

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA**

RODRIGO JÚLIO CERQUEIRA

**ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE
BASEADO NA NORMA ABNT NBR ISO/ IEC 17025 – O CASO DO LABORATÓRIO DE
ETIQUETAGEM DE BOMBAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – MG
(LEB/ UNIFEI)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Exploração do Uso Racional de Recursos Naturais e Energia (EURNE)

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Agosto de 2013

Itajubá - MG
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE ENERGIA

RODRIGO JÚLIO CERQUEIRA

ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE
BASEADO NA NORMA ABNT NBR ISO/ IEC 17025 – O CASO DO LABORATÓRIO DE
ETIQUETAGEM DE BOMBAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – MG
(LEB/ UNIFEI)

Dissertação aprovada por banca examinadora em 23 de agosto de 2013, conferindo ao autor o título de ***Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.***

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana
Prof. Dr. José Leonardo Noronha
Prof. Dr. Roberto de Mattos

Itajubá 2013

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Margareth Ribeiro- CRB_6/1700

C416e

Cerqueira, Rodrigo Júlio

Estudo para implantação de sistema de gestão da qualidade baseado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 : o caso do Laboratório de Etiquetagem de Bombas da Universidade Federal de Itajubá – MG(LEB/UNIFEI) / Rodrigo Júlio Cerqueira. -- Itajubá, (MG) : [s.n.], 2013.
98 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Gestão da qualidade. 2. ISO 17025. 3. Acreditação. I. Viana, Augusto Nelson carvalho, orient. II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, mãe, pai, avós, afilhados e parentes que acreditaram no meu sonho.

Dedico este trabalho aos amigos da UNIFEI e ao professor Augusto.

Agradecimentos

A todos que de alguma forma direta ou indireta colaboraram para a elaboração deste trabalho. Aos amigos de trabalho do LEB e do GEN: Mariana, Julia, Bianca, Júlio, Marcelo e Roberto; Ana Sofia, Keila e Hugo; e ao professor Augusto pelo apoio e incentivo nessa jornada. Meu muito obrigado pela compreensão e apoio.

Epígrafe

O crescimento do uso de sistemas de gestão, em geral, tem aumentado a necessidade de assegurar que laboratórios que fazem parte de organizações maiores ou que oferecem outros serviços possam operar de acordo com um sistema de gestão que esteja em conformidade com a ABNT NBR ISO 9001, bem como com a norma ABNT NBR ISO 17025. Portanto, foram tomados cuidados para incorporar todos os requisitos da ABNT NBR ISO 9001 que são pertinentes ao escopo dos serviços de ensaio e calibração cobertos pelo sistema de gestão do laboratório. Os laboratórios de calibração e ensaio que atendam a ABNT NBR ISO 17025, portanto, operarão também de acordo com a ABNT NBR ISO 9001 (Introdução da norma ABNT NBR ISO 17025:2005).

Resumo

A padronização nacional e internacional de ensaios em laboratório é fundamental para a comprovação de sua eficácia, sistematizando a coleta de dados e análise de resultados. Segundo INMETRO (2006), para bombas centrífugas, os procedimentos de avaliação da conformidade são aplicáveis uma vez que para cada família de bombas haverá um modelo ótimo que atenda às condições de vazão, altura e rotação exigidas, e com o indicativo de menor consumo de energia que as demais opções disponíveis no mercado.

A etiquetagem de bombas centrífugas está no cronograma anual do INMETRO proporcionando alcançar o objetivo de uma etiqueta informativa como a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O Laboratório de Etiquetagem de Bombas Centrífugas da Universidade Federal de Itajubá (LEB-UNIFEI - MG) é o laboratório padrão do governo para o ensaio de bombas centrífugas e atende aos fabricantes de bombas que compõem o Grupo Técnico de Bombas Centrífugas (CT-BOM) juntamente com o PROCEL, INMETRO e fabricantes.

Mesmo dispondo de equipe qualificada, boa estrutura e capacidade técnica, instrumentação e equipamentos de última geração para a avaliação da eficiência energética em conjuntos moto-bomba, o laboratório ainda não possui Certificação (Acreditação) junto ao INMETRO. Neste sentido, este trabalho apresenta os métodos utilizados na elaboração do Sistema de Gestão da Qualidade, de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, para o LEB/UNIFEI.

O manual, procedimentos e formulários foram desenvolvidos internamente através da aplicação de uma lista de verificação baseada na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, e após uma Auditoria Interna independente contratada, foi possível mapear os pontos falhos do LEB em relação aos requisitos gerenciais e técnicos da norma. O modelo aplicado mostrou-se efetivo permitindo o desenvolvimento e a implementação de medidas corretivas para efetivação do sistema de gestão de qualidade do Laboratório.

Palavras-Chave: gestão da qualidade, ISO 17025, acreditação.

Abstract

The national and international standardization of laboratory tests is essential to prove its effectiveness, streamlining data collection and analysis of results. According INMETRO (2006), centrifugal pumps, the conformity assessment procedures apply once for each family of pumps will be a great model that meets the conditions of flow, height and rotation required, and the indication of lower consumption energy than the other options available in the market. The labeling of centrifugal pumps is on schedule annual INMETRO achieve the goal of providing an informational tag label as National Energy Conservation (ENCE) of the Brazilian Labeling Program (PBE). The Laboratory Labeling Centrifugal Pumps, Federal University of Itajubá (LEB-UNIFEI - MG) is the government standard lab for the testing of centrifugal pumps and pump manufacturers meets that comprise the Technical Group Centrifugal Pumps (CT-BOM) along with PROCEL, INMETRO and Manufacturers. Even with qualified staff, good infrastructure and expertise, instrumentation and the latest equipment for evaluating the efficiency energetic motor pump sets in, the laboratory does not have certification (accreditation) by INMETRO. Thus, this paper presents the methods used in the preparation of the Quality Management System in accordance with standard ISO / IEC 17025:2005 for the LEB / UNIFEI. The manual, procedures and forms were developed internally by applying a checklist based on the standard ISO / IEC 17025:2005, and Internal Audit after an independent contractor, it was possible to map the missing points of the LEB regarding managerial and technical requirements of the standard. The model used was effective allowing the development and implementation of corrective measures for realization of the quality management system of the Laboratory.

Keywords: quality management, ISO 17025, accreditation.

Lista de Figuras

FIGURA 2.1: DIMENSÕES DA QUALIDADE (FONTE: ADAPTADO DE MAGALHÃES, 2007).	22
FIGURA 2.2: NÍVEIS DOCUMENTAIS (FONTE: FILHO, 2011).....	23
FIGURA 2.3: PAPEL DO CONTROLE DE QUALIDADE NO PROCESSO DE ANÁLISE PARA OBTEN MEDIDAS VÁLIDAS E SEGURAS (FONTE: SIMONET, 2005).....	24
FIGURA 2.4: CLASSIFICAÇÃO DE CONTROLE DE QUALIDADE DE ACORDO COM SEUS OBJETIVOS E ATIVIDADES (FONTE: SIMONET, 2005).....	26
FIGURA 2.5: FLUXOGRAMA DE FONTES DE ERROS EM MEDIÇÃO - INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO (EXTRAÍDO DE CERTI, 2012).	28
FIGURA 2.6: FLUXOGRAMA DE FONTES DE ERROS EM MEDIÇÃO – GRANDEZA DE INFLUÊNCIA EXTERNA (EXTRAÍDO DE CERTI, 2012).....	28
FIGURA 3.1: FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA.	30
FIGURA 3.2: FLUXOGRAMA DA ETAPA DE FLUXO OPERACIONAL DO INMETRO (EXTRAÍDO DO SITE DO INMETRO: WWW.INMETRO.GOV.BR/CREDENCIAMENTO/ACRE_LAB.ASP).	31
FIGURA 3.3: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE INCERTEZA – PARTE 1 (EXTRAÍDO DE CERTI, 2012).	32
FIGURA 3.4: FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE INCERTEZA – PARTE 2 (EXTRAÍDO DE CERTI, 2012).	33
FIGURA 4.1: VISTA DA MOTOBOMBA COM A LINHA DE SUCCÃO, LINHA DE RECALQUE PRINCIPAL E AS QUATRO LINHAS DE RECALQUE AUXILIARES.....	41
FIGURA 4.2: VISTA DAS QUATRO LINHAS AUXILIARES DE RECALQUE (ESQUERDA); VISTA DA BOMBA SUCCIONANDO ÁGUA DO TANQUE SUBMERSO DE 30 M ³ (DIREITA).	41
FIGURA 4.3: VISTA DA LINHA DE SUCCÃO E DA LINHA PRINCIPAL DE RECALQUE.	42
FIGURA 4.4: VISTA DA BOMBA SUCCIONANDO ÁGUA DO TANQUE SUBMERSO E ANÉIS PIEZOMÉTRICOS PARA INSTALAÇÃO DOS MEDIDORES DE PRESSÃO.....	42
FIGURA 4.5: NOVAS INSTALAÇÕES DO LEB-UNIFEI – CROQUI.....	44
FIGURA 4.6: NOVAS INSTALAÇÕES DO LEB-UNIFEI - 2007.	44
FIGURA 5.1: CROQUI DA SALA DO 2º PISO DO LEB-UNIFEI.	48
FIGURA 5.2: REFORMA DA SALA DE CONTROLE DO LEB-UNIFEI.	48
FIGURA 5.3: SALAS REFORMADAS: SALA DE CONTROLE, ALMOXARIFADOS E SALA DE REUNIÕES DO LEB-UNIFEI.....	48
FIGURA 5.4: 1º E 2º PISOS REFORMADOS.	49
FIGURA 5.5: DIVISÃO DO ALMOXARIFADO DO 1º PISO DOS EQUIPAMENTOS VARIADOR DE TENSÃO E TRANSFORMADOR ELEVADOR.	49
FIGURA 5.6: COLOCAÇÃO DO AR CONDICIONADO NAS SALAS DO 1º E 2º PISOS.	49
FIGURA 5.7: INSTALAÇÃO DE UM SEGUNDO PORTÃO COM TRANCA ELETRÔNICA.....	50
FIGURA 5.8: CROQUI – ENTRADA (PONTO 1) E SAÍDA (PONTO 2) DE UMA MOTOBOMBA.....	56
FIGURA 5.9: TRANSDUTORES DE PRESSÃO NIVELADOS.	56
FIGURA 5.10: REQUISITOS ATENDIDOS E NÃO ATENDIDOS PELA NORMA APÓS AUDITORIA INTERNA.	69
FIGURA ANEXO I.1: NOVAS INSTALAÇÕES DO LEB-UNIFEI – CROQUI.	78
FIGURA ANEXO I.2: NÍVEIS DOCUMENTAIS.....	83
FIGURA ANEXO II.1: DADOS DO FABRICANTE E DA BOMBA HIDRÁULICA A SER ENSAIADA.	95
FIGURA ANEXO II.2: RESULTADOS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO LEB.....	95
FIGURA ANEXO II.3: GRÁFICO DE VAZÃO VERSUS ALTURA.	97
FIGURA ANEXO II.4: GRÁFICO DE VAZÃO VERSUS POTÊNCIA ELÉTRICA.....	98
FIGURA ANEXO II.5: GRÁFICO DE VAZÃO VERSUS RENDIMENTO DA BOMBA.....	98
FIGURA ANEXO II.6: GRÁFICO DE VAZÃO VERSUS RENDIMENTO DO CONJUNTO.	98

Lista de Tabelas

TABELA 3.1: EXEMPLO DA PLANILHA USADA PARA A ESTIMATIVA DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO.	39
TABELA 5.1: LISTA MESTRA DE PROCEDIMENTOS.....	50
TABELA 5.2: LISTA MESTRA DE FORMULÁRIOS.....	51
TABELA 5.3: LISTA MESTRA DE DOCUMENTOS EXTERNOS.	52
TABELA 5.4: LISTA DE EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS.	53
TABELA 5.5: EXEMPLO DE RESULTADO DE ANÁLISE DE INCERTEZA PARA POTÊNCIA HIDRÁULICA (EXTRAÍDA E ADAPTADA DE CERTI, 2012).	67
TABELA 5.6: EXEMPLO DE RESULTADO DE VALORES E INCERTEZAS MEDIDOS EM UM ENSAIO.	68
TABELA ANEXO II.1: DADOS OBTIDOS NO ENSAIO DO LEB.....	96
TABELA ANEXO II.2: DADOS CALCULADOS NO ENSAIO DO LEB.	96
TABELA ANEXO II.3: DADOS CORRIGIDOS APÓS O ENSAIO DO LEB.....	97
TABELA ANEXO II.4: DADOS OBTIDOS PARA O BEP (PME) NO ENSAIO DO LEB.....	97

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACP: Ensaio de Acompanhamento de Produção
BIRD: Banco Mundial
BPE: Best Efficiency Point
CONPET: Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CQ: Controle da Qualidade
CQE: Controle da Qualidade Externo
CQI: Controle da Qualidade Interno
CT-BOM: Grupo Técnico de Bombas Hidráulicas
EN: European Standard (La Norma Europea)
ENCE: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EP: Ensaio de Proficiência
GEF: Global Environment Facility
GQ: Garantia da Qualidade
GUM: Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
IEC: International Electro technical Commission
ILAC: International Laboratory Accreditation Cooperation
INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
ISO: International Organization for Standardization
LEB: Laboratório de Etiquetagem de Bombas
MQ: Manual da Qualidade
NBR: Norma Brasileira
OECD: Organização para Cooperação e Desenvolvimento
PBE: Programa Brasileiro de Etiquetagem
PME: Ponto Máximo de Eficiência
PNUD: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PQ: Política da Qualidade
PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAC: Requisitos de Avaliação da Conformidade para Bombas e Motobombas Centrífugas
RBC: Rede Brasileira de Calibração
RBLE: Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios
SGQ: Sistema de Gestão da Qualidade
SI: Sistema Internacional de Medidas
SQ: Sistema da Qualidade
UE: União Européia
UNIFEI: Universidade Federal de Itajubá

Lista de Símbolos

\bar{x} : média aritmética

$\frac{\partial f}{\partial}$: derivada parcial

c_i : coeficiente de sensibilidade

D: diâmetro

g: aceleração da gravidade

H: altura de elevação

k: fator de abrangência

n: número de rotações por minuto

N: número de repetições ou de medições

p: pressão

P_e : potência de eixo

P_{el} : potência elétrica

P_h : potência hidráulica

Q: vazão

S: desvio padrão experimental

t: temperatura

U: incerteza expandida

u_c : incerteza padrão combinada

u_i : incerteza padrão

v: velocidade

v_{eff} : graus de liberdade efetivos

v_i : graus de liberdade

z: cota

Δ : variação (incerteza)

η_c : rendimento do conjunto

η_{el} : rendimento elétrico

η_t : rendimento total

ρ : massa específica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	BREVE HISTÓRICO	14
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	GERAL	18
1.2.2	ESPECÍFICOS	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	19
2.2	INCERTEZA DE MEDIÇÃO	27
3	METODOLOGIA	30
3.1	ELABORAÇÃO DE DOCUMENTOS	31
3.2	ANÁLISE DE INCERTEZAS	32
3.2.1	DISTRIBUIÇÃO NORMAL OU GAUSSIANA	33
3.2.2	ESTIMATIVA DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO	34
3.2.3	AVALIAÇÃO DA INCERTEZA PADRÃO TIPO A	35
3.2.4	AVALIAÇÃO DA INCERTEZA PADRÃO TIPO B	35
3.2.5	INCERTEZA PADRÃO (u_i)	35
3.2.6	CÁLCULO DO COEFICIENTE DE SENSIBILIDADE (c_i)	36
3.2.7	INCERTEZA PADRÃO COMBINADA (u_c)	36
3.2.7.1	Regra 1	37
3.2.7.2	Regra 2	37
3.2.8	INCERTEZA EXPANDIDA (U)	37
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: LABORATÓRIO DE ETIQUETAGEM DE BOMBAS (LEB/UNIFEI)	40
4.1	TRABALHOS REALIZADOS ATUALMENTE	45
4.1.1	ENSAIO INTERLABORATORIAL	45
4.1.2	ENSAIO DE CONCESSÃO	45
4.1.3	ENSAIO DE ACOMPANHAMENTO DE PRODUÇÃO (ACP)	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
5.1	CURSOS REALIZADOS PARA IMPLANTAÇÃO DA NORMA ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005	47
5.2	REFORMA DO LEB/UNIFEI	47
5.3	ELABORAÇÃO DOS DOCUMENTOS	50
5.4	CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS E EQUIPAMENTOS	52
5.5	ENSAIO E RELATÓRIO	53
5.6	ANÁLISE DE INCERTEZAS	57
5.6.1	MEMORIAL DE CÁLCULOS	57
5.6.1.1	Velocidade	57
5.6.1.2	Altura	58
5.6.1.3	Potência Hidráulica	60
5.6.1.4	Rendimento do Conjunto	61
5.6.1.5	Rendimento Total	62
5.6.1.6	Correção da Vazão	63
5.6.1.7	Correção da Altura	64
5.6.1.8	Correção da Potência de Eixo	65
5.6.1.9	Correção da Potência Elétrica	66
5.6.2	EXEMPLO PARA UMA BOMBA ENSAIADA	67
5.7	AUDITORIA INTERNA	68
5.8	AUDITORIA DO INMETRO	69
6	CONCLUSÕES	70

7	INTENÇÕES FUTURAS	71
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
	ANEXO I – MANUAL DA QUALIDADE	76
	ANEXO II - DADOS E RESULTADOS OBTIDOS EM UM ENSAIO DE BOMBA HIDRÁULICA	95

1 Introdução

1.1 Breve Histórico

Um dos pontos discutidos para garantir que o crescimento econômico mundial ocorra de forma sustentável é a necessidade de se racionalizar o uso dos recursos naturais e a conservação de energia elétrica. Esta pode ser alcançada diminuindo as perdas nos processos produtivos com a especificação correta de equipamentos e a operação dos mesmos, sempre que possível, nos seus pontos de máxima eficiência.

