

PROPOSTA PARA REDAÇÃO DE UM MANUAL DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA INSTALADOS EM RESIDÊNCIAS

**MARCOS CLAUDEMIR GOUVEA¹
APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS²
SAULO AGUIAR SAES³**

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo sobre manutenção de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, teve como objetivo adquirir dados para dar subsídios para edição de um manual de manutenção do sistema fotovoltaico instalado em residência e conectado à rede elétrica. Utilizamos como metodologia a revisão de literaturas e pesquisas em revistas técnicas e de sites de fabricantes. O resultado foi à aquisição de dados para uma possível redação de um manual que trará métodos de manutenção, com indicadores de utilização, apresentando ao consumidor especificações de como executar de forma adequada à manutenção ou contratar uma empresa especializada para realizá-la, consciente dos procedimentos que devem ser adotados em uma prestação de serviço adequada.

Palavras-chave: Manutenção. Sistema fotovoltaico. Sistema Fotovoltaico Conectado à rede elétrica.

¹ Graduando; Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial; Faculdade de Tecnologia Senai de Londrina; marcos.c.gouvea@gmail.com

² Especialista em Engenharia de Automação, Senai Santa Catarina. E-mail: aparecido.serapiao@pr.senai.br

³ Especialista em Gestão da Produção com Ênfase em Administração da Produção, UTFPR - CP. E-mail: Saulo.saes@fiepr.org.br

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis vem se tornando cada vez mais utilizadas em todo o mundo, dentre elas, a fotovoltaico se destaca pela possibilidade de ser instalada próximo ao local de consumo, com o Sistema Fotovoltáico Conectado à Rede Elétrica, a energia elétrica gerada que não é consumida durante o dia, é injetada na rede elétrica gerando créditos para o usuário, e pode ser consumida durante a noite quando não há geração de energia pelo sistema fotovoltaico.

Instalações deste tipo vêm se tornando cada dia mais utilizadas em alguns países da Europa, Japão, Estados Unidos e mais recentemente no Brasil. Por ser um sistema relativamente novo no Brasil, há pouca ou nenhuma informação para o usuário sobre manutenção dos sistemas instalados, sendo assim, faz-se necessário um estudo sobre a manutenção destes sistemas. Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar um roteiro de manutenção de sistemas fotovoltaicos instalados em residências e conectados à rede elétrica.

O Sistema Fotovoltáico Conectado à Rede tem um custo de manutenção relativamente baixo se comparado com os sistemas isolados, ocupa pouco espaço, pois não necessita de acumuladores de carga (baterias), e com boa durabilidade, segundo Haney e Burstein, (2013, p.7) espera-se que a vida útil do sistema fotovoltaico seja superior a 25 anos, mas para que a operação seja bem-sucedida e confiável é necessário que uma manutenção de forma segura e adequada esteja integrada a operação.

Mas essa durabilidade por si só não é suficiente, para dar o retorno ao investimento inicial é necessário que o sistema produza a quantidade de energia elétrica para o qual ele foi dimensionado, para Pinho e Galdino

(2014, p.405), os sistemas fotovoltaicos devem passar por inspeção e manutenção periódica de forma a garantir uma operação eficiente, esta manutenção periódica impedirá a ocorrência de problemas futuros, para Xenos (2014, p.20) a atuação da manutenção é necessária para que não ocorra degradação de equipamentos e instalações, essa degradação pode se apresentar de várias formas, aparência externa ruim, perdas de desempenho e paradas de produção, e é causada pelo desgaste natural e pelo uso.

O resultado obtido foi à aquisição de dados para a possível redação de um manual que apresenta um roteiro de manutenções preventivas, preditivas e corretivas, facilitando ao consumidor executar de forma adequada a manutenção e ou contratar uma empresa especializada, solicitando as especificações do que deve encontrar em uma prestação adequada de serviço. A metodologia adotada foi a revisão de literaturas e pesquisas em revistas técnicas e de sites de fabricantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção

Os sistemas fotovoltaicos (SFV) devem passar por inspeção e manutenção periódica de forma a garantir uma operação eficiente, esta manutenção deverá seguir um plano de manutenção preestabelecido e baseado em recomendações dos fabricantes. (Pinho e Galdino, 2014).

Espera-se que a vida útil do sistema fotovoltaico seja superior a 25 anos, mas para que a operação seja bem-sucedida e confiável é necessário

que uma manutenção de forma segura e adequada esteja integrada a operação. (Haney e Burstein, 2013).

A atuação da manutenção é necessária para que não ocorra degradação de equipamentos e instalações, essa degradação pode se apresentar de várias formas, aparência externa ruim, perdas de desempenho e paradas de produção, e é causada pelo desgaste natural e pelo uso. (Xenos, 2014).

Para Kardec e Nascif, (2010, p.23) a missão atual da manutenção é, “Garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança prevenção do meio ambiente e custo adequado”.

Atualmente são praticados seis tipos de manutenção: corretiva não planejada; corretiva planejada; preventiva; preditiva; detectiva e engenharia da manutenção. O tipo de manutenção é caracterizado pela forma de intervenção onde ela é praticada.

2.1.1 Manutenção corretiva não planejada

É a manutenção que acontece depois do fato já ocorrido de maneira inesperada, que pode ser por perda de desempenho ou falha, sem tempo para preparação do serviço.

