováveis, aliado a isso, temos a preocupação de otimização destas fontes, que é o objetivo principal do mesmo.

A pesquisa então analisa os diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos existentes, verifica suas vantagens e sugere uma solução híbrida que mescla dois tipos de sistemas, conectados à rede e sistemas isolados, com o intuito de trazer as vantagens de utilização de cada um deles para um só sistema.

Após estas definições, partirá então para desenvolvimento de um protótipo que utilizará sensores de corrente para monitorar a rede elétrica da distribuidora e fará a transferência da carga conectada ao sistema fotovoltaico.

A figura a seguir ilustra a proposta desenvolvida pelo autor.

Figura 33: Desenho ilustrativo do sistema proposto



Fonte: Desenvolvido pelo autor (2016)

11 RECURSOS

Este capítulo visa demonstrar um panorama geral e quantitativo com relação aos valores necessários para implementação do sistema proposto. O valor final encontrado para cada um dos itens fora levantado com base em um orçamento através de distribuidor local e também preços retirados do site dos fabricantes.

Afim de viabilizar financeiramente o projeto proposto em caráter de protótipo, a lista de materiais disponível no APÊNDICE A baseia-se em dimensionamento realizado para as menores potências de componentes disponíveis comercialmente, de modo que para se ter um prospecto de custo para uma aplicação específica, deveremos realizar um estudo financeiro específico para a aplicação.

Lembrando que foram consideradas apenas a inclusão de um inversor *OFF-GRID*, considerando que já se possui um sistema *ON-GRID* instalado e que se deseje apenas potencializar a utilização dos painéis fotovoltaicos, o qual é o intuito principal do trabalho proposto. Com isso, chegamos a um custo de R\$2.810,13 para a inclusão do recurso de comutação automática.

12 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO

Neste capítulo será feita a descrição dos componentes utilizados no sistema, bem como sua funcionalidade e importância para o correto funcionamento do mesmo. Além disso, serão tratadas questões sobre o projeto desenvolvido.

12.1 Projeto Elétrico

Iniciamos o desenvolvimento da aplicação com o projeto do painel elétrico que fora utilizado como suporte mecânico para a fixação dos componentes elétricos e também que contém os bornes para as interconexões com os componentes externos ao painel.

Neste sentido, iniciou-se com o desenvolvimento do diagrama elétrico multifilar para o sistema proposto no item 10 deste documento. O *software* utilizado para desenho deste diagrama foi o *SolidWorks Electrical*. O diagrama proposto pode ser visto no APÊNDICE B.

Posteriormente ao desenvolvimento do diagrama elétrico, foi possível validar a lista de materiais proposta inicialmente de modo a verificar se todos os componentes necessários para a implementação prática do projeto proposto estão contemplados. Entretanto necessita-se ainda determinar qual serão as dimensões do painel elétrico que irá abrigar estes componentes e também o posicionamento no mesmo.

Para resolver esta necessidade, fez-se a utilização do *software Solidworks Mechanical* para a disposição em ambiente computadorizado tridimensional a totalidade dos componentes necessários para a aplicação, de modo que é então possível determinar o espaço físico que este arranjo de componentes irá necessitar.

A figura a seguir ilustra o posicionamento mecânico proposto para o conjunto de componentes elétricos.

Figura 34: *Layout* 3D proposto para a aplicação.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para o dimensionamento dos condutores, deve-se levar em consideração a capacidade de condução de corrente dos mesmos aliado ao método de instalação ao qual estes serão submetidos. Valores estes estipulados através da ABNT NBR 5410. Para o caso do protótipo desenvolvido, a condução de corrente é consideravelmente baixa a ponto de o dimensionamento do condutor se enquadrar nos quesitos de seção mínima para condutores para circuitos de força estabelecidos através da tabela 47 também da ABNT NBR 5410, resultando então em uma seção de condutor de $2,5\text{mm}^2$.

12.2 Painéis fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são os responsáveis por gerar a energia que será utilizada para alimentação das contadoras que farão a comutação entre a utilização dos sistemas *ON-GRID* e *OFF-GRID* e também para fornecer energia à carga e à rede de distribuição. A energia é primeiramente condicionada através dos inversores de frequência antes de alimentar, tanto a carga quanto a rede de distribuição.

Estes módulos, na aplicação prática do protótipo para validação da solução serão substituídos por uma fonte de tensão estabilizada de bancada, sendo esta da marca ICEL Manaus, modelo OS-5100 configurada com tensão de saída de 24,5V em corrente contínua, de modo que suas características de fornecimento de energia possam ser comparadas aos módulos fotovoltaicos comerciais, permitindo a validação do protótipo, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 35: Imagem da fonte de tensão utilizada.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

O motivo para utilização deste equipamento alternativo dá-se por conta de otimização dos custos que envolvem a aquisição de painéis fotovoltaicos.

12.3 Inversores de Frequência

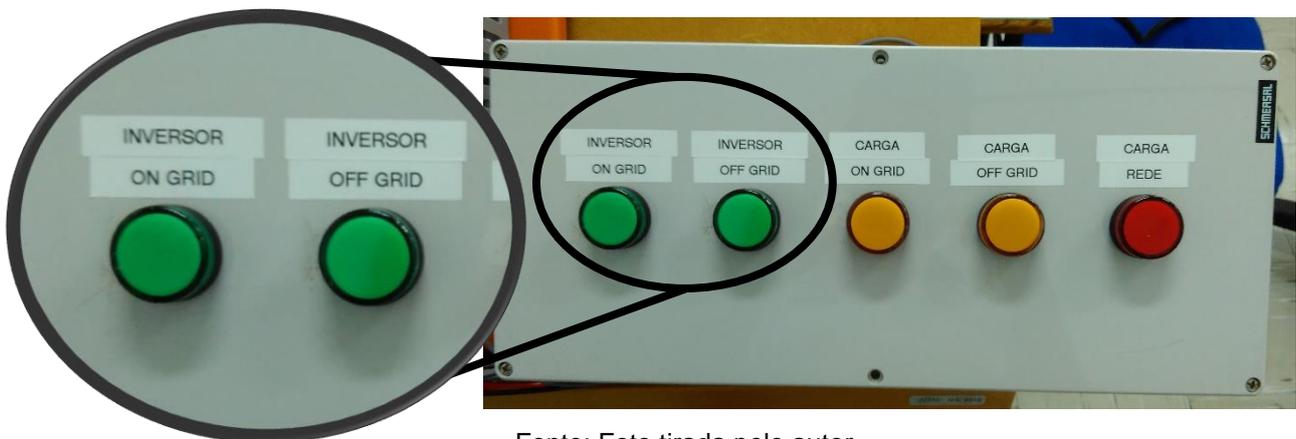
O inversor de frequência baseia-se na transformação da tensão em corrente contínua que é gerada através dos painéis fotovoltaicos para uma tensão em corrente alternada com amplitude e frequência pré-definidas de modo a atender a necessidade da utilização com equipamentos comerciais, sendo assim sua função básica é o condicionamento da energia para correto fornecimento tanto ao uso dos equipamentos quanto à disponibilização na rede elétrica de distribuição.

Deve-se ressaltar que o mesmo faz a utilização de sistemas internos de segurança no caso do fornecimento à rede de distribuição (sistema *ON-GRID*). Sendo estes o sistema de anti-ilhamento, relé de sincronismo, entre outros.

Todavia, como já temos o seu correto funcionamento atestado através de órgãos reguladores como o INMETRO, não está sendo discutida aqui a validação destes equipamentos.

Deste modo, serão utilizados sinaleiros ligados em 24V em corrente contínua para simbolizar o correto funcionamento do sistema, conforme podemos ver na imagem a seguir.

Figura 36: Imagem da fonte de tensão utilizada.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

12.4 Painel Elétrico

Trataremos como painel elétrico, ou também como conjunto de manobra e controle de baixa tensão, como sendo a estrutura física responsável por conter grande parte dos componentes elétricos presentes no sistema, com exceção dos painéis fotovoltaicos e inversores de frequência.

Este por sua vez também contém todas as interconexões elétricas que são responsáveis por garantir o correto funcionamento do sistema proposto. Sendo assim, podemos resumi-la à uma estrutura fabricada em chapas metálicas contemplando a placa de montagem dos dispositivos elétricos.

A figura a seguir mostra a placa de montagem com sua estrutura de trilhos e canaletas pronta para receber os componentes elétricos.

Figura 37: Placa de montagem utilizada para o protótipo.

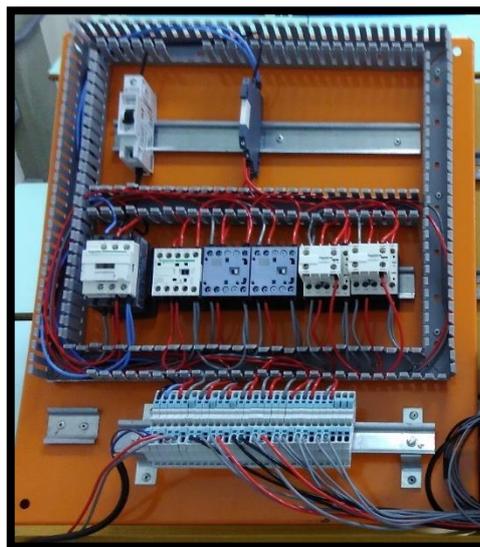


Fonte: Foto tirada pelo autor.

Para a aplicação proposta, não será necessária a utilização de um invólucro metálico para proteger contra os agentes físicos do meio ambiente, uma vez que o mesmo será ensaiado em ambiente fechado e por um período de tempo relativamente curto, onde o mesmo não sofrerá com a ação destes agentes externos.

Os componentes elétricos foram instalados seguindo o *layout* proposto. A imagem a seguir mostra o painel elétrico com sua montagem finalizada.

Figura 38: Placa de montagem utilizada para o protótipo.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

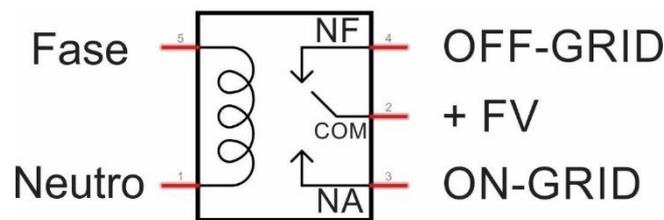
12.4.1 Relés de Interface

O relé de interface será utilizado como elemento sensor na proposta de aplicação. Sendo que não será necessário um sensoriamento analógico, mas apenas a detecção de presença ou ausência de tensão na rede de distribuição, este terá a função de medir a tensão da rede, informando o estado da rede de distribuição para que o sistema possa atuar.

