

Aplicação de Lista de Verificação como Ferramenta para Análise de Qualidade e Conformidade de Instalações Fotovoltaicas

Rodrigo Henrique Dalarmi da Silva (UTFPR-LND) rodrigo.dalarmi@hotmail.com

José Luis Dalto (UTFPR-LND) josedalto@utfpr.edu.br

Resumo:

A aplicação de uma metodologia para análise da qualidade e conformidade de um produto/serviço é importante na identificação do problema e na implementação de ações corretiva, para obtenção da qualidade, conformidade com os requisitos técnicos e consequentemente a redução de custos. O uso de uma das ferramentas da qualidade, como a Lista de Verificação, vem contribuir para a solução de problemas, redução de não conformidades dentro do processo produtivo e para a melhoria da qualidade. O presente trabalho busca analisar e verificar a utilização da ferramenta para solução de problemas e melhoria da Qualidade do produto/serviço de uma empresa de engenharia, do ramo de energia solar fotovoltaica localizada na cidade de Londrina. A obtenção dos dados foi feita através de uma lista elaborada seguindo os requisitos da norma técnica vigente ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede. A análise da ferramenta utilizada foi feita em termos de como e quando utilizada, e que benefícios trazem para a empresa. Como resultado, observou-se que a adoção da ferramenta da qualidade auxilia a manter os objetivos e garantir à qualidade e conformidade traçados pela empresa e a norma técnica. A necessidade do uso da ferramenta da qualidade é reconhecida pela empresa pesquisada como meio para a obtenção do sucesso da qualidade de seus produtos e serviços, bem como da aprovação pela companhia de distribuição de energia elétrica.

Palavras chave: Lista de verificação, Gestão da qualidade, Instalações fotovoltaicas

Application of Checklist as Tool for Analysis of Quality and Compliance of Photovoltaic Installations

Abstract

The application of a methodology to analyze the quality of a product/service is important to identify the problem and to implement corrective actions, to obtain the quality, compliance with the technical requirements and consequently the cost reduction. Using one of the quality tools, such as a Checklist, helps to solve problems, reduce non-conformity in the production process and improve quality. The present work seeks to analyze and verify the use of the tool to solve problems and improve the Quality of the product/service of an engineering company, of the field of photovoltaic solar energy located in the city of Londrina. The data were obtained through a list elaborated following the requirements of the current technical standard ABNT NBR 16274: 2014 - Photovoltaic systems connected to the grid. The analysis of the tool used was done in terms of how and when used, and what benefits they bring to the company. As a result, it was observed that the adoption of the quality tool helps to maintain the objectives and ensure the quality and compliance established by the company and the technical standard. The need to use the quality tool is recognized by the company surveyed as a means to achieve the success of the quality of its products and services, as well as approval by the electricity distribution company.

Key-words: Checklist, Quality management, Photovoltaic installations

1. Introdução

O sucesso de qualquer empresa no mercado globalizado e competitivo depende da Qualidade de seu produto ou serviço. Organizações de todos os segmentos já se conscientizaram que produtos e serviços de qualidade as colocam em vantagem competitiva no mercado em que estão inseridas. A implantação de ferramentas, programas e métodos da Qualidade aumentam a produtividade e se aplicados dentro dos princípios da melhoria contínua transformam não somente as atividades operacionais das organizações, mas embasam a filosofia da Qualidade.

Desde da década de 50 a Qualidade dos produtos/serviços vem sendo cada vez mais discutida, estudada e aplicada. Ao longo dos anos com a tecnologia avançando cada vez mais, com o aumento de concorrência e a globalização, surge à necessidade da implementação de novos processos de gestão de qualidade, para conquistar uma diferenciação na competitividade empresarial, afim de estabelecerem parâmetros de qualidade. Atualmente, para que a empresa tenha melhores condições de se manter no mercado, que está altamente competitivo, é necessário que ela planeje e reformule seus processos de qualidade a serviço da satisfação total do cliente e atendimento às conformidades técnicas das normativas estipuladas pelas instituições e entidades específicas.

As sete ferramentas são: Fluxograma, Folha de Verificação, Histograma, Diagrama de Pareto, Carta de Controle, Diagrama de Dispersão e Diagrama de Causa e Efeito. Todas essas ferramentas são amplamente utilizadas nas diversas áreas de conhecimento e mostram eficiência quando aplicadas às questões relacionadas à Qualidade.