Kardec e Nascif (2010, p.39) reiteram que esse tipo de manutenção implica em altos custos, já que essa quebra inesperada pode causar perdas de produção e além disso essa quebra inesperada pode estender os danos no equipamento, ou seja, se um rolamento de uma caixa de câmbio não é substituído assim que dá sinais de mau funcionamento ele pode quebrar e

danificar as engrenagens da caixa de câmbio o que aumentaria o custo da manutenção.

2.1.2 Manutenção corretiva planejada

Ocorre por perda de desempenho ou falha, mas nesse caso a falha é por decisão gerencial, ou seja, ou há uma decisão prévia de trabalhar até a quebra ou em atuar em função de acompanhamento preditivo.

Segundo Kardec e Nascif (2010, p.41) a característica principal da manutenção corretiva planejada é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento.

E mesmo que a decisão gerencial seja de deixar o equipamento funcionar até a quebra, essa é uma decisão conhecida e algum planejamento pode ser feito para quando a falha ocorrer, como substituir o equipamento por outro idêntico ou ter um Kit de reparo rápido.

2.1.3 Manutenção preventiva

É a atuação realizada com o objetivo de reduzir ou evitar a falha ou a perda de desempenho do equipamento, de acordo com um plano de manutenção pré-estabelecido, baseado em intervalos definidos de tempo.

Para Kardec e Nascif (2010, p.42) a Manutenção Preventiva procura prevenir obstinadamente a ocorrência de falhas, e que em alguns setores, a adoção da manutenção preventiva é imperativa para determinados sistemas e componentes, pois o fator de segurança se sobrepõe aos demais.

2.1.4 Manutenção Preditiva

É a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, essa atuação é na verdade a manutenção corretiva planejada após um acompanhamento sistemático e realizado com o objetivo de prever o estado futuro do equipamento, sistema ou instalação, dados são coletados através de ensaios termográficos, de vibração, ultrassom, análises em óleos lubrificantes e etc.

A grande vantagem da Manutenção Preditiva segundo Kardec e Nascif (2010, p.45) é de dar preferência a disponibilidade do equipamento ou sistemas à medida que as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo e só quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção, normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço.

2.1.5 Manutenção Detectiva

É um termo que começou a ser utilizado na década de 1990, e é a manutenção com atuação em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis às equipes de operação e manutenção, ou seja, são tarefas executadas para detectar falhas antes que elas ocorram, buscando eliminar falhas ocultas por meio de testes periódicos no sistema.

Segundo Kardec e Nascif (2010, p.48) “A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoa da área de manutenção,

com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação”.

2.1.6 Engenharia da Manutenção

É o suporte técnico da manutenção formado por engenheiros, técnicos e/ou tecnólogos que utilizam fatos e indicadores como parâmetro, com o objetivo de implantar a Melhoria. Para Kardec e Nascif (2010, p.50) a definição de Engenharia de Manutenção é “perseguir benchmarks¹, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”.

Vale lembrar que para dar bons resultados esses tipos de manutenção devem ser gerenciados por alguma ferramenta da qualidade, segundo Kardec e Nascif (2010, p. 38) as que se destacam são: Manutenção Produtiva Total (TPM), Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) e Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM).

2.2 Sistema fotovoltaico

O sistema de energia solar fotovoltaico, também conhecido como sistema fotovoltaico (SFV), é um sistema capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar. Atualmente, existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados e Sistemas Conectados à Rede Elétrica.

Os Sistemas Isolados são utilizados onde não há rede elétrica ou os custos para se conectar à rede elétrica são elevados e são encontrados em casas de campo, refúgios, etc. Já os sistemas conectados à rede elétrica, tem a

função de substituir ou complementar a energia elétrica convencional disponibilizada na rede elétrica.

O sistema fotovoltaico é definido por Pinho; Galdino (2014, p. 44) como, “Sistema de conversão da radiação solar em energia aproveitável sob a forma de eletricidade. É constituído por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, um bloco de armazenamento”.

O princípio de funcionamento dos painéis fotovoltaicos recebe o nome de efeito fotovoltaico onde *foto* significa *luz* e *Volt* significa *eletricidade*².

O bloco de condicionamento de potência, tem função principal de otimizar o controle geração/consumo, pode ser composto por conversores, inversores e controladores de carga (se houver armazenamento), e o bloco de armazenamento é composto por acumuladores de carga elétrica (baterias).

O sistema fotovoltaico é uma fonte de energia limpa, renovável, silenciosa e teoricamente inesgotável e que não interfere diretamente no meio ambiente.