O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) iniciou em 1984, de forma pioneira, uma discussão com a sociedade sobre a questão da eficiência energética com o objetivo de racionalizar, ou melhorar o consumo dos diversos tipos de energia no País informando os consumidores sobre a eficiência dos produtos, e proporcionando assim compras conscientes.

O projeto teve início na área automotiva até crescer e ganhar status de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) tendo como foco a área de produtos consumidores de energia elétrica. Os fabricantes entravam no programa através de adesão voluntária e com o tempo, o projeto ganhou dois importantes parceiros: a ELETROBRAS, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), e a PETROBRÁS, através do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) (INMETRO, 2008).

Em 2001, com a crise energética brasileira, o Governo Brasileiro decidiu resgatar e publicar um Projeto de Lei que tramitava no Senado Federal, e que estabelecia uma política nacional de eficiência energética para máquinas e aparelhos consumidores de energia comercializados em nosso país. A referida Lei foi decretada em 17 de outubro de 2001 pelo presidente da república com o número 10.295 (BRASIL, 2001a) e determina que o Poder Executivo estabeleça os níveis máximos e mínimos de consumo de energia. Ela também estabelece que, num prazo de até 1 (um) ano, a partir da regulamentação específica de cada produto, seja iniciado um programa com metas progressivas de evolução dos índices energéticos.

O passo seguinte à publicação da lei foi à criação e publicação do Decreto 4.059 (BRASIL, 2001b), que regulamenta a Lei 10.295 e que estabelece os pontos a serem abordados na regulamentação específica de cada produto tais como: normas técnicas, níveis a serem atingidos, mecanismo de avaliação da conformidade, fiscalização, etc. Ficou estabelecido

ainda que o INMETRO fosse o órgão responsável pelos programas de avaliação da conformidade e fiscalização.

A partir daí, o INMETRO passou a ter a obrigatoriedade de definir programas de avaliação da conformidade compulsórios na área de desempenho energético assumindo o papel fundamental na implementação da Lei de Eficiência Energética (INMETRO, 2012).

Segundo INMETRO (2006), para bombas centrífugas, os procedimentos de avaliação da conformidade são aplicáveis uma vez que para cada família de bombas haverá um modelo ótimo que atenda às condições de vazão, altura e rotação exigidas, e com o indicativo de menor consumo de energia que as demais opções disponíveis no mercado. Desta forma, a etiquetagem de bombas centrífugas se torna oportuna, uma vez que o consumidor poderá optar pelo equipamento de maior eficiência de forma balizada. As bombas hidráulicas são utilizadas intensivamente em setores estratégicos do país como: saneamento, meio rural e indústria de um modo geral, tornando obrigatórios os esforços para fazer com que tais equipamentos sejam mais eficientes energeticamente trazendo assim benefícios para toda a sociedade.

A etiquetagem de bombas centrífugas foi introduzida pelo INMETRO em 2002 com a participação de 8 fabricantes e está no cronograma anual do INMETRO proporcionando alcançar o objetivo de uma etiqueta informativa como a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A etiqueta propicia uma comparação entre todos os produtos comercializados de uma mesma linha de forma a informar o consumidor sobre a eficiência dos produtos nas diversas faixas de vazão e pressão (altura manométrica) disponíveis segundo as normas brasileiras específicas e/ ou internacionais, e que tais grandezas estão sendo monitoradas pelos fabricantes de forma contínua de acordo com parâmetros e valores de ensaios de aferição e controle conforme as disposições do regulamento específico (INMETRO, 2012).

As etiquetas (ENCE) foram criadas para informar aos consumidores dados úteis relativos ao produto que desejam adquirir. Tais dados são atestados através de um processo de calibração e medição/ controles feitos pelos fabricantes e por um laboratório de ensaios de referência indicado pelo INMETRO, no caso de bombas centrífugas, o Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

O LEB/UNIFEI é o laboratório padrão do governo para o ensaio de bombas centrífugas e atende aos fabricantes de bombas que compõem o Grupo Técnico de Bombas Centrífugas (CT-BOM) juntamente com o PROCEL, INMETRO e Fabricantes. As atividades

(procedimentos) do LEB/UNIFEI foram normatizadas e estão descritas no RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade para Bombas e Motobombas Centrífugas) da portaria nº 455 de 01 de dezembro de 2010 do INMETRO. Mesmo dispondo de equipe qualificada, boa estrutura e capacidade técnica, instrumentação e equipamentos de última geração para a avaliação da eficiência energética em conjuntos motobombas, o laboratório ainda não possui Certificação (Acreditação) junto ao INMETRO.

A implementação de processos sistêmicos de qualidade em laboratórios é relativamente recente e foi motivada, principalmente, pela necessidade de melhorar a cooperação internacional de bens ou insumos com base no reconhecimento mútuo dos estudos sobre as características analíticas, implementados por laboratórios dos diferentes países que aderissem a normas comuns (Louro *et al.*, 2002).

Ainda segundo Louro *et al.* (2002), num contexto internacional, foi em 1978 que se iniciaram as padronizações laboratoriais com a publicação da ISO/IEC Guia 25 sendo a mesma revisada em 1993. Este Guia não foi aceito na Europa, pois lá já existia a EN 45001 que atestava a competência das calibrações e ensaios nos laboratórios. A Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OECD) preocupada com os resultados e os riscos associados ao ramo químico publicou em 1982 os princípios das boas práticas de laboratórios denominados “Boas Práticas de Laboratório no teste de Produtos Químicos” (BPL). Logo, tudo que era relacionado à propriedade dos produtos químicos, segurança humana e animal, e a proteção ambiental passaram a ser reconhecida mutuamente pelos países membros da OECD.

Já em dezembro de 1999 foi publicada a ISO/IEC 17025. Esta norma trouxe melhorias em relação a ISO/IEC Guia 25 de 1993 sendo elaborada justamente pelas experiências do Guia 25 e da norma europeia EN 45001 (Louro *et al.*, 2002).

Estas normas foram precursoras da normatização para laboratórios. Uma organização certificada pode aumentar seu potencial competitivo diante de seu mercado de atuação, uma vez que processos padronizados através de normas específicas proporcionam excelência para as empresas. De uma forma sistemática, um benefício da normatização é o aumento da inter-relação entre os gestores e colaboradores que proporciona redução da ocorrência de não conformidades. Além disso, empresas certificadas têm um cuidado especial com seus clientes proporcionando fidelidade nos seus serviços e produtos. A Certificação pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 propicia benefícios como: maior confiabilidade dos resultados, expansão de mercado, melhoria contínua da qualidade, e melhora da imagem da empresa nos

cenários nacional e internacional, pois demonstra a preocupação da mesma com a prevenção ao invés da correção (Oliveira e Basso, 2008).

Segundo Medeiros *et al.* (2009), a Certificação de um laboratório gera maior confiabilidade para os clientes finais e o mercado em geral, pois seu produto terá sido avaliado por um organismo de reconhecida competência e independência.

A ISO/IEC 17025 (1999) apud Vlachos *et al.* (2002) aponta que estar em conformidade com a norma internacional ISO/ IEC 17025 significa estar, também, em conformidade com a norma padrão ISO 9001 (ou ISO 9002), uma vez que a primeira possui os requisitos das suas precursoras, e que estão em concordância com a natureza e as aptidões dos laboratórios de ensaio e/ ou calibração.

Para Suzik (1999) apud Vlachos *et al.* (2002), a velocidade com que ocorre a implementação de sistemas de garantia da qualidade com as ISO 9001, 9002 ou 9003 em organizações e empresas possibilita a necessidade de que laboratórios estejam em colaboração ou que muitas empresas de manufatura e serviços operem sistemas de qualidade em concordância com a norma ISO/ IEC 17025. A ISO/ IEC 17025 é uma norma de natureza genérica e é composta por um conjunto de diretrizes que proporcionam a elaboração de um sistema de garantia da qualidade. Logo, cada empresa ou organização deve aplicá-la de acordo com a sua própria abordagem para que assim seja possível desenvolver um sistema de gestão da qualidade.

Segundo a ILAC (2002) apud Vlachos *et al.* (2002), no âmbito da União Européia (UE) assim como nos Estados Unidos, Japão e outros países desenvolvidos, já há uma procura e implantação da acreditação nos moldes dos padrões internacionais de qualidade mencionados acima. Logo a importância de implementação de um sistema de gestão da qualidade eficiente e operacional conforme as normas internacionais EN 45001 ou ISO/ IEC 17025 tornou-se mais do que óbvio. Muitos países executam seus próprios padrões de acreditação para laboratórios e fazem parte da International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). A ILAC, de acordo com a sua função internacional, proporciona assistência e assessoria para os países que estão em processo de desenvolvimento de seus próprios sistemas de acreditação. Destes sistemas de acreditação, os países podem participar do ILAC como membros associados e utilizar e acessar os recursos de membros plenos da ILAC.

A Acreditação é interpretada como o reconhecimento documentado da competência técnica do laboratório que executa ensaios e/ ou calibrações, e é uma maneira inteligente de optar por instituições que prestam serviços de excelência e qualidade. Ela ainda trás vantagens para o órgão como: o aumento da possibilidade de tomar decisões corretas, a diminuição do risco de

decisões erradas ocasionadas por erros em medições, e até mesmo a perda de clientes, uma vez que estes frequentemente preferem laboratórios certificados. O ensaio e/ ou calibração executado em uma instituição acreditada têm reconhecimento internacional não havendo necessidade de repetições.

Os benefícios proporcionados por um laboratório inserido dentro de uma universidade são vários, como por exemplo: a interface entre o mercado e o meio acadêmico, através da realização de atividades didáticas nas quais os alunos se familiarizam com as normas, sistemas de qualidade, além da possibilidade do desenvolvimento de novas tecnologias e processos para a indústria.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Desta forma, o principal objetivo deste trabalho é o estudo para a implantação de um sistema de gestão da qualidade baseado na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2005. O caso escolhido para estudo é o do Laboratório de Etiquetagem de Bombas da Universidade Federal de Itajubá (LEB/UNIFEI) e estão de acordo com as atividades normativas descritas no RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade para Bombas e Motobombas Centrífugas) da portaria nº 455 de 01 de dezembro de 2010 do INMETRO.

1.2.2 Específicos

Já os objetivos específicos são a elaboração do Manual da Qualidade contemplando seus requisitos técnicos e de direção, a indicação dos procedimentos internos e seus respectivos formulários, e documentos externos, necessários para o sistema de qualidade do laboratório; e o estudo sobre a análise de incertezas de medições do tipo de ensaio executado pelo LEB/UNIFEI que foram desenvolvidas através do Anexo IV do RAC 455 - INMETRO.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Sistema de Gestão da Qualidade

A *Internacional Organization for Standardization*, conhecida também como ISO é responsável por editar as normas ISO. Segundo Mello *et al.* (2009), na Norma ISO 9000, a gestão da qualidade está pautada por oito princípios básicos. De acordo com a ISO (2008h), um princípio é uma regra fundamental que visa melhorar continuamente o desempenho da organização ao longo prazo através do foco no cliente. Dentre os oito princípios da Norma ISO 9000, pode-se citar 5 (cinco) que se aplicam a pequenas organizações:

- Foco no cliente: uma organização depende do seu nicho de clientes e, desta forma, recomenda-se que a mesma atenda às necessidades atuais e futuras procurando sempre exceder as expectativas dos mesmos;
- Envolvimento das pessoas: a essência de uma organização se baseia nas pessoas e nas habilidades que as mesmas proporcionam para o benefício da organização;
- Abordagem de processo: ao gerenciar as atividades e os recursos como se fosse um processo, o resultado desejado é alcançado com mais eficiência;
- Abordagem sistêmica para a gestão: se os processos forem inter-relacionados como um sistema, a identificação, compreensão e gerenciamento dos mesmos contribuirão para a eficácia e eficiência da organização para que esta atinja os seus objetivos; e
- Melhoria contínua: um dos objetivos permanentes de uma organização é a melhoria contínua dos seus processos e esta deve ser buscada por todos os indivíduos.

A norma ISO 9001:2000 é a norma internacional que fornece os requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) a serem implementados nas organizações (ABNT, 2008) e, a partir desses requisitos, as empresas passam a ser mais confiáveis em relação à qualidade dos seus produtos e serviços.

Segundo Gonzalez e Martins (2007), a norma ISO 9001 sofreu uma revisão realizada na versão 2000 que proporcionou uma ampliação significativa no escopo da norma incluindo questões sobre a “gestão do negócio” passando a considerar o desempenho das organizações e a melhoria contínua dentro dos processos de negócio das empresas. Desta forma, a base do escopo da norma como a abordagem por processos, a preocupação com a qualidade da gestão e a orientação para as necessidades dos clientes se tornaram pré-requisitos para uma empresa realizar a melhoria contínua.

Segundo Mello *et al.* (2009), os benefícios mensuráveis no processo de desdobramento dos requisitos da norma são observados pela maioria dos usuários nas operações de implantação. Esses benefícios estão relacionados a melhorias na organização e na comunicação interna, e devem ser reforçados, pela direção, por meio de auditoria interna e análise críticas eficazes. O esforço para satisfazer os clientes e melhorar continuamente o sistema de gestão da qualidade é uma meta a ser cumprida quando uma organização resolve adotar a Norma ISO 9001:2000. O processo de melhoria contínua proporciona o aumento da eficácia da organização em cumprir os objetivos e a política da qualidade. Já o planejamento e o gerenciamento dos processos necessários para o sistema de gestão da qualidade e a melhoria contínua são exigências da ISO 9001:2008.

A norma ISO 9001, ainda, é composta de um conjunto de requisitos da alta direção, para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), tais como:

- Gestão da qualidade;
- Gestão de recursos;
- Gestão de processos;
- Foco no cliente;
- Competência dos funcionários;
- Planejamento da realização dos produtos;
- Planejamento da qualidade;
- Medição e monitoramento de processos e produtos;
- Calibração de equipamentos de medição;
- Satisfação dos clientes;
- Ações corretivas e preventivas; e
- Melhoria contínua.

Entretanto, para laboratórios que é o foco deste trabalho, já existe uma norma específica que é a ABNT NBR ISO/IEC 17025.

Segundo a ABNT (2005), a norma brasileira 17025 aponta que os documentos necessários para o SGQ de um laboratório podem ser: declarações da política, procedimentos, especificações, tabelas de calibração, gráficos, livros, memorandos, softwares, desenhos, planos, etc.; e sendo que estes podem estar armazenados de várias formas, sejam meios eletrônicos ou em papel, podendo ser digitais, analógicos, fotográficos ou escritos. A norma estabelece ainda que a política do SGQ de um laboratório incluindo a declaração sobre a política da qualidade necessita estar explicitada em um manual da qualidade. Os objetivos

gerais devem ser estabelecidos e analisados criticamente durante a análise crítica pela direção. A declaração da política da qualidade deve ser emitida sob a autoridade da Alta Direção do laboratório e nela há a necessidade de incluir, pelo menos, o seguinte:

- Elaboração e manutenção de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) em conformidade com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2005;
- As boas práticas profissionais e a qualidade dos seus ensaios, afirmadas pela direção do laboratório no atendimento aos seus clientes;
- O nível de serviço do laboratório declarado pela direção do mesmo;
- O propósito do sistema de gestão com respeito à qualidade;
- O compromisso de que todos os funcionários envolvidos nas atividades de ensaios e/ou calibrações enquadradas pelo laboratório passam por treinamentos e familiarizem-se com a documentação da qualidade e programem as políticas e os procedimentos nos seus trabalhos; e
- O comprometimento da Alta Direção do laboratório em aplicar as conformidades desta Norma e buscar a melhoria contínua da eficácia do sistema de gestão.

