

**Boas práticas de manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos****Good preventive maintenance practices in photovoltaic systems**

DOI:10.34117/bjdv5n8-105

Recebimento dos originais: 14/07/2019

Aceitação para publicação: 26/08/2019

**Wilson Andson de Souza**

Graduado em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário do Norte - UNINORTE..

Instituição: Centro Universitário do Norte – UNINORTE “ LAUREATE

Endereço: Rua 10 de Julho, 1385, Centro - Manaus

E-mail: wilisonsouza@outlook.com

**Rubem Cesar Rodrigues Souza**

Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

Instituição: Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

Endereço: Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3000, Campus Universitário, Aleixo, Manaus-AM, Brasil.

**Américo Matsuo Minori**

Formação: Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Instituição: Universidade Estadual do Amazonas - UEA

Endereço: Av Leonardo Malcher, 1141, Centro, Manaus – AM.

**RESUMO**

A energia elétrica se constitui em insumo de produção fundamental em qualquer processo de produção, tanto de bens quanto de serviços. Portanto, dispor de suprimento elétrico confiável e de baixo custo é sempre desejável. Nesse sentido o Brasil vem avançado na adoção de outras fontes renováveis além da hídrica, qual seja a eólica e a solar fotovoltaica. A disseminação de novas tecnologias, está sendo alinhada ao conceito de geração descentralizada, podendo as unidades geradoras serem instaladas na própria unidade consumidora, onde nem sempre haverá pessoal qualificado para lidar com as mesmas. Assim, entende-se que haverá necessidade de dispor de empresas qualificadas para assegurar a devida funcionalidade de tais sistemas. Nesse sentido, esse artigo aborda os problemas técnicos comumente verificados em sistemas fotovoltaicos tanto *on grid* quando *off grid*, bem como, apresenta as boas práticas de manutenção preventiva dos mesmos, tomando como referência a experiência nacional e internacional de agentes governamentais e não governamentais.

**Palavras-chave:** sistemas fotovoltaicos, boas práticas, manutenção preventiva.**ABSTRACT**

Electrical energy is an essential production input in any production process, both of goods and services. Therefore, having reliable, low-cost electrical supply is always desirable. In this sense, Brazil is advanced in the adoption of other renewable sources besides water, such as wind and solar photovoltaic. The dissemination of new technologies is being aligned with the concept of decentralized generation, and the generating units can be installed in the consumer unit, where there will not always be qualified personnel to deal with them. Therefore, it is understood that there will be a need to have qualified companies to ensure the proper functionality of such systems. In this

sense, this article addresses the technical problems commonly encountered in photovoltaic systems both on grid and off grid, as well as, presents good preventive maintenance practices, taking as reference the national and international experience of governmental and non-governmental agents.

**Keywords:** photovoltaic systems, technical problems, good practices, preventive maintenance.

## 1. INTRODUÇÃO

Estudo realizado pela IRENA (2017, p.2) o setor de energias renováveis, em termos global, no ano de 2016 empregou 9,8 milhões de pessoas, representando um crescimento da ordem de 1,1% com relação ao ano de 2015. Esse mesmo estudo informa que a tecnologia de energia solar fotovoltaica foi a responsável por 3,1 milhões de empregos, representando um crescimento de 12% com relação ao ano de 2015, contribuindo para esse crescimento a China, os Estados Unidos da América e a Índia.

O Brasil também tem sido palco do avanço das tecnologias de energias renováveis nos últimos anos. O arcabouço legal do setor elétrico brasileiro vem avançando no sentido de assegurar que a energia elétrica proveniente de fontes renováveis de energia esteja mais presente na matriz energética nacional. Os mecanismos usados para tal, tem sido a regulamentação e normatização, incentivo fiscal e ainda, a realização de leilões de energia elétrica proveniente de fontes renováveis.