Utilizando-se de sua característica de isolamento galvânica entre bobina e contatos, será possível realizar a detecção da tensão da rede em 220V em corrente alternada e enviar o sinal de comando para as contadoras através da tensão gerada pelos painéis fotovoltaicos em 24V em corrente contínua.

A figura a seguir ilustra a ligação do relé de interface no sistema proposto.

Figura 39: Ligação do relé de interface utilizado como sensor de detecção.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Como podemos ver, o sinal de tensão da rede de distribuição chega diretamente nos polos da bobina do relé, que é então utilizado para determinar qual comando será dado ao sistema através dos contatos NA e NF. Quando é detectada a presença de tensão na rede de distribuição, o relé comuta seus contatos e faz passar a tensão gerada pelos painéis fotovoltaicos para o sistema *ON-GRID*, já quando não há tensão na rede de distribuição, a tensão dos painéis fotovoltaicos passa através do contato NF do relé e alimenta o sistema *OFF-GRID*.

Esta alimentação é então levada até as contadoras de potência que serão alvo de explicação no seguinte item.

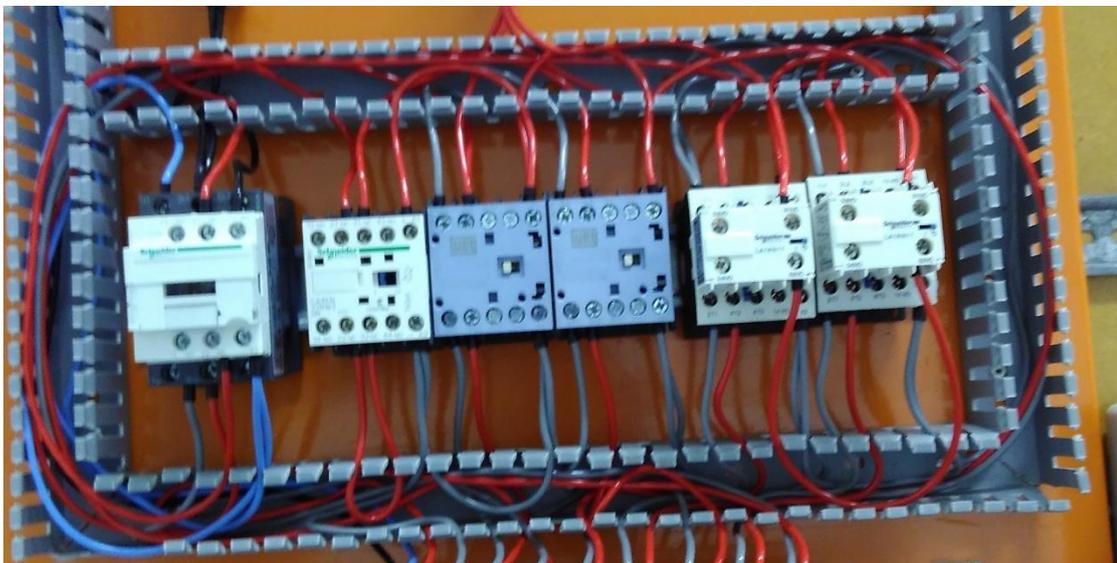
12.4.2 Contadoras de potência

As contadoras de potência são utilizadas como dispositivo de acionamento da parte de potência do sistema. São elas que fazem a ligação ou desligamento de um sistema ou outro.

Para o projeto, foram utilizados dois tipos distintos de contadoras, uma delas sendo de acionamento em 220V em corrente alternada, esta utilizada para comando da alimentação da carga em 220V no período noturno quando não há produção de energia pelos painéis fotovoltaicos ou mesmo durante o dia quando o sistema *ON-GRID* estiver em funcionamento. O outro tipo de contadora possui acionamento em 24V em corrente contínua. Esta por sua vez é responsável pelo acionamento entre os sistemas *ON-GRID* e *OFF-GRID*, fazendo seu comando automático sempre através do monitoramento através do relé de interface.

O detalhe das contadoras utilizadas pode ser visto abaixo.

Figura 40: Visão geral das contadoras utilizadas.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Como pode ser visto, estas diferem com relação à marca das propostas através da lista de materiais, mas possuem as mesmas características técnicas de modo que não causem interferências nos resultados. Podemos perceber também a existência de contatos auxiliares para as duas contadoras do lado direito e a inclusão de uma nova contadora de contatos auxiliares (segunda da esquerda para a direita). Estas foram utilizadas devido ao fato de as contadoras existentes não possuírem contatos normalmente fechados, sendo estes necessários para complementar a lógica de segurança, porém também não influenciam nos resultados.

A lógica de segurança implementada diz respeito à um complemento de intertravamento, elétrico e mecânico, necessário para que sejam evitados problemas

com relação à simultaneidade de alimentação dos sistemas fotovoltaicos *ON-GRID* e *OFF-GRID* para com a carga, ou seja, são utilizados os contatos normalmente fechados das contadoras do sistema *ON-GRID* para bloquear o acionamento do sistema *OFF-GRID* quando o *ON-GRID* estiver em funcionamento e vice-versa. Mais detalhes sobre este esquema de ligação podem ser vistos através do diagrama elétrico disponível no APÊNDICE B.

Além deste intertravamento elétrico, ainda fora utilizado um componente para realizar o intertravamento mecânico entre as contadoras. Trata-se do componente de referência BICO da marca WEG que é utilizado de forma acoplada à parte frontal dos pares de contadoras para impedir a simultaneidade de acionamento dos dois sistemas em caso de falha no intertravamento elétrico. Este tipo de intertravamento fora considerado suplementar ao elétrico e, portanto, não utilizado nos testes. O referido componente pode ser visto na imagem a seguir.

Figura 41: Intertravamento mecânico.



Fonte: Retirada do catálogo de minicontadoras WEG.

12.5 Aplicação

A aplicação baseou-se no estudo do comportamento e validação através de testes em ambiente controlado. Para tanto, fora desenvolvido um protótipo com algumas variações de componentes conforme explicado anteriormente onde tiveram seus testes realizados dentro do laboratório do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Santa Cruz do Sul, LAB 5116A situado no campus de Santa Cruz do Sul.

Para os testes, fora utilizada uma fonte de tensão de uso em bancada com fornecimento de tensão em 24,5V em corrente contínua, sendo esta conectada nos bornes de modo a fazer a função dos módulos fotovoltaicos. Para os inversores de frequência, foram utilizadas sinalizações luminosas para indicar o funcionamento do inversor e também para simular a chegada da tensão para alimentação da carga. Ainda para a carga, foram divididas em três sinaleiros distintos as formas possíveis de alimentação desta carga, de modo que seja possível visualizar com maior facilidade o correto funcionamento do sistema. A imagem a seguir mostra a caixa com os sinaleiros e sua respectiva identificação de função.

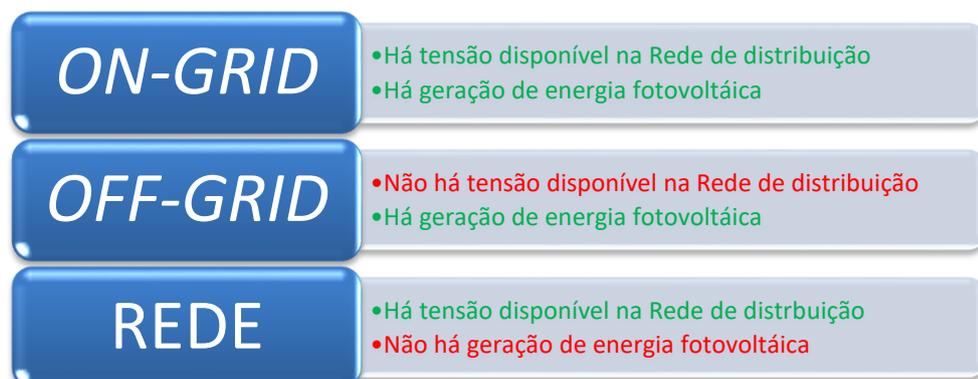
Figura 42: Sinaleiros para simular o funcionamento do sistema.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

O funcionamento está dividido basicamente em três etapas distintas conforme mostra a imagem abaixo.

Figura 43: Etapas de funcionamento do sistema.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Na etapa denominada *ON-GRID* o sistema está operando com a presença da luz do dia fazendo a geração de energia através do sistema fotovoltaico e também com o pleno funcionamento da rede de distribuição da concessionária de energia, de modo que o sistema automático energiza as contadoras alimentando a carga através do inversor *ON-GRID* e também da tensão da rede, conforme podemos ver na figura abaixo.

Figura 44: Sistema operando no modo *ON-GRID*.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Já no sistema *OFF-GRID*, temos o caso onde encontra-se a justificativa do desenvolvimento do trabalho, sendo que neste caso estamos considerando que não há energia disponível através da rede de distribuição da concessionária e que o sistema partiu então para o acoplamento do inversor *OFF-GRID* e passa a alimentar a carga apenas com a energia gerada através dos painéis fotovoltaicos, isolando a rede de distribuição de modo a não oferecer nenhum risco aos técnicos de manutenção da rede de distribuição. A figura a seguir mostra o funcionamento dos sinalizadores nesta etapa.

Figura 45: Sistema operando no modo *OFF-GRID*.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

Finalizando então temos a terceira etapa que condiz à situação da alimentação da carga apenas através da rede de distribuição, onde podemos considerar a situação normal sem a utilização da energia fotovoltaica, ou seja, quando não temos a presença da irradiação solar para gerar energia à carga. A figura a seguir ilustra esta situação.

Figura 46: Sistema operando no modo REDE.



Fonte: Foto tirada pelo autor.