O estabelecimento de acordos de reconhecimento mútuo entre os organismos nacionais e internacionais é facilitado com a implementação da norma ISO/IEC 17025, pois esta estabelece um padrão internacional e único para certificar a competência dos laboratórios que realizam ensaios e/ou calibrações (GONTIJO, 2003).

Segundo Noronha e Magalhães (2008), o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) é o representante do governo brasileiro no setor metrológico e tem a importante missão de fornecer o credenciamento para laboratórios que demonstrem possuir competência técnica, que possuam um sistema de qualidade eficiente e que são capazes de produzir resultados tecnicamente válidos; e fiscalizar os já credenciados. O INMETRO, através da acreditação, proporciona aos laboratórios o acesso aos padrões nacionais referenciados aos padrões internacionais, portanto assegurando-lhes rastreabilidade ao sistema internacional de unidades.

O SGQ do laboratório deve estar sempre atualizado de acordo com as atividades do mesmo. Há a necessidade de se documentar: políticas, programas, sistemas, procedimentos, formulários e instruções para garantir a qualidade dos resultados de ensaios. Estes documentos devem ser elaborados, implantados e estar disponível sempre que necessário.

De acordo com Magalhães (2007), a qualidade dos processos dentro do laboratório é garantida sob a base de três esferas: sistema da qualidade, manual da qualidade e política da

qualidade (Figura 2.1) sendo que cada um dessas deve ser desenvolvida de acordo com as especificações da ABNT NBR/ISO IEC 17025: 2005.

Magalhães (2007) afirma ainda que o Sistema da Qualidade do Laboratório (SQ) deve ser:

- Adequado: deve estar de acordo com a realidade do laboratório respeitando sua tradição, seu tamanho e suas necessidades;
- Documentado: a documentação deve estar à disposição de todos os envolvidos no trabalho do laboratório para consulta sempre que necessário; e os colaboradores necessitam ter a capacidade de entendê-la, avaliá-la e implementá-la quando for necessário; e
- Mantido de forma a elaborar e executar os termos do Manual de Qualidade (MQ), o qual é considerado um dos alicerces da qualidade de um laboratório.

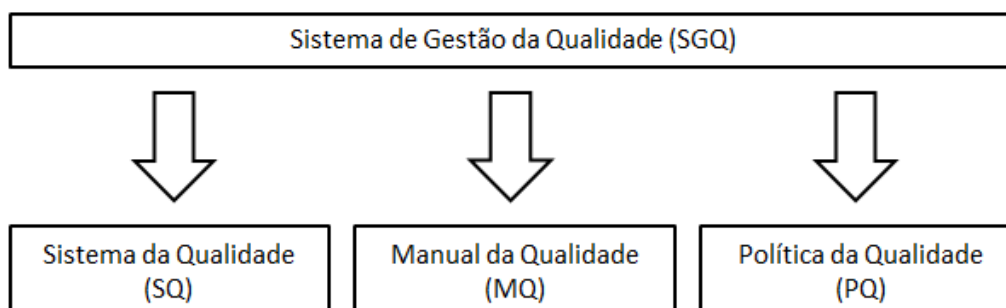


Figura 2.1: Dimensões da qualidade (Fonte: Adaptado de Magalhães, 2007).

Segundo Mello *et al.* (2009) & Filho (2011), a hierarquia usual de documentos do SGQ, Figura 2.2 é dividida em:

- Primeiro nível (nível estratégico): política da qualidade, objetivos da qualidade e manual da qualidade;
- Segundo nível (nível tático): procedimentos internos do laboratório requeridos pela norma ISO 9001:2008 e manuais de operação dos instrumentos e equipamentos utilizados nos ensaios; e
- Terceiro nível (evidências): documentos (formulários), incluindo nestes registros determinados pela organização como necessários para assegurar o planejamento, operação e o controle eficaz dos processos do laboratório.

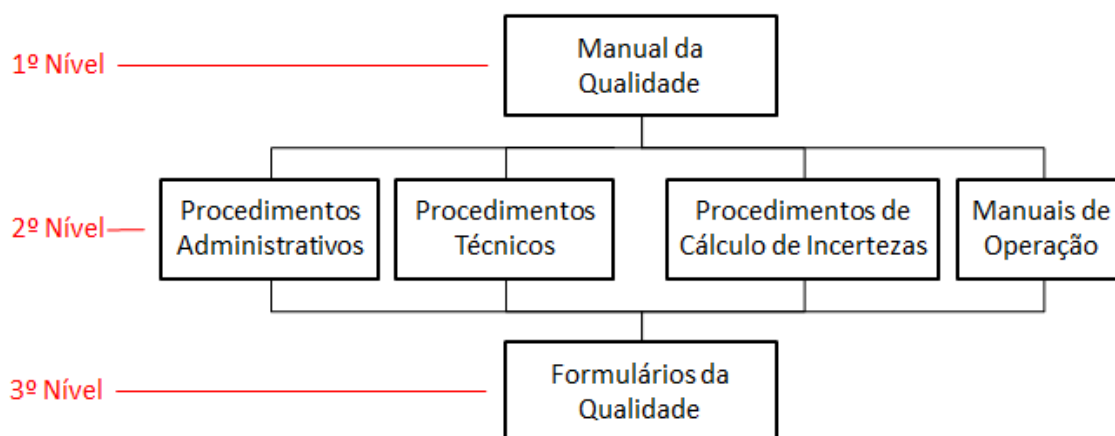


Figura 2.2: Níveis documentais (Fonte: Filho, 2011).

Segundo a ABNT (2005), a seção 4 direciona a organização a estabelecer responsabilidades e estrutura organizacional nas atividades realizadas nas instalações. O laboratório deve, também, designar um gerente (supervisor) da qualidade e um gerente (supervisor) técnico, ou qualquer outra denominação, para organizar, administrar e proteger as informações confidenciais e os direitos de propriedade dos clientes; e assegurar que a direção e o corpo técnico estejam livres de quaisquer influências ou pressões indevidas, sejam comerciais, financeiras, internas ou externas e que possam afetar a qualidade dos seus trabalhos negativamente. A organização deve garantir ainda que os colaboradores estejam cientes da importância de suas atividades dentro do laboratório e como eles podem contribuir para alcançar as metas do sistema de gestão dentre outras atribuições.

A seção 5 da ABNT (2005) valoriza dentre outros pontos:

- Aclimação do laboratório: entre outras palavras as condições ambientais como a temperatura que deve ser controlada para que os ensaios não sejam comprometidos; no caso de ensaios de bombas hidráulicas no LEB, o ensaio é realizado em temperatura ambiente não necessitando maiores cuidados com a aclimação;
- Métodos implementados: se os métodos utilizados são padronizados, ou normas internacionais, bem como os procedimentos que devem ser desenvolvidos e executados referentes a estes métodos e se estão de acordo com as exigências dos clientes;
- Informações metrológicas: incertezas inerentes ao uso de equipamentos e instrumentos para os resultados, limites de detecção e faixa de medição, limite de repetitividade e/ou reprodutibilidade; monitoramento dos dados coletados em ensaios e/ ou calibrações. Neste item, a norma ressalva a importância na proteção dos dados

colhidos, a confidencialidade e os procedimentos referentes a esses; e

- Responsabilidades: diretrizes para elaborar a competência técnica do laboratório e de seus colaboradores nos diversos tipos de ensaios e/ ou calibrações que o laboratório realiza.

Segundo Simonet (2005), para analisar um ensaio, geralmente utilizamos um método validado, uma curva de calibração e a medição de incertezas adequadas. Estes são o nível primário de garantia da qualidade (GQ) de um laboratório. Entretanto, somente com a aplicação dos procedimentos e um controle de qualidade (CQ) bem definido é que podemos assegurar a validade da medição, Figura 2.3.

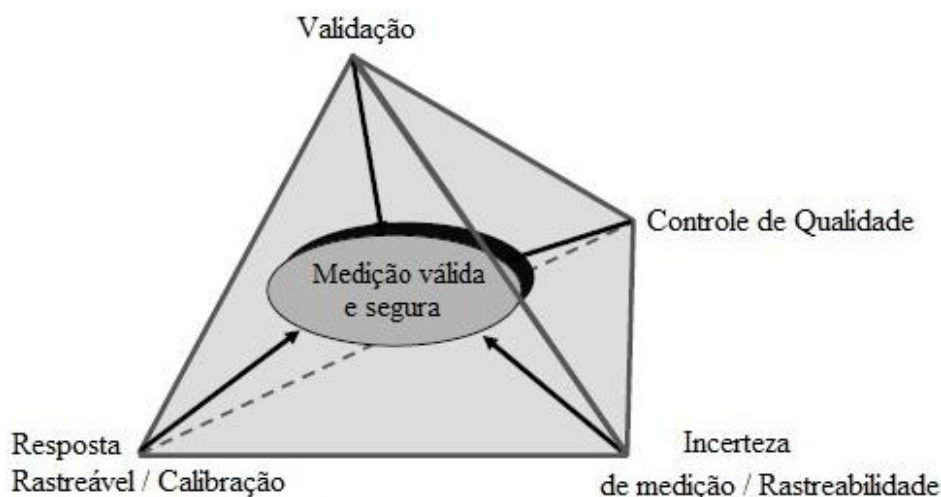


Figura 2.3: Papel do controle de qualidade no processo de análise para obter medidas válidas e seguras (Fonte: Simonet, 2005).

Katerman e Buydens (1993) apud Simonet (2005) descreve que na realidade, qualidade de um ensaio e CQ são conceitos antigos. Na lógica, quando há uma análise de ensaio, há também a necessidade de controlar a qualidade do seu resultado. Entretanto, devido à aplicabilidade de requisitos legais e elevados padrões que assegurem a qualidade dos ensaios impostos pelas empresas, CQ parece tornar-se um conceito novo.

A ISO 9000 (2000) refere-se à garantia da qualidade (GQ) como sendo uma parte da gestão da qualidade que aborda a necessidade de confiança sobre o encontro das linhas de qualidade. A ISO/IEC 17025 (1999) apud Simonet (2005), já em uma abordagem mais específica, descreve que um laboratório deve estabelecer, implementar e manter um sistema de qualidade coerente com as suas atividades. Dessa forma, entende-se que um laboratório deve ter procedimentos de CQ para validar seus ensaios e calibrações.

Wenclawiak *et al.* (2004) apud Simonet (2005), descrevem a qualidade como sendo o grau de realização da expectativa implícita onde os diferentes tipos de qualidade podem ser definidos dependendo dessas expectativas. A garantia da qualidade (GQ) pode ser definida como as medidas globais que um laboratório executa para assegurar a qualidade de suas operações. Garantia da Qualidade (GQ) e Controle da Qualidade (CQ) devem ser distinguidos. Porém, o significado destes termos pode variar muitas vezes de acordo com o contexto. Logo, pode-se afirmar, em termos práticos que GQ relaciona as medidas globais aplicadas pelo laboratório para manter a qualidade, enquanto CQ são as medidas individuais aplicadas à qualidade de ensaios em amostras individuais ou lotes de amostras. CQ típicos incluem:

- Métodos de medição / análise de materiais de referência;
- Carta de controle e utilização de amostras de CQ;
- Análise em duplicado; e
- Ensaios de proficiência (EP).

A norma internacional ISO/ IEC 17025 informa que todo laboratório deve, sempre que possível, participar de ensaios de proficiência (EP – CQ externo). A necessidade de estabelecer os princípios do CQ é clara e estão estabelecidos na norma. Dessa forma, o padrão e tipo de CQ dependerão essencialmente da:

- Natureza do ensaio;
- Tamanho do lote ou amostra;
- Grau de automatização do laboratório; e
- Dificuldades do ensaio e da confiabilidade do mesmo.

Thompson *et al.* (2002) apud Simonet (2005), aponta que em termos de resultados, o controle de qualidade é necessário para encontrar o parâmetro que indica a qualidade de uma dada propriedade. Feito isto, há a necessidade de se definir o modo como a qualidade pode ser influenciada e quais os indicadores que podem determinar a qualidade ótima do ensaio. Logo, seguindo a linha das necessidades dos clientes, ou os requisitos pré-fixados de antemão de acordo com as regras nacionais ou internacionais tem-se que a qualidade é sempre uma informação relativa.

O controle de qualidade (CQ) pode ser classificado em dois grupos:

- Controle de qualidade interno (CQI); e
- Controle de qualidade externo (CQE).

A figura 2.4 ilustra os tipos de CQ e as respectivas atividades realizadas em cada caso.

O CQI destina-se a garantir o desempenho adequado do ensaio particular realizado para a análise qualitativa e tem como foco principal a manutenção das condições de validação do laboratório para um período prolongado.

Já o CQE, tem como objetivo garantir a qualidade de comparabilidade dos resultados entre laboratórios. Para isto, o CQE proporciona garantir que a análise qualitativa foi realizada de forma adequada em um ensaio interlaboratorial.

No que diz respeito a métodos utilizados, pode-se citar o RAC (Requisitos de Avaliação da Conformidade para Bombas e Motobombas Centrífugas) da portaria nº 455 de 01 de dezembro de 2010 do INMETRO no qual foi inserido todo o memorial de cálculos (Anexo IV) exigidos pelo CT-BOM.

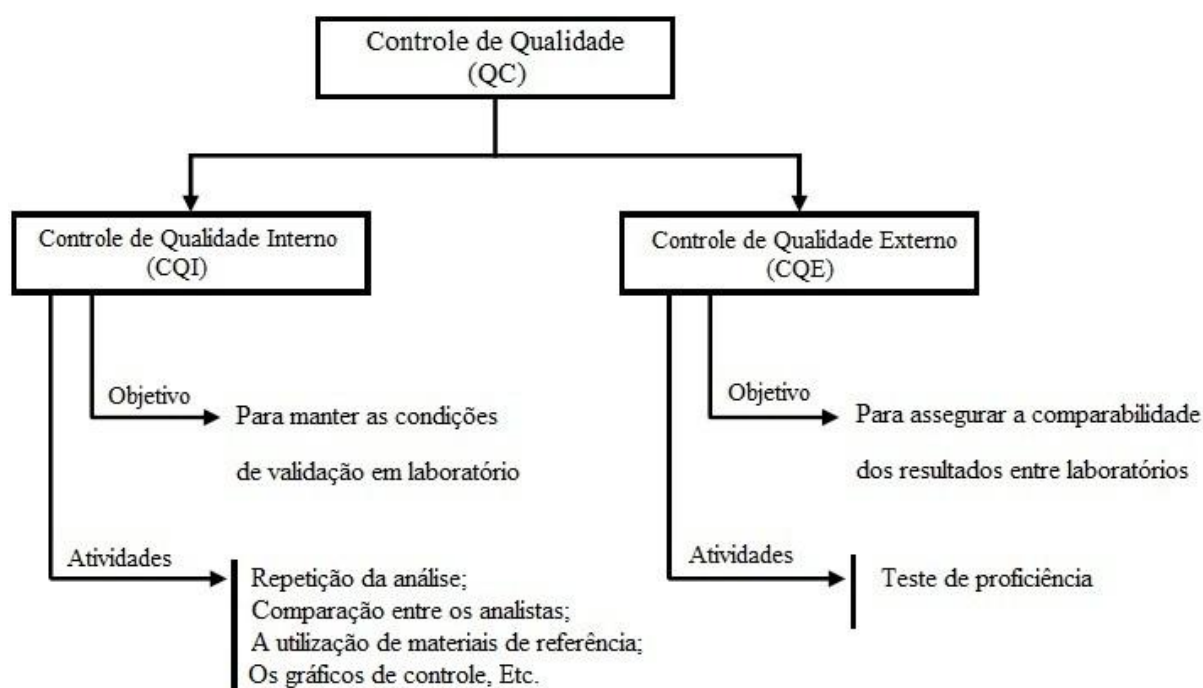


Figura 2.4: Classificação de controle de qualidade de acordo com seus objetivos e atividades (Fonte: Simonet, 2005).