Cada ferramenta tem uma utilização distinta uma da outra, sendo que não existe uma regra para direcionar qual ferramenta deve ser usada em cada processo. Isto vai depender do problema envolvido, das entradas e informações coletadas, dos dados disponíveis e do conhecimento do processo em questão em cada fase.

Para um sistema fotovoltaico poder ser aprovada pela companhia de distribuição de energia, ou pela entidade reguladora, ou pela responsável pelo empreendimento e dar início à sua operação, a instalação do mesmo deve seguir certos padrões de qualidade e estar em conformidade com diversas regulamentações do setor de eletricidade e normas técnicas, tais como: NBR 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão, ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Para este fim é realizado um comissionamento do sistema.

Este trabalho dedica-se a apresentar a forma como a lista de verificação, uma das sete ferramentas clássicas da qualidade é utilizada para auxiliar o processo de comissionamento de um sistema fotovoltaico. O uso da ferramenta reduz o número de desvios, focaliza a atenção em pontos específicos, aumenta a atuação proativa junto às suas principais causas e diminuindo assim consequentemente os custos. A ferramenta pode facilitar a operacionalização do planejamento do comissionamento do sistema fotovoltaico, tornando-se um eficaz instrumento de suporte à tomada de decisões, de modo a planejar a execução de cada serviço da melhor forma possível, permitindo ainda, a realização de ações corretivas, de modo a permitir a obtenção da aprovação pela distribuidora de energia para operacionalização do sistema fotovoltaico.

2. Referencial Teórico

Em um mercado competitivo, onde os clientes estão cada vez mais exigentes, principalmente em relação à qualidade dos produtos e serviços, as empresas precisam buscar técnicas de gestão e ferramentas para a qualidade contínua (CAMPOS, 2014, p. 13). Também se faz necessário o

uso de tais ferramentas para auxiliar os processos e serviços, a fim de atender as normas técnicas específicas de instalações fotovoltaicas, que tem como objetivo unificar requisitos técnicos e de segurança em instalações elétricas. As ferramentas da qualidade são técnicas estatísticas e gerências que auxiliam na obtenção, organização e análise das informações necessárias para resolução de problemas, utilizando dados quantitativos. A qualidade de um produto ou serviço está profundamente relacionada a total satisfação do consumidor e constitui de elementos como qualidade total, custo e atendimento, que são proporcionalmente essenciais em uma relação comercial utilizadas (FALCONI, 1990).

Há diversas outras definições, mas a qualidade é algo subjetivo, que é avaliado normalmente pelos clientes, estes que podem possuir diferentes opiniões sobre a qualidade de um certo produto (SILVA, 2013, p. 14).

2.1 Qualidade

O conceito de qualidade segundo definições técnicas estabelecidas pelo ISO - INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION, é de que a Qualidade é a adequação ao uso, é a conformidade às exigências (ROTHERY, 1993). Entretanto, quando falamos de Qualidade necessita-se de definições mais abrangentes. A qualidade tem a ver, principalmente, com o processo pelo qual os produtos ou serviços são materializados. Todos os processos de uma determinada atividade são importantes, se os processos forem desenvolvidos com qualidade, o produto final terá qualidade. Segundo Lobos (1991) a Qualidade se situa no que se faz, na verdade, em tudo o que se faz, e não apenas no que se tem como consequência disso.

Também se entende, segundo Fonseca (2006), que a qualidade deixou de ser associada ao princípio da definição de conformidade às especificações, ou seja, a adequação ao padrão requerido, passando para uma visão de atendimento as necessidades do cliente, alterando o produto ou serviço para além das especificações exigidas, buscando atingir a satisfação do cliente. Falconi (1990) também afirma que a qualidade de um produto ou serviço está diretamente relacionada a total satisfação do cliente, atendendo suas expectativas, que constitui de elementos como qualidade total, custo e atendimento, que é indispensável em uma relação comercial básica.

A utilização das ferramentas da qualidade como metodologia de busca e resolução de desvios e problemas é das mais utilizadas no mercado por organizações em razão da facilidade de seu uso, bem como da efetividade gerada pelas mesmas. A utilização da metodologia do ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action) é necessária para que se tenha um bom controle de processos e aperfeiçoar o gerenciamento dos seus processos, a fim de se manter e/ou melhorar os resultados. O método PDCA determina uma sequência de passos, agregado a uma coleta de informações, que são baseadas em fatos e dados, e permite encontrar a causa fundamental de um problema, a fim de eliminá-la posteriormente. Podem ser utilizadas ferramentas básicas para o procedimento de coleta e o processamento de informações que auxiliará na tomada de decisão (FALCONI, 1992; CAMPOS, 2004).

