

# Processo de Acreditação de um Laboratório de Ensaios em Alta Tensão conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17025: Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade e Calibração de Equipamentos

Alexandre S. Brasil\*, Fernando S. Brasil\*\*,  
Allan R. A. Manito\*\*\*, Marcus V. A. Nunes\*\*\*\*.

\*Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil (e-mail:axesbr@gmail.com).

\*\*Eletrobras, Belém, Pará, Brasil (e-mail:fernandodsbr@gmail.com)

\*\*\* Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil (e-mail:allanarrifano@gmail.com)

\*\*\*\* Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil (e-mail:mvan@ufpa.br)

**Abstract:** This paper search to describe the experience of developing and implementing a Quality Management System for the High Voltage Testing Laboratory of the Federal University of the State of Pará, as well as to show the calibration process of its equipment. The development of Management System and equipment calibration were the first steps in the search for future accreditation based on the requirements of ABNT NBR ISO IEC 17025. The system developed for the laboratory sought to implement the following items determined by the cited standard: management system documentation; document management system control; control of records; actions to address risks and opportunities; improvement actions; corrective actions; internal audits and management reviews. The Calibrations, on the other hand, were performed in compliance with the requirements of IEC 61083-1 (2001) and ABNT NBR IEC 60060-2 (2016).

**Resumo:** Este trabalho objetiva descrever a experiência de desenvolvimento e implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade para o Laboratório de Ensaios em Alta Tensão da Universidade Federal do Estado do Pará, bem como apresentar o processo de calibração dos equipamentos deste. O desenvolvimento do sistema e a calibração dos equipamentos foram os primeiros passos na busca de uma futura acreditação baseada nos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025/2017. O sistema desenvolvido para o laboratório buscou implementar os seguintes itens determinados pela norma citada: documentação do sistema de gestão; controle de documentos do sistema de gestão; controle de registros; ações para abordar riscos e oportunidades; ações de melhorias; ações corretivas; auditorias internas e, análises críticas pela gerencia. As calibrações, por outro lado, foram realizadas respeitando os preceitos das normas IEC 61083-1 (2001) e ABNT NBR IEC 60060-2 (2016).

**Keywords:** Quality Management System; Calibration; ABNT NBR ISO/IEC 17025; Accreditation; Laboratories; High Voltage; Testing.

**Palavras-chaves:** Sistema de Gestão da Qualidade; Calibração; ABNT NBR ISO/IEC 17025; Acreditação; Laboratórios; Alta Tensão; Ensaios.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo das sobretensões transitórias e seus efeitos tem se tornado uma atividade cada vez mais importante à medida que a demanda por energia elétrica aumenta com o passar dos anos. Estes estudos são, em geral, realizados em laboratórios de alta tensão construídos especialmente para este fim. Com o passar dos anos, no entanto, além da necessidade de se estudar tais fenômenos, surgiu também a preocupação em se promover a confiança nos resultados obtidos. Esta promoção, por sua vez, esta ligada ao cumprimento de padrões de qualidade reconhecidos via acreditação por órgãos oficiais. A partir de então, a implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) com vistas à obtenção de acreditação tem se tornado um padrão a ser seguido por laboratórios que buscam excelência em qualidade na prestação de seus serviços.

A acreditação de um laboratório permite que este demonstre que opera de forma confiável, padronizada e capaz de gerar resultados rastreáveis a padrões nacionais ou internacionais. Nesse sentido, a International Organization of Standardization (ISO) em conjunto com a International Electrotechnical Commission (IEC), desenvolveu a ISO/IEC 17025, norma que define os requisitos gerais para Laboratórios de Ensaio e Calibração que desejem operar com qualidade e produzir resultados válidos. No Brasil, a referida norma foi traduzida e publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), recebendo o nome de ABNT NBR ISO/IEC 17025. Com efeito, um dos primeiros passos para alcançar a acreditação consiste no desenvolvimento de um SGQ que seja capaz de demonstrar o atendimento dos requisitos da norma e assegurar a qualidade dos seus resultados.