Esta norma tem o propósito de verificar as condições reais de funcionamento de uma bomba com a finalidade de etiquetagem do equipamento. Ela foi baseada na norma ISO 9.906 - Rotodynamic pumps - Hydraulic performance acceptance tests - Grades 1 and 2.

A ABNT (2005) possui ainda o item equipamentos. Neste, a NBR 17025 cita a necessidade das manutenções obrigatórias para instrumentos e equipamentos utilizados em ensaios e/ ou calibrações, bem como a aptidão dos mesmos para fornecer resultados confiáveis, serem catalogados e a necessidade fundamental de procedimentos que indiquem a manutenção

planejada de instrumentos e equipamentos, o manuseio e transporte adequados, e a prevenção contra a contaminação e deterioração. No âmbito brasileiro, a calibração de instrumentos e equipamentos deve seguir os procedimentos de calibrações do padrão da Rede Brasileira de Calibração (RBC), a qual informa dentre muitos dados, a incerteza de cada instrumento. Essas incertezas proporcionam a possibilidade da elaboração das planilhas de incertezas de medições intrínsecas nos instrumentos/ equipamentos, proporcionando assim a visibilidade da qualidade dos resultados dos ensaios no laboratório.

2.2 Incerteza de Medição

Segundo ISO GUM (2003), para o resultado de medição de uma grandeza física, é obrigatório que seja dado uma indicação quantitativa da qualidade do resultado, e desta forma, aqueles que a utilizam possam avaliar sua confiabilidade. Os resultados de medição não podem ser comparados, sem essa indicação, entre eles mesmos ou por valores de referência disponibilizados numa especificação ou numa norma. Portanto, é necessário elaborar um procedimento e implementá-lo de forma a facilitar a compreensão e aceitação geral, e que caracterize a qualidade de um resultado de medição, ou seja, que avalie e expresse a sua *incerteza*.

Na história da medição, o conceito de *incerteza* é relativamente novo como um atributo quantificável, embora na prática de ciência da medição ou metrologia, erro e análise de erro, há muito tempo, tenha sido usual. Agora, é amplamente reconhecido que, ainda permanece uma incerteza sobre quão corretamente o resultado da medição representa o valor da grandeza que está sendo medida, mesmo quando bem avaliados e as correções adequadas tenham sido aplicadas para as componentes de erros conhecidas ou suspeitas (ISO GUM, 2003).

Segundo CERTI (2012), no caso de fonte de erros de medições podemos descrever tanto o instrumento como a grandeza medida de acordo com os fluxogramas das Figuras 2.5 e 2.6.

Além do uso quase que universal do Sistema Internacional de Unidades (SI) ter proporcionado uma coerência ao vasto mundo das medições científicas e tecnológicas, a avaliação e expressão da incerteza de medição permitiu, também num contexto global, que o significado de uma vasta faixa de resultados de medições na ciência, engenharia, comércio, indústria e regulamentação, pudessem ser prontamente compreendidos e interpretados. Nesta era de globalização, é importante que as medições executadas em diferentes países possam ser

facilmente comparadas e que os métodos para avaliar e expressar a incerteza seja uniforme em todo o Mundo (ISO GUM, 2003).

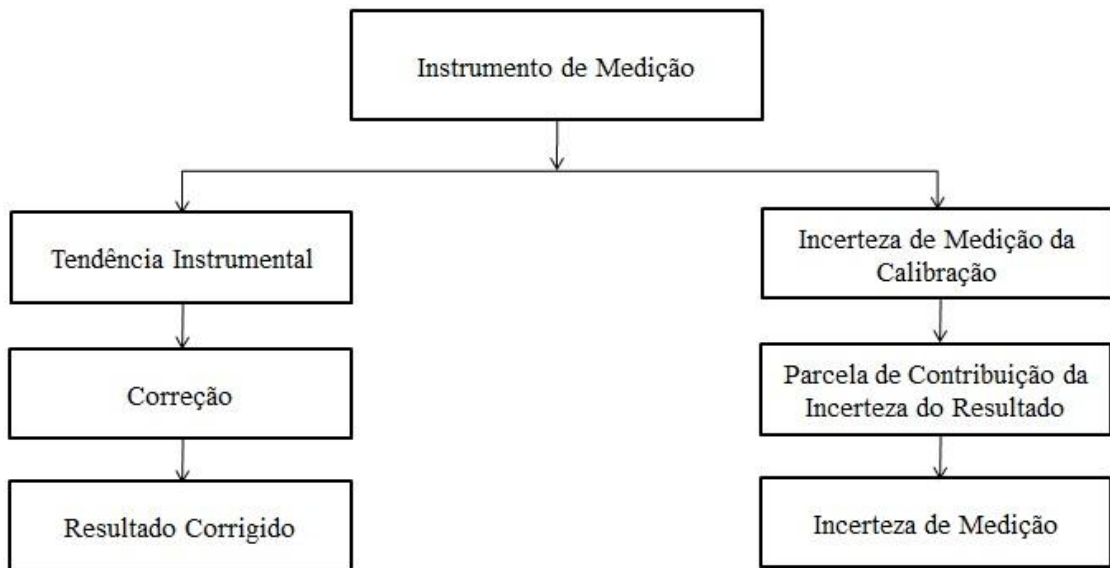


Figura 2.5: Fluxograma de fontes de erros em medição - instrumento de medição (Extraído de CERTI, 2012).

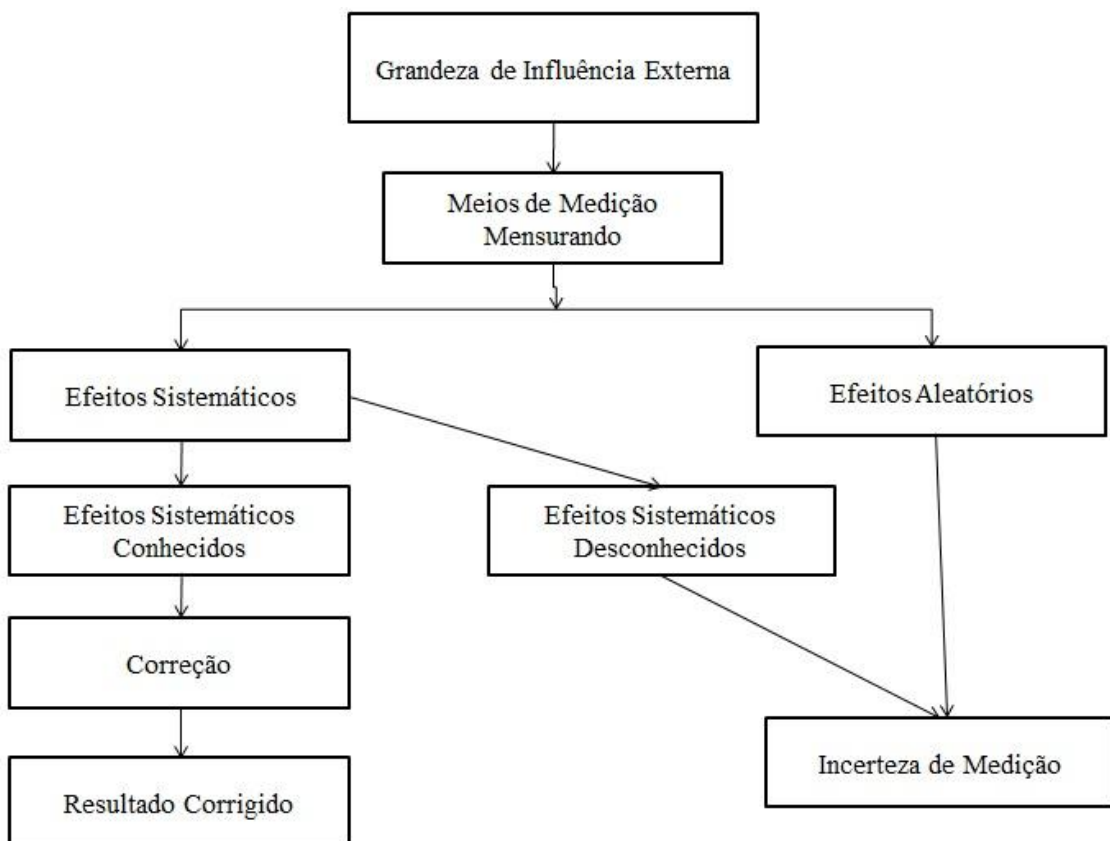


Figura 2.6: Fluxograma de fontes de erros em medição – grandeza de influência externa (Extraído de CERTI, 2012).

Ainda segundo o ISO GUM (2003), para avaliar e expressar a incerteza de medição de um resultado, o método ideal deve ser:

- Universal: aplicável a todos os tipos de dados de entrada usados nas medições e a todas as espécies de medições;

Já a grandeza real utilizada para expressar a incerteza deve ser:

- Internamente consistente: as componentes que para ela contribuem devem ser diretamente deriváveis, independente de como as componentes estejam agrupadas, ou da decomposição de componentes em subcomponentes; e
- Transferível: possível de usar a incerteza avaliada para um resultado como um componente na avaliação da incerteza de outra medição na qual o primeiro resultado é utilizado.

Já segundo Albertazzi & Souza (2008), a estimativa da incerteza é dividida entre a medição direta e a medição indireta.

- Medição direta: é aquela onde a indicação é resultado do instrumento de medida sobre o mensurando com a informação do valor já na unidade da grandeza medida. Como exemplos, temos:
 - ✓ Medição da massa de uma amostra com uma balança;
 - ✓ Medição da tensão elétrica com um multímetro; e
 - ✓ Medição da temperatura do ar com um termômetro.
- Medição indireta: é aquela onde ocorre a determinação de um valor associado ao mensurando por meio de expressões matemáticas calculadas através de uma ou mais grandezas. Como exemplos, temos:
 - ✓ Potência hidráulica obtida a partir da multiplicação dos valores medidos para massa específica da água, aceleração da gravidade, vazão e altura de elevação;
 - ✓ Massa específica de um material calculada a partir da temperatura da água.

Tanto na área acadêmica como em muitas aplicações industriais e comerciais, é frequentemente necessário indicar um intervalo no entorno do resultado da medição com o qual se espera compor uma grande faixa da distribuição de valores, que podem ser indicativo à grandeza sujeita à medição. Logo, para avaliar e expressar a incerteza de medição é necessário ter um método capaz de fornecer prontamente tal intervalo, com um nível de confiança ou probabilidade de abrangência que caracterize de uma forma verdadeira ao nível requerido (ISO GUM, 2003).

3 Metodologia

Como metodologia foi possível desenvolver um fluxograma que contempla todas as etapas de estudo e desenvolvimento para a implantação da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 para laboratórios de ensaios e pré-pedido de Acreditação. A figura 3.1 indica todas as etapas que foram realizadas neste trabalho e é finalizada com o pedido de Acreditação junto ao INMETRO. Já a figura 3.2 indica todas as etapas do fluxograma de Etapa de Fluxo Operacional utilizado pelo INMETRO para conceder a Acreditação a qualquer laboratório. Vale lembrar que as etapas da figura 3.2 são apenas indicativas e que não foram abordadas neste trabalho.

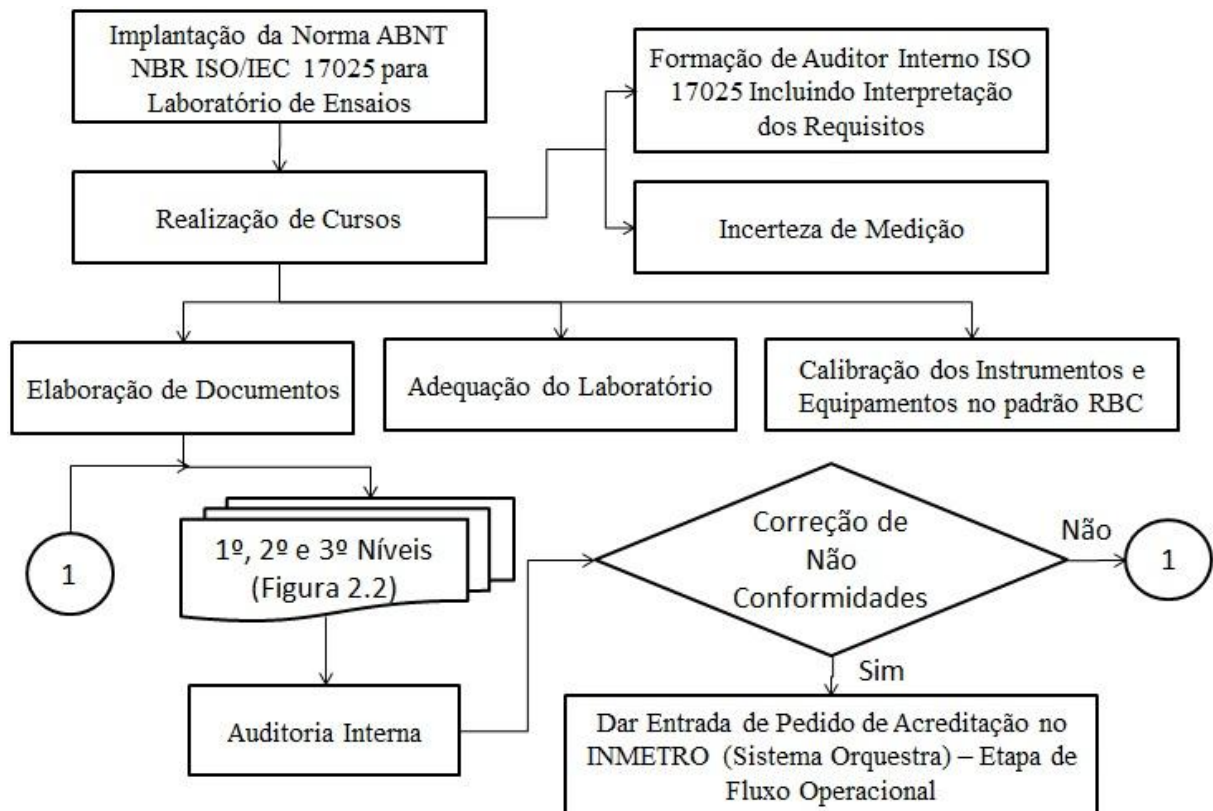


Figura 3.1: Fluxograma da Metodologia.



Figura 3.2: Fluxograma da Etapa de Fluxo Operacional do INMETRO (Extraído do site do INMETRO: www.inmetro.gov.br/credenciamento/acre_lab.asp).

3.1 Elaboração de Documentos

De acordo com a figura 2.2, a partir dos três níveis hierárquicos de documentos, o Sistema de Gestão da Qualidade de um laboratório de ensaios deve ser composto de:

- Manual da Qualidade;
- Procedimentos internos de gestão e técnicos;
- Planilhas de incertezas;
- Procedimentos operacionais;
- Formulários de gestão e técnicos; e
- Procedimentos externos.

3.2 Análise de Incertezas

A análise de incertezas de medição é um tópico muito importante para a implantação da norma. Quando se determina o resultado de uma medição de uma grandeza física se faz necessário uma indicação quantitativa da qualidade desse resultado, de tal modo que aqueles que a utilizarão possam avaliar o seu grau de incerteza. Sem essa indicação, as medições obtidas não poderão ser comparadas, sejam entre si ou entre outros valores de referência. Além disso, há erros inerentes nas medições.

O procedimento do Anexo IV do RAC 455 do INMETRO descreve como obter as curvas características de um grupo motobomba e de uma bomba centrífuga na rotação constante e igual a nominal.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2005, onde aplicável para laboratório de ensaio, a declaração sobre a incerteza estimada de medição é optativa; a informação sobre a incerteza nos relatórios de ensaio é necessária quando ela for relevante para a validade ou aplicação dos resultados do ensaio, quando requerida na instrução do cliente ou quando a incerteza afeta a conformidade com um limite de especificação.

As Figuras 3.3 e 3.4 apresentam o roteiro de equações padrão utilizadas na análise de incerteza de medições.

