

## **PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM DE EQUIPAMENTOS FOTOVOLTAICOS: CONTROLADORES DE CARGA E INVERSORES CC/CA**

André Mocelin<sup>1</sup>, Roberto Zilles<sup>1</sup> e Federico Morante<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo - Instituto de Eletrotécnica e Energia - Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos  
Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil – CEP 05508-900

Fax: +55 11 3816-7828, e-mail: [zilles@iee.usp.br](mailto:zilles@iee.usp.br); [mocelin@iee.usp.br](mailto:mocelin@iee.usp.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal do ABC – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas  
Rua Santa Adélia, 166 — Bairro Bangu – Santo André – São Paulo – SP – Brasil – CEP 09210-170

Fax: +55 11 4996-0101, e-mail: [federico.trigoso@ufabc.edu.br](mailto:federico.trigoso@ufabc.edu.br)

**RESUMO:** A utilização da energia solar fotovoltaica no Brasil já contabiliza, desde as primeiras instalações, três décadas. No entanto, durante esse período de tempo, ocorreram várias flutuações e reorientações do mercado. Inicialmente, as aplicações eram destinadas exclusivamente ao mercado de telecomunicações e as instalações possuíam elevado grau de confiabilidade e cuidado no processo de implantação. Esta mesma prática não foi observada nas aplicações de pequeno porte para atendimento domiciliar: os equipamentos oferecidos, em especial controladores e inversores, apresentavam falhas já nos primeiros anos de operação. Com a entrada em vigor da Resolução Normativa N°. 83 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2004, esforços foram realizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para estabelecer critérios de avaliação da conformidade de equipamentos destinados a sistemas fotovoltaicos, módulos fotovoltaicos, controladores de carga, inversores CC/CA e baterias. Este trabalho apresenta, em particular, os requisitos para avaliação de conformidade estabelecidos pelo PBE para controladores de carga e inversores CC/CA.

**Palavras chave:** sistemas fotovoltaicos, qualificação de equipamentos, etiquetagem.

### **INTRODUÇÃO**

No Brasil, o fornecimento de energia elétrica por meio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica por Fontes Intermitentes (SIGFIs), dos quais os Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFDs) fazem parte, é regulamentado desde 2004 pela Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. Essa Resolução, entre outros, determina que os componentes dos SFDs devem atender a exigências de normas e a procedimentos técnicos (ANEEL, 2004). Como consequência disso, os programas de eletrificação que optarem pela tecnologia fotovoltaica devem realizar ensaios de aceitação e qualificação nos componentes dos SFDs, garantindo maior confiabilidade e robustez aos sistemas instalados em campo. A conformidade técnica desses componentes tem como base as normas expedidas pelo PBE do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), programa reconhecido pela ANEEL para avaliação técnica de equipamentos para energia fotovoltaica.

Para operacionalizar a avaliação da conformidade, o PBE elaborou um regulamento específico para o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Elétrica (ENCE) em sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (INMETRO, 2005). A ENCE tem por objetivo transmitir aos consumidores informações que lhes permitam avaliar a eficiência energética e/ou o desempenho dos produtos que pretendem adquirir. Tais informações são fornecidas pelos fabricantes e verificadas pelo INMETRO por meio de um sistema de aferição, medição e controle realizado por técnicos do INMETRO ou por laboratórios credenciados.

As fases do processo de etiquetagem compreendem a solicitação feita pelos fabricantes, a análise da solicitação para etiquetagem, os ensaios iniciais, a aprovação para uso da ENCE e o acompanhamento da produção. O regulamento específico do PBE para etiquetagem de componentes de sistemas fotovoltaicos aplica-se ao módulo fotovoltaico, ao controlador de carga, ao inversor CC/CA e à bateria.

Os módulos fotovoltaicos aprovados em ensaios e etiquetados com classificação “A” estão aptos a receberem o denominado “Selo de Eficiência Energética” que o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL) concede anualmente. A empresa que obtém este selo pode divulgá-lo nas suas propagandas individuais. Já os controladores de carga, os inversores e baterias aprovados em ensaios e etiquetados recebem o “Selo PROCEL INMETRO de Desempenho”. Além disso, nos manuais de instruções, embalagens e materiais promocionais de produtos que tenham autorização para uso da ENCE, pode ser utilizada a seguinte frase: “Este produto tem seu desempenho aprovado pelo INMETRO e está em conformidade com o Programa Brasileiro de Etiquetagem”.