Baseando-se nessa premissa, a Universidade Federal do Pará (UFPA) em conjunto com o Parque de Ciência e Tecnologia Guamá (PCT Guamá) definiram como estratégia a acreditação do seu Laboratório de Ensaio em Alta tensão (LEAT) em conformidade com a ABNT NBR ISO/IEC 17025. Este esforço resultou na composição de uma equipe técnica formada por professores e engenheiros e na contratação de uma empresa de consultoria especializada neste tipo de projeto, com vistas a dar maior celeridade ao processo. Nessa linha, o presente trabalho tem como principal objetivo descrever a experiência de desenvolvimento de um SGQ para o referido laboratório como primeiro passo para a busca de sua acreditação, bem como descrever o processo de calibração dos equipamentos que compõem que fazem parte deste, conforme exigência da norma.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos Gerais para Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração

A primeira versão consolidada da norma foi lançada em 1999. Posteriormente, sofreu mais duas atualizações, sendo uma em 2005 e outra em 2017. De modo geral, no entanto, o principal objetivo da norma permanece sendo o de especificar os requisitos gerais para a competência, imparcialidade e operação consistente de laboratórios, abrangendo a gestão da qualidade e a competência técnica, em áreas específicas.

Vale destacar a relação de proximidade entre a ABNT NBR ISO/IEC 17025 e a norma ISO 9001, sendo a primeira um conjunto de requisitos voltados especificamente para assegurar a qualidade dos resultados de laboratório de ensaio e calibração e a última, segundo De Vré (2000), um instrumento geral para garantia da qualidade, especialmente no que diz respeito a conceitos, desenvolvimento e produção de produtos e fornecimento de serviços. Isto fica claro na introdução da norma em foco quando afirma que “laboratórios que estejam em conformidade com este documento também operarão, de modo geral, de acordo com os princípios da ABNT NBR ISO 9001”.

### 2.2 Sistemas de Gestão da Qualidade

De acordo com Grochau (2017) as principais normas para gestão e/ou garantia da qualidade, atualmente disponíveis para instituições e laboratórios que realizam ensaios são: ISO 9001, ISO/IEC 17025, ISO 15189 e EURACHEM/CITAC Guide 2. A escolha da norma que conduzirá a implantação do sistema de gestão da qualidade depende do tipo de serviço ou produto ofertado, das características dos laboratórios envolvidos e dos objetivos destes quando optam pela implementação de um sistema desse porte.

### 2.3 Calibração de Equipamentos

Conforme explica Oliveira Filho et al. (2016), em todo o universo de laboratórios de ensaio e calibração em alta tensão há a necessidade de se medir grandezas elétricas como tensão e corrente. Nesse sentido, para se garantir a confiabilidade dos resultados dos ensaios é necessário que os equipamentos utilizados sejam calibrados seguindo procedimentos

normatizados e forneçam medidas com incertezas dentro de limites estabelecidos.

Neste universo, há diversas normas específicas que devem ser consideradas durante o processo de calibração conforme o tipo e a função do equipamento. Neste trabalho, no entanto, serão abordadas em foco as seguintes normas: IEC 61083-1 (2001) - Instruments and software used for measurement in high-voltage impulse tests – Part 1: Requirements for instruments; ABNT NBR IEC 60060-2 (2016) – Técnicas de ensaios elétricos em alta-tensão – Parte 2: Sistemas de medição.

## 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho consiste de uma pesquisa exploratória que, primeiramente, realizou o levantamento bibliográfico sobre o tema, em especial sobre as normas utilizadas, com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre acreditação, sistemas de gestão da qualidade e calibração. Em seguida foram realizadas reuniões técnicas para, conjuntamente com a equipe de consultoria, desenvolver e implantar o SGQ, bem como realizar a calibração dos equipamentos do LEAT.