Esse método de gerenciamento de processos remete aos gestores uma abordagem disciplinar para identificar, desenhar, executar, documentar, medir, monitorar, controlar e melhorar o processo, para alcançar resultados consistentes e alinhados com os objetivos estratégicos da organização. São várias as ferramentas da qualidade que podem ser usadas como auxílio na busca e solução de problemas.

2.2 Ciclo PDCA

PDCA tornou-se popular pelo Dr. William Edwards Deming, que é considerado por muitos como o pai do controle de qualidade moderno, no entanto, foi desenvolvida pelo estatístico Walter Andrew Shewhart. A metodologia PDCA é largamente utilizada por corporações que desejam melhorar seu nível de gestão através do controle eficiente de processos e atividades internas e externas, padronizando informações e minimizando as chances de erros na tomada de decisões importantes (AGOSTINETTO, 2006).

O ciclo PDCA é assim chamado devido ao nome em inglês de cada uma das etapas que o compõem e é dividido em quatro partes, o que lhe dá nome. O método é ilustrado na Figura 1 e descrito conforme Seleme (2008, p.26,27) e Werkema (1995) como:

- a) P: do verbo “Plan”, ou planejar. Nesta etapa é elaborado o planejamento do trabalho a ser realizado por meio de um plano de ação após a identificação, reconhecimento das características e descoberta das causas principais do problema;
- b) D: do verbo “Do”, fazer ou executar. Nesta etapa consiste na realização do trabalho planejado de acordo com o plano de ação, a fase de execução é dividida em treinamento, seguida da execução e coleta dos dados para futura avaliação;
- c) C: do verbo “Check”, checar, analisar ou verificar. Este é o estágio do ciclo PDCA onde são identificadas possíveis brechas no projeto. Será verificado o que foi feito, identificando a diferença entre o realizado e o que foi planejado no plano de ação;
- d) A: do verbo “Action”, agir. Atuar de forma corretivamente sobre eventuais erros ou falhas identificadas, de modo a estar sempre e continuamente aperfeiçoando o projeto.

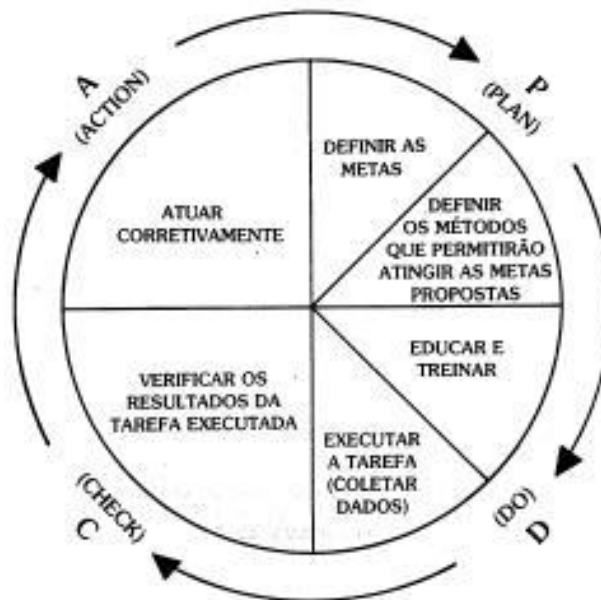


Figura 1 – Ciclo PDCA

Sempre que um problema é identificado e solucionado, o sistema produtivo passa para um patamar superior de qualidade, pois os problemas são, na verdade, oportunidades para melhorar os processos. Assim, o ciclo PDCA também pode ser usado para induzir melhorias, ou seja, melhorar as diretrizes de controle. Conforme Werkema (1995), as ferramentas da Qualidade podem ser utilizadas de várias formas dentro do ciclo PDCA.

2.3 Ferramentas da qualidade

As ferramentas de gestão da qualidade são elementos, gráficos, esquemas analíticos, tabelas e métodos estruturados utilizados para identificar e melhorar a qualidade dos produtos, serviços e processos (FALCONI, 1992).