A seguir encontra-se o link do vídeo produzido para explicar de forma mais visual o funcionamento de cada uma das etapas que contemplam o pleno funcionamento do sistema. Este vídeo está disponível através do *Youtube* no seguinte link:

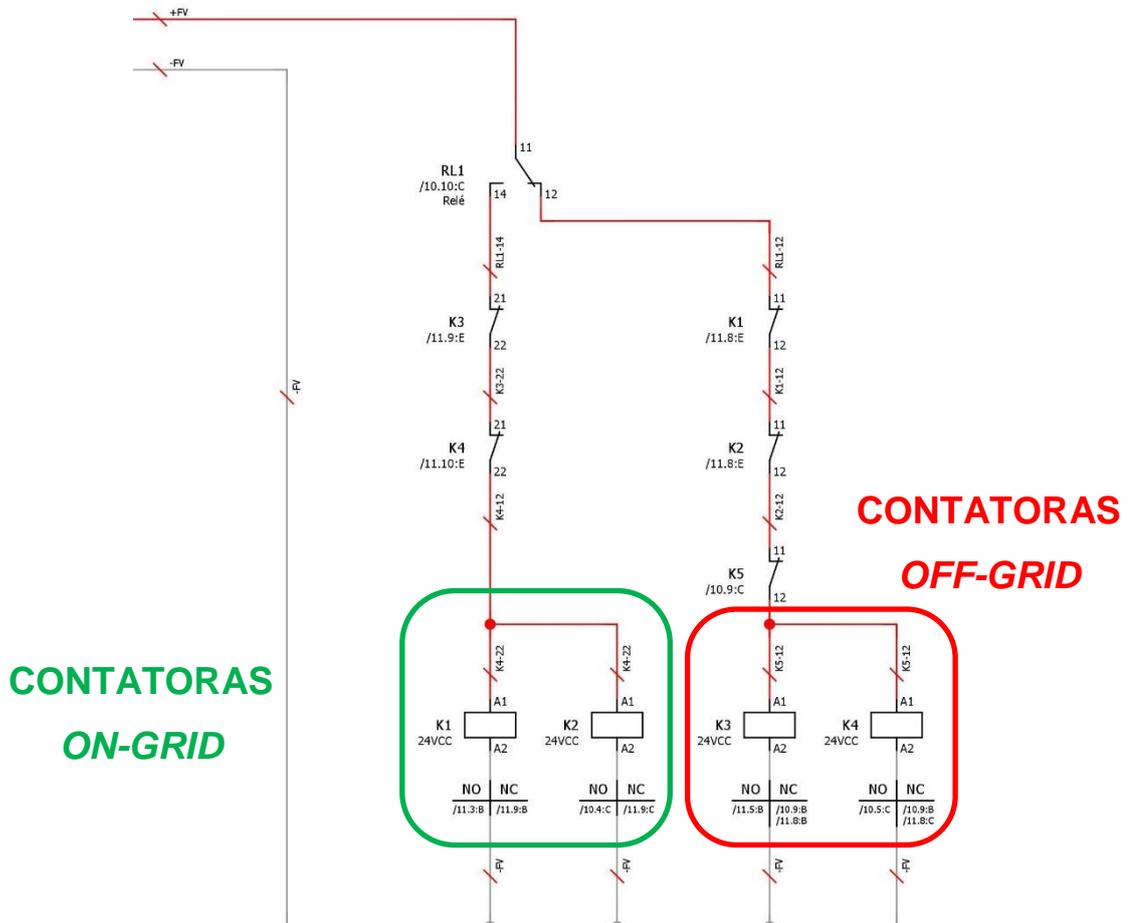
<https://youtu.be/Tdugoyg5Wzq>

Também foram realizadas análises com relação ao funcionamento do sistema de intertravamento proposto e implementado no protótipo, sendo que este é parte vital para que seja garantida a segurança na utilização do hardware implementado pois é responsável pela limitação de alimentação da carga entre os sistemas *ON-GRID* e *OFF-GRID*, ou seja, não permite que a carga seja alimentada por ambos os sistemas ao mesmo tempo, o que poderia causar problemas na rede de distribuição e também na carga que está sendo alimentada.

Na prática, esta situação pode ocorrer por conta de um mal funcionamento das contadoras, onde o sistema automático solicita o desligamento de um dos conjuntos de contadoras e o mesmo não desliga, pois alguma das contadoras está avariada. Neste caso, o intertravamento bloqueia o acionamento do outro conjunto de contadoras.

Este esquema pode ser visto na figura abaixo, onde é mostrado parte do diagrama.

Figura 47: Intertravamento do sistema.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Como podemos ver, são utilizados os contatos normalmente fechados (NF) das contadoras do sistema *ON-GRID* para cortar a alimentação do *OFF-GRID* e vice-versa, garantindo que as bobinas de ambos os sistemas não sejam acionadas de forma conjunta.

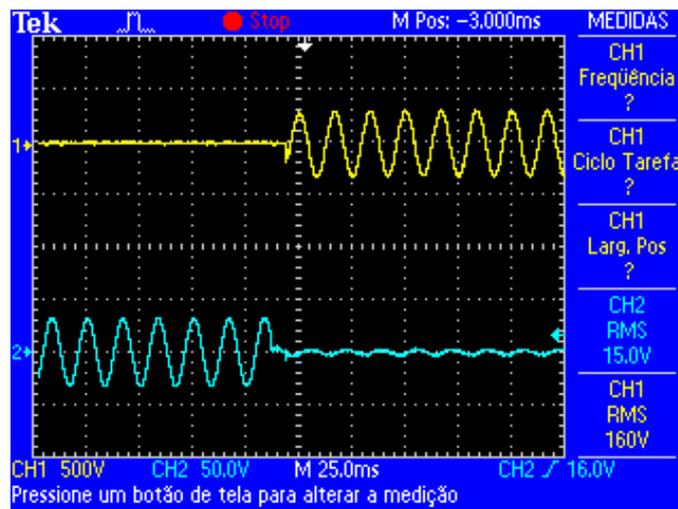
Os testes para a comprovação da eficácia do intertravamento fora realizado também em ambiente controlado, no mesmo local dos testes funcionais explicitados anteriormente. De forma prática, foram utilizados dois canais de um osciloscópio para a medição da tensão a ser fornecida para a carga, onde um dos canais esteve sendo utilizado para medição de fornecimento da energia através do sistema *OFF-GRID* e o outro canal através do sistema *ON-GRID*.

Foram ensaiados o comportamento do sistema em dois instantes específicos de seu funcionamento, com a ideia de verificar se de fato a implementação prática conseguiu cumprir a necessidade de não se ter a sobreposição de sinais no momento exato da transição entre os sistemas. Para contemplar a totalidade de possibilidade que se dispunha, foram medidos nos momentos de transição do sistema *ON-GRID* para o *OFF-GRID* e vice-versa.

Para fins de teste, a alimentação da carga fora dividida de modo que fosse possível fazer a leitura separadamente para cada uma das etapas de funcionamento do sistema, tornando mais visível o momento exato em que há de fato a transferência da carga entre os sistemas *ON-GRID* e *OFF-GRID*. Sendo assim, as figuras a seguir que ilustram a tensão na carga, é apresentada através de duas formas de onda separadas.

Primeiramente tratamos da transição *OFF-GRID* para *ON-GRID*, onde o sinal de número 1 (representado em amarelo) é a tensão senoidal gerada pelo sistema *ON-GRID* para alimentar a carga e o sinal de número 2 (representado em azul) trata-se da tensão senoidal gerada pelo sistema *OFF-GRID* também para alimentar a carga. Na figura a seguir podemos ver esta situação.

Figura 48: Medição da tensão na carga na transição entre do sistema *OFF-GRID* para *ON-GRID*.

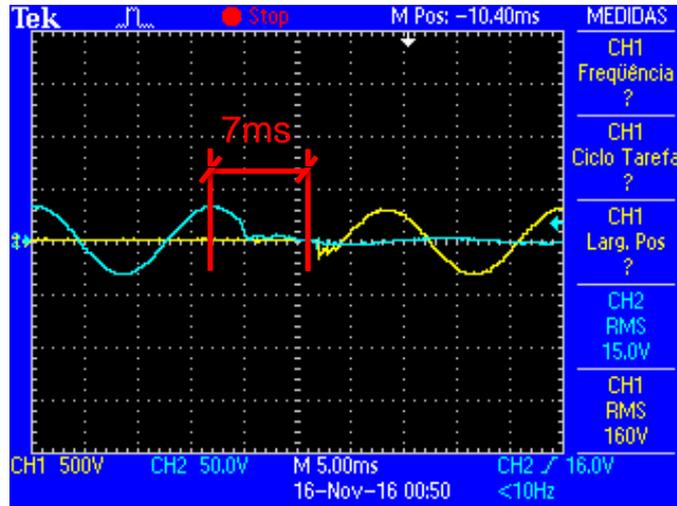


Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Realizando uma sobreposição no osciloscópio dos sinais medidos no momento da transição, podemos ver com mais nitidez que temos um *gap* com um tempo de aproximadamente 7 ms onde a carga não estaria recebendo energia de nenhum dos

sistemas, estando então por este pequeno período de tempo desligada. A situação descrita pode ser vista na figura a seguir.

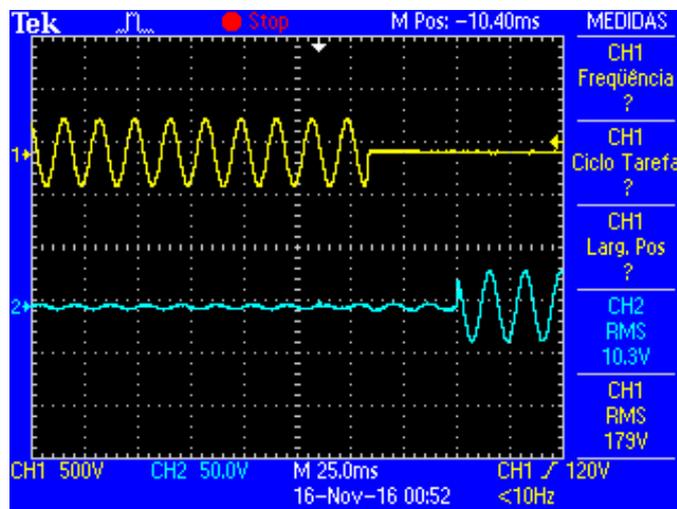
Figura 49: Sobreposição dos sinais do sistema *ON-GRID* e *OFF-GRID* no momento da transição.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Para a transição do sistema *ON-GRID* para o *OFF-GRID*, temos a mesma padronização do procedimento realizado anteriormente, com as ponteiros em modo de medição de tensão do osciloscópio diretamente nos bornes de alimentação da carga. Fez-se então o teste de transição entre estes modos de alimentação da carga e o resultado com relação à tensão de alimentação da carga pode ser vista na figura a seguir.