No que diz respeito a este trabalho, a experiência de desenvolvimento do sistema é descrita em três etapas. A primeira demonstra as principais atividades realizadas durante o processo de implantação do sistema. Vale observar que o SGQ implantado no laboratório foi desenvolvido com base no item 8 da ABNT NBR ISO/IEC 17025, o qual determina que o sistema de gestão do laboratório deve abordar, no mínimo: documentação do sistema de gestão; controle de documentos; controle de registros; ações para abordar riscos e oportunidades; melhoria; ações corretivas; auditorias internas e; análises críticas pela gerência. Esta etapa é descrita com mais detalhes nos estudos de Brasil (2019). A segunda etapa, por sua vez, consiste em descrever o processo de calibração dos equipamentos do LEAT, requisito essencial definido pela ABNT NBR ISO/IEC 17025.

Vale observar que etapas como o acompanhamento de indicadores, tais como resultados de pesquisa de satisfação, auditorias, análises críticas, ações corretivas e participação de ensaios de proficiência, não serão abordados neste trabalho por tratarem de atividades que ainda serão executadas, podendo ser tema para estudos futuros. A terceira etapa, por fim, aborda as principais conclusões observadas após o desenvolvimento e implantação do sistema e calibração dos equipamentos.

### 3.1 Apresentação do Laboratório

O Laboratório de Alta Tensão da UFPA é um importante centro de ensino, pesquisa, extensão e, em breve, de prestação de serviços ao sistema elétrico da Região Norte e de todo o Brasil. O laboratório faz parte do complexo do PCT Guamá, instalado em uma área cedida pela universidade, cuja construção e consolidação são de responsabilidade do Governo do Estado do Pará, por meio da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Profissional e Tecnológica (SECTET). Sua infraestrutura é dotada principalmente de três

equipamentos para ensaios em alta e extra alta tensão, sendo eles: Gerador de impulsos de Tensão com energia total de 540 kJ capaz de gerar até 3600 kV; Gerador de impulsos de corrente 120 kJ capaz de gerar até 1200kV e Fonte Série Ressonante de alta tensão em corrente alternada capaz de gerar até 800 kV de tensão a frequência industrial 60 Hz.

A infraestrutura do laboratório é preparada para realizar estudo acerca dos efeitos de sobretensões transitórias na isolamento elétrica de equipamentos de alta tensão, por meio de ensaios dielétricos, como tensão suportável a frequência industrial e tensão residual em para-raios, no entanto, até o momento, o LEAT tem exercido suas funções apenas no plano acadêmico, fomentando pesquisa, extensão e inovação na Universidade. Dentro de alguns anos, porém, a alta direção do laboratório planeja finalizar sua estruturação para que possa fornecer seus serviços ao mercado de energia regional e nacional com qualidade, competência e acreditação junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO).

Para concretizar este objetivo, no ano de 2017, foi contratada uma empresa de consultoria para dar suporte à estruturação do LEAT com base nos requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Destaca-se, porém, que este trabalho aborda o processo de desenvolvimento e implantação do SGQ e o processo de calibração dos principais equipamentos do LEAT. Os demais processos que tratam dos requisitos técnicos para adequação do laboratório à norma, presentes em sua maioria no item 7 (Requisitos de processo) ainda não foram concluídos e serão objeto de trabalhos futuros.

### 3.2 Calibração, Incerteza de medição e Rastreabilidade

A medição de grandezas elétricas em alta tensão é uma atividade complexa, em virtude disto, Oliveira Filho Et al. (2016) explica que os laboratórios necessitam possuir um Sistema de Medição em Alta Tensão (SMAT), que são formados, basicamente, por: Dispositivo de conversão (Divisor de tensão, TP, R Shunt, TC); Sistema de transmissão de sinal (Cabo coaxial, Fibra ótica) e Instrumento medidor (Osciloscópio, Digitalizadores, Multímetro).

Os laboratórios de alta tensão do país, tal como o LEAT, devem atender aos requisitos normatizados para seus sistemas de medição, principalmente os requisitos de incerteza, mantendo-os calibrados de acordo com procedimentos definidos em norma.

Nacionalmente, a calibração de instrumentos em alta tensão também compete ao INMETRO. Todavia, a calibração de SMAT não é realizada exclusivamente pelo INMETRO, podendo ser realizada por laboratórios já acreditados por este órgão e que disponham de um Sistema de Medição de Referência (SMR) com incertezas de medição que podem ser rastreadas até os padrões nacionais de grandezas. Nesse sentido, calibração do SMAT do LEAT foi realizada através da contratação de um laboratório já acreditado junto ao INMETRO via SMR.