A energia eólica já é uma realidade no Brasil e a energia solar fotovoltaica vem ganhando espaço rapidamente. Entretanto, tais tecnologias trazem em seu bojo os cuidados a serem tomados quanto a perfeita instalação e operação das mesmas de sorte a maximizar sua vida útil e agregar confiabilidade para os usuários e investidores. Mesmo no caso americano, com experiência muito maior que a realidade brasileira, a melhoria nas ações de operação e manutenção (O&M) podem representar ganhos expressivos. De acordo com Whaley (2016) há uma expectativa de melhoria no desempenho médio dos sistemas fotovoltaicos passando de 88% para 94% a partir da adoção de práticas melhores de O&M.

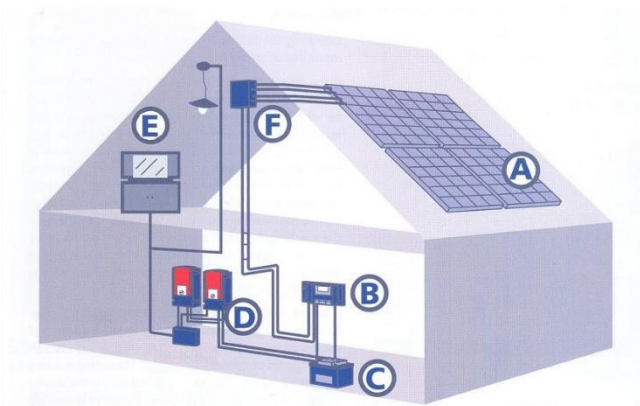
Dada a importância do tema, o presente trabalho reuniu os problemas mais comuns encontrados em sistemas fotovoltaicos, bem como, as melhores práticas de manutenção dos mesmos, fruto da experiência nacional e internacional.

## 2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Com relação a conexão dos sistemas fotovoltaicos na rede elétrica estes podem ser classificados como *on grid* (conectado à rede elétrica) e *off grid* (desconectado da rede elétrica). A diferença básica entre tais sistemas reside no uso de baterias e seus controladores, os quais inexistem nas instalações *on grid*.

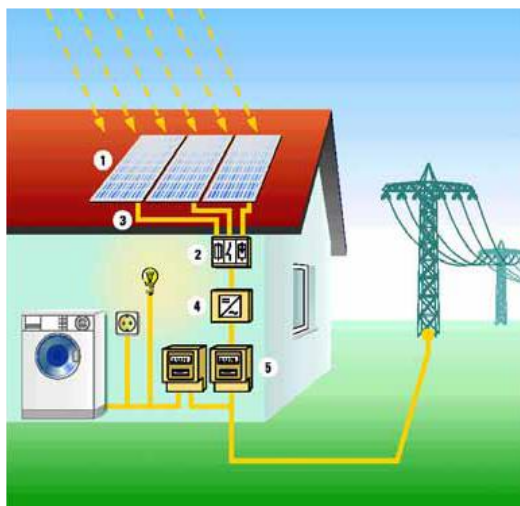
Na figura 1, pode ser visto o arranjo *on grid* e na figura 2 o *off grid*.

Figura 1- Sistema *off grid*: A- painel fotovoltaico; B- controlador de carga; C- banco de baterias; D- inversores; E- cargas c.a. (equipamentos elétricos); F- Caixa de conexão



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p. 204)

Figura 2 – Sistema *on grid*: 1- painéis fotovoltaicos; 2- quadro de proteção; 3 – Condutores elétricos; 4- Inversores; 5 – medidores de energia elétrica bidirecionais.



Fonte: PortalEnergia: Energias Renováveis (2004)

O painel fotovoltaico proporciona a conversão de energia solar em energia elétrica contínua. As baterias são responsáveis pelo armazenamento da energia elétrica produzida pelos painéis. O controlador é responsável por assegurar que não haja um fluxo excessivo de energia para a bateria, e ainda que esta não fique demasiadamente descarregada. Por sua vez, o inversor é responsável pela conversão da energia elétrica contínua em alternada.

Para a devida compreensão do assunto exposto é oportuno explicitar o que vem a ser célula, módulo e painel fotovoltaico. A célula é o menor elemento do sistema, sendo responsável por converter energia solar em energia elétrica. O módulo, por sua vez, é o conjunto formado pelas células fotovoltaicas. O painel, por sua vez, consiste no conjunto de módulos.