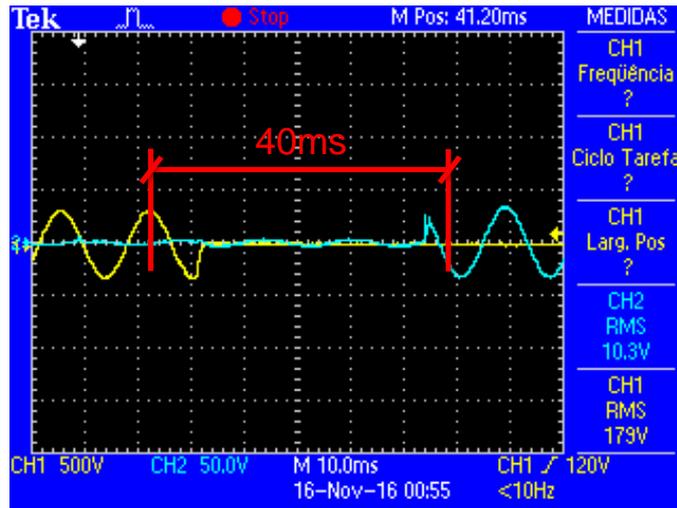
Figura 50: Medição da tensão na carga na transição entre do sistema *ON-GRID* para *OFF-GRID*.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Novamente com a sobreposição dos sinais no osciloscópio é possível visualizar de maneira clara o tempo de transição entre estados, neste caso sendo mais elevado que o anterior, apresentado um tempo de aproximadamente 40 ms, conforme pode ser visto na figura a seguir.

Figura 51: Sobreposição dos sinais do sistema *ON-GRID* e *OFF-GRID* no momento da transição.



Fonte: Desenvolvido pelo autor.

Através das análises realizadas, podemos atestar a correta funcionalidade do equipamento, uma vez que o mesmo não disponibiliza tensões de diferentes sistemas para alimentar a mesma carga, restringindo a energização da mesma através de apenas um sistema, o que garante a segurança do intertravamento elétrico proposto.

13 CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou uma proposta de implementação de um sistema adicional a ser instalado em conjunto com sistemas *ON-GRID* existentes de microgeração de energia fotovoltaica com o intuito de maximizar a utilização do potencial solar disponível.

O sistema apresentou-se com funcionamento satisfatório do modo como foi proposto, cumprindo a exigência de detecção de tensão na rede e comutação automática entre sistema *ON-GRID* e *OFF-GRID* validando a proposta inicial. Todavia, é perceptível que melhorias ainda podem ser realizadas de modo a aumentar o desempenho do sistema, por exemplo com a inclusão de um conjunto de baterias e um controlador de carga, permitindo o armazenamento de energia quando necessário. Esta melhoria, entretanto, exige um aporte financeiro maior para custear os equipamentos, porém pode ser justificável a medida que a necessidade de não se ter a interrupção no fornecimento de energia seja mais crítica.

Também deve-se atentar para os valores de tempo encontrados nos períodos de transição entre os diferentes sistemas, realizando uma análise de modo que se garanta que este maior tempo encontrado (40 ms) seja desprezível para a aplicação proposta, caso se necessite tempo menores, há a necessidade de reestruturação do sistema, buscando componentes com tempos de comutação menores.

Para uma análise do ponto de vista financeiro, deve-se avaliar o valor econômico que teríamos para uma interrupção no fornecimento de energia, com equipamentos que não podem ser desligados, por exemplo, e balancear a situação com o valor do aporte financeiro necessário para a implementação.

Ainda assim, apresenta-se como uma alternativa sustentável para os atuais e bastante difundidos sistemas de geração de energia à óleo diesel que servem como *backup* em casos de falta de energia da concessionária, necessitando um olhar especial de órgãos governamentais na viabilização de financiamentos para aquisição deste tipo de equipamento.

Faz-se hoje um estudo de implementação de sistema fotovoltaico híbrido contando com os recursos de dois inversores distintos sendo acoplados a medida do necessário, mas abre-se uma nova janela para o futuro onde poderemos ter estas duas funções, inclusive com transferência de carga automática em apenas um inversor, minimizando os custos e recursos que tiveram de ser utilizados no presente estudo.

REFERÊNCIAS

AES SUL. **Norma Técnica – NTD 014.001**: Conexão de minigeração e microgeração Distribuída. São Leopoldo, 2016. Disponível em: <https://www.aessul.com.br/site/informacoes/Normas.aspx?categoriald=103&#box02_ancora>. Acesso em: 23 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrica Nacional – PRODIST**: Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/cartilha_revisao_1.pdf>. Acesso em: 23 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrica Nacional – PRODIST**: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo3_revisao_5.pdf>. Acesso em: 15 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2016.

AHMED, Ashfaq. **Eletrônica de Potência**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

BENEDITO, Ricardo da Silva. **Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Energia, Escola Politécnica, Faculdade de Economia e Administração e Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-12082010-142848/pt-br.php>>. Acesso em: 20 maio 2016.

BRASIL. Enio Bueno Pereira. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Coord.). **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: Inpe, 2006. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf>. Acesso em: 25 maio 2016.

BRASIL. João Tavares Pinho; Marco Antônio Galdino. Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (Org.). **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 24 maio 2016.

BRASIL. Maurício Tiomno Tolmasquim. Empresa de Pesquisa Energética (Coord.). **Energia Renovável**: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro:

Epe, 2016. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/Documents/Energia Renovável - Online 16maio2016.pdf](http://www.epe.gov.br/Documents/Energia%20Renovável%20Online%2016maio2016.pdf)>. Acesso em: 25 maio 2016.

BRASIL. Maurício Tiomno Tolmasquim. Empresa de Pesquisa Energética. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil: Condicionantes e impactos**. Rio de Janeiro: Epe, 2014. (Recursos Energéticos). Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série Estudos de Energia/DEA 19 - Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos VF \(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Série%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20Inserção%20da%20Geração%20Fotovoltaica%20Distribuída%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20(Revisada).pdf)>. Acesso em: 18 maio 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **A ANEEL**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/entidades-vinculadas-e-afins/aneel>>. Acesso em: 26 maio 2016.

CADERNOS TEMÁTICOS ANEEL: Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica. Brasília: Aneel, mar. 2014. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2016.

ELECTRÓNICA. **Painel Solar Fotovoltaico: Fabrico e Composição**. Disponível em: <<http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>>. Acesso em: 26 maio 2016.

ELÉTRICA, Ensinando. **ATS - Automatic Transfer Switch**. Disponível em: <<http://ensinandoeletrica.blogspot.com.br/2013/02/ats-automatic-transfer-switch.html>>. Acesso em: 18 jun. 2016.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010.

G1. **Chuva deixa bairros sem luz e causa estragos em Salvador**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bahia/noticia/2016/01/chuva-deixa-bairros-sem-energia-e-causa-queda-de-arvores-em-salvador.html>>. Acesso em: 20 maio 2016.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GREENPRO, Altener programme. **Energia Fotovoltaica. Manual sobre tecnologias, projecto e instalação**. Portugal. 2004. Disponível em: <<http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2016.

HODGE, B. K. **Sistemas e aplicações de energia alternativa**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

INDUSTRIAL, Loja. **Chaves de Transferência entre fontes de energia elétrica de baixa tensão**. 2015. Disponível em: <<https://www.lojaindustrial.com.br/blogloja/chave-transferencia/>>. Acesso em: 18 jun. 2016.

INDUSTRIAIS, Soluções. **QTA para gerador.** Disponível em: <http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/energia_e_meio_ambiente/essencial-energia/produtos/geracao-de-energia/qta-para-gerador>. Acesso em: 18 jun. 2016.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. Qualidade do fornecimento de Energia Elétrica: Confiabilidade, Conformidade e Presteza. São Paulo: jul. 2014. Disponível em: <http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2014_WhitePaperAcendeBrasil_14_Qualidade_Fornecimento_Energia_Rev_0.pdf>. Acesso em: 22 maio 2016.

NAKABAYASHI, Renny Kunizo. **Microgeração fotovoltaica no Brasil:** Condições atuais e perspectivas futuras. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/lsf/sites/default/files/Dissertacao_Renny_vfinal.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

NEWS, Campo Grande. **Temporal provoca falta de energia e concessionária mobiliza 50 equipes.** 2015. Disponível em: <<http://www.campograndenews.com.br/cidades/capital/temporal-provoca-falta-de-energia-e-concessionaria-mobiliza-50-equipes>>. Acesso em: 20 maio 2016.

PEREIRA, José Claudio. **Sistemas elétricos de suprimento de energia para cargas de missão crítica.** 2010. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/341-sistemas-eletricos-de-suprimento-de-energia-para-cargas-de-missao-critica.html>>. Acesso em: 18 jun. 2016.

PEREIRA, Jose Claudio. **CHAVES DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA:** Sistemas de Baixa Tensão. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/ATS2.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2016.

RASHID, Muhhamed H.. **Eletrônica de Potência:** Dispositivos, circuitos e aplicações. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

RESENHA MENSAL DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA. Rio de Janeiro: Epe, jan. 2016. Mensal. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/ResenhaMensal do Mercado de Energia Elétrica - Dezembro 2015.pdf](http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/ResenhaMensal%20do%20Mercado%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%20-%20Dezembro%202015.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2016.

RODRIGUES, William Costa. **metodologia Científica.** Paracambi: Faetec/ist, 2007. 20 slides, P&B. Disponível em: <http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica.pdf>. Acesso em: 26 maio 2016.

SEVERO, Leonardo. **Estudo e implementação de métodos de proteção de anti-ilhamento aplicados a sistemas fotovoltaicos.** 2011. 291 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95161>>. Acesso em: 20 maio 2016.

SOLAR, Portal. **Tipos de Paine Solar Fotovoltaico**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 26 maio 2016.