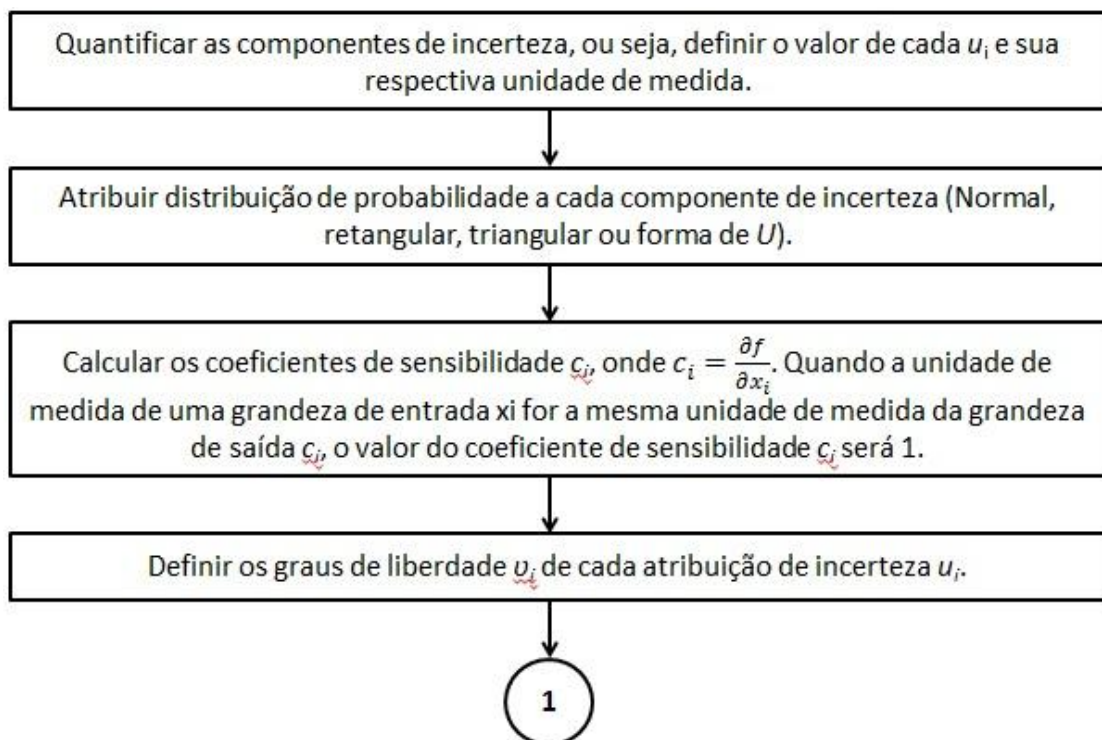


Figura 3.3: Fluxograma do processo de Avaliação de Incerteza – Parte 1 (Extraído de CERTI, 2012).

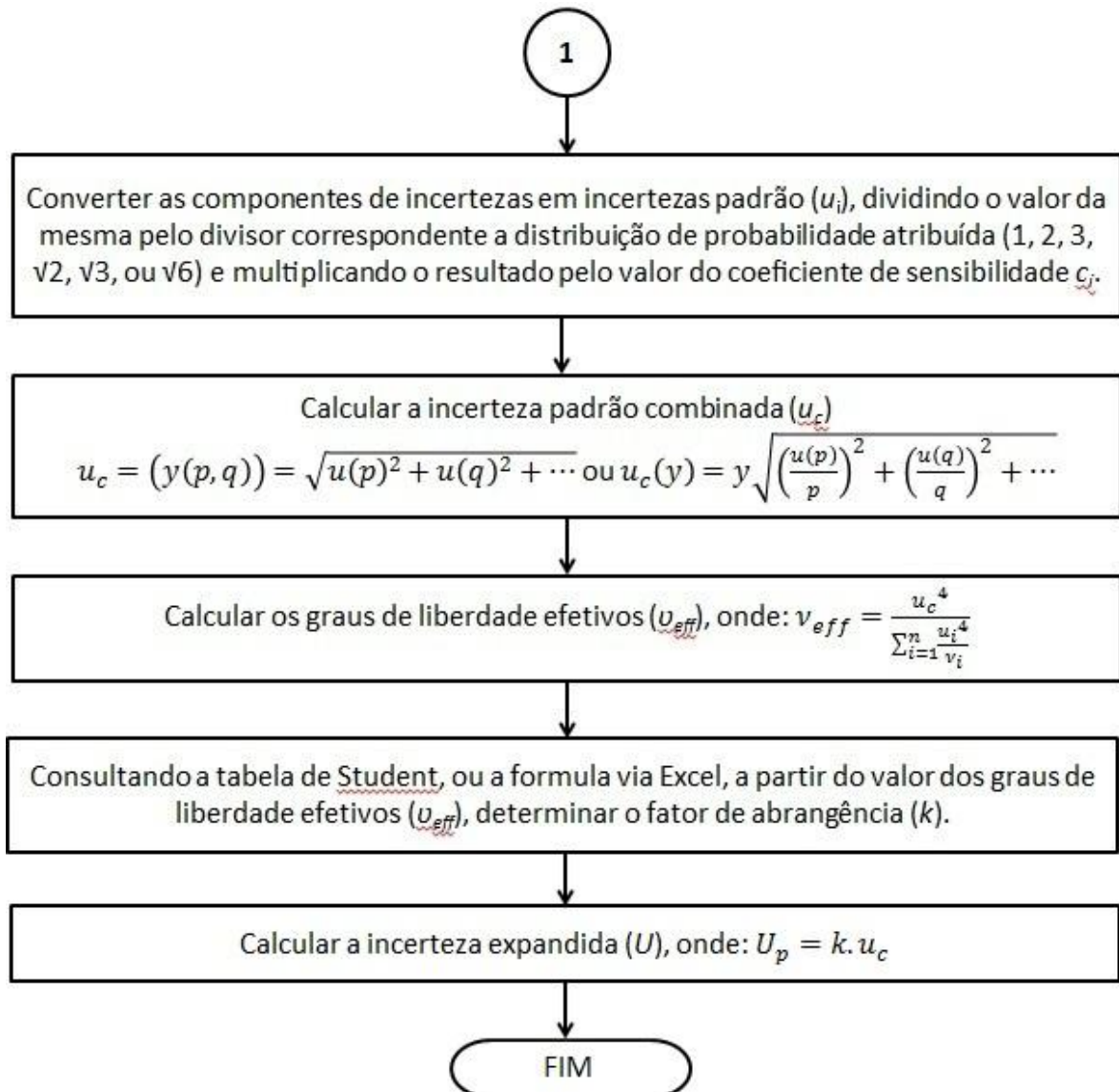


Figura 3.4: Fluxograma do processo de Avaliação de Incerteza – Parte 2 (Extraído de CERTI, 2012).

3.2.1 Distribuição Normal ou Gaussiana

Segundo Montgomery e Runger (2009), a distribuição normal (gaussiana) é a mais utilizada para a distribuição de uma variável aleatória. Esta variável, toda vez que um experimento aleatório for replicado e for igual ao resultado médio (ou total) das réplicas tenderá para uma distribuição normal, à medida que o número de réplicas se torne grande. A equação 3.1 é o exemplo de valor da incerteza padrão (u_i) que neste caso é dada pelo desvio padrão experimental (equação 3.2) da média (equação 3.3).

$$u_1 = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (3.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.3)$$

Onde:

- ✓ S – desvio padrão experimental;
- ✓ N – número de repetições;
- ✓ \bar{x} – média aritmética.

3.2.2 Estimativa da Incerteza de Medição

Formas de avaliação da incerteza:

- Tipo A; e
- Tipo B.

Denominações:

- Incerteza Padrão (u_i);
- Incerteza Padrão Combinada (u_c);
- Incerteza Expandida (U);
- Fator de Abrangência (k);
- Graus de Liberdade Efetivos (v_{eff}); e
- Nível de confiança ou probabilidade de abrangência de aproximadamente (95% ou 99%).

A série de Taylor equaciona muito bem o cálculo da incerteza de medição. O modelo matemático, equação 3.4, pode ser usado para diversas grandezas de medição independentes.

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (3.4)$$

A incerteza padrão combinada é equacionada através das equações 3.5 e 3.6.

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)} \quad (3.5)$$

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)} \quad (3.6)$$

3.2.3 Avaliação da incerteza padrão Tipo A

Segundo Vuolo (2000), utilizando métodos estatísticos, é possível determinar o desvio padrão σ_A da incerteza padrão Tipo A. Para os casos onde a medição é repetida N vezes, o valor médio das n medições é σ_A .

Método de avaliação da incerteza pela análise estatística de séries de observações (ISO GUM 2.3.2, 2003);

3.2.4 Avaliação da incerteza padrão Tipo B

A incerteza, dada na forma de desvio padrão, e avaliada por métodos que não sejam estatísticos é definida como incerteza padrão Tipo B (σ_B). *Esta corresponde aos erros sistemáticos residuais para os quais se considera que não é possível nenhuma correção posterior* (Vuolo, 2000).

Método de avaliação da incerteza por outros meios que não a análise estatística de séries de observações (ISO GUM 2.3.3, 2003);

3.2.5 Incerteza Padrão (u_i)

Para expressar todas as componentes de incerteza (u_i) Tipos A e B, correspondentes a um desvio padrão, é necessário dividir o valor de cada contribuição de incerteza, pelo seu respectivo divisor correspondente a distribuição de probabilidade atribuída (CERTI, 2012).

Incerteza do resultado de uma medição expressa como um desvio padrão (ISO GUM 2.3.1, 2003).

Segundo Albertazzi & Souza (2008), os divisores para algumas distribuições de probabilidade são:

- Normal $\rightarrow 1$ (incerteza padrão Tipo A);
- Normal (k) $\rightarrow k$ (do certificado de calibração);
- Retangular $\rightarrow \sqrt{3}$;
- Triangular $\rightarrow \sqrt{6}$;
- Forma de U $\rightarrow \sqrt{2}$.

3.2.6 Cálculo do Coeficiente de Sensibilidade (c_i)

O efeito gerado pela variação de outras grandezas na unidade de medida do mensurando é um valor numérico conhecido como coeficiente de sensibilidade (CERTI, 2012).

O c_i é calculado pela derivada parcial da função (modelo matemático) em relação a variável para a qual se deseja o c_i (CERTI, 2012), equação 3.7.

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (3.7)$$

Obs.: Quando a estimativa x_i estiver na mesma unidade de medida da estimativa de saída y_i , considera-se normalmente c_i igual a 1 (CERTI, 2012).

3.2.7 Incerteza Padrão Combinada (u_c)

Incerteza padrão do resultado de uma medição, quando este resultado é obtido por meio dos valores de várias outras grandezas, sendo igual à raiz quadrada positiva de uma soma de termos, que constituem as variâncias ou covariâncias destas outras grandezas, ponderadas de acordo com quanto o resultado da medição varia com mudanças nestas grandezas. (ISO GUM 2.3.4, 2003).

Segundo CERTI (2012), a incerteza padrão combinada (u_c) pode ser determinada através de dois modelos matemáticos mostrados a seguir.

3.2.7.1 Regra 1

Em equações que incluem apenas soma ou subtração de grandezas, como por exemplo: $y = (p+q+r+\dots)$, a incerteza padrão combinada é determinada pela equação 3.8.

$$u_c = (y(p, q, r, \dots)) = \sqrt{u(p)^2 + u(q)^2 + u(r)^2 + \dots} \quad (3.8)$$

3.2.7.2 Regra 2

Já para equações que possuem apenas produto ou quociente, como os exemplos: $y = (p \times q \times r \times \dots)$ ou $y = p / (q \times r \times \dots)$, a $(u_c(y))$ é dada pela equação 3.9.

$$u_c(y) = y \sqrt{\left(\frac{u(p)}{p}\right)^2 + \left(\frac{u(q)}{q}\right)^2 + \left(\frac{u(r)}{r}\right)^2 + \dots} \quad (3.9)$$

Onde:

- ✓ $(u(p)/p)$; $(u(q)/q)$, etc., - são as incertezas padrão relativas das variáveis envolvidas no processo, expressos como desvios padrão relativos.

Nota: A subtração é tratada da mesma maneira que a adição, e a divisão da mesma maneira que a multiplicação (CERTI, 2012).

Ainda segundo CERTI (2012), convém decompor o modelo matemático original em expressões que consistem unicamente de operações descritas por uma das regras citadas, como forma de combinação das componentes de incerteza. A equação 3.10 mostra um exemplo da expressão.

$$\frac{(o + p)}{(q + r)} \quad (3.10)$$

Que deve ser decomposta em dois elementos $(o + p)$ e $(q + r)$. Para cada um destes elementos, as incertezas intermediárias podem ser calculadas usando a regra 1; a partir daí, pode-se combiná-las usando a regra 2 para então chega-se à incerteza padrão combinada.

3.2.8 Incerteza Expandida (U)

O intervalo em torno do resultado de uma medição, e que pode ser esperado ao englobar um conjunto da distribuição de valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando pode ser definido como Incerteza Expandida (ISO GUM 2.3.5, 2003).

Notas (ISO GUM 2.3.5, 2003):

- Pode-se definir o conjunto como a probabilidade de abrangência ou nível de confiança do intervalo; e
- Um nível de confiança específico só pode ser associado ao intervalo definido pela incerteza expandida se houver suposições explícitas ou implícitas com respeito à distribuição de probabilidade caracterizada pelo resultado da medição e sua incerteza combinada. *O nível de confiança que pode ser atribuído a este intervalo só pode ser conhecido na medida em que tais suposições possam ser justificadas.*

Segundo Albertazzi e Souza (2008), ao multiplicar o fator de abrangência (k) pela incerteza padrão combinada (u_c), defini-se a incerteza expandida, equação 3.11.

$$U_p = k \cdot u_c \quad (3.11)$$

Comentário (Albertazzi e Souza, 2008): O Fator de Abrangência (k) trata-se de Distribuição de Probabilidade aproximadamente Normal, com graus de liberdade (ν) tendendo a infinito e tem-se:

- Caso geral $\rightarrow k=2 \rightarrow$ aproximadamente 95% de nível de confiança; e
- Aplicações críticas $\rightarrow k=3 \rightarrow$ aproximadamente 99% nível de confiança;

Se a incerteza tipo A for da mesma ordem de grandeza que as do tipo B, pode-se subestimar a incerteza expandida calculada citada acima, a menos que um grande número de medições tenha sido feita. Desta forma, somente a partir da “Distribuição-t” que pode-se obter um fator de abrangência (k), baseado no número efetivo de graus de liberdade (ν_{eff}) da incerteza padrão combinada (Albertazzi e Souza, 2008).

Ainda segundo Albertazzi e Souza (2008), para calcular os graus de liberdade efetivos (ν_{eff}) associados à Incerteza Combinada, usa-se a equação 3.12 de Welch Sattethrwaite.

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4}{\nu_i}} \quad (3.12)$$

Onde:

- ✓ u_i – representa cada uma das incertezas padrão i ;
- ✓ ν_i – representa os graus de liberdade de cada respectiva incerteza padrão u_i .

Através de Albertazzi e Souza (2008), para calcular os graus de liberdade “ ν_i ” de cada “ u_i ”, tem-se:

- Para a incerteza padrão do tipo “A” usa-se a equação 3.13:

$$v_i = N - 1 \quad (3.13)$$

Onde:

- ✓ N é o número de medições realizadas.
- Para os certificados de calibração, caso o valor “ v_i ” não seja informado, o mesmo poderá ser obtido com o valor de “ k ” fornecido no certificado, e selecionando na Tabela de Coeficientes de Student, o número de graus de liberdade correspondente à probabilidade de abrangência de 95,45%; e
Obs.: Interpolar o valor de “ k ” ou usar o valor de “ k ” imediatamente maior para obter “ v_i ” que será adotado como graus de liberdade (CERTI, 2012).
- Nos casos em que não são conhecidos os graus de liberdade das demais incertezas padrão, deve-se adotar infinitos graus de liberdade “ $v_i = \infty$ ” considerando que os valores estimados para “ a ” são seguros.

A tabela 3.1 é um exemplo de planilha utilizada para determinar a incerteza de uma variável utilizada em um memorial de cálculos.

TABELA 3.1: EXEMPLO DA PLANILHA USADA PARA A ESTIMATIVA DE INCERTEZA DE MEDIÇÃO.

Planilha para Estimativa de Incerteza de Medição										
								FORLEB_018		
								Revisão: 00		
								Data:		
								Folha 1/1		
Serviço				Valor de referência				Unidade		
Símbolo	Fontes de incerteza			Distribuição de probabilidade	Divisor	Coeficiente de sensibilidade c_i		Incerteza padrão u_i [m/s ²]	Grau de liberdade v_i	Porcentagem de contribuição [%]
	Nome	Valor (+/-)	Unidade			Valor	Unidade			
Incerteza padrão combinada (u_c)		Distribuição de probabilidade		Graus de liberdade (v_{eff})		Fator de abrangência (k)		Incerteza expandida (U) (Probabilidade ± 95%)		Unidade
		Normal								
Responsável pela emissão: Rodrigo Cerqueira					Autorizado por: Augusto N. C. Viana			Data:		

(Extraído e adaptado de CERTI, 2012).