Especificamente, este artigo trata da conformidade técnica dos controladores e dos inversores. Nas seções seguintes serão apresentadas a íntegra dos procedimentos do INMETRO para qualificação e aceitação de controladores e inversores e a relação dos equipamentos necessários para realização dos testes.

## NORMAS E PROCEDIMENTOS

O processo de qualificação de controladores e de inversores está dividido em dois tipos: ensaios em condições nominais e ensaios em condições extremas de funcionamento. Para a realização desses ensaios, requerem-se instrumentos de medição e equipamentos com características mínimas determinadas pelo INMETRO, tais exigências visam garantir um grau satisfatório de precisão na medida das diversas variáveis envolvidas em cada ensaio. Convém mencionar que o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (LSF-IEE/USP) é reconhecido pelo INMETRO para a realização de testes do PBE, possuindo infra-estrutura laboratorial e recursos humanos capacitados para a execução dos ensaios de aceitação e qualificação de controladores e inversores.

Conforme determina a Resolução Normativa ANEEL N°. 83/2004, os componentes dos SFDs devem atender às exigências das normas expedidas pelo PBE do INMETRO. Sendo assim, faz-se necessário apresentar algumas características do processo de etiquetagem utilizado pelo PBE para ensaios de conformidade técnica de controladores e inversores. As normas e seqüência dos procedimentos para ensaio de controladores de carga e inversores CC/CA foram definidas pelo INMETRO com base nos requerimentos mínimos a serem exigidos destes equipamentos, tais requerimentos têm como base as Normas Brasileiras específicas e/ou internacionais. Estes requerimentos e procedimentos foram aprovados por um grupo de trabalho denominado GT-FOT, formado por fabricantes de equipamentos fotovoltaicos, instituições de pesquisa, universidades, empresas elétricas e, na coordenação do grupo, o INMETRO.

## CONTROLADORES DE CARGA E DESCARGA

O tipo e a seqüência de ensaio para o procedimento de avaliação de conformidade dos controladores de carga e descarga foram definidos pelo INMETRO e são mostradas na tabela 1.

Tipos de ensaios	Ensaio
1. Ensaio em condições nominais	1.1. Queda de tensão
	1.2. Tensão de desconexão e reposição do painel fotovoltaico e compensação por temperatura
	1.3. Tensão de desconexão e reposição das cargas
	1.4. Autoconsumo
2. Ensaio em condições extremas	2.1. Proteção contra sobretensões na entrada do painel fotovoltaico
	2.2. Proteção contra inversão de polaridade na conexão do painel fotovoltaico
	2.3. Proteção contra inversão de polaridade na conexão do acumulador
	2.4. Proteção contra inversão na seqüência de conexão bateria-módulo
	2.5. Proteção contra curto-circuito na saída para carga

Tabela 1: Ensaio a serem realizados nos controladores de carga e descarga.

Em sistemas fotovoltaicos domiciliares, o controlador de carga gerencia o processo de carga e descarga das baterias. Na parte da geração, ele controla o fluxo de energia do módulo fotovoltaico para a bateria, evitando a sobrecarga das baterias. Já na parte do consumo, o controlador desliga as cargas quando a demanda excede um determinado valor, evitando a descarga profunda das baterias. Ou seja, a principal função do controlador é evitar a sobrecarga e a descarga profunda, uma vez que essas situações reduzem consideravelmente o tempo de vida das baterias (GTES-CEPEL-CRESEB, 1999). Com a realização dos ensaios de conformidade do INMETRO no controlador, espera-se que, além de mais robusto e eficiente, ele possa evitar alguns efeitos negativos para a bateria, como por exemplo: perda de água, perda de matéria ativa, perda de eficiência, corrosão, estratificação, sulfatação, perda de capacidade, entre outros (Luque e Hegedus, 2003). Os procedimentos de ensaio requerem o uso de instrumentos de medida e aparelhos, os quais estão relacionados na tabela 2.