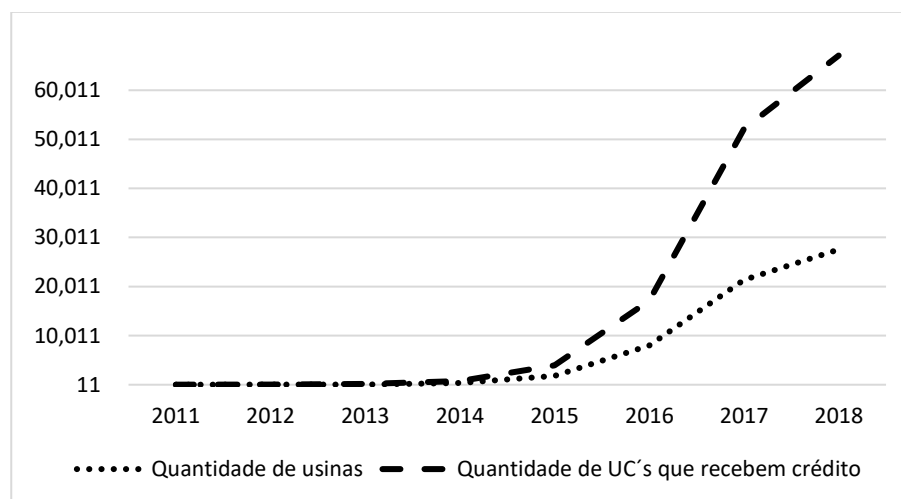
## 2.1 INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS NO BRASIL

Uma modalidade importante de usina de energia elétrica para o trabalho em tela é a denominada Geração Distribuída – GD, sendo uma expressão utilizada para designar usina instalada na unidade consumidora ou próxima desta, independentemente da fonte de energia que utiliza.

A GD, no Brasil, vem apresentando crescimento expressivo, desde que o Governo Federal passou a estimular esse tipo de alternativa, no ano de 2012, via regulamentação da minigeração e da microgeração. A microgeração se refere a usinas com potência instalada menor ou igual a 75 kW e a minigeração diz respeito as usinas com potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

Comparativamente ao ano de 2016, no ano de 2017 o crescimento na quantidade das mini e micro usinas foi de 1167,7% e no número de Unidades Consumidoras – UC's beneficiadas com os créditos da energia elétrica que injetam na rede da concessionária foi da ordem de 209%. Essa evolução pode ser observada no gráfico da figura 3.

Figura 3. Evolução da quantidade de usinas e quantidade de UC's que recebem créditos, provenientes da mini e micro geração no Brasil no período de 2011 até 8 de maio de 2018.



Fonte: Elaborado a partir de dados disponíveis no site [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)

No período do ano de 2011 até o dia 08 de maio de 2018, conforme informações constantes no site da ANEEL, a potência instalada cresceu de 44,43 kW para 326.709,37 kW em sistemas GD. É mister registrar que aproximadamente 99,31% desses sistemas são fotovoltaicos.

De acordo com ANEEL (2017) o mercado de microgeração deverá se comportar, no período de 2017 a 2024, como segue:

“Os resultados das projeções indicam que 886,7 mil unidades consumidoras podem vir a receber os créditos oriundos de microgeração distribuída solar fotovoltaica em 2024, sendo 808,3 mil no setor residencial e 78,4 mil no setor comercial, totalizando a potência instalada de aproximadamente de 3,2 GW”.

Portanto, conclui-se que o crescimento esperado é bastante expressivo, o que aumenta a necessidade de dispor de mão de obra qualificada.

### **3. PRINCIPAIS FALHAS NOS PROJETOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

A seguir apresenta-se uma lista das falhas mais comuns nos projetos de sistemas fotovoltaicos, obtidas a partir da compilação de informações contidas em material didático utilizado em outros países.

#### **3.1. SELEÇÃO DO LOCAL**

–Orientação indevida da face dos módulos, que no caso do Brasil deve ser voltada para o Norte.