2.3 Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica

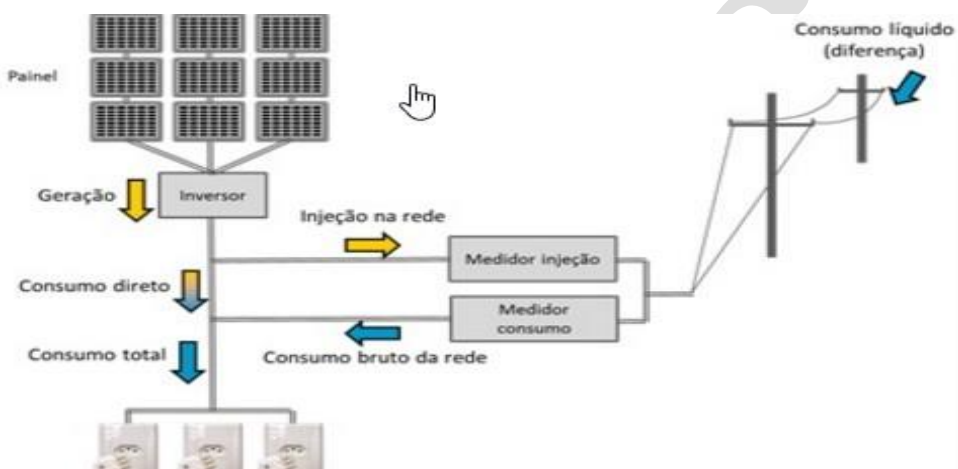
Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCCR) são basicamente de um único tipo, nesses sistemas a energia produzida pelo

¹ Benchmarks: são fatos ou indicadores.

² O termo "fotovoltaica" vem do grego (Phos), que significa "luz", e em "volt", a unidade de força eletro-motriz, o volt, que por sua vez vem do sobrenome do físico italiano Alessandro Volta, inventor da pilha. O termo "foto-voltaica" tem sido usado em Inglês desde 1849.

sistema fotovoltaico pode ser consumida diretamente pela carga e o restante injetado na rede elétrica podendo ser consumida por outras unidades conectadas à mesma rede, e desta forma complementa o sistema elétrico em que está conectado, portanto, não havendo a necessidade do uso de acumuladores de carga (baterias) no SFCR, conforme figura 1.

Figura 1: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede



Fonte: Solarize (2014)

Segundo Pinho e Galdino (2014, p.289)

Instalações deste tipo vêm se tornando cada dia mais populares em diversos países europeus, no Japão, Estados Unidos e mais recentemente no Brasil. As potências instaladas vão desde poucos kWp em instalações residenciais, até alguns MWp em grandes sistemas operados por empresas.

2.3.1 Componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

2.3.1.1 O Bloco Gerador

O bloco gerador é formado por painéis fotovoltaicos como pode ser observado na figura 2. Estes painéis são constituídos por módulos que por sua vez são compostos por células, que quando expostos à luz produzem eletricidade.

Figura 2: Painel Fotovoltaico



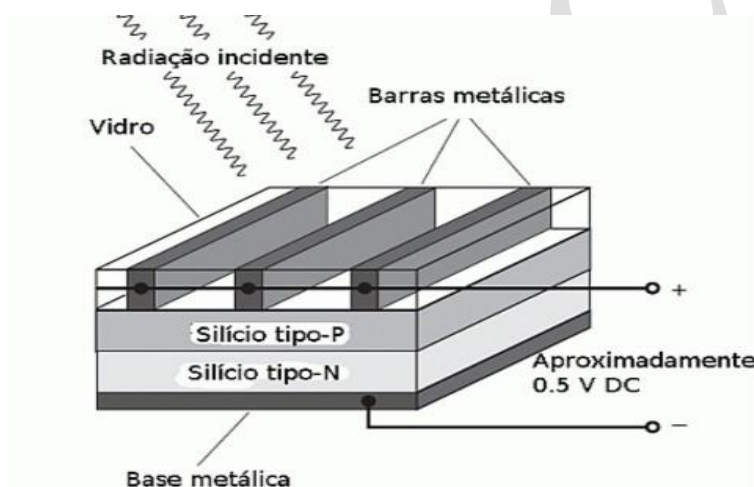
Fonte: Electrónica (2016)

A célula fotovoltaica é compreendida como o item mais importante do sistema fotovoltaico, já que ela é a responsável pela conversão da energia solar em energia elétrica. Essa célula é fabricada a partir de silício (Si) chamados, tipo P e tipo N, na parte central da célula há uma lâmina chamada de junção P-N que obviamente leva esse nome por fazer a junção do silício tipo P (em cima) e o tipo N (em baixo), quando essa junção recebe radiação solar desenvolve uma tensão elétrica entre os silícios tipo P que está ligado a eletrodos positivos que são barras de metal paralelas na parte superior, e tipo N que está ligado ao eletrodo negativo que é uma base metálica chamada substrato na parte inferior, e se esses eletrodos estiverem ligados a uma carga

então produzirá também uma corrente elétrica, que diminui ou aumenta de acordo com a incidência de radiação solar.

O material semiconductor das células fotovoltaicas é o silício (Si) que podem ser monocristalino ou policristalino, o policristalino é o mais utilizado, já o monocristalino tem melhor eficiência, porém têm custo mais elevado. A figura 3 mostra o esquema de uma célula fotovoltaica.