#### 3.2.1 Calibração de um SMAT

Conforme define a ABNT NBR IEC 60060-2, os principais parâmetros determinados no processo de calibração de um SMAT são:

- Fator de Escala do Sistema de Medição (F)*: Preferencialmente determinado em alta tensão por comparação com um SMR.
- Desempenho Dinâmico do Sistema de Medição*: Preferencialmente determinado também por comparação com um SMR.
- Linearidade*: É determinada, quando possível, pela calibração do SMAT por comparação em níveis de tensão uniformemente distribuídos dentro da faixa de medição.

De acordo com a referida norma, o procedimento preferencial para calibração de um SMAT deve ser realizado por comparação com um sistema de referência. Quando a tensão nominal do SMR é maior que a do SMAT, a calibração é realizada em cinco níveis de tensão dentro da faixa de operação do SMAT, de tal forma a se determinar também a linearidade do sistema. Quando a tensão nominal do SMR é menor que a do SMA, a calibração é realizada em dois níveis de tensão, sendo um igual ou superior à 20 % da tensão do SMAT e outro igual ao limite do SMR. Nesse caso, a linearidade será determinada por meio de ensaios adicionais, sendo necessários mais quatro níveis acima do limite do SMR.

Conforme descrito pela ABNT NBR IEC 60060-2, o fator de escala para o SMAT pode ser determinado para uma faixa específica ou para toda a faixa de tensão na qual o SMAT será calibrado, devendo-se também estimar a incerteza associada em ambos os casos. Nesse caso, a calibração inclui a determinação do fator de escala global (F) a ser atribuído ao SMAT e a análise de sua linearidade. Por comparação direta com o SMR, determina-se o fator de escala  $F_g$  nos níveis mínimos e máximos da faixa de tensão declarada para o SMAT e, pelo menos, em três níveis aproximadamente distribuídos entre esses extremos. O fator de escala global F atribuído ao SMAT será então o valor médio dos valores de  $F_g$  obtidos em “h” níveis de tensão, para  $h \geq 5$  conforme (01):

$$F = \frac{1}{h} \sum_{g=1}^h F_g \quad (01)$$

O efeito da não-linearidade de F será estimado como uma incerteza padrão dada por:

$$u_{B0} = \frac{1}{\sqrt{3}} \max_{g=1}^h \left| \frac{F_g}{F} - 1 \right| \quad (02)$$

Por fim, os requisitos para incerteza do SMAT e do SMR para os diferentes tipos de tensão são apresentados em tabelas específica da norma.

Especificamente quanto à calibração de instrumentos medidores, como osciloscópios e multímetros, a norma IEC 61083-1 define que a calibração de impulso é o método de referência para estabelecer o fator de escala de impulso destes instrumentos. É também o método de referência para verificar

a determinação do parâmetro de tempo a partir dos registros dos gravadores digitais e osciloscópios analógicos. Os requisitos sobre impulsos de calibração de referência, as formas de onda e os valores de pico e parâmetros de tempo dos impulsos estão presentes em tabelas específicas descritas na referida norma.

Ademais, a IEC 61083-1 determina ainda que a polaridade dos impulsos de calibração deve ser a do impulso a ser medido. A saída correspondente ao impulso de calibração deve ser avaliada por pelo menos 10 impulsos. O desvio máximo dos valores de pico de saída em relação ao seu valor médio deve ser menor que 1% do valor médio. O fator de escala de impulso é o quociente do valor do pico de entrada e o valor médio de pico das saídas. Os parâmetros de tempo de pelo menos 10 impulsos devem ser avaliados e o desvio máximo de cada parâmetro de tempo deve ser inferior a 2% do valor médio.