	Item	Descrição	Qtd	Precisão
	Instrumentos de medida	1	Voltímetro	1
2		Amperímetro	2	$\pm 1\%$
3		Termômetro	1	$\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
4		Relógio	1	$\pm 1\text{ min}$
Aparelhos	Item	Descrição	Qtd	Observações
	1	Controlador	1	---
	2	Climatizador	1	$(45\text{ }^{\circ}\text{C a } 10\text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
	3	Fonte	1	Compatível em corrente e tensão com o controlador
	4	Resistência variável	1	Tipicamente entre 10 e 20 $\Omega$
	5	Acumulador	1	Recomenda-se usar acumulador com capacidade em Ah em função da corrente do controlador (I): $20\text{ I(Ah)} \leq C \leq 30\text{ I(Ah)}$
6	Cargas		Resistivas	

Tabela 2: Instrumentos e aparelhos utilizados nos procedimentos de ensaio de controladores de carga e descarga.

Nos últimos anos, houve um considerável avanço no desenvolvimento e fabricação de controladores de carga. Isso foi possível à introdução de dispositivos eletrônicos apropriados e à sofisticação dos circuitos. Os controladores de última

geração incluem diversas funções e, além disso, interfaces de diálogo com por meio de armazenamento de dados e a inclusão de *software* dedicado. Os atuais controladores também estão adaptados para suportarem condições de operação extremas e tudo isso vem acompanhado da redução do volume e peso do equipamento.

Apesar disso, para a execução do procedimento do INMETRO para avaliação de controladores de carga, recomenda-se: tomar cuidado com as polaridades ao fazer as conexões; antes de conectar a fonte ao controlador, verificar que a tensão e/ou a corrente correspondam com a capacidade do controlador; medir todas as tensões nos terminais do controlador; utilizar valores nominais de corrente elétrica, tanto do lado da geração quanto do lado da carga. A tabela 3 descreve os procedimentos para ensaio do controlador de carga em condições nominais e a tabela 4 descreve os procedimentos para ensaio em condições extremas.

Ensaio	Procedimentos
1.1. Queda de tensão	<p>1.1.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1, incluindo uma resistência variável em série no fio positivo, entre o acumulador e o controlador.</p> <p>1.1.2. Configurar a fonte como fonte de corrente, para uma corrente equivalente à corrente nominal do controlador de carga para circuito do painel fotovoltaico.</p> <p>1.1.3. Conectar o acumulador.</p> <p>1.1.4. Conectar a fonte nos terminais do controlador referentes ao painel fotovoltaico. Nos terminais de saída do controlador conectar uma carga resistiva que proporcione uma corrente equivalente à corrente nominal do circuito de carga.</p> <p>1.1.5. Com as fontes e as cargas conectadas ir deslocando o seletor do potenciômetro de tal forma de se obter a tensão nominal, no terminal do controlador correspondente ao acumulador. Medir as tensões nos outros dois terminais (painel e cargas).</p> <p>1.1.6. O controlador não deverá apresentar quedas de tensões superiores a 0,8V entre os terminais do painel fotovoltaico e o acumulador e do acumulador e as cargas.</p>
1.2. Tensão de desconexão e reposição do painel e compensação por temperatura	<p>1.2.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1.</p> <p>1.2.2. Ligar as cargas durante uma hora.</p> <p>1.2.3. Configurar a fonte como fonte de corrente, a uma corrente equivalente a corrente nominal do controlador, ligar a fonte e registrar a tensão de desconexão do painel.</p> <p>1.2.4. Ligar novamente as cargas até atingir a tensão de reposição do painel.</p> <p>1.2.5. Verificar a ajustabilidade dos <i>set points</i> realizando os procedimentos indicados pelo fabricante. Repetir o ensaio, verificar se as tensões sofreram modificações.</p> <p>1.2.6. Colocar o controlador em um climatizador, a uma temperatura de 20 °C maior e/ou menor que o ensaio anterior, sempre que esta não resulte inferior -10 °C ou superior a 45 °C, durante uma hora.</p> <p>1.2.7. Repetir o procedimento e verificar se as tensões inicialmente encontradas sofreram alterações com a variação da temperatura.</p>
1.3. Tensão de desconexão e reposição das cargas	<p>1.3.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 2.</p> <p>1.3.2. Selecionar a fonte como fonte de tensão, selecionar uma tensão equivalente a 105% da tensão nominal do controlador e ir reduzindo a tensão em 0,25% da tensão nominal do controlador até que as cargas sejam desligadas, registrar a tensão de desconexão das cargas. <i>Verificar se o valor da tensão de desconexão corresponde ao indicado pelo fabricante em seu manual. (variação permitida ± 2%)</i></p> <p>1.3.3. Da mesma forma, mas em sentido contrário, aumentar a tensão em 0,25% da tensão nominal do controlador até que as cargas fiquem novamente ligadas. <i>Registrar a tensão de reposição das cargas e verificar se o valor da tensão de conexão das cargas corresponde ao indicado pelo fabricante em seu manual. (variação permitida ± 2%)</i></p> <p>Alternativamente, se o controlador não permite ligar uma fonte como acumulador, seguir o seguinte procedimento:</p> <p>1.3.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1.</p> <p>1.3.2. Selecionar a fonte como fonte de corrente. Selecionar uma corrente equivalente à corrente nominal do controlador, circuito do painel.</p> <p>1.3.3. Ligar as cargas até que as cargas sejam desligadas. Registrar a tensão de desconexão das cargas.</p> <p>1.3.4. Ligar a fonte até que as cargas novamente sejam ligadas, registrar o valor da tensão de reposição das cargas.</p>
1.4. Autoconsumo	<p>1.4.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 2.</p> <p>1.4.2. Configurar a fonte como fonte de tensão, na tensão nominal do controlador.</p> <p>1.4.3. Conectar a fonte como acumulador no controlador.</p> <p>1.4.4. Ligar a fonte e medir a corrente de autoconsumo. Esta corrente não deverá ser superior a 30 mA. Verificar se a corrente de autoconsumo do controlador corresponde ao valor estabelecido pelo fabricante.</p>