4 Caracterização da Área de Estudo: Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB/UNIFEI)

O Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB), instalado na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), ocupa uma área física de 300 m², e está alocado no Instituto de Recursos Naturais (IRN) tendo sido inaugurado no dia 22 de novembro de 2001. O PROCEL/ELETROBRAS disponibilizou os recursos para a construção da 1ª Fase do LEB em condições de iniciar os ensaios de desempenho de grupos motobombas e atender o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O circuito constava de um tanque de 30 m³, cujo nível d'água está abaixo da linha de sucção da bomba, onde a mesma succionava a água e recalava para a tubulação principal de Pressão com diâmetro nominal de 203,2 mm (8"). Em seguida, a tubulação principal alimentava quatro tubulações com diâmetros nominais de: 25,4; 50,8; 101,6 e 203,2 mm, tendo em cada linha uma válvula esférica de bloqueio a montante e uma válvula globo de controle a jusante do medidor de vazão, ambas com acionamento manual.

As quatro linhas estão ligadas a uma tubulação de 203,2 mm, e retornam ao tanque de sucção. A figura 4.1 ilustra as instalações antigas com a linha de sucção, linha principal de recalque e as quatro linhas de recalque auxiliares, e entre as válvulas foi instalado um medidor de vazão eletromagnético, que possui leitura no display e pode alimentar um sistema de aquisição de dados, com saída do mesmo de 4 a 20 mA. Os medidores tem as seguintes faixas de vazão:

- Tubulação de 25,4 mm (1") → 0 a 4 m³/h;
- Tubulação de 50,8 mm (2") → 0 a 15 m³/h;
- Tubulação de 101,6 mm (4") → 0 a 60 m³/h; e
- Tubulação de 203,2 mm (8") → 0 a 250 m³/h;

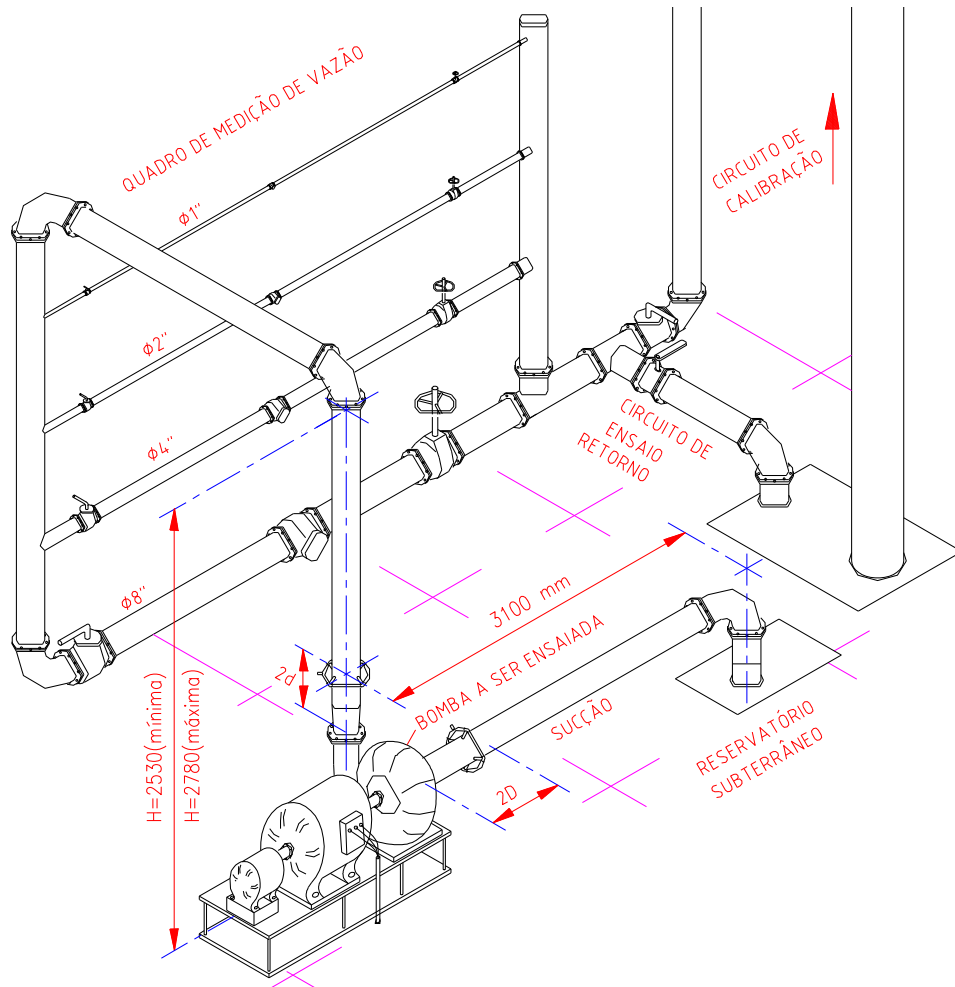


Figura 4.1: Vista da motobomba com a linha de sucção, linha de recalque principal e as quatro linhas de recalque auxiliares.

As figuras 4.2, 4.3 e 4.4 ilustram os detalhes do circuito de ensaios do LEB instalados no ano de 2001.

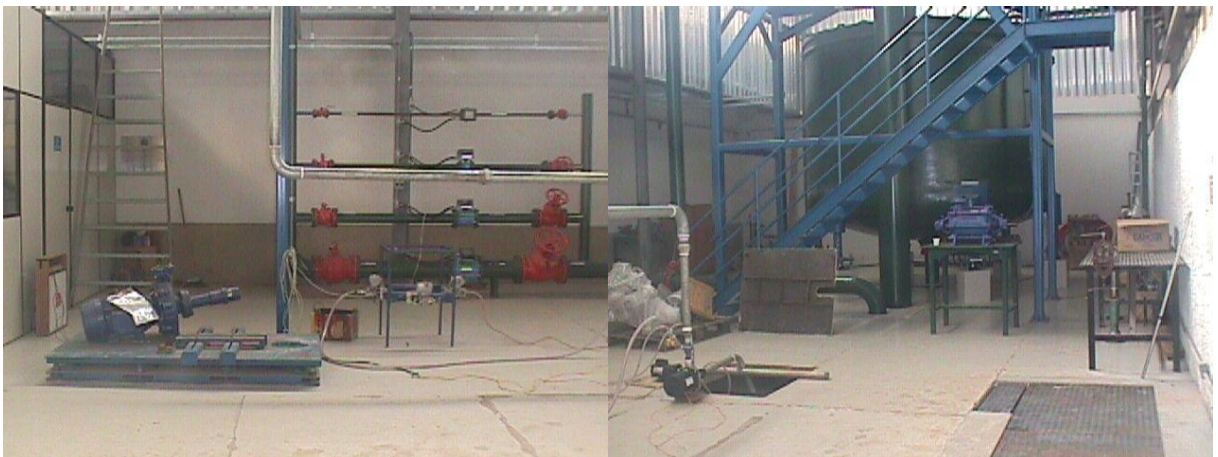


Figura 4.2: Vista das quatro linhas auxiliares de recalque (Esquerda); Vista da bomba succionando água do tanque submerso de 30 m^3 (Direita).



Figura 4.3: Vista da linha de sucção e da linha principal de recalque.



Figura 4.4: Vista da bomba succionando água do tanque submerso e anéis piezométricos para instalação dos medidores de pressão.

Para melhorar o atendimento do Programa Brasileiro de Etiquetagem e aos fabricantes em 2007 com recursos do PROCEL/ELETROBRAS, o LEB teve sua primeira etapa de modernização concluída, com a aquisição de equipamentos de última geração e a instalação de novos circuitos hidráulicos, visando à realização de ensaios de eficiência energética em bombas centrífugas. A modernização do laboratório fez parte do Projeto de Capacitação Laboratorial, coordenado pelo PROCEL/ELETROBRAS, com recursos do Global Environment Facility (GEF), repassados à ELETROBRAS pelo Banco Mundial (BIRD), e contando com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Como melhoria, foi selecionado um tanque de sucção para controle de pressão na entrada da bomba, visto que a instalação anterior não permitia esta operação. A razão disso foi que alguns fabricantes tinham esse controle e para não haver nenhuma contestação dos mesmos com relação aos ensaios comparativos, o LEB passaria a testar as bombas nas mesmas

condições. Desta forma, o circuito iniciar-se-ia no tanque de sucção com nível d'água acima da bomba, portanto uma instalação afogada. A bomba recalca para a linha de pressão, que alimenta as quatro linhas. Em cada linha foi substituídas a válvula esférica a montante e válvula globo a jusante dos medidores de vazão por válvulas motorizadas, que permitem o acionamento das mesmas via computador.

A escolha da linha a ser utilizada é pautada na vazão da bomba a ser ensaiada garantindo assim uma maior acurácia ao ensaio (VIANA et al., 2006).

Para o sistema de aquisição de dados foi adquirido o software LabView que permite a construção de um programa em linguagem gráfica onde todos os dados e resultados do ensaio são exibidos na tela do computador, não somente em forma numérica mas também em forma de desenhos permitindo ao operador um diagnóstico intuitivo no momento do ensaio do conjunto motobomba.

Os medidores de vazão são os mesmos, mas todos, agora, podem conversar com o sistema LabView. Foram adquiridos novos transdutores de pressão, tanto para entrada como para saída das bombas, com diferentes faixas de pressão, principalmente na saída da bomba, para atendimento aos diferentes fabricantes.

Na parte elétrica adquiriu-se medidores de grandezas elétricas de bancada, um dos mais modernos.

Com a modernização, o LEB ficou apto a realizar ensaios e calibrações:

- Ensaios de eficiência de bombas centrífugas até 50 kW;
- Calibração de medidores de vazão de até 304,8 mm (12");
- Calibração de transdutores de pressão e manômetros até 200 mca;
- Ensaios de cavitação até 50 kW; e
- Ensaio de válvulas de até 304,8 mm (12").

As figuras 4.5 e 4.6 ilustram o circuito atual do LEB.

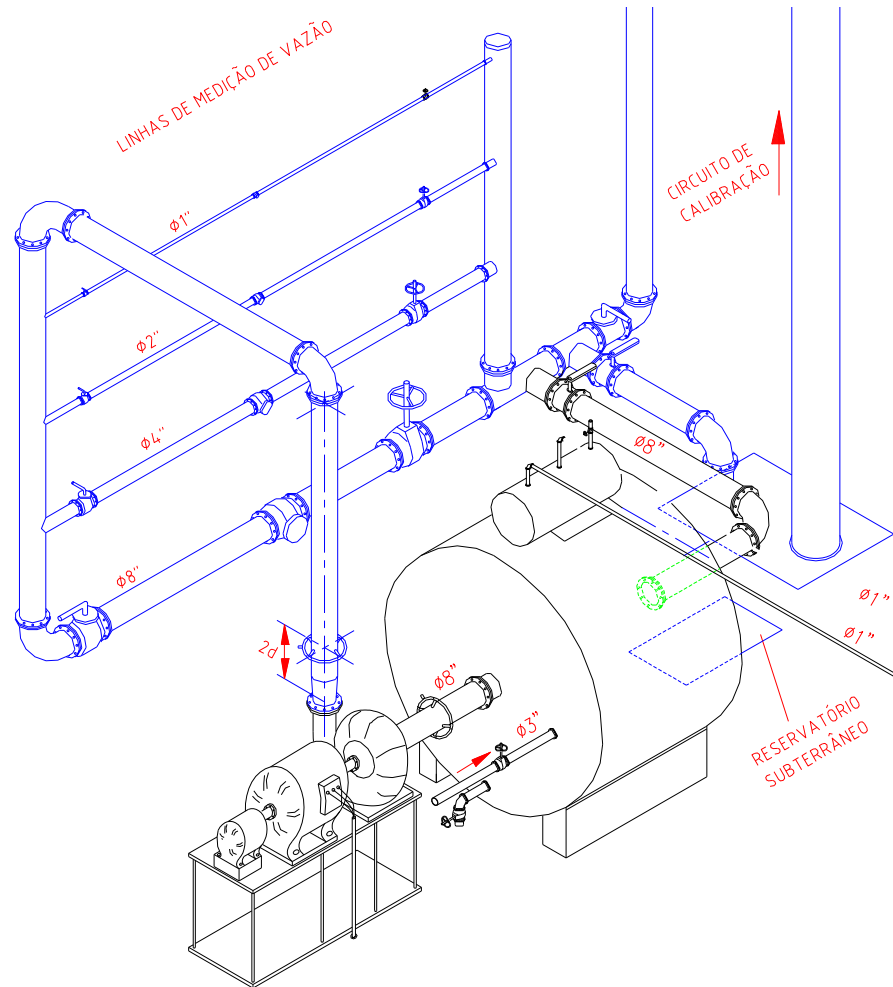


Figura 4.5: Novas instalações do LEB-UNIFEI – Croqui.



Figura 4.6: Novas instalações do LEB-UNIFEI - 2007.

4.1 Trabalhos realizados atualmente

Atualmente, os ensaios de eficiência energética são realizados através de uma adaptação da norma (ISO 9906, 1999) e que foi desenvolvida e aprovada dentro do CT-BOM. De acordo com o Anexo IV do RAC, o LEB executa os seguintes ensaios: o ensaio Interlaboratorial e o ensaio de concessão, ambos descritos no RAC 455, além do ensaio de acompanhamento de produção (ACP).

4.1.1 Ensaio Interlaboratorial

O fabricante envia para o LEB 1(um) conjunto motobomba ou bombas centrifugas com todos os itens utilizados no ensaio conforme padronização estabelecida pelo INMETRO. Essa amostra deve ter sido testada no laboratório do fabricante e os resultados devem ser encaminhados para o INMETRO e para o LEB mediante o preenchimento da PET.

A partir daí, o LEB elabora um ensaio de bomba hidráulica aquisitando de 15 a 20 pontos dentro da faixa de 0 até a máxima vazão indicada pelo fabricante. Feito isto, o laboratório determina o ponto de inflexão (Derivada Zero) que é chamado de Best Efficiency Point (BPE) ou em português: Ponto de Máxima Eficiência (PME). É através deste ponto “PME” que o laboratório avalia se a curva de rendimento máximo do ensaio realizado está na margem de $\pm 3\%$.

4.1.2 Ensaio de Concessão

Nesta etapa, o fornecedor que tiver laboratório próprio e tiver seu produto aprovado na etapa de comparação interlaboratorial terá o direito de declarar as informações técnicas referentes ao produto a ser etiquetado tendo que encaminhar para o INMETRO a solicitação da etiquetagem, a PET e a ENCE.

Já para os casos de fabricantes que não possuem laboratório próprio, os mesmos são obrigados a encaminhar, para ensaio no laboratório do LEB, cada modelo a ser etiquetado de todos os conjuntos motobombas ou bombas centrífugas pertencentes à mesma família, e em seguida enviar os dados completos para o INMETRO através da emissão das PET's.

4.1.3 Ensaio de Acompanhamento de Produção (ACP)

Feita as etapas 5.1.1 ou 5.1.2 (RAC 455) e estando o(s) produto(s) do fabricante aprovado, o INMETRO, por sua vez, após analisar as PET's, procede à seleção da amostragem que deve ser composta de 1 (um) conjunto motobomba ou bomba centrífuga para cada 5 (cinco) modelos de uma mesma família e comunica o fabricante sobre as amostras selecionadas que devem ser enviadas para o LEB ensaiar. Em caso de reprovação, o fabricante deve repetir o item 5.1.1 ou 5.1.2.

No caso da etapa de (ACP), é necessário levar em consideração o rendimento do motor, um fator que conseqüentemente provoca alteração na tolerância do "PME" que passa de $\pm 3\%$ para -7% no rendimento da bomba. Neste caso são aprovados os resultados que se mantem acima desse limite.

5 Resultados e Discussões

5.1 Cursos realizados para implantação da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005

Os cursos exigidos para a implantação da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 foram os realizados abaixo:

- Interpretação da norma: “Formação de Auditor Interno ISO 17025 Incluindo Interpretação dos Requisitos”: pela BSI Training em São Paulo – SP, no período de 12 a 14 de setembro de 2011; e
- Incerteza de Medição (PMF 3): pela Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras (CERTI) em Itajubá – MG, no período de 22 a 24 de maio de 2012.