#### 4. IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

##### 4.1 Atividades e Definições Iniciais

A primeira atividade desenvolvida pela equipe de consultoria foi o levantamento das principais ocorrências que necessitavam de adequação. Assim, foi constatado que não havia uma definição formal das responsabilidades entre colaboradores e gerência, nem quais os requisitos mínimos exigidos para que cada profissional pudesse atuar no laboratório. Foi observado também que a estrutura administrativa do LEAT, uma vez que este é vinculado à UFPA e ao governo estadual, não favorecia uma boa comunicação hierárquica entre os principais responsáveis. Nesse sentido, conforme estabelecido no item 5 da norma (Requisitos de estrutura), foi definida a estrutura organizacional e gerencial do laboratório, assim como as responsabilidades e o relacionamento hierárquico entre todo pessoal e o corpo gerencial. Como resultado, foi estruturado o organograma que pode ser visualizado na Fig. 01.

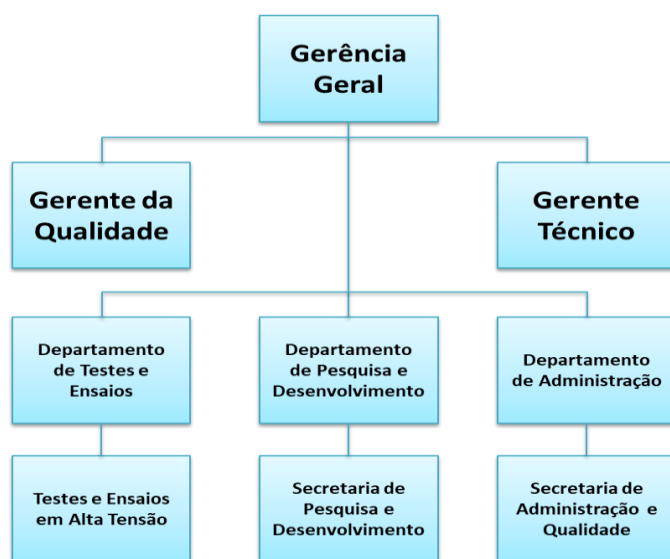


Fig. 1 Hierarquia do SQG de Laboratório de Alta Tensão.

Conforme se observa, a função de Gerente Geral passou a ser responsabilidade do atual coordenador do laboratório que também exerce a função de professor na universidade no curso de graduação e pós-graduação em engenharia elétrica. A principal atribuição desta função é estabelecer a comunicação com a alta direção da universidade e governo do Estado e gerenciar as questões administrativas do laboratório. Já a função de Gerente Técnico ficou a cargo de um engenheiro eletricitista nomeado pela universidade para exercer diretamente as funções técnicas do LEAT, especialmente no que diz respeito à realização dos ensaios. A função de Gerente da Qualidade, por sua vez, ficou sob responsabilidade da consultora contratada. Enfim, os demais departamentos seriam preenchidos por uma equipe técnica a ser contratada posteriormente.

Finalmente, seguindo as determinações do item 6 (Requisitos de recursos) foi definido um programa de calibração dos equipamentos do laboratório que foi posto em operação tão logo o sistema de gestão foi consolidado.

##### 4.2 Requisitos do Sistema de Gestão

O item 8 na norma define os requisitos para o sistema de gestão da qualidade de um laboratório. Nesse sentido, conforme definido no requisito 8.2, foi estabelecida e documentada, em conjunto pelos Gerente Geral, Gerente Técnico e Gerente da Qualidade, a seguinte política e objetivos do SGQ do LEAT: “A gerência do LEAT declara que a realização dos ensaios é efetuada de modo imparcial, rigoroso, independente, de acordo com os requisitos da ABNT NBR ISO/IEC 17025 e está comprometida em: Assegurar que suas atividades sejam conduzidas em conformidade com as boas práticas profissionais, tendo em vista garantir a qualidade das análises realizadas para atender as necessidades dos clientes; Manter nível de excelência no desempenho de suas atividades; Investir continuamente na capacitação de seu corpo técnico e gerencial, para que estes se mantenham familiarizados com a documentação da qualidade e possam implementar as políticas e procedimentos nas atividades desenvolvidas no laboratório; Buscar a contínua melhoria do Sistema de Gestão.”.