Figura 3: Célula fotovoltaica



Fonte: Profelectro (2016)

2.3.1.2 Inversor CC-CA

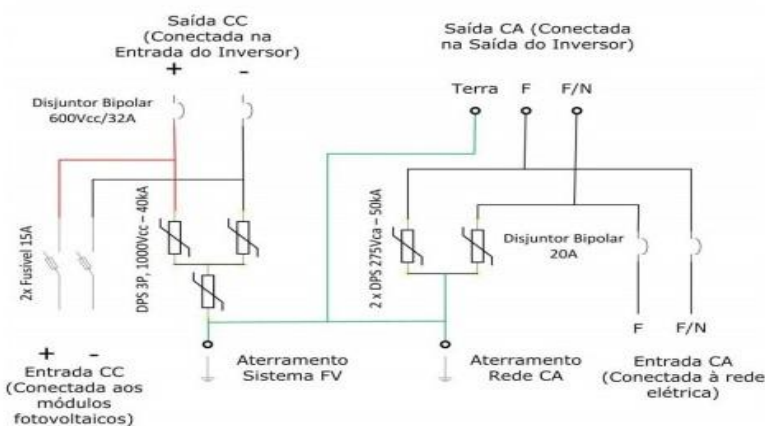
O inversor “CC-CA” é um dispositivo eletrônico capaz de transformar corrente contínua (C.C.) em corrente alternada (C.A.), para isso ele deve ser alimentado por alguma fonte de energia C.C., como, células à combustível, acumuladores de carga e também módulos fotovoltaicos.

Os inversores utilizados no SFCR devem atender as exigências das concessionárias de energia elétrica, tanto em segurança quanto em qualidade de energia injetada na rede elétrica, por exemplo, a tensão de saída deve estar sincronizada com a tensão da rede, ou seja, a tensão deve ter a mesma amplitude e frequência da rede elétrica em que está conectada e ter característica anti-ilhamento, essa característica faz com que o sistema fique em aberto assim que percebe uma falta de energia da rede elétrica

2.3.1.3 String box

A *String Box* é um quadro elétrico de proteção, composto por um conjunto de dispositivos contra distúrbios elétricos que ocasionalmente podem ocorrer entre as séries de Módulos Fotovoltaicos o Inversor e a rede elétrica e os dispositivos que a compõe são indispensáveis para o SFCR. A figura 4 mostra o diagrama unifilar de uma string box.

Figura 4: Diagrama de uma string box CC + CA



Fonte: PHB Solar (2016)

A composição da *String Box* da figura 4 está listado a seguir:

Lado C.C.

- a) DPS C.C. (dispositivo de proteção contra surto em corrente contínua) proteção contra descargas atmosféricas (raios);
- b) Chave seccionadora C.C. (função apenas de seccionar/abrir o circuito em corrente contínua) ou Disjuntor C.C., também pode ser usado como seccionamento entre o sistema e o arranjo fotovoltaico, além de proteger contra curto-circuito e sobrecargas elétricas em corrente contínua;
- c) Fusíveis de proteção C.C. protege contra sobre corrente.

Lado C.A.

- a) DPS C.A. (dispositivo de proteção contra surto em corrente alternada) proteção contra descargas atmosféricas (raios);
- b) Chave seccionadora C.A. (função apenas de seccionar/abrir o circuito em corrente alternada) ou Disjuntor C.A., também pode ser usado como seccionamento entre o sistema e a rede elétrica, além de proteger contra curto-circuito e sobrecargas elétricas em corrente alternada.

2.4 Micro e Minigeração

No Brasil a energia elétrica gerada a partir de SFV e conectado à rede é regulamentada pelo Resolução Normativa Aneel N° 482/2012, e se diferenciam entre microgeração e minigeração, quanto à forma de conexão à rede e a potência instalada, dentre outras características.

Segundo Pinho e Galdino (2014, p.290), as diferenças quanto a potência instalada são:

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

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica com potência superior a 100 Kw e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da Aneel, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

2.5 Normas Regulamentadoras (NRs)

As NRs são Normas Regulamentadoras brasileiras que regulamentam e orientam sobre procedimentos obrigatórios que estão relacionados com a segurança e medicina do trabalho. Essas normas são de observância obrigatória pelas empresas em atividade no Brasil e que são regidas pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

2.5.1 Norma Regulamentadora NR-10

Essa norma estabelece os requisitos e condições mínimas com o objetivo de implementar medidas de controle preventivo visando garantir a

saúde e segurança dos trabalhadores que interajam de forma direta ou indireta com instalações elétricas e serviços com eletricidade. (NR-10,2016)

2.5.2 Norma Regulamentadora NR-35

Essa norma estabelece os requisitos e condições mínimas com o objetivo de implementar medidas de controle preventivo, planejamento, organização e execução visando garantir a saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com atividade em alturas, onde haja risco de queda. (NR-35,2014)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia adotada foi uma revisão da literatura e pesquisas em revistas técnicas e sites de fabricantes com o intuito de adquirir dados necessários para redação de um manual de manutenção para Sistemas Fotovoltaicos instalados em residências e conectados à rede elétrica.

4 MANUTENÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.1 Manutenção de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)

Como qualquer equipamento ou instalação o SFCR deve passar por inspeção e manutenção regularmente, a fim de poder operar de maneira segura e eficiente impedindo ou pelo menos minimizando os riscos de

segurança e danos que possam ser causados aos componentes por falha no funcionamento do sistema. Essa manutenção deve ser realizada seguindo um plano de manutenção que deve levar em consideração as normas de segurança vigentes e também as recomendações de fabricantes dos equipamentos alvos da manutenção.