–Falha na orientação ou inclinação dos módulos devido a: i) módulos com a face voltada para o Norte verdadeiro (ou Norte geográfico) quando estão instalados em locais do hemisfério Norte ou voltados para o Sul Verdadeiro quando instalados no hemisfério Sul, e; ii) módulo não inclinado com relação ao ângulo de latitude.

–Sombreamento decorrido da presença de árvores ou edifícios ou ainda, devido a não observância da existência de um sombreamento sazonal.

–Corrosão devido aos painéis serem instaladas em áreas expostas a água salgada.

–Impacto negativo na vida silvestre, para o caso de grandes sistemas instalados no solo, pela não observância durante o estudo de impacto ambiental.

#### **3.2. PROJETO E PLANEJAMENTO DO SISTEMA**

–Problema na estrutura devido a: i) não consideração da idade e estado de conservação do telhado, e; ii) uso de estrutura inadequada levando a instabilidade da mesma.

–Não consideração da carga produzida pelo vento, levando a montagem inadequada ou ao não uso de base de concreto;

–Uso de materiais e equipamentos inadequados ou de baixa qualidade;

–Condutores subdimensionados;

–Falha na proteção contra descargas atmosféricas decorrente de: i) inexistência do sistema de aterramento e proteção contra surtos; ii) sistema fotovoltaico instalado em local exposto, e; iii) condutor de aterramento em contato com os trilhos de alumínio e moldura do painel;

–Falhas na instalação elétrica, tais como: i) polaridade imprópria; ii) proteção incorreta do circuito, e; iii) incompatibilidade, por exemplo, entre o inversor e o medidor de energia instalado na saída deste.

### 3.3. INSTALAÇÃO FÍSICA DOS COMPONENTES

- Sombreamento devido a não observância da distância mínima entre as linhas de módulos;
- Danos provocados no telhado devido a perfuração sem métodos adequados de vedação;
- Corrosão devido ao uso de material ao ar livre sem resistência aos raios ultravioleta da luz solar;

- Problemas no painel, tais como: i) forças excessivas nos módulos devido a à expansão térmica da estrutura de suporte; ii) ventilação insuficiente do módulo, e; iii) módulos de diferentes potências constituindo um painel.

- Problemas no inversor devido a: i) colocação em uma posição exposto à luz do sol; ii) ventilação insuficiente; iii) instalado a grande distância do quadro de conexão com o arranjo fotovoltaico, e; iv) instalado sobre ou perto de uma superfície combustível.

- Problemas na fiação, tais como: i) cabos muito tracionados ou soltos; ii) suporte de cabo inadequado ou sujeito a danos físicos, e; iii) cabo subdimensionado.

- Não conformidades na instalação das baterias, tais como: i) não instaladas em gabinete separado dos controladores ou outros componentes do sistema fotovoltaico; ii) instalada perto de materiais radioativos e inflamáveis; iii) exposta à luz solar direta, e; iv) exposta a alta temperatura.

- Não existência de sinalização de identificação ou de avisos ou falhas nas mesmas.

- Sensores mal instalados.

- Quadros elétricos em locais de difícil acesso.

### 3.4. SEGURANÇA

- Segurança do técnico comprometida devido a: i) não utilização de proteção contra quedas; ii) não conformidade com regulamentos de prevenção de acidentes; iii) trabalhar em condições adversas: sob chuva, ventos fortes ou geadas em telhados, e; iv) o técnico caminha sobre o painel.

- No caso de incêndios não existe plano de emergência e a sinalização é inadequada.

### 3.5. SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO

- Não é feita anualmente a manutenção de conexões mecânicas e elétricas.

- A superfície frontal dos módulos fotovoltaicos não é coberta durante a manutenção.

- Componentes de montagem dobrados, corroídos ou danificados não são substituídos.

- Componentes soltos ou fixadores não são protegidos ou apertados.

- Extintores de incêndio não são localizados nas proximidades da bateria.

- O proprietário não é informado/ensinado a monitorar frequentemente o desempenho do sistema.