Tabela 3: Ensaio de controlador de carga em condições nominais.

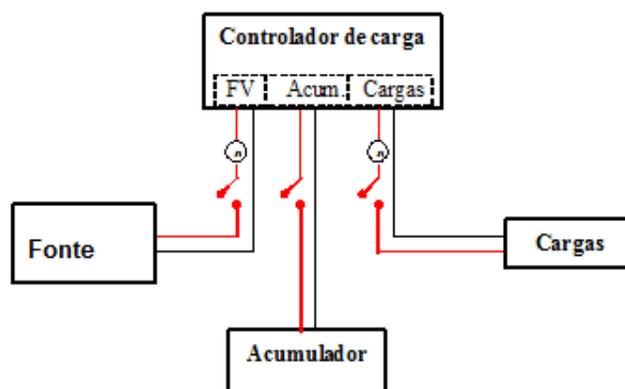


Figura 1: Diagrama de conexões dos instrumentos de medição e dos aparelhos para verificação das tensões de fim de carga, de desconexão do painel e reposição do painel.

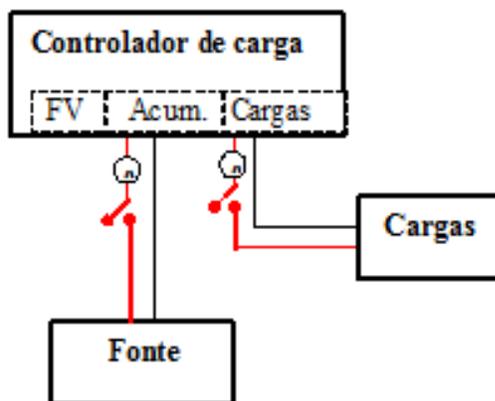


Figura 2: Diagrama de conexões dos instrumentos de medição e dos aparelhos para verificação das tensões de desconexão das cargas e reposição das cargas.