A manutenção de Sistemas Fotovoltaicos (SFV) de pequeno porte é simples e rápida, porém, os serviços de manutenção corretiva onde normalmente há necessidade de substituição de peças, devem ser realizados por pessoal capacitado. (Pinho e Galdino, 2014)

4.1.1 Procedimentos e Normas de Segurança

São comuns os SFCRs instalados em residências terem potência nominal acima de 1 kWp e tensões nominais acima de 100 volts em C.C., essas configurações tem capacidade de gerar correntes elétricas letais, além disso os geradores fotovoltaicos dos SFV normalmente encontram-se instalados sobre os telhados, o que coloca em risco de choque elétrico e queda quem tiver acesso a esse local.

Portanto, todo procedimento de manutenção em SFCR deve ser realizado por pessoal treinado conforme Norma NR-10 e curso de primeiros socorros, e NR-35 caso o sistema esteja instalado em altura. O trabalho deve ser efetuado com equipamentos de proteção individual (EPIs), e com instrumentos de medição e ferramentas isoladas, ou seja, apropriadas para trabalho com eletricidade.

Sempre que for realizar a manutenção do SFV, o técnico, deve manter-se isolado de partes energizadas e de pontos de aterramento do circuito, ou seja, deve usar luvas e calçados isolantes.

Antes de fazer a substituição de algum componente do SFCR o mesmo deve estar desconectado da rede e do gerador fotovoltaico, como os painéis fotovoltaicos produzem energia elétrica quando recebe luz solar, para “desliga-lo é necessário cobri-lo com um material opaco”.

O usuário deve conhecer as instruções de operação, segurança e acompanhamento periódico do SFCR.

4.1.2 Manutenção Preventiva

A Manutenção Preventiva deve atuar de acordo com um plano de manutenção pré-estabelecido e com intervalos definidos de tempo, com o objetivo de reduzir ou evitar a falha ou a perda de desempenho do equipamento.

Com inspeções periódicas nos SFCR, pequenos problemas podem ser identificados e corrigidos, mesmo com o sistema em operação. As inspeções devem ser iniciadas logo após a instalação e antes de conectá-lo a rede elétrica, essa primeira inspeção tem o objetivo de detectar alguma falha na instalação ou algum defeito de fabricação em algum dos componentes, e se estiver operando satisfatoriamente, pode ser utilizado para aquisição de dados que poderão ser utilizados como parâmetro para as próximas inspeções periódicas.

4.1.3 Manutenção preditiva

Após se certificar de que o SFCR está operando satisfatoriamente deverá ser estabelecido um plano de manutenção onde será feito acompanhamento sistemático, como, por exemplo, ensaio termográfico e tensão de circuito aberto (Voc) do bloco gerador e tensão de circuito aberto de cada módulo, corrente de curto-circuito (Isc) de cada módulo e tensão de curto-circuito do bloco gerador. Normalmente a atuação da manutenção preditiva é feita com o equipamento dentro funcionamento normal, mas no caso do SFCR a produção de energia é interrompida, mesmo que por pouco tempo.

A grande vantagem da Manutenção Preditiva é de só atuar com base em uma modificação de parâmetro ou por perda de desempenho de algum componente do sistema, e se isso ocorrer haverá uma indicação da Manutenção Corretiva Planejada.

4.1.4 Manutenção Corretiva Planejada

Se ao fazer o acompanhamento preditivo é observado uma perda de desempenho e ou produção, o próximo passo é identificar a causa, e em seguida deve ser avaliado se o componente mesmo defeituoso pode continuar em operação ou será necessário substituí-lo imediatamente por questão de segurança, em qualquer um dos casos deve ser verificado se o componente ainda está coberto pela garantia do fabricante, nesse caso será necessário verificar como proceder para troca ou reparo do componente junto a assistência técnica.

Caso o componente não esteja coberto pela garantia do fabricante ou fornecedor, a equipe de manutenção deverá, mediante autorização do cliente, substituir o componente o mais rápido possível caso o componente não possa continuar em operação por medida de segurança, ou agendar a substituição, caso possa continuar em operação mesmo com perda de desempenho.

4.1.5 Manutenção Corretiva não Planejada

Manutenção corretiva não planejada é a manutenção que acontece depois do fato já ocorrido de maneira inesperada, ocorrência que é praticamente impossível de se evitar, e que além de causar perda de produção, a quebra inesperada pode estender os danos a outros componentes do sistema. Mas se não pode ser evitado, pode ser levado a quase zero o número desse tipo de ocorrência, para isso, é necessário elaborar um bom plano de manutenção e segui-lo de maneira correta, observando prazos e fazendo todos os ensaios as medições para aquisição de dados no SFCR, para posteriormente serem comparados aos parâmetros de fábrica.

4.1.6 Manutenção do Gerador Fotovoltaico

4.1.6.1 Inspeção Visual

Deve ser verificada de a estrutura de fixação dos painéis não tem pontos de oxidação, se estão fixas e se os cabos de aterramento estão em bom estado, e bem fixados nos lugares devidos. Nos módulos, a cobertura de vidro não pode estar quebrada, deve estar limpa e transparente, a células

fotovoltaicas também não devem apresentar sinais de trincas ou descoloração e se há sombreamento dobre os módulos.