#### 4. BOAS PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

Frente a outras instalações de geração de energia elétrica, as de sistemas fotovoltaicos apresentam menores exigências de manutenção, desde que estejam devidamente projetadas. Tal assertiva se deve ao fato desses sistemas não serem constituídos, em sua grande maioria, de partes móveis submetidas a desgastes, além de não requererem lubrificação. Registre-se que há aqueles dotados de dispositivos de posicionamento automático dos painéis fotovoltaicos, denominado de *system tracking*, porém estes estão fora do escopo desse trabalho.

Em que pese essa vantagem comparativa, a manutenção é fundamental para assegurar a perfeita performance do sistema.

Na hora de fazer o planejamento de manutenção é importante observar preliminarmente duas questões. Primeiramente, deve-se ter em mente que os sistemas *off grid* possuem componentes para além dos existentes nos sistemas *on grid*, quais sejam as baterias e seus controladores. Portanto, os custos de operação e manutenção são mais elevados nos primeiros.

Em segundo lugar é mister observar que haverá situações em que o próprio usuário poderá e deverá intervir na manutenção do sistema de forma a contribuir com o perfeito funcionamento do mesmo, devendo este ser sabedor das atividades que lhe competem e as consequências de não execução das mesmas.

Convém registrar que não é suficiente dispor de um bom projeto de engenharia e usar equipamentos de qualidade, a adoção dos procedimentos adequados de instalação de um sistema fotovoltaico é de fundamental importância para assegurar a redução dos custos com manutenção.

A seguir é apresentada uma coletânea de procedimentos de manutenção em sistemas fotovoltaicos, elaborada a partir das seguintes referências: Pinho e Galdino (2014); Almarza et al (2016); Cotterell e Thomas (2012); Haney e Burstein (2013); USAID (2013); Brooks e Dunlop (2016); Whaley (2016) e, SNV (2016). As mencionadas referências trazem em seu bojo a experiência nacional e internacional de manutenção de sistemas fotovoltaicos, tanto de entidades governamentais quanto não governamentais.

##### 4.1 RECOMENDAÇÕES QUANTO A EQUIPE

Os profissionais para realizarem serviço de manutenção em sistemas fotovoltaicos devem estar devidamente qualificados. Para uma pessoa ser considerada qualificada, esta deve ter sido treinada e familiarizada com: i) as habilidades e técnicas necessárias para identificar partes vivas expostas de outras partes de equipamentos elétricos; ii) as habilidades e técnicas necessárias para determinar a tensão nominal de partes vivas expostas; iii) as normas de segurança; iv) as normas da concessionária de energia elétrica, e; iv) conhecer as características das fontes fotovoltaicas e equipamentos normalmente usados em sistemas fotovoltaicos.



O ideal é que o profissional tivesse certificado de qualificação para realização de serviços de manutenção de sistemas fotovoltaicos.

Entidades nacionais, tais como a canadense CSA - *Canadian Standards Association* e a americana NABCEP® – *North American Board of Certified Energy Practitioners*® e também internacionais a exemplo da *Solar Energy International*; objetivando melhorar a segurança e o desempenho dos sistemas fotovoltaicos estão envidando esforços no sentido de disponibilizar no mercado uma mão de obra devidamente qualificada via processo de certificação dos profissionais. Tal processo ainda não se verifica no Brasil.

É importante registrar que a equipe responsável pela manutenção deverá ser integrada por profissionais que além dos conhecimentos técnicos deverão ser habilitados e treinados conforme a Norma NR-10 do Ministério do Trabalho e em curso de primeiros socorros.

No caso de sistemas instalados em telhadas é necessário conhecer o que prescreve a NR-35, que estabelece os requisitos mínimos para o trabalho em altura. Vale ressaltar que, segundo a mencionada norma, o trabalho em altura é aquela atividade realizada acima de 2,0 metros do nível inferior, onde haja risco de queda.

É importante também que a equipe saiba manusear adequadamente as ferramentas e equipamentos utilizados para inspeção e manutenção em sistemas fotovoltaicos.