Apesar da variedade de ferramentas da qualidade que contemplam a qualidade total, as ferramentas tradicionais ainda são as mais utilizadas (PALADINI, 1997), sendo elas:

- a) Histograma: são gráficos que nos permitem visualizar como eventos repetidos variam no tempo, permitindo a interpretação de um grande volume de dados (WERKEMA, 1995, p.44);
- b) Fluxogramas: representação gráfica na forma de blocos com um mapeamento das diversas etapas de um processo (MELLO, 2009, p. 242);
- c) Lista de verificação: um formulário para tabular dados, identificando a frequência dos eventos selecionados em um determinado período de tempo, preenchidos de forma fácil e concisa (PALADINI, 1997);
- d) Diagrama de causa e efeito: diagrama usado para representar a relação entre alguns efeitos que poderiam ser medidos e o conjunto de possíveis causas que produzem o efeito (WERKEMA, 1995, p.43);
- e) Gráfico de Pareto: barras verticais que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a priorização de temas, permitindo também o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas (WERKEMA, 1995, p.43);
- f) Diagramas de dispersão: um gráfico utilizado para visualização da relação existente entre duas variáveis (WERKEMA, 1995, p.45).
- g) Carta de controle: um gráfico que apresenta os dados com linhas limites a fim de se controlar um intervalo aceitável da qualidade (WERKEMA, 1995, p.45).

2.4 Lista de verificação

A lista de verificação é uma ferramenta do controle da qualidade que visa organizar a coleta e o registro de dados estatísticos de forma planejada. De maneira a que os dados coletados sejam organizados, facilitando o seu uso (MENEZES et al., 2016, p. 6).

Para analisar melhor os problemas, devem-se coletar dados que representem os fatos, tais dados podem ser obtidos através da lista de verificação. As listas de verificação nada mais são que, um formulário para tabular dados, identificando a frequência dos eventos selecionados em um determinado período de tempo, preenchidos de forma fácil e concisa. A lista de verificação ajuda o responsável averiguar itens sem a necessidade de memoriza-los, bastando preencher a tabela presente na folha. A lista de verificação também deve conter espaços para inserir dados como: local, data e o responsável pela coleta dos dados (CAMPOS, 2014, p. 17).

A lista de verificação deve ser construída de acordo com a necessidade, portanto esses formulários não possuem um formato padrão, mas devem ser elaborados de acordo com as particularidades dos processos ou itens que serão analisados (SILVA, 2013, p. 23). Pelas características de sua montagem, a folha confere prioridade e atenção à coleta objetiva de dados, com precisão, segurança e cuidado (MELLO et al., 2009, p.241).

O formulário no qual os itens serão verificados, para a observação do problema, já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados em campo (WERKEMA, 1995, p.42).

As utilizações das listas de verificação podem induzir os funcionários ao hábito de execução com organização e controle contínuo das atividades. Pelas características de sua montagem, a folha confere prioridade e atenção à coleta objetiva de dados, com precisão, segurança e cuidado (CAMPOS, 2014, p. 17).

Listas de verificação são comumente adotadas no início dos ciclos de solução de problemas, para identificar o número de ocorrências de um determinado tipo (LONGO et al., 2016, p. 4).

Possui a vantagem de que, o fato é registrado no momento que ocorre, utilizando também para levantar a proporção de itens não conformes; inspecionar atributos; estabelecer a localização de defeitos no produto final; levantar as causas dos defeitos; estudar a distribuição de uma variável e monitorar um processo de fabricação (CAMPOS, 2014, p. 17).

Apesar da lista de verificação ser uma das ferramentas da qualidade mais simples, a mesma é extremamente útil e necessária. Isso ocorre, pois, para afirmar que há um problema são necessários dados, que podem ser obtidos através da lista de verificação (PALADINI, 1997; AGUIAR, 2006).

A lista de verificação é, portanto, uma ferramenta muito simples de ser construída e aplicada. Contudo, há certos cuidados a serem tomados, para tornar o uso da ferramenta realmente efetivo. A lista de verificação deve ser construída para facilitar a aplicação e interpretação. Neste sentido, uma adequada diagramação do formulário da lista de verificação é fundamental. Também é necessário que todas as respostas “desejáveis”, ou seja, que indiquem atendimento ao requisito, estejam sempre alinhadas, respondidas consistentemente.

3. Metodologia

A estratégia de pesquisa escolhida é o estudo de caso de forma descritiva, visto que o trabalho investiga um fenômeno contemporâneo. A abordagem da pesquisa é de natureza qualitativa, visto que, apesar de existirem dados numéricos, não há análise estatística dos processos.