Quando houver necessidade de limpeza, esta deve ser realizada preferencialmente pela manhã ou no final da tarde, a fim de evitar um choque térmico, o que pode danificar os módulos já que estes atingem grandes temperaturas no meio do dia. A limpeza deverá ser feita com um pano macio, limpo e água, e só se muito necessário, detergente neutro, deve se tomar cuidado de fazer a limpeza, o pano deve estar sempre limpo, pois partículas grudadas no pano podem arranhar o vidro.

O que vai determinar a frequência da limpeza dos módulos fotovoltaicos é o lugar em eles estão instalados, se o SFCR estiver instalado em uma região de muita poeira pode ser necessário fazer a limpeza uma vez por mês, a fim de evita perda de rendimento no bloco gerador.

4.1.6.2 Orientação

Se for necessário o ângulo azimutal do módulo pode ser verificado com o auxílio de uma bússola e um mapa de declinação magnética, normalmente o painel fotovoltaico fica apontado para o norte verdadeiro no hemisfério sul, e para o sul verdadeiro quando o painel está localizado no hemisfério norte, e a bússola aponta para o norte magnético, daí a necessidade do mapa para fazer a correção.

Já o ângulo de inclinação pode ser verificado com a ajuda de um inclinômetro ou transferidor, o ângulo de inclinação normalmente é o mesmo da latitude em que o SFV está instalado, mas há outras possibilidades de orientação de acordo com o clima da região.

4.1.6.3 Termografia

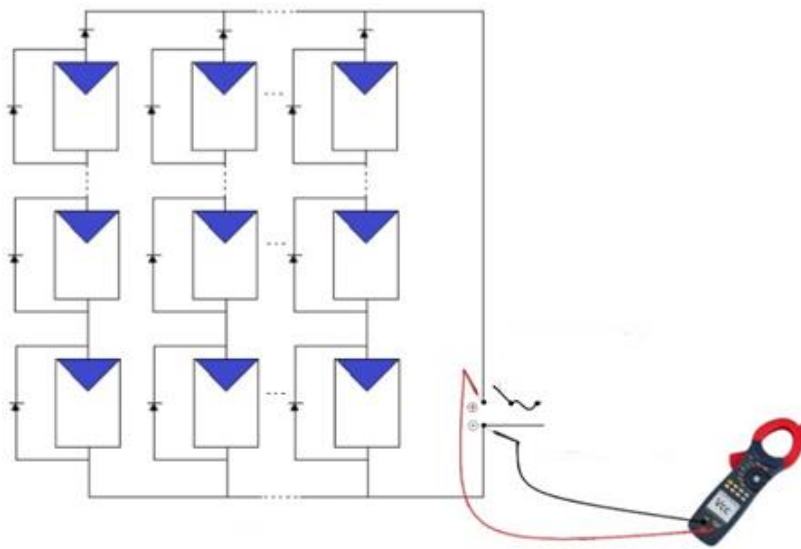
Para fazer a análise termográfica é necessário ter uma câmera termográfica infravermelho, com ela é possível detectar pontos superaquecidos no módulo fotovoltaico e nas conexões. Pontos superaquecidos nos módulos, podem ter várias causas, algumas mais simples de resolver, como, sombreamento ou sujeira sobre o módulo, outros nem tanto, como, falha em diodos, polarização inversa da célula ou falha nas soldas.

4.1.6.4 Inspeção Elétrica

O desempenho do gerador fotovoltaico pode ser avaliado medindo a tensão de circuito aberto (V_{oc}), e a corrente de curto-circuito (I_{sc}). Em condições padrões de ensaio a irradiância especificada é de 1000w/m^2 e a temperatura do modulo é de 25°C , como a corrente de curto-circuito varia de acordo com a incidência de radiação solar, deve-se usar um solarímetro para medir a radiação solar ao mesmo tempo em que é medida a corrente de curto-circuito, que devem ser compradas, com as especificações do fabricante.

Para medir a tensão de circuito aberto, o bloco gerador deve estar desconectado do resto do sistema, e a medição deve ser feita com um voltímetro de c.c., como mostra a figura 5.

Figura 5: Procedimento para medir a tensão de circuito aberto (V_{oc}) do gerador

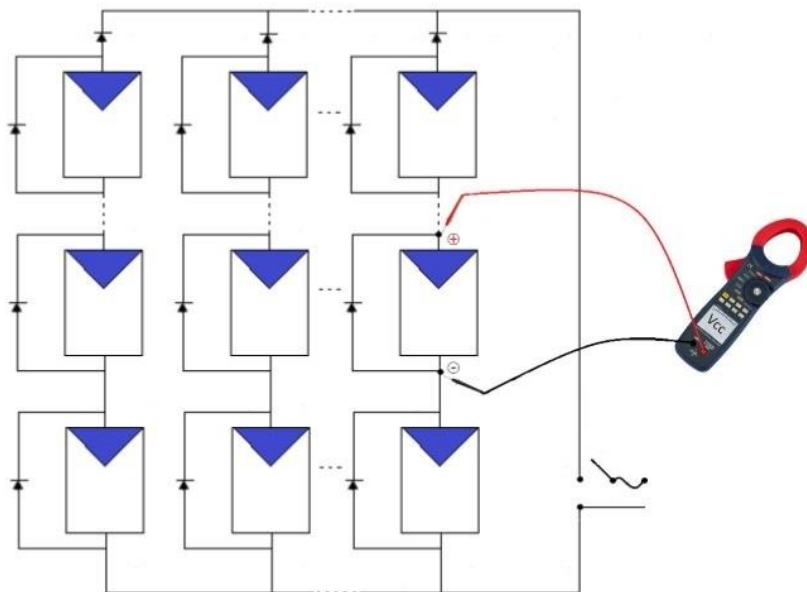


Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Se o bloco gerador tiver mais de uma fileira, e se estas fileiras tiverem disjuntores ou fusíveis de proteção por fileira pode abrir o circuito medir fileira por fileira e fazer a comparação das fileiras.