Ensaio	Procedimentos
2.1. Proteção contra sobretensões na entrada do painel fotovoltaico	2.1.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1. 2.1.2. Selecionar uma tensão equivalente a 125% da tensão de circuito aberto do painel fotovoltaico. 2.1.3. Conectar a fonte ao controlador e ligar a fonte. Deixar conectado durante 15 minutos. O controlador cumpre com a especificação se segue funcionando tal como originalmente.
2.2. Proteção contra inversão de polaridade na conexão do painel fotovoltaico.	2.2.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1. 2.2.2. Trocar a posição dos fios da fonte correspondente ao gerador durante 5 minutos. 2.2.3. Restabelecer a conexão de forma correta. 2.2.4. Verificar se o controlador continua funcionando como originalmente.
2.3. Proteção contra inversão de polaridade na conexão do acumulador	2.3.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1. 2.3.2. Trocar a posição dos fios do acumulador durante 5 minutos. 2.3.3. Verificar o estado do fusível do controlador se estiver queimado trocar o fusível. 2.3.4. Colocar os fios na posição correta e verificar se o controlador funciona como originalmente.
2.4. Proteção contra inversão na seqüência de conexão bateria-módulo	2.4.1. Configurar a fonte como fonte de corrente. 2.4.2. Conectar unicamente a fonte ao controlador no circuito do painel fotovoltaico. 2.4.3. Ligar a fonte durante 5 minutos. 2.4.4. Verificar o estado do fusível do controlador se estiver queimado trocar o fusível. 2.4.5. Conectar o acumulador e as cargas. 2.4.6. Verificar se o controlador funciona como originalmente.
2.5. Proteção contra curto-circuito na saída para a carga	2.5.1. Conectar um acumulador ao controlador 2.5.2. Conectar os fios de alimentação às cargas, não é preciso conectar nenhuma carga aos fios. 2.5.3. Unir os fios durante 5 minutos. 2.5.4. Verificar o estado do fusível do controlador se estiver queimado trocar o fusível. 2.5.5. Conectar a fonte e as cargas. 2.5.6. Verificar se o controlador funciona como originalmente.

Tabela 4: Ensaio de controladores de carga e descarga em condições extremas

Um controlador de carga é considerado qualificado e apto a receber a etiqueta do PBE/INMETRO quando aprovado em todos os ensaios em condições nominais e extremas.

## INVERSORES

O inversor CC/CA é o componente responsável pela conversão da corrente contínua em corrente alternada. Um inversor CC/CA pode ser avaliado através dos seguintes parâmetros: faixa de valores da tensão de entrada, regulação da tensão de saída, forma de onda da tensão de saída, distorção harmônica, eficiência, autoconsumo, capacidade de reação a surtos, entre outros (Muñoz, 2005). Com a realização dos ensaios de conformidade do INMETRO no inversor, espera-se que, além de mais robusto e eficiente, ele possa fornecer energia elétrica com qualidade equivalente a da rede elétrica convencional para os usuários de sistemas isolados.

Como se sabe, os inversores CC/CA na atualidade constituem um equipamento de vital importância nas instalações fotovoltaicas domiciliares das áreas rurais, pois, constitui o equipamento que garante o uso de muitos aparelhos e eletrodomésticos usuais nas zonas urbanas. Este equipamento foi evoluindo de tal forma que adquiriu características que combinam custo acessível e ótimo desempenho. Isso como consequência do aperfeiçoamento e utilização de dispositivos de estado sólido adequados, que resultaram na produção de desenhos com melhor tolerância a falhas, boa qualidade de potência, controle melhorado, alta confiabilidade e, o mais importante, excelente eficiência (Bower,2000).

Entretanto, o aparecimento no mercado de muitos modelos que incluem diversas topologias e formas de onda na saída de corrente alternada, tem conduzido à necessidade de recomendar e estabelecer parâmetros de qualidade (Galhardo, 2002). Isso guarda relação com o aumento das instalações fotovoltaicas e o consequente crescimento dos usuários de inversores. Como é sabido, a qualidade da forma de onda da tensão gerada por esses equipamentos, manifestada principalmente na taxa de Distorção Harmônica (THD), tem consequências nos aparelhos de usos finais.

Os efeitos harmônicos nos componentes do sistema elétrico podem ser verificados nos motores, transformadores, cabos de alimentação, capacitores, equipamentos eletrônicos, aparelhos de medição, relés de proteção e fusíveis (Falcondes, 2002). No entanto, como foi mencionado, existem diversos outros parâmetros elétricos que precisam ser controlados com a finalidade de garantir o bom desempenho destes equipamentos. Nesse contexto, o tipo e a seqüência de ensaios para o procedimento de avaliação de conformidade dos inversores CC/CA foram definidos pelo INMETRO e são mostradas na tabela 5.

Tipo de ensaios	
1. Ensaios em condições nominais	1.1. Autoconsumo 1.2. Eficiência, distorção harmônica, regulação da tensão e frequência 1.3. Surtos
2. Ensaios em condições extremas	2.1. Proteção contra inversão de polaridade 2.2. Proteção contra curto-circuito na saída 2.3. Eficiência, distorção harmônica, regulação da tensão e frequência em ambiente com temperatura de 40 °C

Tabela 5: Ensaios a serem realizados nos inversores.