O processo de comissionamento se deu início com a coleta dos dados e o preenchimento da lista de verificação, ambos realizado logo após a finalização da instalação e montagem do sistema fotovoltaico, composta por dois funcionários do setor Técnico da empresa localizada na cidade de Londrina, Paraná, a equipe responsável era constituída por um engenheiro eletricista e um técnico eletricista.

A companhia de distribuição de energia (COPEL) é responsável por executar a vistoria final, sujeitando o sistema a uma avaliação das conformidades técnicas, que determinará a aprovação da instalação do sistema fotovoltaico e a liberação para operacionalização do sistema.

4. Comissionamento do Sistema Fotovoltaico

Dentre as etapas de implantação de um projeto para sistemas fotovoltaicos, o comissionamento da obra pode ser considerado uma das mais importantes. É o momento em que a obra é inspecionada e testada com o objetivo de avaliar sua conformidade com o projeto executivo e se seu desempenho atende às garantias técnicas que foram estabelecidas em contrato. A finalização dessa etapa do projeto marca o início da transferência de responsabilidades e riscos sobre o sistema fotovoltaico da empresa pesquisada para o cliente, e logo após inspeção da companhia de distribuição de energia e aprovação da mesma, o sistema fotovoltaico é liberado para operação e consequentemente a produção de energia elétrica.

Os benefícios de um comissionamento bem realizado e documentado asseguram ao cliente, que o sistema fotovoltaico seja aprovado pela companhia de distribuição de energia, tenha uma operação adequada e o desempenho esperado ao longo de sua vida útil, minimizando problemas oriundos de instalações inadequadas, inconformidades com o projeto, entre outros, propiciando economia de recursos nas atividades de operação e manutenção.

Os levantamentos dos dados apresentados a seguir, foram obtidos diretamente de uma instalação de um sistema fotovoltaico e a lista de verificação foi utilizada como procedimento de inspeção do comissionamento. O comissionamento foi efetuado em partes, para que possíveis irregularidades já possam ser detectadas e registradas, para se necessário em uma próxima etapa, seja tomada ações corretivas para solucionar tais desvios.

Inicialmente é realizada a instalação do sistema fotovoltaico como um todo, a equipe de instalação possui treinamentos e experiência na montagem de sistemas fotovoltaicos, e sempre é supervisionada por um engenheiro responsável pelo projeto.

O comissionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede foi elaborado com referência à norma IEC 60364-6, que define os requisitos para a verificação inicial e periódica de uma instalação elétrica em baixa tensão. A verificação deve proceder em dois estágios, a inspeção e os ensaios de comissionamento, a inspeção deve sempre preceder os ensaios de comissionamento e é realizada antes da energização da instalação.

A inspeção é um dos passos mais importantes do comissionamento, onde quando realizado com perfeição, atenção, olhar clínico e pessoal treinado pode detectar mais de 80% dos problemas ou pendências de um empreendimento.

A vida útil de um sistema fotovoltaico é de aproximadamente 25 anos, portanto todos os pontos que não estejam em conformidade com o projeto ou apresentem avarias devem ser corrigidos. Materiais de boa qualidade e bom acabamento também são itens que devem ser analisados durante a inspeção e assim garantir uma maior vida útil e um baixo percentual de falhas.

Deve-se efetuar a inspeção em todos os componentes do sistema. Problemas e defeitos encontrados devem ser registrados formalmente na lista de verificação, para se tomar as devidas correções. Esses relatos devem conter o máximo de informações possíveis, como fotos, horário, localização e breve descrição do problema.

A inspeção do sistema fotovoltaico deve ser realizada em posse da lista de verificação em mãos, é importante durante a inspeção, confirmar se as estruturas e equipamentos instalados conferem em número e características, conforme especificado no Projeto Executivo. É indispensável para essa tarefa o conhecimento das especificações do projeto.

A inspeção se inicia em todos equipamentos que constituem a parte C.C. (Corrente Contínua) da instalação do sistema fotovoltaico, observando ao tipo de material empregado, especificações técnicas dos equipamentos instalados e proteções para garantir a segurança física do sistema, preenchendo a lista de verificação demonstrada na Figura 2.

A inspeção dos quadros e equipamentos elétricos, correspondem a instalações dos inversores, string boxes, quadros elétricos e de comunicação, onde são necessariamente verificados suas fixações e suportes de sustentação, respeitando os dados de projeto como dimensões, distâncias e as características dos materiais, local de instalação, examinando a vedação, para não permitir a entrada de umidade, insetos e poeira.