Após estas definições foram desenvolvidos os Procedimentos Operacionais, as Instruções Técnicas e os Formulários a serem aplicadas durante a execução dos ensaios e demais atividades do LEAT. Por fim, objetivando uma melhor estruturação do SGQ, foi desenvolvido um Manual da Qualidade que contemplasse, em um único documento, a política, os objetivos e as diretrizes do sistema, bem como fosse responsável por coordenar o funcionamento deste.

O requisito 8.3 determina que o laboratório deve controlar devidamente seus documentos (internos e externos) e que estes podem existir em meios impressos ou digitais. Assim, foi criado o Procedimento de controle de documentos juntamente com um sistema informatizado interno para que todos os colaboradores do LEAT pudessem ter acesso à documentação do sistema de gestão em formato digital, assim como outras informações.

Seguindo as determinações do requisito 8.4 da norma, o qual define que o laboratório deve implementar os controles necessários para a identificação, armazenamento, proteção, arquivamento, recuperação, tempo de retenção, disposição e confidencialidade dos seus registros, foi desenvolvido o Procedimento de controle de registro e um conjunto de formulários específicos que, dentre outros aspectos, assegurem registros técnicos para cada atividade realizada pelo laboratório de forma que se tenha um histórico de ensaios, a rastreabilidade das medições, bem como a possibilidade de repetir tais atividades nas condições mais próximas possível das condições padrões.

O item 8.4 determina que o laboratório deve considerar os riscos e as oportunidades associados com as atividades por ele desenvolvidas ou, em outra palavras, possuir uma gestão de riscos que identifique e evite ameaças, assuma o risco a fim de perseguir uma oportunidade, elimine a fonte de risco, mude a probabilidade ou as consequências, compartilhe o risco ou decida, com base em informações, reter o risco. Contudo, a norma não estabelece um método formal para a realização desta gestão, deixando a cargo da instituição desenvolver ou não uma metodologia para satisfazer este item. Assim, foi desenvolvido o Procedimento de gerenciamento de riscos que, dentre outros preceitos, utilizará a Matriz de Probabilidades e Impactos de Riscos para, periodicamente, identificar os riscos e oportunidades os quais o laboratório esteja sujeito. Esta matriz é uma ferramenta de análise de riscos e oportunidades consolidada no mercado que, de forma sucinta, conjuga informações sobre as probabilidades e os possíveis impactos envolvidos em um grupo de riscos, objetivando determinar quais os riscos prioritários. Dessa forma, utilizando-se desta ferramenta, foram identificados os riscos prioritários, suas respectivas ações de controle ou eliminação, bem como as oportunidades.

O requisito 8.6 estabelece que o laboratório deve identificar e selecionar oportunidades para melhoria e implementar ações necessárias para alcançá-la. Para cumprir tal requisito foi definido que o processo “melhoria contínua” deveria fazer parte da política de qualidade do laboratório e que os riscos deste seriam avaliados periodicamente de acordo com os procedimentos de gerenciamento de riscos. Além disso, durante a etapa de estruturação da documentação do sistema de gestão, foram preparados formulários específicos no quais pudessem ser registrados a origem e as causas de uma não conformidade identificada. Adiante, também foram desenvolvidos canais de comunicação que promovessem a retroalimentação, tanto positiva quanto negativa por parte dos colaboradores e dos clientes do laboratório, tais como: sugestão de melhoria, pesquisa de satisfação e análise crítica dos processos.

O requisito 8.7 define que, na ocorrência de uma não conformidade, o laboratório deve controlá-la, corrigi-la e lidar com as consequências. Para isto, foi criado o Procedimento de controle de trabalho não conforme e ações corretivas. Assim, após a identificação da fonte, a determinação da causa raiz do problema deve ser investigada exaustivamente. Em seguida, registram-se as conclusões em

formulário específico e se estabelecem as medidas para a solução do problema.

O item 8.8 estabelece que o laboratório deve conduzir auditorias internas a intervalos planejados. Assim, foi desenvolvido o Procedimento de auditorias internas. Este procedimento objetiva, principalmente, avaliar a cada 12 meses o sistema de gestão, os procedimentos gerenciais e técnicos e os ensaios.