Os procedimentos de ensaio requerem o uso de instrumentos de medida e aparelhos, os quais estão relacionados na tabela 6.

	Item	Descrição	Qtd	Precisão
	Instrumentos de medida	1	Voltímetro	2
2		Amperímetro	1	± 1 %
3		Amperímetro	1	± 1 %
4		Analizador de harmônicos	1	---
5		Osciloscópio	1	---
6		Cronômetro	1	± 1 seg
7		Termômetro	1	± 1 °C
Aparelhos	Item	Descrição	Qtd	Observações
	1	Inversor	1	De ensaio
	2	Fonte	1	Compatível com o inversor a ser ensaiado
	3	Acumulador	1	De capacidade igual à potência do inversor

Tabela 6: Instrumentos e aparelhos utilizados nos procedimentos de ensaio de inversores CC/CA.

Para a execução do procedimento do INMETRO para avaliação de inversores CC/CA, recomenda-se: tomar cuidado com as polaridades no momento de fazer as conexões; antes de conectar a fonte ao inversor, verificar que a tensão e/ou a corrente fornecida pela fonte correspondam com a capacidade do inversor; medir todas as tensões próximas aos terminais do inversor.

A tabela 7 descreve os procedimentos para ensaio do inversor CC/CA em condições nominais.

Ensaio	Procedimentos
1.1. Autoconsumo	<p>1.1.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 3.</p> <p>1.1.2. Configurar a fonte como fonte de tensão. Selecionar uma tensão compatível com o inversor.</p> <p>1.1.3. Conectar a fonte como acumulador no inversor.</p> <p>1.1.4. Ligar a fonte e medir a corrente de autoconsumo para as tensões correspondentes a 92%, 100%, 108%, 117% e 125% da tensão nominal do inversor. Em nenhum caso a corrente deverá ser maior a 3% do consumo quando em plena carga – potência nominal. Verificar se a informação, visual ou sonora, proporcionada pelo inversor corresponde ao estabelecido pelo fabricante.</p>
1.2. Eficiência, distorção harmônica, regulação da tensão e frequência.	<p>1.2.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 3.</p> <p>1.2.2. Configurar a fonte como fonte de tensão.</p> <p>1.2.3. Conectar a fonte nos terminais do inversor referentes ao acumulador.</p> <p>1.2.4. Identificar as cargas resistivas puras equivalentes a 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 80% e 100% da potência nominal.</p> <p>1.2.5. Ligar a fonte, configurar como fonte de tensão com valor igual ao valor nominal de tensão de entrada CC do inversor e consecutivamente ligar as cargas com a distribuição antes mencionada. Para cada caso registrar os valores de corrente e tensão de entrada CC e, no lado CA, corrente, tensão, frequência e distorção harmônica total da tensão em relação à fundamental.</p> <p>1.2.6. Calcular a eficiência do inversor.</p> <p>1.2.7. Das medidas registradas, a eficiência deverá ser superior a 80% na faixa de operação entre 10% e 50% da potência nominal e igual ou superior a 85% na faixa entre 50% a 100% da potência nominal. Por outro lado, a distorção harmônica total deverá ser menor que 5% em qualquer potência de operação e finalmente a frequência, 60 Hz, e a tensão de saída 127/220 Vca rms monofásica deverá estar de acordo com a legislação em vigor – ANEEL, para qualquer potência.</p> <p>1.2.8. Verificar visualmente através do osciloscópio a forma de onda do inversor. Esta deverá ser senoidal pura.</p>
1.3. Surtos	<p>1.3.1. Identificar um motor com uma potência de 1/3 da potência nominal do inversor, compatível em tensão de saída com o inversor.</p> <p>1.3.2. Conectar o motor ao inversor e verificar se este consegue arrancar o motor sem problemas.</p>

Tabela 7: Ensaio de inversor CC/CA em condições nominais.