UOL. **Chuva causa interrupção no fornecimento de energia elétrica em bairros Manaus**. 2015. Disponível em: <http://acritica.uol.com.br/manaus/Chuva-interruptao-eletrica-bairros-Manaus_0_1316868333.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

APÊNDICE A – LISTA DE MATERIAIS

UNISC <small>UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL</small>		LISTA DE MATERIAIS		Finalidade da emissão/emission purpose		E
PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO - CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - SANTA CRUZ DO SUL -RS LM - 01		A - Preliminar B - P/ Conhecimento C - Comentários	D - Aprovação E - Cotação F - Cancelado	H - "AS BUILT" I - Detalhes		
REV: 00		DATA: 06/11/2016				
QTDE	UN	DESCRIÇÃO	REFERÊNCIA	FORNECEDOR	VALOR UN (R\$)	VALOR TOTAL
CABOS E ACESSÓRIOS						
3	m	CABO FLEXÍVEL 1x2,5 mm ² 750V PRETO		CONDUSPAR	R\$ 1,28	R\$ 3,84
4	m	CABO FLEXÍVEL 1x2,5 mm ² 750V AZUL		CONDUSPAR	R\$ 1,28	R\$ 5,12
2	m	CABO FLEXÍVEL 1x2,5 mm ² 750V VERDE/AMARELO		CONDUSPAR	R\$ 1,28	R\$ 2,56
8	m	CABO FLEXÍVEL 1x2,5 mm ² 750V VERMELHO		CONDUSPAR	R\$ 1,28	R\$ 10,24
7	m	CABO FLEXÍVEL 1x2,5 mm ² 750V CINZA		CONDUSPAR	R\$ 1,28	R\$ 8,96
50	PÇ	TERMINAL ILHÓS PARA CABO 2,5mm SIMPLES	HES12250	HellermanTyton	R\$ 0,10	R\$ 5,00
15	PÇ	TERMINAL ILHÓS PARA CABO 2,5mm ² DUPLO	HES12250-2	HellermanTyton	R\$ 0,15	R\$ 2,25
COMPONENTES PARA PAINEL ELÉTRICO E ACESSÓRIOS						
1	PÇ	CONTATORA DE POTÊNCIA 220Vca	CWC016-01-30V26	WEG	R\$ 67,90	R\$ 67,90
4	PÇ	CONTATORA DE POTÊNCIA 24Vcc 5CV	CWC016-01-30C03	WEG	R\$ 127,00	R\$ 508,00
2	PÇ	INTERTRAVAMENTO MECÂNICO PARA CONTATORA	BIC0 (12499466)	WEG	R\$ 27,00	R\$ 54,00
1	PÇ	RELÉ INTERFACE BOBINA 220V	3RQ3118-1AF00	SIEMENS	R\$ 48,30	R\$ 48,30
1	PÇ	DISJUNTOR MONOPOLAR 16A CURVA C	5SX1 116-7	SIEMENS	R\$ 6,00	R\$ 6,00
15	PÇ	BORNE 2,5mm ² CINZA	8WH3 000-0AF00	SIEMENS	R\$ 2,80	R\$ 42,00
1	PÇ	PAINEL DE COMANDO POLARIS (600x500x250mm)	101110031	ELETROPOLL	R\$ 350,00	R\$ 350,00
2	m	CANALETA ABERTA 30x50mm	HD3P	HellermanTyton	R\$ 13,80	R\$ 27,60
1,3	m	TRILHO DIN 30mm	936604	LEGRAND	R\$ 7,20	R\$ 9,36
COMPONENTES FOTOVOLTAICOS E ACESSÓRIOS						
1	PÇ	INVERSOR OFF GRID 1500W 12Vcc - 220Vca	iVolt 1500	UNITRON	R\$ 1.659,00	R\$ 1.659,00
					TOTAL GERAL	R\$ 2.810,13

APÊNDICE B – DIAGRAMA ELÉTRICO DO PROTÓTIPO

Para uso Interno

Comentário _____

Aprovação _____ Engenheiro eletricista

Fabricação _____

Execução _____

As Built _____ DATA _____

Para uso Cliente

Aprovado Reprovado

Aprovado com Restrição

Outro: _____

Nome _____ DATA _____

Assinatura _____

Índice de Revisões

Revisão	Projeto Inicial	Descrição	Data	Projetista	Aprovação
00			07/11/2016	Felipe de Oliveira	Felipe de Oliveira
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					

Projeto: Transferencia de Carga para Usinas de microgeração FV

Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO

Descrição da Página:

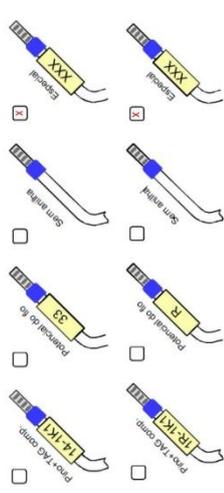
Capa

Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul

Localização: AV Independencia, 2293, Santa Cruz do Sul - RS

Responsavel Técnico: Engº eletricista, CREA RS

Página: 1 / 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																			
A	Memorial Descritivo																											
B	<p>1 Características técnicas</p> <p>1.1 Fabricante:</p> <p>1.2 Frequência: <input checked="" type="checkbox"/> 60Hz <input type="checkbox"/> 50Hz</p> <p>1.3 Tensão nominal [Ue]: <input checked="" type="checkbox"/> 220Vca <input type="checkbox"/> 380Vca <input type="checkbox"/> 440Vca</p> <p>1.4 Tensão auxiliar: <input type="checkbox"/> 110Vca <input type="checkbox"/> 220Vca <input type="checkbox"/> 380Vca</p> <p>1.5 Tensão de comando: <input type="checkbox"/> 12Vcc <input checked="" type="checkbox"/> 24Vcc</p> <p>1.6 Medidas de proteção:</p> <p>1.6.1 Proteção contra contato direto:</p> <p>1.6.2 Dever ser aterrados todos os componentes que tenham terminal para esse fim.</p> <p>1.6.3 Manutenção deverá ser realizada por profissional QUALIFICADO, HABILITADO e AUTORIZADO.</p> <p>1.6.4 Operação deverá ser realizada por profissional CAPACITADO e AUTORIZADO.</p> <p>1.6.5 Deverão ser observadas as recomendações da NR-10.</p> <p>1.6.5 Deverão ser observadas as recomendações da NR-6, fazendo o uso correto dos EPI's.</p> <p>1.7 Condições de serviço:</p> <p>1.7.1 Local da instalação: <input checked="" type="checkbox"/> Instalação abrigada <input type="checkbox"/> Instalação ao tempo</p> <p>1.7.2 Ambiente da instalação: <input checked="" type="checkbox"/> Não aplicável <input type="checkbox"/> Corrosivo <input type="checkbox"/> Área classificada <input type="checkbox"/> Úmido <input type="checkbox"/> Próximo do mar</p> <p>1.7.2 Grau da poluição: <input checked="" type="checkbox"/> Tipo 1 <input type="checkbox"/> Tipo 2 <input type="checkbox"/> Tipo 3 <input type="checkbox"/> Tipo 4</p> <p>1.8 Sistema de aterramento: <input type="checkbox"/> THC <input checked="" type="checkbox"/> TT <input type="checkbox"/> TNIS <input type="checkbox"/> IT</p>				<p>2 Estrutura</p> <p>2.1 Fornecedor da estrutura:</p> <p>2.2 Material da estrutura:</p> <p>2.3 Cor do painel:</p> <p>2.5 Cor da placa de montagem:</p> <p>2.6 Tipo de pintura:</p> <p>2.7 Camada de tinta média:</p> <p>2.4 Fixação do painel: <input type="checkbox"/> Soleira <input type="checkbox"/> Suporte</p> <p>2.4.1 Cor:</p> <p>2.8 Acessórios: <input checked="" type="checkbox"/> Não aplicável <input type="checkbox"/> Grelha de ventilação <input type="checkbox"/> Cooler <input type="checkbox"/> Telhado <input type="checkbox"/> Fechamento metálico <input type="checkbox"/> Porta documentos</p>					<p>3 Condutores</p> <p>3.1 Cabos</p> <p>3.1.1 Isolação cabo de força:</p> <p>3.1.2 Classe temperatura cabo de força:</p> <p>3.1.3 Isolação cabo de comando:</p> <p>3.1.4 Classe temperatura cabo de comando:</p> <p>3.1.5 Identificação (cor):</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Função</th> <th>Cor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Força</td> <td>Preto</td> </tr> <tr> <td>Neutro</td> <td>Azul Claro</td> </tr> <tr> <td>Terra</td> <td>Verde/amarelo</td> </tr> <tr> <td>Comando 24Vcc</td> <td>Vermelho</td> </tr> <tr> <td>Comando 0Vcc</td> <td>Cinza</td> </tr> <tr> <td>Comando 24Vca</td> <td>Vermelho</td> </tr> </tbody> </table>					Função	Cor	Força	Preto	Neutro	Azul Claro	Terra	Verde/amarelo	Comando 24Vcc	Vermelho	Comando 0Vcc	Cinza	Comando 24Vca	Vermelho
Função	Cor																											
Força	Preto																											
Neutro	Azul Claro																											
Terra	Verde/amarelo																											
Comando 24Vcc	Vermelho																											
Comando 0Vcc	Cinza																											
Comando 24Vca	Vermelho																											
C	<p>3.2 Barramentos</p> <p>3.2.1 Material:</p> <p>3.2.2 Tratamento geral:</p> <p>3.2.3 Tratamento das conexões:</p> <p>3.2.3 Acabamento: <input type="checkbox"/> Cobrir nu <input type="checkbox"/> Pintado <input type="checkbox"/> Prateado <input type="checkbox"/> Termocontrátil <input checked="" type="checkbox"/> N/A</p> <p>3.2.4 Identificação (cor):</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Função</th> <th>Cor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fase R</td> <td>Azul escuro</td> </tr> <tr> <td>Fase S</td> <td>Branco</td> </tr> <tr> <td>Fase T</td> <td>Violeta</td> </tr> <tr> <td>Neutro</td> <td>Azul claro</td> </tr> <tr> <td>Terra</td> <td>Verde</td> </tr> </tbody> </table>				Função	Cor	Fase R	Azul escuro	Fase S	Branco	Fase T	Violeta	Neutro	Azul claro	Terra	Verde	<p>4 Identificação</p> <p>4.1 Identificação cabeamento</p> <p>4.1.1 Tipo de anilha: <input checked="" type="checkbox"/> Elesys <input type="checkbox"/> Murr</p> <p>4.1.2 Cor da anilha: <input checked="" type="checkbox"/> Branca <input type="checkbox"/> Amarela</p> <p>4.1.3 Forma de identificação da anilha:</p> 											
Função	Cor																											
Fase R	Azul escuro																											
Fase S	Branco																											
Fase T	Violeta																											
Neutro	Azul claro																											
Terra	Verde																											
D	<p>5</p>																											
E	<p>6</p>																											
F	<p>7</p>																											
<p>8</p>																												
<p>9</p>																												
<p>10</p>																												
<p>11</p>																												
<p>12</p>																												
<p>13</p>																												
<p>14</p>																												
<p>15</p>																												
<p>16</p>																												
<p>17</p>																												
<p>18</p>																												
<p>19</p>																												
<p>20</p>																												
<p>21</p>																												
<p>22</p>																												
<p>23</p>																												
<p>24</p>																												
<p>25</p>																												
<p>26</p>																												
<p>27</p>																												
<p>28</p>																												
<p>29</p>																												
<p>30</p>																												
<p>31</p>																												
<p>32</p>																												
<p>33</p>																												
<p>34</p>																												
<p>35</p>																												
<p>36</p>																												
<p>37</p>																												
<p>38</p>																												
<p>39</p>																												
<p>40</p>																												
<p>41</p>																												
<p>42</p>																												
<p>43</p>																												
<p>44</p>																												
<p>45</p>																												
<p>46</p>																												
<p>47</p>																												
<p>48</p>																												
<p>49</p>																												
<p>50</p>																												