Para medir a tensão de circuito aberto de cada painel deve se manter o circuito aberto e fazer a medição entre os terminais positivos e negativos de cada painel, como mostra a figura 6, o valor obtido deve ser comparado com as especificações do fabricante, e corrigidos pelo coeficiente de temperatura do módulo, para fazer essa correção deve se medir a temperatura do módulo ao mesmo tempo em que foi feita a medição da tensão de circuito aberto.

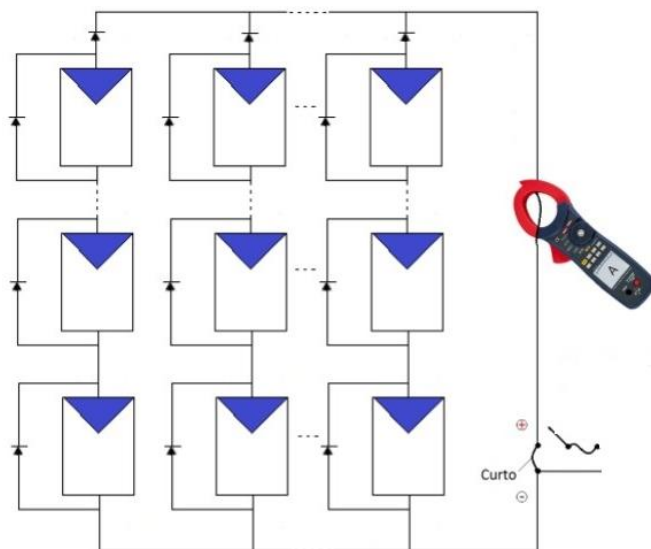
Figura 6: Procedimento para medir a tensão de circuito aberto (V_{oc}) do módulo



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

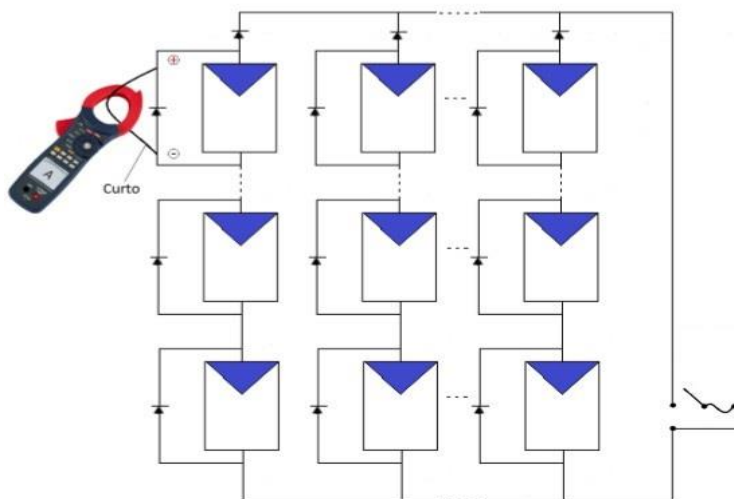
Após curto-circuitar os terminais positivo e negativo do bloco gerador, a corrente de curto-circuito (I_{sc}) pode ser medida com um alicate amperímetro de corrente contínua, como pode ser visto na figura 7. Para medir a corrente de curto-circuito (I_{sc}) do módulo/painel e necessário curto-circuitar somente o módulo/painel, a medição é feita com o auxílio de um fio que deverá ser conectado aos polos, como mostra a figura 8, o fio deve ser de bitola apropriada para a corrente gerada pelo módulo. Como a corrente de curto-circuito varia de acordo com a incidência de radiação solar, deve-se usar um solarímetro para medir a radiação solar ao mesmo tempo em que é medida a corrente de curto-circuito, depois é só comparar com as especificações do fabricante.

Figura 7: Procedimento para medir a corrente de curto-circuito (I_{sc}) do gerador



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Figura 8: Procedimento para medir a corrente de curto-circuito (I_{sc}) do módulo

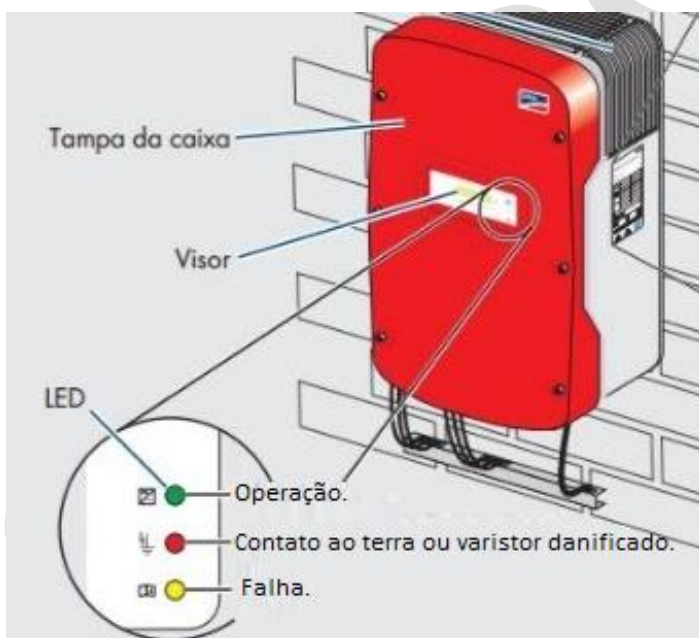


Fonte: Pinho e Galdino (2014)