#### 4.2. RECOMENDAÇÕES REFERENTE A FERRAMENTAS E INSTRUMENTAÇÃO

Sempre usar ferramentas adequadas, secas e com cabos isolados. Por sua vez, a instrumentação deverá estar com seu certificado de calibração e aferição dentro da validade. Deve ser observado que na aquisição de instrumentos deverá ser solicitado que este se faça acompanhar do mencionado certificado.

É importante que os instrumentos de medição sejam verificados regularmente quanto à sua funcionalidade e precisão.

#### 4.3. RECOMENDAÇÕES SOBRE SEGURANÇA

A segurança começa com o planejamento e preparação adequados. Políticas de segurança eficazes deve estar visível e os funcionários e contratados devem estar familiarizados e comprometidos em seguir os procedimentos de segurança, a fim de evitar acidentes ou ferimentos.

Os principais requisitos de segurança durante a manutenção de sistema fotovoltaico incluem o uso adequado de procedimentos de identificação, uso de equipamento de proteção individual (EPI), desconectar com segurança circuitos ativos, e observação apropriada em conformidade com todas as sinalizações e avisos específicos do sistema fotovoltaico.



Na ausência de normas nacionais de segurança devem ser adotadas as internacionais. É importante que a equipe seja supervisionada por um profissional qualificado em Sistemas Fotovoltaicos e com comprovada experiência.

Os equipamentos em geral, em sua documentação técnica, trazem recomendações do fabricante quanto ao seu manuseio e instalação, devendo as mesmas serem seguidas. A seguir são listados alguns procedimentos de segurança a serem observados de modo geral:

- Restringir o acesso à área de trabalho.
- Cobrir o gerador fotovoltaico com uma manta ou uma cobertura opaca, quando possível, ao se trabalhar no sistema, para reduzir risco de um choque elétrico ou curto-circuito.
- Retirar todos os objetos pessoais metálicos antes dos trabalhos em instalações elétricas.
- Não trabalhar sozinho, uma equipe de dois é necessária até que o equipamento esteja adequadamente desenergizado, travado e etiquetado.

#### 4.4. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

As ações de manutenção preventiva devem estar devidamente registradas em um Plano de Manutenção. A seguir são listadas as ações conforme a periodicidade em que estas devem ser realizadas.

##### 4.4.1. Semanal

–Limpeza dos painéis com água sem qualquer produto adicionado a mesma. A sujeira pode resultar de excrementos de pássaros, emissões, poeira ou sujeira que se instalam e se acumulam na superfície dos módulos. Sujeira extensiva pode reduzir a produção do arranjo em 10% a 20% ou mais. Durante a limpeza o técnico deverá evitar se apoiar nos painéis. A limpeza deverá ser feita preferencialmente em horários em que os painéis não estejam quentes para evitar choque térmico, de modo a não danificar o vidro de cobertura. A inclinação dos painéis poderá ser verificada com um inclinômetro ou por um transferidor, devendo ser considerada uma tolerância de 5° com relação a especificada no dimensionamento do sistema. Com uma bússola também é possível verificar o ângulo azimutal dos painéis.

–Limpeza do entorno do sistema. Quaisquer folhas, lixo ou outros detritos que se acumulem ao redor dos painéis fotovoltaicos devem ser removidos. Estes materiais podem apresentar um risco de incêndio, bem como um problema de drenagem adequada e podem levar a problemas de bolor e insetos que podem levar à degradação dos sistemas de fiação ou outros componentes.

–Controle de sombreamento. Como uma quantidade relativamente pequena de sombreamento pode reduzir significativamente a produção de energia, quaisquer condições que contribuam para o

aumento do sombreamento sobre os painéis fotovoltaicos devem ser avaliadas durante a manutenção de rotina. As árvores e a vegetação apresentam preocupações contínuas de sombreamento e podem exigir podas e manutenção. Arranjos fotovoltaicos montados no solo também podem ser suscetíveis a sombreamento de arbustos ou grama alta perto destes. Onde as observações visuais não podem determinar a extensão dos problemas de sombreamento, uma ferramenta de avaliação de sombreamento solar pode ser usada.