A inspeção das instalações elétricas consistiu na verificação de todo encaminhamento dos cabos CC e CA, observando se os condutores sofreram danos na camada de isolamento durante o

processo de lançamento e procurar por emendas em suas extensões. Verificar cabeamento quanto a dimensão e características especificadas no projeto, conferir o bom acabamento nos conectores dos terminais, se satisfazem requisitos técnicos.

Relatório de inspeção de sistema fotovoltaico conforme ABNT-NBR 16274:2014 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – requisitos mínimos para documentação e ensaios

Relatório de inspeção de sistema fotovoltaico	
Endereço da instalação:	☒ Inspeção inicial ☐ Inspeção periódica Data: 25/07/2016
Circuitos inspecionados:	1
Inspeção:	Willian Henrique da Silva / Rodrigo Henrique Dalarmi da Silva

Item inspecionado	O sistema atende às especificações?
Inspeção do sistema c.c.	
a) Todos os componentes c.c. são classificados para operação contínua em c.c., sob a máxima tensão c.c. do sistema e a máxima corrente c.c. de falta.	Sim
b) Proteção por isolamento classe II ou equivalente foi adotada no lado c.c.	Sim
c) Os cabos das séries fotovoltaicas, os cabos dos arranjos fotovoltaicos e o cabo c.c. principal foram selecionados e montados de forma a minimizar o risco de falhas à terra e a curtos-circuitos.	Sim
d) Todos os cabos foram selecionados e montados para resistir às influências externas esperadas, como o vento, a formação de gelo, a temperatura e a radiação solar.	Sim
e) Nos sistemas sem dispositivo de proteção contra sobrecorrente nas séries fotovoltaicas, o valor máximo de sobrecorrente do módulo fotovoltaico (Ir) é maior do que a corrente reversa possível, e os cabos das séries fotovoltaicas foram dimensionados para acomodar a corrente de falta máxima combinados das séries fotovoltaicas em paralelo.	Sim
f) Nos sistemas com dispositivo de proteção contra sobrecorrente nas séries fotovoltaicas, este dispositivo foi corretamente posicionado e especificado conforme as instruções do fabricante para a proteção dos módulos fotovoltaicos.	n.a.
g) Meios de desconexão foram instalados nas séries fotovoltaicas e subarranjos fotovoltaicos segundo os requisitos da IEC 60364-7-712.	Sim
h) Uma chave c.c. está instalada no lado c.c. do inversor.	Sim, integrada no inversor
i) Nos sistemas com diodos de bloqueio, a tensão reversa destes componentes está em conformidade com a IEC 60364-7-712.	n.a.
j) Se um dos condutores c.c. está ligado à terra, há pelo menos separação simples entre os lados c.a. e c.c., e as ligações à terra foram construídas de modo a evitar a corrosão.	n.a.
k) Plugues e soquetes conectados entre si são do mesmo tipo e do mesmo fabricante.	Sim
l) Quando um sistema fotovoltaico possui conexão direta à terra no lado c.c. (aterramento funcional), um dispositivo de interrupção de falta à terra deve estar instalado segundo os requisitos da IEC 60364-7-712.	n.a.
Proteção contra sobretensão/choque elétrico	
a) Um dispositivo supervisor de isolamento do arranjo fotovoltaico e sistema de alarme estão instalados segundo as especificações da IEC 60364-7-712.	Sim
b) Um dispositivo de detecção de corrente residual de fuga para a terra e sistema de alarme estão instalados segundo as especificações da IEC 60364-7-712.	n.a.

Página 1 de 2

Relatório de inspeção de sistema fotovoltaico conforme ABNT-NBR 16274:2014 Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – requisitos mínimos para documentação e ensaios