O último requisito, 8.9, determina que a gerência do laboratório deve analisar criticamente seu sistema de gestão a intervalos planejados, a fim de assegurar sua contínua adequação, suficiência e eficácia, incluindo as políticas e objetivos declarados. Para satisfazer este requisito foi desenvolvido o Procedimento de análises críticas pela gerência com a função de realizar a cada 12 meses reuniões de análise crítica, visando assegurar a adequação do sistema de gestão e introduzir melhorias necessárias.

## 5. CALIBRAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM ALTA TENSÃO

Para realizar a calibração do sistema de medição em alta tensão do LEAT, foi contratado um laboratório acreditado junto ao INMETRO. Nesse sentido, primeiramente foi calibrado o instrumento de medição do SMAT. Este instrumento de medição consiste, basicamente, de 2 canais de medição digital de impulsos, fabricação HAEFELY, modelo HIAS 743.

Em seguida, seguindo as determinações presentes no item 1.5.1 da Norma IEC 61083-1, para cada nível de tensão de crista foram calculados, em relação aos valores de referência, o desvio médio, o desvio padrão experimental e o máximo desvio em relação ao valor médio para as grandezas conforme a forma do impulso selecionado: fator de escala do valor de crista da tensão, tempo de frente, tempo até o meio valor, tempo até o corte e tempo até a crista. Em cada nível foram aplicados 20 impulsos. Ao final, os resultados foram comparados com os valores de referência presentes nas tabelas da referida norma. Todos os desvios permaneceram abaixo dos valores de referência, concluindo a calibração do equipamento.

A segunda etapa do processo consistiu em realizar a calibração do dispositivo de conversão juntamente com seu sistema de transmissão de sinal que consistem, basicamente, de um divisor de tensão de impulso, fabricação HAEFELY, modelo CR2400-350, em conjunto com seu cabo de medição. As faixas de medição atribuídas ao sistema foram: Faixa 1: tensão 200 kV a 2000 kV, Tempo nominal  $\tau_{N1}$ :  $1,0 \mu s \leq T1 \leq 1,5 \mu s$ . Tempo nominal  $\tau_{N3}$ :  $1,0 \mu s \leq Tc \leq 1,5 \mu s$  e Faixa 2: tensão 100 kV a 1000 kV, Tempo nominal  $\tau_{N2}$ :  $1,0 \mu s \leq T1 \leq 1,5 \mu s$ . Tempo nominal  $\tau_{N4}$ :  $1,0 \mu s \leq Tc \leq 1,5 \mu s$ .

Após definidas as respectivas faixas de medição, seguiu-se as determinações para calibração propostas nos itens 5.2 e 5.3 da norma NBR IEC 60060-2. Tanto para o impulso pleno quanto para o impulso cortado. A determinação do(s) fator(es) de escala do SMAT do laboratório foi feita por comparação direta com o sistema de referência do laboratório contratado. Vale observar que o valor de tensão nominal do

sistema de referência era menor que o valor de tensão nominal do SMAT do LEAT, dessa forma, a verificação da linearidade para tensões com valor de crista acima do valor máximo da tensão nominal do sistema de referência foi realizada por comparação com o sistema de medição da tensão de carga do gerador de impulsos. A verificação da linearidade para tensões com valores de crista até o valor máximo da tensão nominal do sistema de referência foi realizada por comparação direta. Ao fim, os valores calculados foram comparados com os valores de referência presentes nas tabelas da referida norma. Todas as incertezas permaneceram abaixo dos padrões de referência, concluindo a calibração do equipamento.

## 6. CONCLUSÕES

Este artigo buscou analisar o processo de implantação de um sistema de gestão da qualidade baseado na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal do Pará, objetivando descrever a experiência do processo, demonstrar as principais dificuldades encontradas e propor soluções. Nesse sentido, observa-se que a implantação de um SGQ de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 em laboratórios universitários públicos, apesar de complexa num primeiro momento, é viável, desde que sejam respeitadas as peculiaridades deste tipo de instituição, pois além de outros fatores, deve-se levar em conta questões como: burocracia; limitação de recursos; capacitação do pessoal envolvido e; conciliação das atividades de pesquisa e ensino com a prestação de serviço.