–Inspeção de inversor e controlador de carga. Deve ser retirada qualquer sujeira e ou poeira que exista nesses equipamentos utilizando um pano seco. Uma inspeção visual deve ser feita para garantir que todos os indicadores, como as luzes LED, estejam funcionando e que os fios que conduzem a este dispositivo e para ele não estejam soltos. Deve ser observado que o controlador de carga deve indicar que o sistema está carregando quando o sol está levantado.

–Dependendo do tipo de bateria verifique a carga da bateria utilizando um hidrômetro de bateria.

–Para as baterias de chumbo-ácido reguladas por válvula deve-se fazer a medição da tensão dos terminais para comparar com a medição de carga da bateria.

Haja vista que a maior parte dos problemas nos sistemas fotovoltaicos estão associados as baterias algumas informações complementares serão apresentadas acerca das mesmas.

Toda a manutenção da bateria deve ser realizada usando os procedimentos e precauções de segurança adequados. A manutenção da bateria inclui verificação e reabastecimento de eletrólito, limpeza, reaperto dos terminais, medição das tensões das células, gravidade específica (densidade relativa) e qualquer outra manutenção ou teste periódico recomendado pelo fabricante.

A manutenção da bateria envolve várias tarefas, dependendo do tipo de bateria e dos requisitos do fabricante, incluindo:

- Inspeção e limpeza de racks de baterias, bandejas de caixas e terminais.
- Inspeção de desconexões de bateria, dispositivos de sobrecorrente e condutores.
- Verificação dos torques dos terminais.
- Medição de tensão e gravidade específica.
- Adição de água.
- Inspeção de sistemas auxiliares.
- Teste de carga e capacidade.

Observe todas as precauções de segurança e use EPI adequado ao realizar qualquer manutenção da bateria.

#### **4.4.2. Mensal**

–Se as baterias de chumbo-ácido forem usadas, verifique o nível do eletrólito e complete-o, se necessário. Limpe o resíduo eletrolítico da parte superior da bateria.

–Inspeção todos os terminais quanto a corrosão e afrouxe as conexões dos cabos. Limpe e aperte conforme necessário. Após a limpeza, adicione anti-oxidante ao fio e aos terminais expostos.

–Verifique se novas cargas foram adicionadas e o sistema está sobrecarregado.

–Inspeção da vedação de pontos de infiltração. A vedação para evitar infiltrações de todos os pontos de fixação e penetrações do edifício deve ser rotineiramente inspecionada em busca de sinais de deterioração ou vazamento de água, e reparos feitos conforme necessário. Todos os implementos estruturais devem ser inspecionados quanto à segurança e sinais de degradação.

–Inspeção do painel em busca de módulos quebrados. Se houver, substitua-o pelo módulo apropriado.

#### **4.4.3. Anual**

–Verifique toda a fiação do sistema para ver se houve danos.

–Verifique todos os equipamentos com relação a estanqueidade.

–Inspeção o inversor - remova a poeira ou a sujeira, inspeção a fiação do sistema quanto a conexões ruins. Procure por sinais de aquecimento excessivo, inspeção o controlador para uma operação adequada.

–Verificação da saída do painel. Faça a medição da tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ) e da corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ). Durante a medição da tensão  $V_{oc}$  deve-se, simultaneamente, fazer a medição da temperatura do painel com um termômetro infravermelho, para fazer a devida correção do valor medido de tensão, dado que esta depende fortemente da temperatura do painel. Simultaneamente a medição da corrente  $I_{sc}$  deve-se medir a irradiância, com um solarímetro portátil, para fazer a devida correção no valor da corrente medida. O ideal para medir a  $V_{oc}$  e a  $I_{sc}$  é o traçador de curva I-V portátil, pois apresenta precisão muito mais elevada que as obtidas nos procedimentos mencionados.

–Inspeção e manutenção de aterramento e proteção contra raios, adotando as medidas seguintes: i) Usar um ohmímetro para verificar a continuidade de todo o sistema de aterramento; ii) Certificar-se de que todas as estruturas do módulo, eletroduto e conectores de metal, caixas de junção e chassis de componentes elétricos estejam aterrados, e; iii) usar um terrômetro para avaliar as condições do aterramento.