5.2 Reforma do LEB/UNIFEI

Em 2012, como parte das adequações as exigências da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, o laboratório se viu obrigado a realizar uma reforma nas salas do LEB com a criação de um segundo piso com um novo almoxarifado e sala administrativa (Figura 5.1). A reforma foi feita com a instalação de bases metálicas para sustentação do 2º piso, divisórias e forros (Figuras 5.2, 5.3 e 5.4). No 1º piso foi mantida a sala de controle e um pequeno almoxarifado juntamente com o variador de tensão e transformador elevador (Figura 5.5). No 2º piso foi instalado um almoxarifado maior e uma sala de escritório. Tanto na sala de controle (1º piso) quanto na sala de escritório (2º piso) foram instalados ar condicionado (Figura 5.6).

Durante a Auditoria Interna contratada, foi recomendado ao LEB que instalasse um portão com tranca eletrônica para evitar a entrada de pessoas não autorizadas (Figura 5.7).

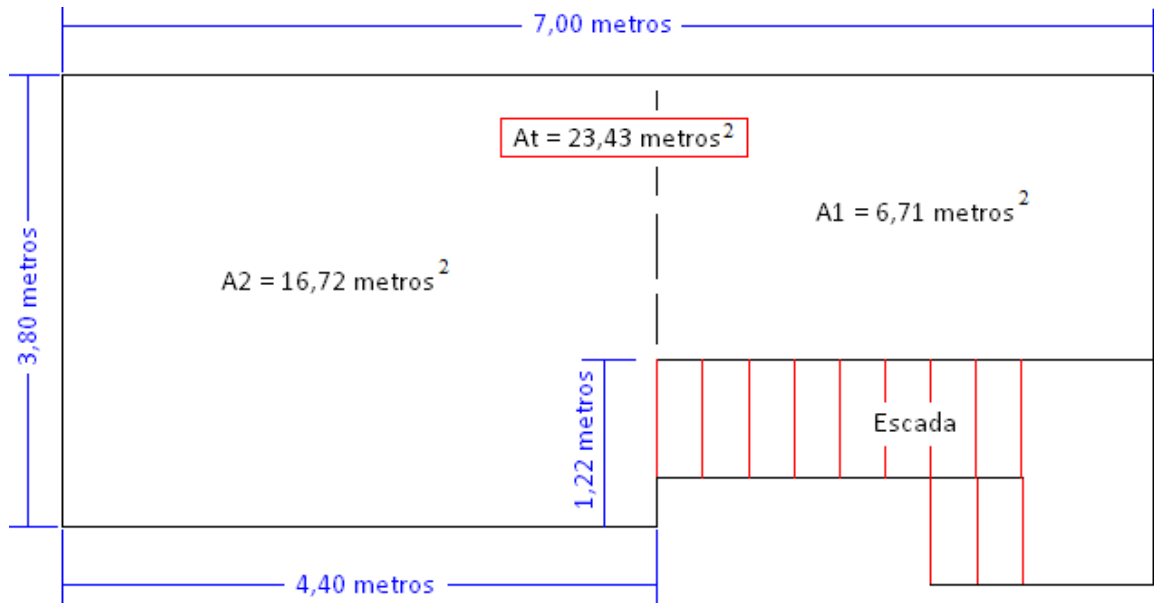


Figura 5.1: Croqui da sala do 2º piso do LEB-UNIFEI.



Figura 5.2: Reforma da sala de controle do LEB-UNIFEI.



Figura 5.3: Salas reformadas: sala de controle, almoxarifados e sala de reuniões do LEB-UNIFEI.



Figura 5.4: 1º e 2º pisos reformados.



Figura 5.5: Divisão do almoxarifado do 1º piso dos equipamentos variador de tensão e transformador elevador.



Figura 5.6: Colocação do ar condicionado nas salas do 1º e 2º pisos.



Figura 5.7: Instalação de um segundo portão com tranca eletrônica.

5.3 Elaboração dos Documentos

A partir dos três níveis hierárquicos de documentos e após muito trabalho, foi possível elaborar todo o Sistema de Gestão da Qualidade do LEB/UNIFEI que é composto por:

- Manual da Qualidade, LEB MQ 01-01;
- Procedimentos internos de gestão e técnicos (requisitos 4 e 5 respectivamente da norma);
- Planilhas de incertezas (item 6.6 a seguir);
- Procedimentos operacionais;
- Formulários de gestão e técnicos; e
- Documentos externos.

O Anexo I apresenta o texto desenvolvido para o Manual da Qualidade. Como o número de páginas desenvolvidas nos procedimentos e formulários foi muito grande, optou-se por não apresentar tais documentos em virtude do grande volume de folhas que esse proporcionaria. logo, segue as tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 com as listas mestras de procedimentos internos, formulários e documentos externos respectivamente desenvolvidos no trabalho.

TABELA 5.1: LISTA MESTRA DE PROCEDIMENTOS.

Código	Título	Item da Norma	Edição	Revisão
001	Cargos e funcionários	4.1	01	01
002	Informações confidenciais e direito de propriedades dos clientes	4.1	01	01
003	Procedimento para proteção e transmissão dos resultados	4.1	01	01
004	Competência, a imparcialidade, o julgamento e a integridade	4.1	01	01

	operacional			
005	Supervisão de pessoal	4.2	01	01
006	Controle de documentos	4.3	01	01
007	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos	4.4	01	01
008	Aquisição de serviços e suprimentos	4.6	01	01
009	Cadastro de fornecedores conformes	4.6	01	01
010	Atendimento ao cliente	4.7	01	01
011	Reclamações	4.8	01	02
012	Controle de ensaios não conformes	4.9	01	01
013	Melhoria contínua	4.10	01	01
014	Ação corretiva	4.11	01	01
015	Ação preventiva	4.12	01	01
016	Controle de registros	4.13	01	01
017	Auditorias internas	4.14	01	01
018	Análise crítica pela direção	4.15	01	01
019	Pessoal	5.2	01	01
020	Acomodações e condições ambientais	5.3	01	02
021	Métodos de ensaio	5.4	01	01
022	Estimativa da incerteza das medições de ensaios	5.4.6	01	01
023	Instrução de uso e operação de instrumentos e equipamentos para ensaios	5.5	01	01
024	Rastreabilidade de medição	5.6	01	01
025	Calibração de instrumentos e equipamentos utilizados nos ensaios	5.6.2.2	01	01
026	Transporte e armazenamento dos padrões de referência	5.6.3.4	01	01
027	Manuseio de itens de ensaio	5.8	01	01
028	Garantia da qualidade de resultados de ensaio	5.9	01	01
029	Apresentação de resultados	5.10	01	01
030	Ensaio de bomba hidráulica	5.9	01	01
031	Segurança do Trabalho	Não Consta	01	01
032	Calibração do sistema LabView	5.9	01	01
033	Utilização do arquivo 'ECB'	5.9	01	00
034	Utilização do site do LEB	5.9	01	00
035	Armazenamento de arquivos eletrônicos	5.9	01	00

TABELA 5.2: LISTA MESTRA DE FORMULÁRIOS.

Código	Título	Revisão
001	Solicitação de ensaio	00
002	PET	00
003	Cronograma da direção	00
004	Plano e relatório de auditoria	00
005	Check list	00

006	Relatório de não conformidade (RNC)	00
007	Relatório de ação preventiva (RAP)	00
008	ATA de reunião análise crítica de direção (ACD)	00
009	Plano anual de treinamentos	00
010	Pesquisa de satisfação do cliente	00
011	Tabulação da avaliação	00
012	Reclamações (RR)	00
013	Resultado de ensaio	00
014	Solicitação de compra e/ ou serviço	00
015	Cadastro de fornecedores conformes	00
016	Relatório de ação corretiva (RAC)	00
017	Fornecimento e controle de EPI's	00
018	Cálculo de incerteza de medição	00
019	Lista de equipamentos	01
020	Anotações de ensaio	02
021	Levantamento de curva de instrumento para uso no LabView	00
022	Plano de ensaios de proficiência e comparação interlaboratorial	00

TABELA 5.3: LISTA MESTRA DE DOCUMENTOS EXTERNOS.

Código	Título	Data da emissão	Local de verificação	Data da última verificação	Data da próxima verificação
01	Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 - Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. (Errata 1).	2006	Fichário LEB	12/02/2013	12/02/15
02	Norma ISO 9906 - Bombas Rotodinâmicas - Testes e Aceite de Desempenho Hidráulico - Graus 1 e 2.	1999	Fichário LEB	10/09/2012	10/09/14
03	GUIA 61 - Requisitos gerais para avaliação e credenciamento de organismos de certificação/ registro.	1997	Fichário LEB	10/09/2012	10/09/14
04	RAC 455 - Requisitos de Avaliação da Conformidade para Bombas e Motobombas Centrífugas.	2010	Fichário LEB	12/02/2013	12/02/15
05	CONMETRO 5 e 6 - Regulamento para Registro de Objetivo com Conformidade Avaliada através de Programa Coordenado pelo INMETRO.	2008	Fichário LEB	12/02/2013	12/02/15

5.4 Calibração dos Instrumentos e Equipamentos

O LEB/UNIFEI realizou consultas na página: <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/>, do INMETRO, onde foi possível encontrar empresas com potencial para calibrar no padrão RBC

todos os instrumentos e equipamentos utilizados nos ensaios de bombas hidráulicas pelo laboratório. A tabela 5.4 a seguir descreve todos os instrumentos e equipamentos utilizados nos ensaios de bombas centrífugas.

TABELA 5.4: LISTA DE EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS.

Nº	Nome	Fabricante	Faixa de medição	Local da Calibração	Data da última Calibração	Vencimento da Calibração
1	Medidor magnético de vazão	Krohne/Conaut	1" - 0 a 4 m ³ /h	Krohne/Conaut	07/05/2013	07/05/2014
2	Medidor magnético de vazão	Krohne/Conaut	2" - 0 a 15 m ³ /h	Krohne/Conaut	08/05/13	08/05/2014
3	Medidor magnético de vazão	Krohne/Conaut	4" - 0 a 60 m ³ /h	Krohne/Conaut	08/05/13	08/05/2014
4	Medidor magnético de vazão	Krohne/Conaut	8" - 0 a 250 m ³ /h	Krohne/Conaut	08/05/13	08/05/2014
5	Termopar PT-100	Iope	0 a 500 °C	Alutal	02/04/2013	02/04/2014
6	Medidor multivariável de grandezas elétricas digital	Yokogawa/WT230 760503	-	Elus Instrumentação	9/10/2012	9/10/2013
7	Transdutor de pressão	Smar	-10 a 10 mca	Smar	18/6/2012	18/6/2013
8	Transdutor de pressão	Smar	0 a 20 mca	Smar	6/8/2012	6/8/2013
9	Transdutor de pressão	Smar	0 a 40 mca	Smar	18/6/2012	18/6/2013
10	Transdutor de pressão	Smar	0 a 100 mca	Smar	18/6/2012	18/6/2013
11	Transdutor de pressão	Smar	0 a 150 mca	Smar	6/8/2012	6/8/2013
12	Transdutor de pressão	Smar	0 a 230 mca	Smar	6/8/2012	6/8/2013
13	Tacômetro digital	Instrutemp	0 a 5000 rpm	Elus Instrumentação	24/10/2012	24/10/2013
14	Paquímetro Analógico	Uyustools	0 a 150 mm	Fundação CERTI	19/6/2012	19/6/2014
15	Trena	Brasfort	0 a 5000 mm	Fundação CERTI	19/6/2012	19/6/2014
16	Medidor de grandezas elétricas	Yokogawa/CW 140	-	Elus Instrumentação	4/6/2012	4/6/2013
17	Termo higrômetro	Incoterm	0 a 100% UR -25 a 55 °C	Fundação CERTI	23/10/2012	23/10/2014
18	Termo higrômetro	Incoterm	0 a 100% UR -25 a 55 °C	Fundação CERTI	23/10/2012	23/10/2014

5.5 Ensaio e Relatório

Como exemplo de ensaio avaliado, pode-se citar o caso de uma motobomba ensaiada no LEB/UNIFEI e avaliar seus resultados.

- Bomba Ensaïada (Relatório LEB-00537a/2012):
 - ✓ Fabricante: Jacuzzi Brasil Indústria e Comércio Ltda.;
 - ✓ Tipo de Bomba: Motobomba centrífuga mono estágio de eixo horizontal;
 - ✓ Modelo: 3FB3-T;
 - ✓ Diâmetro do rotor [mm]: 190;
 - ✓ Rotação [rpm]: 1750;
 - ✓ Potência [cv]: 3;
 - ✓ Diâmetro D_1 [m]: 0,1070;
 - ✓ Diâmetro D_2 [m]: 0,0745;
 - ✓ Número de estágios: 1;
 - ✓ Motor: IP55;
 - ✓ Rendimento nominal do motor a 100%: 82,68;
 - ✓ Número de fases: 3.

As medições realizadas são provenientes de equações adquiridas do Anexo IV do RAC para levantamento dos seguintes gráficos:

- Vazão (Q) versus altura total de elevação (H);
- Vazão (Q) versus rendimento do conjunto motobomba (η_c);
- Vazão (Q) versus rendimento total da bomba (η_t);
- Vazão (Q) versus potência elétrica do motor (p_{el}); e
- Vazão (Q) versus potência de eixo da bomba (p_e).

E para a determinação dos seguintes rendimentos:

- Rendimento máximo do conjunto motobomba; e
- Rendimento máximo da bomba.

Para a determinação dos rendimentos citado acima, o Anexo IV do RAC orienta que além da varredura da vazão nula até a máxima, deve-se medir próximo ao rendimento máximo:

- No mínimo 10 pontos, sendo:
 - ✓ 5 (cinco) pontos acima do rendimento máximo; e
 - ✓ 5 (cinco) pontos abaixo do rendimento máximo.

Já para a confecção da curva, o Anexo IV do RAC recomenda a utilização de um polinômio do 2º grau, para que assim, determine-se ponto de máximo rendimento pela primeira derivada igual a zero.

Antes de descrever a análise de incertezas, segue abaixo algumas recomendações para o ensaio citadas no Anexo IV do RAC para as medidas de pressão na entrada e saída da bomba e que são seguidas pelo LEB. A figura 5.8 ilustra o croqui com os pontos de entrada (ponto 1 - sucção) e saída da bomba (ponto 2 - recalque) onde:

- As pressões são medidas através da conexão dos transdutores aos anéis piezométricos colocados respectivamente, na posição de entrada (1) e na posição de saída (2) da bomba;
- Os anéis piezométricos devem estar instalados em uma distância duas vezes os diâmetros das respectivas tubulações dos flanges de entrada e saída para o posicionamento dos pontos 1 (entrada) e 2 (saída) da bomba, ou no caso da entrada do flange da redução;
- Por segurança, a válvula de proteção do transdutor deve estar fechada, sendo somente aberta para as medições de pressão; e
- No caso das posições z_1 e z_2 , tem-se que:
 - ✓ As cotas $x(z_1)$ e $y(z_2)$ devem ser somados ao valor de z nos casos onde os transdutores estiverem instalados desnivelados da posição de medida;
 - ✓ Quando a pressão manométrica na posição 1 for negativa, o valor de x deve ser desprezado, pois haverá ar no tubo que alimenta o transdutor; e
 - ✓ Para os casos onde os transdutores estiverem nivelados entre si, $(z_2 - z_1)$ será nula (Figura 5.9).

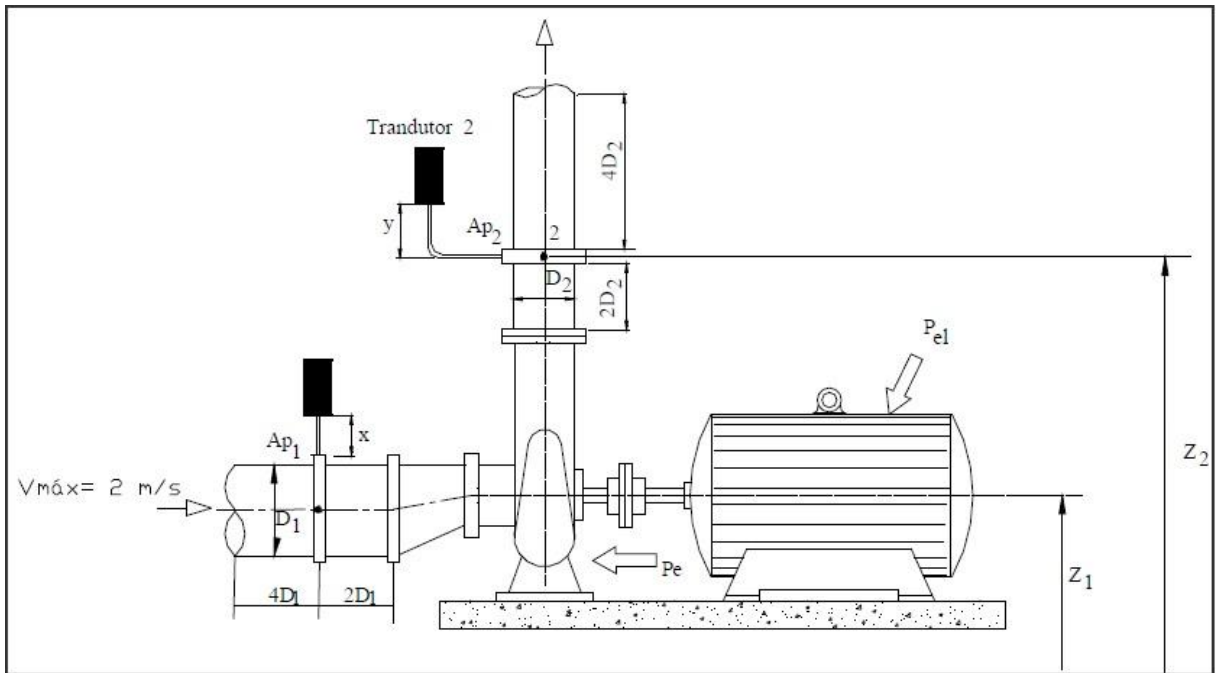


Figura 5.8: Croqui – Entrada (ponto 1) e saída (ponto 2) de uma motobomba.