Uma das principais dificuldades encontradas foi o pouco envolvimento da alta direção com as atividades e decisões que envolvem o laboratório, já que os principais representantes são ocupantes de cargos ligados à administração da universidade. Considerando o pouco tempo de atuação, outro grande problema observado foi a falta de clareza de atribuições e responsabilidades de cada colaborador envolvido, além da ausência de um estrutura organizacional devidamente definida para a atuação no sistema de gestão do laboratório. Dessa forma, uma das primeiras ações de adequação à norma foi a criação de uma estrutura organizacional na qual estivessem devidamente definidas as funções, competências e responsabilidades de cada cargo. Quanto ao problema do pouco envolvimento da alta direção, a solução proposta foi a indicação de professores da própria instituição para a assunção dos cargos ligados a gerência do laboratório de forma que fosse possível gerir o laboratório e, ao mesmo tempo, estabelecer uma comunicação eficaz com a alta direção.

No que diz respeito ao processo de calibração, destaca-se que a garantia da qualidade técnica dos resultados dos ensaios em alta tensão depende diretamente da calibração periódica dos sistemas de medição envolvidos, isto é, as incertezas devem ser estimadas através de procedimentos tecnicamente fundamentados e reconhecidos em norma ou por órgãos especializados em metrologia. Especificamente em relação aos equipamentos calibrados do LEAT, vale destacar que todos os procedimentos foram realizados em concordância

com os requisitos determinados pelas normas IEC 61083-1 (2001) e ABNT NBR IEC 60060-2 (2016).

Por fim, vale destacar que as atividades de acompanhamento de indicadores, como resultados de pesquisa de satisfação e auditorias não foram abordados neste trabalho por tratarem de etapas ainda em execução, podendo ser tema para estudos futuros. Ademais, frisa-se que a contribuição da equipe de consultoria em conjunto com a equipe técnica nas atividades de desenvolvimento do SGQ, bem como o serviço de calibração realizado pelo laboratório contratado foram essenciais para concretizar os primeiros passos na busca pela acreditação do LEAT junto ao INMETRO, assim como fortalecer o comprometimento de toda equipe com a busca contínua pela qualidade na prestação de seus serviços.

## REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2017). *ABNT NBR ISO 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*. 3 ed., Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). *NBR IEC 60060-1: Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – Parte 1: Definições gerais e requisitos de ensaios*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016). *NBR IEC 60060-2: Técnicas de ensaios elétricos em alta-tensão – Parte 2: Sistemas de medição*. Rio de Janeiro.
- Brasil, A. S. (2019). *Implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade para o Laboratório de Ensaios com Alta e Extra Alta Tensão da Universidade Federal do Estado do Pará de Acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017*. XVIII ERIAC. Foz do Iguaçu.
- De Vrè, R.M, (2000). *The Scope and Limitations of a QA System in Research. Accreditation and Quality Assurance*. n. 5, v. 1, Germany.
- International Electrotechnical Commission. (2001). *IEC 61083-1: Instruments and software used for measurement in high-voltage impulse tests – Part 1: Requirements for instruments*. Genebra.
- Grochau, I. H. (2017) *Conjunto de Ações para Implementação de Sistema de Gestão da Qualidade em Laboratório de Ensaio e Calibração de Instituições de Ensino Superior, de acordo com a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025*. Doutorado em Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Oliveira Filho, O. B. Silva, M. T. F. Azevedo, L.C. Vitorio, P. C. O. Souza, L. A. A. (2016). *Calibração e Rastreabilidade de Sistemas de Medição em Alta Tensão. II Colóquio Sobre Materiais Dielétricos e Técnicas Emergentes de Ensaios e Diagnósticos*. Curitiba.
- Universidade Federal do Pará (2020). *Laboratório de Alta Tensão da UFPA – Página Web. Disponível em: <https://leatufpa.com.br>*. Belém.