c) Quando um DR estiver instalado no circuito c.a. alimentando um inversor, este foi selecionado de acordo com os requisitos da IEC 60364-7-712.	n.a.
d) Para minimizar tensões induzidas por raios, a área de todos os laços na fiação deve ser mantida tão pequena quanto possível.	Sim
e) Os condutores de aterramento da armação do arranjo fotovoltaico e/ou dos módulos foram corretamente instalados e estão ligados à terra.	n.a.
f) Quando condutores de aterramento de proteção e/ou condutores de ligação equipotencial estão instalados, estes estão paralelos e juntos aos cabos c.c.	n.a.
Inspeção do sistema c.a.	
a) Um meio de seccionamento do inversor foi fornecido no lado c.a.	Sim
b) Todos os dispositivos de isolamento e seccionamento foram ligados de tal forma que a instalação fotovoltaica foi conectada ao lado "carga" e a rede elétrica ao lado "fonte".	Sim
c) Os parâmetros operacionais do inversor foram programados conforme a ABNT NBR 16149 e/ou regulamentações locais.	Sim
Etiquetagem e identificação	
a) Todos os circuitos, dispositivos de proteção, chaves e terminais estão devidamente identificados e etiquetados.	Sim. Identificados cabeamento das séries pelas cores vermelho (+) e azul (-). Série 1 (uma fita) e série 2 (duas fitas).
b) Todas as caixas de junção c.c. dos arranjos fotovoltaicos possuem uma etiqueta de aviso indicando que as partes vivas no interior das caixas são alimentadas a partir de um arranjo fotovoltaico e permanecem vivas mesmo depois do seccionamento do inversor da rede elétrica.	n.a.
c) Etiquetas de advertência estão fixadas no ponto de interconexão com a rede.	Sim
d) Um diagrama unifilar é exibido no local.	Sim
e) As configurações de proteção do inversor e informações do instalador são exibidas no local.	Sim
f) Os procedimentos de desligamento de emergência são exibidos no local.	Sim
g) Todos os sinais e etiquetas estão devidamente afixados e são duráveis.	Sim
Instalação mecânica	
a) Há ventilação possível por trás do arranjo fotovoltaico para evitar o risco de superaquecimento/incêndio.	Sim
b) A armação e os materiais do arranjo fotovoltaico são à prova de corrosão.	Sim
c) A armação do arranjo fotovoltaico está corretamente fixada e é estável, e as fixações no telhado são à prova de intempéries.	Sim
d) As entradas de cabos são à prova de intempéries.	Sim

Página 2 de 2

Figura 2 – Lista de verificação utilizada no comissionamento do sistema fotovoltaico.

Foram inspecionados também, todos os módulos fotovoltaicos com o objetivo de detectar anomalias. Essas possíveis anomalias se dão por características físicas (vidro quebrado ou trincado) e características de instalação, presilhas de fixação dos módulos instaladas respeitam as distâncias estipuladas pelo fabricante, se há espaçamento e diferenças de alturas/níveis entre fileiras de módulos. Verificou-se atentamente as conexões elétricas entre módulos, aplicando uma tração junto aos conectores, para testar o perfeito encaixe dos conectores MC4.

Em seguida verifica se o sistema C.A. possui algum seccionamento entre as conexões do sistema fotovoltaico e a carga, subsequentemente é verificado a etiquetagem e identificação dos cabos e terminais, proteções, de todos equipamentos instalados e informações de operação e manutenção do sistema.

Por fim, são inspecionadas as estruturas de montagem dos módulos, que devem seguir as dimensões mecânicas de projeto, se foram corretamente instaladas no local e ordem especificados, averigua-se se as características dos materiais empregados são os mesmos especificados no projeto. Se faz necessário também a conferência do torque de aperto dos parafusos usados para fixação das estruturas na cobertura e grampos, a fim de se provar a resistência da estrutura à intempéries.

Além disso foi verificado as superfícies e revestimentos se apresentam as determinadas qualidades, como a presença excessiva de zinco, áreas não revestidas, empenas, inclusões de fluxo, corrosão do metal-base (vermelha), corrosão branca (manchas por armazenamento com umidade) e aderência do revestimento aplicando uma carga.

Com o término das inspeções do sistema se dá início aos ensaios de comissionamento para avaliar as condições de geração e proteção do sistema fotovoltaico instalado. É efetuado ensaios de medição de grandezas elétricas para avaliação da produção de energia, como também é realizado ensaios de curto-circuito e ensaios funcionais, para avaliação das proteções e do correto funcionamento dos dispositivos de seccionamento e inversores.

Por meio de todos os dados obtidos na verificação, se faz necessário a correção dos itens apontados como irregulares, só após a correção dos mesmos o sistema fotovoltaico é liberado para inspeção final da companhia de distribuição de energia, com o propósito de obter a aprovação e liberação da operação.

Em meio a tantos itens a ser inspecionado e verificado, pode-se concluir que a lista de verificação, para a gestão da qualidade no processo de comissionamento do sistema fotovoltaico é fundamental e contribui de forma significativa no controle e monitoramento dos indicadores de qualidade da instalação do mesmo.