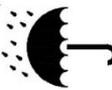
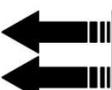
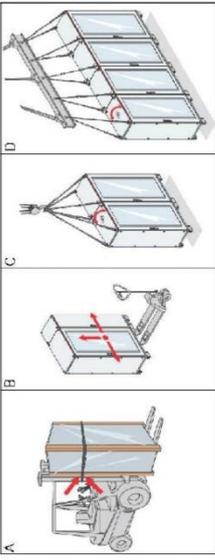
UNISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul
 Localização: AV Independência, 2293, Santa Cruz do Sul - RS
 Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV
 Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO

Revisão	Data	Descrição
02		
01		
00	07/11/2016	Projeto Inicial

Responsável Técnico:
Engº eletricista, CREA-RS

Revisão: 00
 Página: 2 / 6
 Projetista: Felipe de Oliveira
 Aprovação: Felipe de Oliveira

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10												
Memorial Descritivo																					
A	<p>4.2. Identificação componentes internos</p> <p>4.2.1 Adesivo de identificação dos componente:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Etiqueta adesiva amarelo 7x15 <input type="checkbox"/> "Crachá"</p> <p><input type="checkbox"/> Plaqueta adesiva branca 15x9</p> <p>4.2.2 Forma de fixação dos adesivos:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Direto no componente <input type="checkbox"/> No componente e na placa de montagem</p> <p><input type="checkbox"/> Somente na placa de montagem <input type="checkbox"/> Suporte tipo "crachá"</p>																				
B	<p>5 Transporte, armazenamento e preservação</p> <p>5.1 O painel deverá ser transportado e adicionado conforme a marcação da embalagem (símbolos) correspondentes:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Proteger contra a umidade </div> <div style="text-align: center;">  Face superior nesta direção </div> <div style="text-align: center;">  Frágil </div> </div>																				
C	<p>5.2 Para maior segurança no transporte, utilizar empilhadeira, como visto na figura (A);</p> <p>5.3 Para maior segurança no transporte horizontal, utilizar paleteira, conforme visto na figura (B), sempre avaliando o centro de gravidade do painel antes do manuseio;</p> <p>5.4 Para maior segurança no transporte vertical com equipamentos de içamento, verifique as condições que seguem:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Condição perfeita de cordas e correntes; - Para até 3 colunas, fazer o içamento conforme figura (C); - Painéis com mais de 3 colunas, içar conforme figura (D); <div style="text-align: center;">  </div>																				
D	<p>6 Documentação</p> <p>6.1 O projeto deverá ser guardado, durante sua vida útil, em lugar acessível ao proprietário, usuário, ou agente de manutenção do equipamento;</p> <p>6.2 Cópias adicionais do projeto, podem ser requisitadas junto a empresa Automate Engenharia. Ao solicitar uma cópia adicional, o código do rodapé deverá ser informado;</p>																				
E	<p>7 Informações Gerais</p> <p>7.1 Todas as cotas em milímetros - Variação Tolerável 5%;</p> <p>7.2 Divergência entre cota e desenho, prevalece a cota;</p> <p>7.3 Analisar a distribuição do peso do produto no içamento;</p> <p>7.4 Reapertar parafusos, antes de qualquer operação;</p> <p>7.5 O painel deve ser aterrado conforme foi projetado;</p> <p>7.6 Para limpeza dos componentes internos do painel, não devem ser utilizados produtos químicos. Somente o uso de pano seco, jato de ar comprimido seco e quadro sem energia.</p>																				
F	<p>8 Manutenção</p> <p>8.1 Conforme item 1.6.3, a manutenção deve seguir procedimentos de segurança normatizados, como por exemplo, a NR-10;</p> <p>8.2 O perímetro de serviço e manutenção deverá ser isolado, assim como seccionar os dispositivos que permitem a energiação do quadro. Sempre deve ser verificado a ausência de tensão com dispositivos devidamente apropriados;</p> <p>8.3 O quadro deve ser inspecionado semanalmente, verificando aspectos de sujeira, avaliação dos componentes elétricos, a fiação, e estrutura em geral. Com isso, será possível evitar a falha em sinalizadores, sobrecarga do painel, sobrecarga do mesmo, falha na isolamento. Também, será evitado o mau contato nos pontos de conexão, possíveis curto circuito, pontos de ferrugem e danos no painel. Assim, permitiremos um bom estado de conservação e aspecto visual do quadro elétrico.</p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"> Descrição do Página: Memorial Descritivo </td> <td style="width: 10%;"> Revisão: 02 01 00 </td> <td style="width: 10%;"> Data 07/11/2016 </td> <td style="width: 10%;"> Descrição: Projeto Inicial </td> <td style="width: 10%;"> Revisão: 00 </td> <td style="width: 10%;"> Página: 3 / 6 </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul Localização: AV Independência, 2293, Santa Cruz do Sul - RS Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO </td> <td colspan="3"> Responsável Técnico: Engº eletricista, CREA-RS Projetista: Felipe de Oliveira Aprovação: Felipe de Oliveira </td> </tr> </table>										Descrição do Página: Memorial Descritivo	Revisão: 02 01 00	Data 07/11/2016	Descrição: Projeto Inicial	Revisão: 00	Página: 3 / 6	Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul Localização: AV Independência, 2293, Santa Cruz do Sul - RS Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO			Responsável Técnico: Engº eletricista, CREA-RS Projetista: Felipe de Oliveira Aprovação: Felipe de Oliveira		
Descrição do Página: Memorial Descritivo	Revisão: 02 01 00	Data 07/11/2016	Descrição: Projeto Inicial	Revisão: 00	Página: 3 / 6																
Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul Localização: AV Independência, 2293, Santa Cruz do Sul - RS Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO			Responsável Técnico: Engº eletricista, CREA-RS Projetista: Felipe de Oliveira Aprovação: Felipe de Oliveira																		



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Simbologia											
A	Tag	Descrição da peça	Referência cruzada	Simbolo	Tag	Descrição	Referência cruzada	Simbolo			
B	K1	Contatora de Potência 24VCC	/11.8:E								
	K2	Contatora de Potência 24VCC	/11.8:E								
	K3	Contatora de Potência 24VCC	/11.9:E								
	K4	Contatora de Potência 24VCC	/11.10:E								
	K5	Contatora de Potência 220VCA	/10.9:C								
D	OF GRID	Inversor de Freqüência	/11.5:D								
	ON GRID	Inversor de Freqüência	/11.3:D								
E	RL1	Relé Interface 220VCA	/10.10:C								
F	X1	Conector de Passagem	/10.1:F								

UNIMISC
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

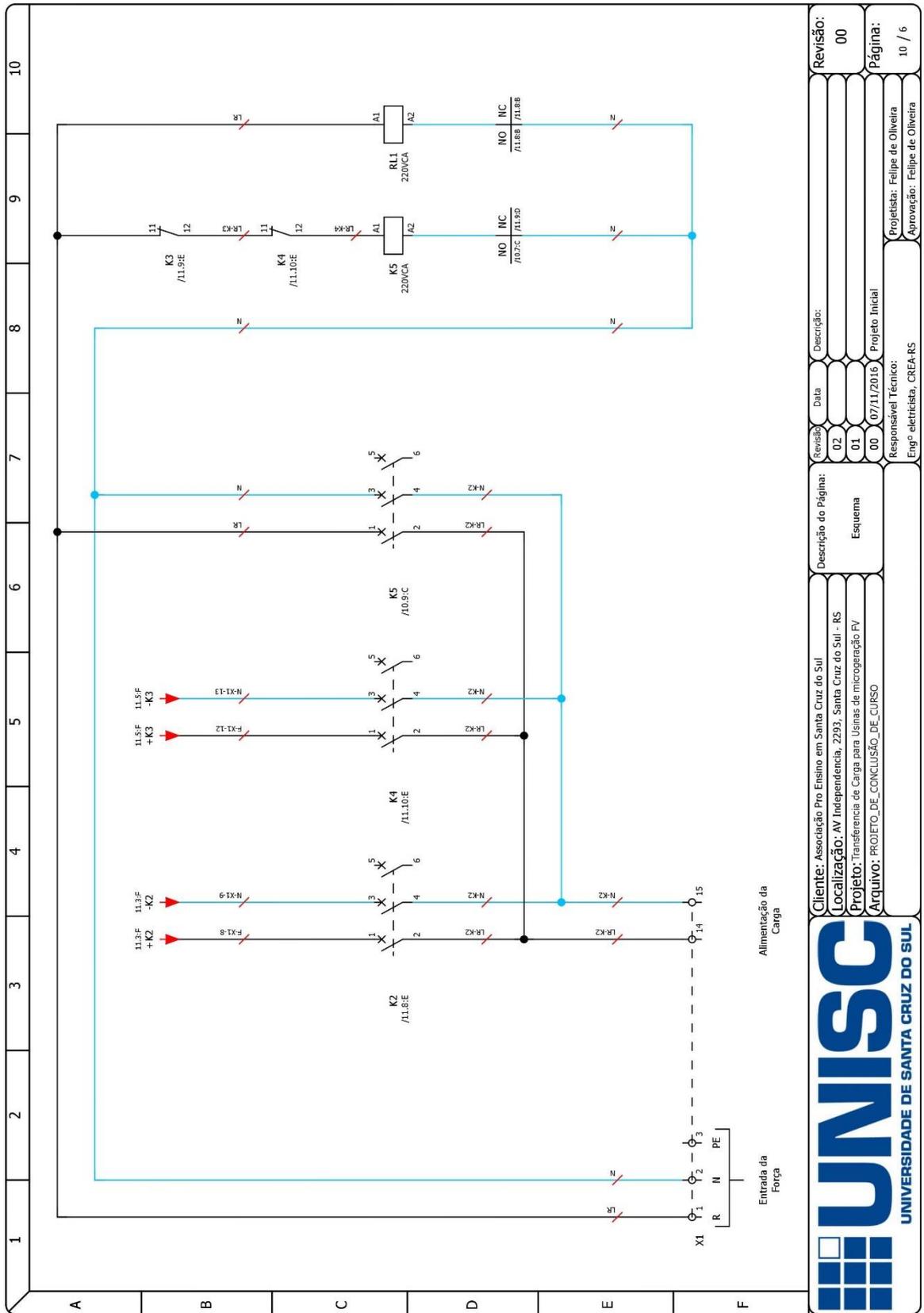
Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul
 Localização: AV Independência, 2293, Santa Cruz do Sul - RS
 Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV
 Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO

Revisão: 00	Revisão: 02	Data	Descrição:
01	01		
00	00	07/11/2016	Projeto Inicial

Responsável Técnico:
 Engº eletricista, CREA-RS

Projetista: Felipe de Oliveira
 Aprovação: Felipe de Oliveira

Descrição do Página: Simbologia
 Revisão: 00
 Página: 4 / 6



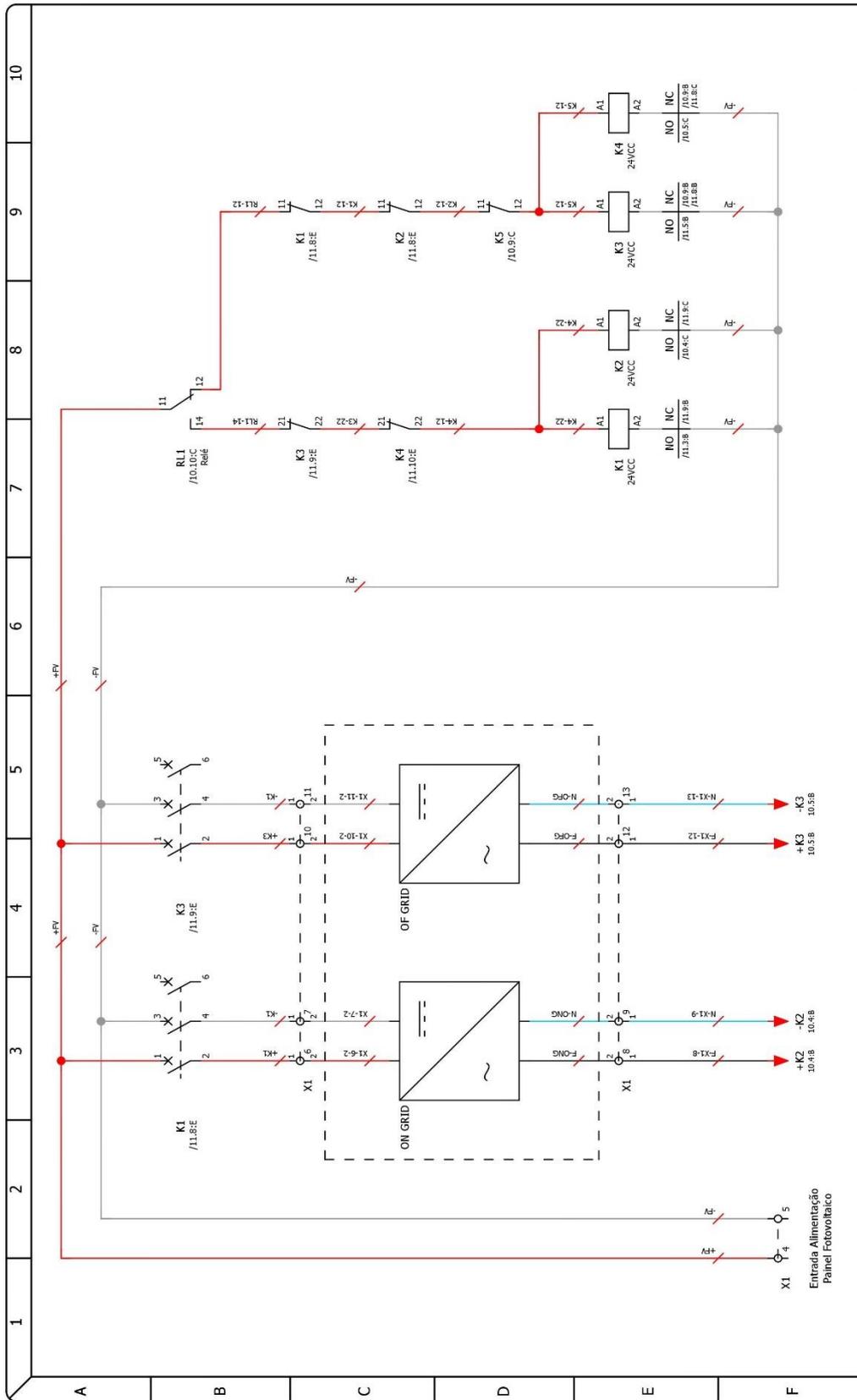
Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul
Localização: AV Independencia, 2293, Santa Cruz do Sul - RS
Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV
Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO

Revisão	Data	Descrição
02		
01		
00	07/11/2016	Projeto Inicial

Descrição do Página:
 Esquema

Responsável Técnico:
 Engº eletricista, CREA-RS

Revisão: 00
 Página: 10 / 6
 Projetista: Felipe de Oliveira
 Aprovação: Felipe de Oliveira



UNISC UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL		Cliente: Associação Pro Ensino em Santa Cruz do Sul Localização: AV Independência, 2293, Santa Cruz do Sul - RS Projeto: Transferência de Carga para Usinas de microgeração PV Arquivo: PROJETO_DE_CONCLUSÃO_DE_CURSO		Descrição do Página: Esquema		Revisão: 02 Data: 07/11/2016 Projeto Inicial		Revisão: 00 Data: 11/11/2016 Projeto Inicial	
		Responsável Técnico: Engº electricista, CREA-RS		Projetista: Felipe de Oliveira Aprovação: Felipe de Oliveira		Revisão: 00 Data: 11/11/2016 Projeto Inicial		Revisão: 00 Data: 11/11/2016 Projeto Inicial	

ANEXO A – Datasheet da contatora e intertravamento mecânico



Minicontatores Tripolares de 7 a 22 A (AC-3)

- Fixação por parafusos ou diretamente em trilho DIN 35 mm
- Protegido contra corpos estranhos e toques
- Contatos auxiliares integrados até 16 A
- Minicontatores CWC0 com bobinas em corrente contínua de baixo consumo, permitindo a conexão direta a CLPs
- Mesmo dimensional (bobina CA ou CC) para os modelos CWC0 até 16 A
- Os minicontatores CWC0 atendem aos requisitos da IEC 60947-4-1 sobre contatos espelhados e seus contatos auxiliares aos requisitos da IEC 60947-5-1 sobre contatos mecanicamente conectados



I_n ($U_n \leq 440$ V)	$I_n = I_{th}$ ($U_n \leq 690$ V) $\theta \leq 55$ °C	Potência nominal de emprego em AC-3 ¹⁾ Motor trifásico - IV polos - 60 Hz - 1.800 rpm						Contatos auxiliares por minicontador		Referência para completar com a tensão de comando		Peso ⁵⁾ kg
		220 V 230 V	380 V	400 V 415 V	440 V	500 V	660 V 690 V	*3 *4 NA	L*1 *2 NF	Terminal parafuso	Terminal mola	
AC-3 A	AC-1 A	kW / cv	kW / cv	kW / cv	kW / cv	kW / cv	kW / cv	1 0	0 1	CW07-10-30♦ CW07-01-30♦	-	0,130
7 ²⁾	16 ²⁾	1,5 / 2	3 / 4	3 / 4	-	-	-	1 0	0 1	CWC07-10-30♦ CWC07-01-30♦	CWC07-10-30♦S CWC07-01-30♦S	0,188
7	18	1,5 / 2	3 / 4	3 / 4	3,7 / 5	3,7 / 5	3 / 4	1 0	0 1	CWC09-10-30♦ CWC09-01-30♦	CWC09-10-30♦S CWC09-01-30♦S	
9	20	2,2 / 3	3,7 / 5	3,7 / 5	4,5 / 6	4,5 / 6	3,7 / 5	1 0	0 1	CWC12-10-30♦ CWC12-01-30♦	CWC12-10-30♦S CWC12-01-30♦S	
12	22	3 / 4	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	1 0	0 1	CWC16-10-30♦ CWC16-01-30♦	-	0,203
16	22	3,7 / 5	7,5 / 10	7,5 / 10	7,5 / 10	7,5 / 10	7,5 / 10	1 0	0 1	CWC25-00-30♦	-	
22	35	5,5 / 7,5	11 / 15	11 / 15	11 / 15	11 / 15	11 / 15	0	0	-	-	

Substitua “♦” pelo código da tensão de comando³⁾.

Corrente Alternada

Aplicável ao Modelo CW07

Código	V05	V73	V16	V25	V40
V (60 Hz)	24	48	110	220	380

Código	D02	D13	D23	D33	D34
V (50/60 Hz)	24	110	220	380	400

Aplicável aos Modelos CWC07...25

Código	V04	V10	V15	V26	V41	V42	V47
V (50 Hz)	20	42	95	190	325	380	415
V (60 Hz)	24	48	110	220	380	440	480

Código	D02	D13	D23	D33	D34	D35	D36
V (50/60 Hz)	24	110	220	380	400	415	440

Corrente Contínua

Aplicável aos Modelos CWC07...16

Código	C03	C06	C07	C12	C15
V CC (consumo normal)	24	42	48	110	220

Aplicável aos Modelos CWC07...16

Código	L03	L06	L07	L12	L15
V CC (baixo consumo) ⁵⁾	24	42	48	110	220

Notas: 1) Valores orientativos;

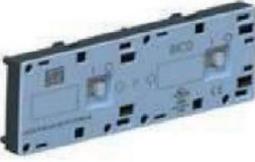
2) $U_n \leq 400$ V;

3) Outras tensões disponíveis sob consulta;

4) Os minicontatores CWC0 com bobinas CC de baixo consumo só permitem montagem de 2 contatos auxiliares;

5) Pesos para minicontatores com circuito de comando em corrente alternada. Para minicontatores CWC07...16 em corrente contínua acrescentar 0,030 kg ao peso.