–Inspeção e manutenção da fiação do sistema, procedendo como segue: i) Verificando visualmente todos os conduítes e cabos de isolamento quanto a danos; ii) Verificando se há conexões de fiação soltas, quebradas, corroídas ou queimadas; iii) Verificando se todos os equipamentos estão

conectados com fio e conduíte corretos. Iv) Certificando de que toda a fiação esteja presa, puxando com cuidado, mas com firmeza, todas as conexões.

–Verificação de todos os terminais e fios quanto a conexões ou componentes soltos, quebrados, corroídos ou queimados.

–Inspeção termográfica. A análise termográfica é feita com câmara termográfica infravermelha. Os pontos quentes (*hot spots*), eventualmente encontrados nos painéis fotovoltaicos deverão ser sanados. A busca de pontos quentes também se estende para os condutores, conexões, proteções e etc.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho deixou claro que o mercado de sistemas fotovoltaicos está em forte ascensão no Brasil. Portanto, indubitavelmente cada vez mais o mercado necessitará de profissionais para assegurar, não só a instalação mais também a manutenção destes. Hoje existe um importante acervo de conhecimento acerca dos procedimentos de manutenção de sistemas fotovoltaicos fruto da experiência nacional e internacional, o qual deverá ser do conhecimento daqueles que decidirem militar nessa área. A experiência relatada deixa claro que os problemas decorrentes de práticas inadequadas não ocorrem em uma etapa específica, sendo fruto de diversos fatores que vão da má formação de projetistas e técnicos a falha de comunicação entre esses profissionais. É importante mencionar que o Brasil precisa avançar em normas próprias e ainda na adoção de um sistema de certificação de profissionais, de sorte a não vivenciar os problemas relatadas em escala tal que venha a comprometer o avanço dos sistemas fotovoltaicos pela falta de confiabilidade ou baixa atratividade financeira dos mesmos.

## REFERÊNCIAS

ALMARZA, Daniel; VENEGAS, Javier Hernandez; OLEA, Gulliermo Soto. **Guía de Operación y Mantenimiento de Sistemas Fotovoltaicos**. Programa Techos Solares Públicos. Ministério de Energia. Governo do Chile. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GEIZ) GmbH. Santiago-Chile. 2016, 78p.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Site [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br) acessado em 08 de maio de 2018 às 15h30.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL**. Brasília-DF, 2017.

BROOKS, William; DUNLOP, James. **PV Installation Professional Resource Guide**. North American Board of Certified Energy Practitioners® - NABCEP®. New York, EUA. 2016.174p.

COTERELL, Martin; THOMAS, Griff. **Guide to the Installation of Photovoltaic Systems**. Microgeneration Certification Scheme – MCS. Electrical Contractor’s Association - ECA. London-UK. 2012, 124p.

FILHO, João Mamede. **Instalações Elétricas Industriais**. 8ª ed. SP: LTC, 2012, 667p.

HANEY, Josh; BURSTEIN, Adam. **PV Systems Operations and Maintenance Fundamentals**. Solar America Board for Codes and Standards. U.S. Department Energy. Florida-EUA. 213, 46p.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2017**.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio (organizadores). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – Cresesb. Rio de Janeiro-RJ, 2014, 529p.

PORTAL ENERGIA: ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Energia Fotovoltaica - Manual sobre Tecnologias, projecto e instalação**. Programa ALTENER. Comissão Europeia. Lisboa-Portugal. 2004, 368p.

SNV – Netherland Development Organization. **Solar PV Standardised Training Manual**. Parkstraat – The Netherland, 2016, 98p.

USAID – United States Agency International Development. **Solar PV Systems Maintenance Guide: Guyana Hinterlands Stand-Alone Solar PV Installations**. Tetra Tech Inc. Pasadena, California – EUA. 2013, 14p.

WHALEY, Cass (coord.). **Best Practices in Photovoltaic Systems Operations and Maintenance**. 2<sup>nd</sup> Edition. NREL – National Renewable Energy Laboratory. U.S. Department Energy (DOE). Golden-CO. 2016. 128p