5. Considerações Finais

As Listas de verificações são registros que ajudam a garantir o atendimento a padrões de qualidade, o documento avalia as condições do serviço e coleta dados que podem determinar as conformidades do produto/serviço. A utilização da lista de verificação também economiza tempo eliminando o trabalho de escrever repetitivamente e não compromete a análise. Todos os procedimentos identificados e analisados neste trabalho apontaram estar de acordo com as conformidades detectadas durante a verificação, aprovando a correta instalação do sistema fotovoltaico do cliente em questão.

Com o objetivo de analisar a ferramenta empregada neste estudo, pode-se afirmar que os principais benefícios encontrados pela empresa na utilização da lista de verificação foram: fácil identificação de um possível problema, otimização do tempo em realização das atividades, registro e confiabilidade dos dados coletados, redução no prazo de entrega, aumento de produtividade, aumento na velocidade na tomada de decisão, redução do custo, melhoria na Qualidade de produto e aprovação do projeto pela companhia de distribuição de energia (COPEL) sem a necessidade de retrabalho, caso o sistema fosse reprovado na inspeção final.

A ferramenta da qualidade empregada na pesquisa foi aprovada pela empresa e situada como uma ferramenta essencial para o processo de inspeção do comissionamento de sistemas fotovoltaicos. Esta ferramenta pode ser comparada como um instrumento lógico de coleta e organização de dados para monitoramento dos indicadores de qualidade, e ainda, relatado pelo engenheiro responsável pelo projeto que a ferramenta proporciona melhorias na padronização das atividades de inspeção e padronização da qualidade do serviço, resultando em um comissionamento bem realizado.

Este estudo contribuiu para autenticar o preposto que com a utilização da lista de verificação, com uma das ferramentas de gestão da qualidade empregada na empresa estudada, é possível auxiliar na identificação de possíveis falhas ou desvios e controlar seu processo na etapa de comissionamento, para garantir a qualidade e a conformidade dos requisitos técnicos na instalação e montagem de um sistema fotovoltaico.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho. Rio de Janeiro, ABNT, 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

AGOSTINETTO, J. S. Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças. 2006, 121 fls. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

AGUIAR, S. Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e no programa Seis Sigma. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

CAMPOS, Thais de. Métodos e ferramentas da qualidade utilizados nas empresas do ramo automotivo de Curitiba. 2014. 64 f. TCC (Graduação) – Curso superior de tecnologia em sistemas de telecomunicações, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

CAMPOS, Vicente Falconi. Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia. Nova Lima - MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

FALCONI, C. V. Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Bloch Editores, 1992.

FALCONI, C. V. Gerência da Qualidade Total. Rio de Janeiro, 1990.

FONSECA, Mario Roberto da. Marketing e Qualidade de vendas. 2006, 43 fls. Universidade Candido Mendes. Monografia (Pós-Graduação). Disponível em: <<http://www.avm.edu.br/monopdf/24/MARIO%20ROBERTO%20DA%20FONSECA.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

LOBOS, Júlio. Qualidade através das pessoas. São Paulo, J. Lobos, 1991.

LONGO, Maria T.; et al. Aplicação do ciclo PDCA e de ferramentas da qualidade em uma empresa produtora e empacotadora de alimentos. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2016, João Pessoa, Anais ENEGEP, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_227_328_30156.pdf>. Acesso em: 4 set. 2017.

MELLO, Carlos H.; SILVA, Carlos E.; TURRIONI, João; SOUZA, Luiz G. ISO 9001:2008. Sistemas de gestão da qualidade para operações de produtos e serviços. Editora Atlas, 2009. P. 239 – 245.

MENEZES, Maxson K. F.; et al. Aplicação das ferramentas da qualidade em uma empresa prestadora de serviço de fotocópias: um estudo de caso. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2016, João Pessoa, Anais ENEGEP, 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_227_325_28594.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2017.

PALADINI, E. P. Qualidade Total na Prática. Implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total. São Paulo, Atlas, 1997.

ROTHERY, Brian. ISO 9000. São Paulo, Makron Books, 1993.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. Controle da qualidade: as ferramentas essenciais. Editora Ibplex. 20ª Ed. 2008.

SILVA, Daniel M. da. Aplicação das ferramentas da qualidade em uma indústria eletrônica: estudo de caso para redução de defeitos na montagem de placas de circuito impresso. 2013. 61 f. TCC (Graduação) – Curso superior de tecnologia em sistemas de telecomunicações, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

WERKEMA, Maria C. C. TQC - Série ferramentas da qualidade: As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. Editora Qfc. Vol. 1. 1995.