4.1.7 Inversores

A inspeção nos inversores é praticamente só visual, sempre deve seguir as orientações do fabricante, os inversores mais novos que são utilizados nos SFCR, geralmente possuem painel de Led ou Lcd, e informam em tempo real suas condições de funcionamento, como pode ser visto na figura 9.

Figura 9: Inversor *on grid tie*



Fonte: Energia Pura (2016)

Na inspeção visual é possível identificar componentes danificados, pontos de oxidação e presença de insetos, se o equipamento está instalado em local apropriado de acordo com sua classe de proteção (IP). Se o painel

apontar falha que não seja causada por problemas externos ao inversor, o mesmo deve ser levado para manutenção em laboratório.

4.1.8 Condutores e Elérodutos e *String box*

- a) Verificar elérodutos, calhas e canaletas se estão bem fixados e se não apresentam sinais de oxidação, se os cabos e terminais estão em boas condições, fazer o reaperto dos terminais se necessário. Conexões frouxas ou danificadas podem aumentar a temperatura do circuito, o que pode desarmar dispositivos de segurança e desativar o sistema;
- b) Verificar se os cabos foram dimensionados corretamente, cabos subdimensionados podem causar queda de tensão;
- c) Verificar a existência de curto-circuito entre condutores, entre condutores e elérodutos, e entre condutores e carcaça.
- d) Verificar se as caixas de junção estão em perfeito estado sem indícios de trinca ou infiltração.
- e) Verificar se os cabos do sistema de aterramento estão conectados corretamente no SFCR, (gerador fotovoltaico, string box, armários, carcaças, elérodutos).
- f) Na string box devem ser verificados as condições dos fusíveis, cabos, disjuntores ou chaves de seccionamento fazendo o reaperto dos conectores se necessário

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que, o objetivo foi alcançado satisfatoriamente, já que foi possível através da pesquisa, obter os dados necessários para uma futura redação de um manual simplificado de manutenção para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica e instalados em residências.

A pesquisa bibliográfica foi de suma importância para realização da pesquisa, mas um estudo de caso possivelmente poderia agregar valor à pesquisa.

Uma sugestão para pesquisas futuras, seria um estudo de caso de manutenção de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica utilizando-se de um traçador de curva $I \times V$.

PROPOSAL FOR WRITING A SYSTEM MAINTENANCE MANUAL PHOTOVOLTAIC CONNECTED TO THE MAINS INSTALLED IN RESIDENTIAL

Abstract

This paper presents a study on maintenance of photovoltaic systems connected to the grid, aimed to acquire data to make allowances for editing a photovoltaic system maintenance manual installed in residence and connected to the grid. We use as methodology the literature review and research in technical journals and manufacturer sites. The result was the acquisition of data for a possible drafting of a manual that will bring maintenance methods, using indicators, with the consumer specifications on how to run properly maintain or hire a specialized company to do it, aware of the procedures that should be adopted in the provision of adequate service.

Keywords: Maintenance. Photovoltaic system. Photovoltaic system connected to the grid.

REFERÊNCIAS

ELECTRONICA. **Painel Solar Fotovoltaico.** Disponível em: <http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico> Acesso em 20 maio 2016.

ENERGIA PURA. **Inversor grid tie sma 7 kw sunny mini central** <https://www.energiapura.com/content/inversor-grid-tie-sma-7-kw-sunny-mini-central>. Acesso em 01/07/2016

GALDINO, M. A.; PINHO, J. T. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. **http:** //www.cresesb.cepel.br/. Disponível em: <http://goo.gl/FyGNi3> Acesso em: 01 nov. 2015.

HANEY, JOSH E BURSTEIN, ADAM. **PV System Operations and Maintenance Fundamentals.** Disponível em: <http://goo.gl/tqYivP>. Acesso em 20/05/2016

KARDEC, Alan & NASCIF, Júlio, **Manutenção: Função Estratégica – 3 Edição**, Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2010.

PHB. **String Box cc+ca phb 2 X Strings** <http://goo.gl/zUhwJ6>. Acesso em 04/07/2016

PROFELECTRO. **Energia Solar Célula Fotovoltaica** <http://www.profelectro.info/energia-solar-celula-fotovoltaica/>. Acesso em 03/07/2016

SOLARIZE. **Os impactos da regulamentação ANEEL 482 e da legislação tributária no retorno financeiro de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.** Disponível em: <http://goo.gl/A91F6c>. Acesso em 02/07/2016

TEIXEIRA; CARVALHO; LEITE, **Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial**, Belo Horizonte, 2011.

XENOS, HARILAUS G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, 2ª Edição Rio de Janeiro: Falconi, 2014.