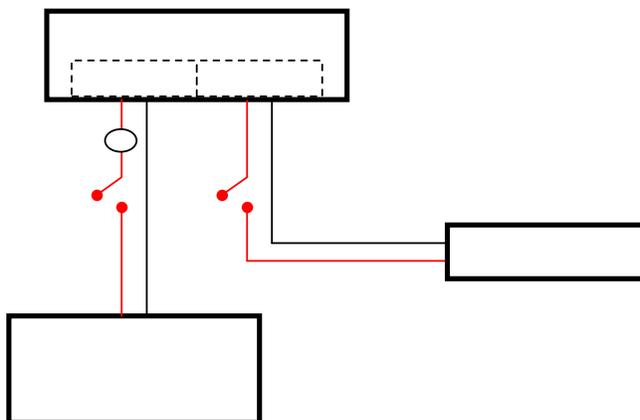


Figura 3: Diagrama de conexões dos instrumentos de medição e aparelhos para verificação da corrente de autoconsumo, das tensões de fim de carga, eficiência e resposta a surtos de inversores.

O funcionamento dos inversores em condições nominais garante o bom desempenho do equipamento e a diminuição dos efeitos prejudiciais no funcionamento dos aparelhos de usos finais. No entanto, ele também deve suportar condições de extrema exigência como são a inversão de polaridade e o curto circuito. Um bom inversor deve possuir tolerância a essas condições, embora tal como alguns pesquisadores ressaltem, isso poderia acontecer na manipulação principalmente relacionada com a manutenção dos equipamentos que, geralmente, fica sob a responsabilidade de pessoas qualificadas (Muños, 2005).

No caso do Brasil, a possível situação de um inversor não resistir a essas condições pode levar à paralisação do serviço de energia elétrica nas instalações fotovoltaicas domiciliares. Isso fica agravado pelas enormes distâncias de deslocamento que a realidade geográfica do país impõe. Dessa maneira, a vinda de um técnico especializado para restabelecer o serviço, às vezes por causas muito simples, fica difícil. Considerando esse contexto, o INMETRO somente poderá qualificar e certificar um inversor que resista a essas condições.

A tabela 8 descreve os procedimentos para ensaio do inversor CC/CA em condições extremas.

Ensaio	Procedimentos
2.1. Proteção contra inversão de polaridade.	2.1.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 3. 2.1.2. Ligar o inversor durante 5 minutos. Desligar o inversor. 2.1.3. Em caso de proteção com fusível verificar seu estado, se estiver queimado deve-se realizar sua substituição. 2.1.4. Conectar de forma correta o inversor ao acumulador. 2.1.5. Verificar o funcionamento do inversor.
2.2. Proteção contra curto circuito na saída	2.2.1. Conectar dois fios na saída do inversor, deixar livre os extremos deles. 2.2.2. Ligar o inversor e unir os fios durante 5 segundos. 2.2.3. Desligar o inversor. Desfazer a união dos fios. 2.2.4. Em caso de proteção com fusível verificar seu estado, se estiver queimado deve-se realizar sua substituição. 2.2.5. Verificar o funcionamento do inversor.
2.3. Eficiência, distorção harmônica, regulação da tensão e frequência em ambiente com temperatura de 40 °C.	2.3.1. Configurar os aparelhos e instrumentos de medição tal como aparece na figura 1. 2.3.2. Configurar a fonte como fonte de tensão. Aplicando a tensão nominal do inversor. 2.3.3. Conectar a fonte como acumulador no inversor. 2.3.4. Identificar as cargas resistivas puras equivalentes a 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 80% e 100% da potência nominal. 2.3.5. Ligar a fonte, configurar como fonte de tensão com valor igual ao valor nominal de tensão da entrada CC do inversor e manter o inversor durante cinco horas operando na potência nominal no ambiente previamente condicionado a 40 °C, consecutivamente ligar as cargas com a distribuição antes mencionada. Para cada caso registrar os valores de corrente e tensão de entrada CC e, no lado CA, corrente, tensão, frequência e distorção harmônica total da tensão em relação à fundamental. 2.3.6. Calcular a eficiência do inversor. 2.3.7. Das medidas registradas, a eficiência deverá ser superior a 80% na faixa de operação entre 10% e 50% da potência nominal e igual ou superior a 85% na faixa entre 50% a 100% da potência nominal. Por outro lado, a distorção harmônica total deverá ser menor que 5% em qualquer potência de operação e finalmente a frequência, 60 Hz, e a tensão de saída 127/220 Vca rms monofásica deverá estar de acordo com a legislação em vigor – ANEEL, para qualquer potência. 2.3.8. Verificar visualmente através do osciloscópio a forma de onda do inversor. Esta deverá ser senoidal pura.