Intertravamento Mecânico

Foto ilustrativa	Modelo aplicável	Descrição	Referência	Código	Peso kg
	CWC07...16 CWCA0	<ul style="list-style-type: none"> - Montagem frontal; - Permite a função de intertravamento entre 2 minicontatores sem o aumento de dimensões (laterais) ao conjunto; - Possibilita a utilização de blocos de contatos auxiliares frontais, blocos supressores de surto e temporizadores. 	BICO	12499466	0,014

ANEXO B – Datasheet Relé de Interface (elemento sensor)

SIEMENS

Show actual product details

Data sheet

3RQ3118-1AF00

OUTP. COUP. DEV. WITH PLUGGABLE RELAY, 1 CO
CONTACT SCREW TERMINAL 230V AC/DC
ENCLOSURE WIDTH 6.2 MM

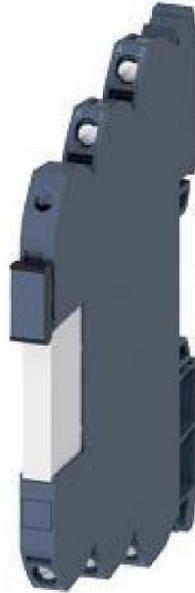


Figure similar

product brandname		SIRIUS
Product designation		Coupling relays with plug-in relay
General technical data		
Product component Plug-in socket		Yes
Product component Relay output		Yes
Product component semi-conductor output		No
Consumed active power	W	1
Insulation voltage for overvoltage category III according to IEC 60664		
• with degree of pollution 3 rated value	V	300
Type of voltage		AC/DC
maximum permissible voltage for safe isolation		
• between control and auxiliary circuit	V	300
Percental drop-out voltage related to the input voltage	%	10
Thermal current	A	6
Opening delay		
• at AC	ms	20

• at DC	ms	18
Closing delay		
• at AC	ms	12
• at DC	ms	8
Design of the switching function positively driven		No
Operating frequency maximum	1/h	72 000
Electrical endurance (switching cycles)		
• at AC-15 at 230 V typical		100 000
Mechanical service life (switching cycles) typical		10 000 000
Shock resistance acc. to IEC 60068-2-27		sinusoidal half-wave 15g / 11 ms
Vibration resistance acc. to IEC 60068-2-6		6 ... 150 Hz: 2 g
Surge voltage resistance rated value	kV	4
Protection class IP		IP20
Equipment marking		
• acc. to DIN EN 81346-2		K
• acc. to DIN EN 61346-2		K
Display version LED		Yes

Control circuit/ Control

Control supply voltage		
• at AC		
— at 50 Hz rated value	V	230
— at 60 Hz rated value	V	230
• at DC rated value	V	230
Operating range factor control supply voltage rated value		
• at AC at 50 Hz		0.8 ... 1.1
• at AC at 60 Hz		0.8 ... 1.1
• at DC		0.8 ... 1.1

Auxiliary circuit

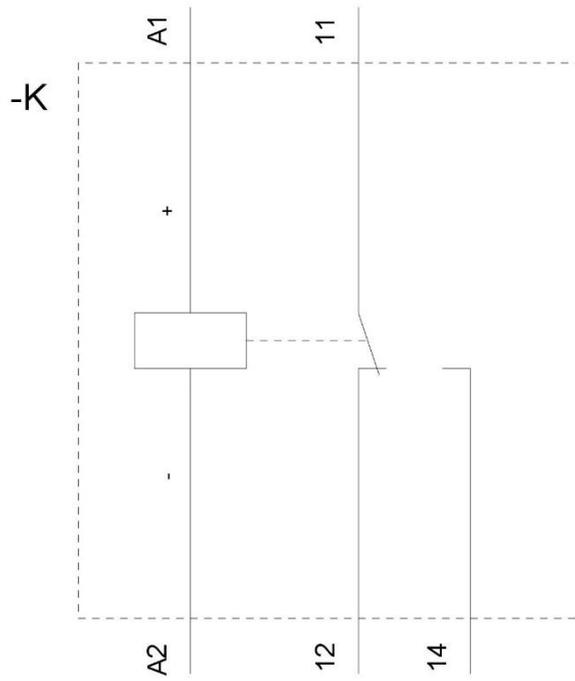
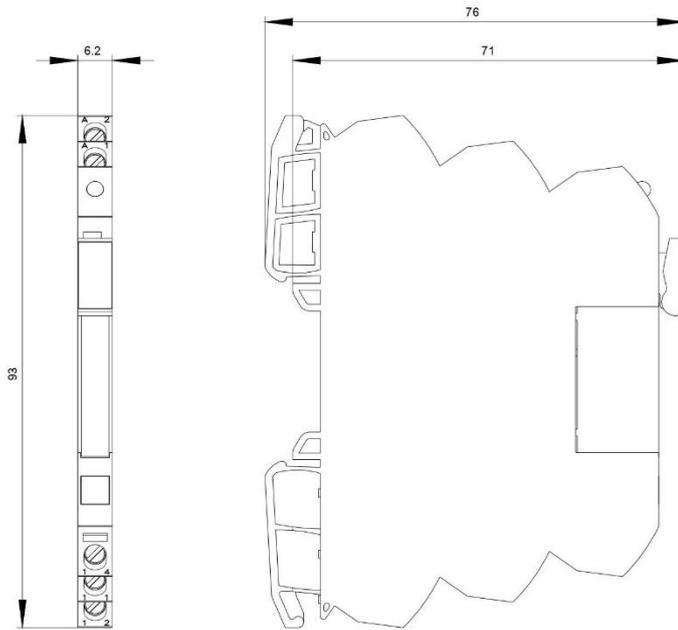
Type of switching contact		Changeover contact
Material of switching contacts		AgSnO ₂
Type of electrical connection for auxiliary and control current circuit		screw-type terminals
Contact reliability of auxiliary contacts		one incorrect switching operation of 100 million switching operations (17 V, 5 mA)
Number of CO contacts for auxiliary contacts		1
Operating current of auxiliary contacts		
• at DC-13 at 24 V	A	1
• at DC-13 at 125 V	A	0.2
• at DC-13 at 250 V	A	0.1
• at AC-15 at 24 V	A	3
• at AC-15 at 250 V	A	3

Short-circuit protection		
Design of the fuse link for short-circuit protection of the auxiliary switch required		fuse gG: 4 A
Inputs/ Outputs		
Property of the output Short-circuit proof		No
Ampacity of the output relay		
<ul style="list-style-type: none"> at AC-15 at 250 V at 50/60 Hz 	A	3
<ul style="list-style-type: none"> at DC-13 		
— at 24 V	A	1
— at 125 V	A	0.2
— at 250 V	A	0.1
Electromagnetic compatibility		
EMC emitted interference acc. to IEC 60947-1		ambience A (industrial sector)
EMI immunity acc. to IEC 60947-1		corresponds to degree of severity 3
Field-bound parasitic coupling acc. to IEC 61000-4-3		10 V/m
Conducted interference		
<ul style="list-style-type: none"> due to conductor-earth surge acc. to IEC 61000-4-5 		2 kV
<ul style="list-style-type: none"> due to conductor-conductor surge acc. to IEC 61000-4-5 		1 kV
<ul style="list-style-type: none"> due to burst acc. to IEC 61000-4-4 		2 kV
Electrostatic discharge acc. to IEC 61000-4-2		6 kV contact discharge / 8 kV air discharge
Connections/Terminals		
Design of the snap-on socket base		SNR
Type of connectable conductor cross-sections		
<ul style="list-style-type: none"> solid 		1x (0.25 ... 2.5 mm ²)
<ul style="list-style-type: none"> finely stranded with core end processing 		1x (0.25 ... 1.5 mm ²)
<ul style="list-style-type: none"> at AWG conductors solid 		1 x (20 ... 14)
Connectable conductor cross-section		
<ul style="list-style-type: none"> solid 	mm ²	0.25 ... 2.5
<ul style="list-style-type: none"> finely stranded with core end processing 	mm ²	0.25 ... 1.5
AWG number as coded connectable conductor cross section		
<ul style="list-style-type: none"> solid 		20 ... 14
Tightening torque with screw-type terminals	N·m	0.5 ... 0.6
Wire length		
<ul style="list-style-type: none"> at AC maximum 	m	500
<ul style="list-style-type: none"> at DC maximum 	m	1 000
Installation/ mounting/ dimensions		
Mounting position		any
Mounting type		snap-on mounting

Height	mm	93
Width	mm	6.2
Depth	mm	76
Required spacing		
• with side-by-side mounting		
— forwards	mm	0
— Backwards	mm	0
— upwards	mm	0
— downwards	mm	0
— at the side	mm	0
• for grounded parts		
— forwards	mm	0
— Backwards	mm	0
— upwards	mm	0
— downwards	mm	0
— at the side	mm	0
• for live parts		
— forwards	mm	0
— Backwards	mm	0
— upwards	mm	0
— downwards	mm	0
— at the side	mm	0

Ambient conditions		
Installation altitude at height above sea level maximum	m	2 000
Ambient temperature		
• during operation	°C	-25 ... +60
• during storage	°C	-40 ... +85
• during transport	°C	-40 ... +85
Relative humidity during operation	%	10 ... 95

Further information		
Information- and Downloadcenter (Catalogs, Brochures,...) http://www.siemens.com/industrial-controls/catalogs		
Industry Mall (Online ordering system) https://mall.industry.siemens.com/mall/en/en/Catalog/product?mlfb=3RQ3118-1AF00		
Cax online generator http://support.automation.siemens.com/WWW/CAXorder/default.aspx?lang=en&mlfb=3RQ3118-1AF00		
Service&Support (Manuals, Certificates, Characteristics, FAQs,...) https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/ps/3RQ3118-1AF00		
Image database (product images, 2D dimension drawings, 3D models, device circuit diagrams, EPLAN macros, ...) http://www.automation.siemens.com/bilddb/cax_de.aspx?mlfb=3RQ3118-1AF00&lang=en		



last modified:

11/03/2016