Tabela 8: Ensaio de inversor CC/CA em condições extremas

Um inversor CC/CA é considerado qualificado e apto a receber a etiqueta do PBE/INMETRO quando aprovado em todos os ensaios em condições nominais e extremas.

## CONCLUSÕES

Os critérios de avaliação da conformidade de equipamentos destinados a sistemas fotovoltaicos foram estabelecidos pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem com o objetivo de garantir um desempenho adequado das instalações fotovoltaicas, conforme determina a Resolução Normativa ANEEL N.º 83/2004. Dessa forma, pode-se dizer que cumprir os requisitos exigidos por determinação legal é necessário, preliminarmente, para garantir a qualidade, durabilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Porém, mais do que isso, pode-se afirmar que tais exigências são um passo importante no sentido de suprir as deficiências encontradas em instalações fotovoltaicas, mudando o quadro de desconfiança e descrédito que, geralmente e desmerecidamente, desenha-se para os sistemas fotovoltaicos no Brasil.

Desde o ano de 2005, o LSF-IEE/USP vêm realizando os testes do PBE/INMETRO. Seus resultados têm sido utilizados tanto para classificação como para aprimoramento dos equipamentos testados. Espera-se que as análises e registros dos processos possam contribuir também para o refinamento dos procedimentos de etiquetagem.

Finalmente, convém ressaltar que o Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO consolida-se, a cada dia, como um importante instrumento, tanto para fabricantes como para usuários, para escolha e aquisição de melhores equipamentos para energia fotovoltaica. A lista completa de todos os equipamentos etiquetados pelo PBE pode ser encontrada na página eletrônica do INMETRO, disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

## REFERÊNCIAS

ANEEL (2004). Resolução Normativa N.º 83 de 20 de setembro de 2004 da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes, SIGFI. Diário Oficial da União – DOU, 24 de setembro de 2004, seção 1, p. 126, v. 141, No 185, Brasília.

- Bower, W. (2000). Inverters – Critical Photovoltaic Balance-of-System Components: status, issues, and new-millennium opportunities. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, Vol. 8, pp. 113-126.
- Falcondes J. M de S., D. Paschoareli Jr. E M. J. A. Faria Jr. (2002). Impacto da utilização de inversores em sistemas de geração distribuída sobre equipamentos rurais. In *Anais do 4º Encontro de Energia no meio Rural, AGRENER 2002*, 29 a 31 de Outubro de 2002, Campinas, São Paulo, Brasil, versão digital em CD.
- Galhardo, M. A. B. & J. T. Pinho (2002). Análise de desempenho de inversores de pequeno porte com diferentes formas de onda. In *Anais do 4º Encontro de Energia no meio Rural, AGRENER 2002*, 29 a 31 de Outubro de 2002, Campinas, São Paulo, Brasil, versão digital em CD.
- INMETRO/PBE (2005). Regulamento específico para uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE: Sistemas e Equipamentos para Energia fotovoltaica. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem, GT-FOT – Energia Fotovoltaica. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/>
- GTES–CEPEL–CRESESB. (1999). Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, 1ª edição, Grupo de Trabalho de Energia Solar, GTES, Rio de Janeiro.
- Luque, A., S. Hegedus (2003) *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, 1ª edição, John Wiley & Sons Ltd, Inglaterra, pp 787-790.
- Muñoz, J & E. Lorenzo (2005). On the specification and testing of inverters for stand-alone PV systems. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, Vol. 13, pp. 393-408.

**ABSTRACT:** The use of the photovoltaic energy in Brazil already accounts, since the first installations, three decades. However, during that period of time, several fluctuations occurred in the market. Initially, the applications were destined exclusively to the market of telecommunications and the installations had elevated reliability and the activities of implementation were carried out carefully. These same practices are not observed in the Solar Home Systems and other small photovoltaic applications, in some cases, the equipments delivered, especially charge controllers and inverters, were damaged in the first years of operation. Since September 2004, when the Resolution N<sup>o</sup>. 83 of the Brazilian Electricity Regulatory Agency (ANEEL) was approved, efforts were carried out by the Brazilian Label Program (PBE) to establish acceptance tests in equipments used in photovoltaic systems: photovoltaic module, charge controllers, inverters CC/CA and batteries. In this article, we present the acceptance tests accomplished by the PBE to approve charge controllers and inverters CC/CA.

**Keywords:** photovoltaic systems, acceptance of equipments, Brazilian Label Program.