Figura 5.9: Transdutores de pressão nivelados.

O Anexo II apresenta todos os dados adquiridos no ensaio da motobomba de modelo citado acima.

5.6 Análise de Incertezas

A norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 cita a precisão e calibração dos instrumentos e equipamentos como pontos chave para adquirir valores de incerteza mais confiáveis.

O LEB/UNIFEI utiliza o formulário 018 para estimar a incerteza de medição do ensaio. A tabela 3.1 descreve o exemplo da planilha utilizada para calcular as incertezas da medição. O LEB realiza os cálculos de incerteza para dois pontos apenas: 1 (um) antes e 1 (outro) depois do PME, entretanto o laboratório não insere a incerteza de medição no relatório de ensaio desde que o cliente solicite esta análise no ato do pedido para o ensaio e mediante o pagamento diferenciado pela execução do trabalho.

5.6.1 Memorial de Cálculos

Abaixo, segue o roteiro para obtenção das grandezas descritas no Anexo IV do RAC bem como o cálculo descritivo para a determinação e elaboração das planilhas de incertezas de medições.

5.6.1.1 Velocidade

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2}; v_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} \quad (5.1)$$

Onde:

- ✓ v_1 [m/s] - velocidade média de escoamento na entrada da bomba;
- ✓ v_2 [m/s] - velocidade média de escoamento na saída da bomba;
- ✓ Q [m³/s] – vazão medida no eletromagnético através da aquisição de dados;
- ✓ D_1 [m] - diâmetro interno na posição 1 (sucção);
- ✓ D_2 [m] - diâmetro interno na posição 2 (recalque).

$$\Delta v_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial Q} \Delta Q\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial D_1} \Delta D_1\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi D_1^2} \Delta Q\right)^2 + \left(-\frac{8Q}{\pi D_1^3} \Delta D_1\right)^2} \quad (5.2)$$

Onde:

- ✓ Δv_1 [m/s] – incerteza da velocidade média de escoamento na entrada da bomba;

- ✓ $\frac{\partial f}{\partial Q}$ – derivada parcial da vazão;
- ✓ ΔQ – incerteza da vazão;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial D_1}$ – derivada parcial do diâmetro de sucção;
- ✓ ΔD_1 – incerteza do diâmetro de sucção.

$$\Delta v_2 = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial Q} \Delta Q\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial D_2} \Delta D_2\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi D_2^2} \Delta Q\right)^2 + \left(-\frac{8Q}{\pi D_2^3} \Delta D_2\right)^2} \quad (5.3)$$

Onde:

- ✓ Δv_2 [m/s] – incerteza da velocidade média de escoamento na saída da bomba;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial Q}$ – derivada parcial da vazão;
- ✓ ΔQ – incerteza da vazão;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial D_2}$ – derivada parcial do diâmetro de recalque;
- ✓ ΔD_2 – incerteza do diâmetro de recalque.

Obs.: Para evitar o aparecimento de cavitação durante os ensaios, é recomendado que a velocidade média de escoamento na entrada da bomba (1) não ultrapasse 2 [m/s].

5.6.1.2 Altura

$$H = \left(\frac{p_2}{\rho g} - \frac{p_1}{\rho g}\right) + \left(\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}\right) + z_2 - z_1 \quad (5.4)$$

Onde:

- ✓ H [m] - altura total de elevação;
- ✓ $p_2/\rho.g$ [m] - pressão no manômetro transdutor na saída da bomba;
- ✓ $p_1/\rho.g$ [m] - pressão no mano vacuômetro transdutor na entrada da bomba;
- ✓ z_2 [m] – cota da instalação do manômetro transdutor até o chão;
- ✓ z_1 [m] – cota da instalação do mano vacuômetro transdutor até o chão.

$$\Delta H = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P_1/\rho g} \Delta p_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial P_2/\rho g} \Delta p_2\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial v_1} \Delta v_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial v_2} \Delta v_2\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z_1} \Delta z_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z_2} \Delta z_2\right)^2} \quad (5.5)$$

Onde:

- ✓ ΔH – incerteza da altura total de elevação;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_1/\rho g}$ – derivada parcial no manômetro transdutor na saída da bomba;
- ✓ Δp_1 – incerteza da pressão no mano vacuômetro transdutor na entrada da bomba;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_2/\rho g}$ – derivada parcial no mano vacuômetro transdutor na entrada da bomba;
- ✓ Δp_2 – incerteza da pressão no manômetro transdutor na saída da bomba;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial v_1}$ – derivada parcial da velocidade media de escoamento na entrada da bomba;
- ✓ Δv_1 – incerteza da velocidade media de escoamento na entrada da bomba;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial v_2}$ – derivada parcial da velocidade media de escoamento na saída da bomba;
- ✓ Δv_2 – incerteza da velocidade media de escoamento na saída da bomba;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial z_1}$ – derivada parcial cota da instalação do mano vacuômetro transdutor até o chão;
- ✓ Δz_1 – incerteza da cota da instalação do mano vacuômetro transdutor até o chão;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial z_2}$ – derivada parcial cota da instalação do manômetro transdutor até o chão;
- ✓ Δz_2 – incerteza da cota da instalação do manômetro transdutor até o chão.

Com as derivações, tem-se:

$$\frac{\partial f}{\partial P_1/\rho g} = \frac{\partial f}{\partial P_2/\rho g} = 1$$

$$\frac{\partial f}{\partial v_1} = \frac{v_1}{g}$$

$$\frac{\partial f}{\partial v_2} = \frac{v_2}{g}$$

$$\frac{\partial f}{\partial z_1} = \frac{\partial f}{\partial z_2} = 1$$

Substituindo as derivadas parciais, obtém-se a equação 5.6:

$$\Delta H = \sqrt{(1\Delta p_1)^2 + (1\Delta p_2)^2 + \left(\frac{v_1}{g} \Delta v_1\right)^2 + \left(\frac{v_2}{g} \Delta v_2\right)^2 + (1\Delta z_1)^2 + (1\Delta z_2)^2} \quad (5.6)$$

5.6.1.3 Potência Hidráulica

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-3} \quad (5.7)$$

Onde:

- ✓ P_h [kW] - potencia hidráulica;
- ✓ ρ [kg/m³] - massa específica da água;
- ✓ g [m/s²] - aceleração da gravidade;
- ✓ Q [m³/s] - vazão;
- ✓ H [m] - altura total de elevação.

O valor da aceleração da gravidade deverá ser considerado $g = 9,81$ [m/s²]:

O valor da massa específica deverá ser calculado pela equação 5.8.

$$\rho = 1000,14 + 0,0094 \cdot t - 0,0053 \cdot t^2 \quad (5.8)$$

Onde:

- ✓ ρ [kg/m³] - massa específica da água;
- ✓ t [°C] - temperatura da água aquirada durante o ensaio.

$$\Delta P_h = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial \rho} \Delta \rho\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial g} \Delta g\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Q} \Delta Q\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial H} \Delta H\right)^2} \quad (5.9)$$

Onde:

- ✓ ΔP_h – incerteza da potência hidráulica;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial \rho}$ – derivada parcial da massa específica;
- ✓ $\Delta \rho$ – incerteza da massa específica;

- ✓ $\frac{\partial f}{\partial g}$ – derivada parcial da aceleração da gravidade;
- ✓ Δg – incerteza da aceleração da gravidade;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial Q}$ – derivada parcial da vazão;
- ✓ ΔQ – incerteza da vazão;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial H}$ – derivada parcial da altura total de elevação;
- ✓ ΔH – incerteza da altura total de elevação.

Com as derivações, tem-se:

$$\frac{\partial f}{\partial \rho} = gQH10^{-3}$$

$$\frac{\partial f}{\partial g} = \rhoQH10^{-3}$$

$$\frac{\partial f}{\partial Q} = \rho gH10^{-3}$$

$$\frac{\partial f}{\partial H} = \rho gQ10^{-3}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.10.

$$\Delta P_h = \sqrt{\left((gQH10^{-3})\Delta\rho\right)^2 + \left((\rhoQH10^{-3})\Delta g\right)^2 + \left((\rho gH10^{-3})\Delta Q\right)^2 + \left((\rho gQ10^{-3})\Delta H\right)^2} \quad (5.10)$$

5.6.1.4 Rendimento do Conjunto

$$\eta_c = \frac{P_h}{P_{el}} \quad (5.11)$$

Onde:

- ✓ η_c [1] = rendimento do conjunto;
- ✓ P_h [kW] - potência hidráulica;
- ✓ P_{el} [kW] – potência elétrica (aquisitada no Wattímetro).

$$\Delta\eta_c = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P_h} \Delta P_h\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial P_{el}} \Delta P_{el}\right)^2} \quad (5.12)$$

Onde:

- ✓ $\Delta\eta_c$ – incerteza do rendimento do conjunto
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_h}$ – derivada parcial da potência hidráulica;
- ✓ ΔP_h – incerteza da potência hidráulica;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_{el}}$ – derivada parcial da potência elétrica;
- ✓ ΔP_{el} – incerteza da potência elétrica;

Com as derivações, temos:

$$\frac{\partial f}{\partial P_h} = \frac{1}{P_{el}}$$

$$\frac{\partial f}{\partial P_{el}} = -\frac{P_h}{(P_{el})^2}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.13.

$$\Delta\eta_c = \sqrt{\left(\frac{1}{P_{el}}\Delta P_h\right)^2 + \left(-\frac{P_h}{(P_{el})^2}\Delta P_{el}\right)^2} \quad (5.13)$$

5.6.1.5 Rendimento Total

$$P_e = P_{el} \cdot \eta_{el} \quad (5.14)$$

Onde:

- ✓ P_e [kW] - potência de eixo da bomba;
- ✓ P_{el} [kW] – potência elétrica;
- ✓ η_{el} [1] = rendimento elétrico (fornecido pelo fabricante do motor elétrico).

$$\eta_t = \frac{P_h}{P_e} \quad (5.15)$$

Onde:

- ✓ η_t [1] = rendimento total da bomba;
- ✓ P_h [kW] - potência hidráulica;
- ✓ P_e [kW] – potência de eixo.

$$\Delta\eta_t = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P_h} \Delta P_h\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial P_e} \Delta P_e\right)^2} \quad (5.16)$$

Onde:

- ✓ $\Delta\eta_t$ – incerteza do rendimento total;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_h}$ – derivada parcial da potência hidráulica;
- ✓ ΔP_h – incerteza da potência hidráulica;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_e}$ – derivada parcial da potência de eixo;
- ✓ ΔP_e – incerteza da potência de eixo;

Com as derivações, temos:

$$\frac{\partial f}{\partial P_h} = \frac{1}{P_e}$$

$$\frac{\partial f}{\partial P_e} = -\frac{P_h}{(P_e)^2}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.17:

$$\Delta\eta_t = \sqrt{\left(\frac{1}{P_e} \Delta P_h\right)^2 + \left(-\frac{P_h}{(P_e)^2} \Delta P_e\right)^2} \quad (5.17)$$

5.6.1.6 Correção da Vazão

$$Q_1 = Q \left(\frac{n_1}{n}\right) \quad (5.18)$$

Onde:

- ✓ Q_1 [m³/s] = Vazão corrigida para rotação constante n_1 ;
- ✓ Q [m³/s] = Vazão medida;
- ✓ n_1 [rpm] – rotação corrigida;
- ✓ n [rpm] – rotação medida.

$$\Delta Q_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial Q} \Delta Q\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial n} \Delta n\right)^2} \quad (5.19)$$

Onde:

- ✓ ΔQ_1 – incerteza da vazão corrigida parta rotação constante n_1 ;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial Q}$ – derivada parcial da vazão;
- ✓ ΔQ – incerteza da vazão;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial n}$ – derivada parcial da rotação;
- ✓ Δn – incerteza da rotação;

Com as derivações, temos:

$$\frac{\partial f}{\partial Q} = \left(\frac{n_1}{n}\right)$$

$$\frac{\partial f}{\partial n} = -Q \frac{n_1}{n^2}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.20.

$$\Delta Q_1 = \sqrt{\left(\frac{n_1}{n} \Delta Q\right)^2 + \left(-Q \frac{n_1}{n^2} \Delta n\right)^2} \quad (5.20)$$

5.6.1.7 Correção da Altura

$$H_1 = H \left(\frac{n_1}{n}\right)^2 \quad (5.21)$$

Onde:

- ✓ H_1 [m] = Altura corrigida parta rotação constante n_1 ;
- ✓ H [m] = Altura medida;
- ✓ n_1 [rpm] – rotação corrigida;
- ✓ n [rpm] – rotação medida.

$$\Delta H_1 = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial H} \Delta H\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial n} \Delta n\right)^2} \quad (5.22)$$

Onde:

- ✓ ΔH_1 – incerteza da altura corrigida parta rotação constante n_1 ;

- ✓ $\frac{\partial f}{\partial H}$ – derivada parcial da altura;
- ✓ ΔH – incerteza da altura;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial n}$ – derivada parcial da rotação;
- ✓ Δn – incerteza da rotação;

Com as derivações, temos:

$$\frac{\partial f}{\partial H} = \left(\frac{n_1}{n}\right)^2$$

$$\frac{\partial f}{\partial n} = -2H \frac{n_1^2}{n^3}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.23.

$$\Delta H_1 = \sqrt{\left(\frac{n_1}{n} \Delta H\right)^2 + \left(-2H \frac{n_1^2}{n^3} \Delta n\right)^2} \quad (5.23)$$

5.6.1.8 Correção da Potência de Eixo

$$P_{e1} = P_e \left(\frac{n_1}{n}\right)^3 \quad (5.24)$$

Onde:

- ✓ P_{e1} [kW] = Potência de eixo corrigida para rotação constante n_1 ;
- ✓ P_e [m] = Potência de eixo medida;
- ✓ n_1 [rpm] – rotação corrigida;
- ✓ n [rpm] – rotação medida.

$$\Delta P_{e1} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P_e} \Delta P_e\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial n} \Delta n\right)^2} \quad (5.25)$$

Onde:

- ✓ ΔP_{e1} – incerteza da potência de eixo corrigida para rotação constante n_1 ;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_e}$ – derivada parcial da potência de eixo;
- ✓ ΔP_e – incerteza da potência de eixo;

- ✓ $\frac{\partial f}{\partial n}$ – derivada parcial da rotação;
- ✓ Δn – incerteza da rotação;

Com as derivações, temos:

$$\frac{\partial f}{\partial P_e} = \left(\frac{n_1}{n}\right)^3$$

$$\frac{\partial f}{\partial n} = -3P_e \frac{n_1^3}{n^4}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.26:

$$\Delta P_{el} = \sqrt{\left(\left(\frac{n_1}{n}\right)^3 \Delta P_e\right)^2 + \left(-3P_e \frac{n_1^3}{n^4} \Delta n\right)^2} \quad (5.26)$$

5.6.1.9 Correção da Potência Elétrica

$$P_{el1} = P_{el} \left(\frac{n_1}{n}\right)^3 \quad (5.27)$$

Onde:

- ✓ P_{el1} [kW] = Potência elétrica corrigida para rotação constante n_1 ;
- ✓ P_{el} [m] = Potência elétrica medida;
- ✓ n_1 [rpm] – rotação corrigida;
- ✓ n [rpm] – rotação medida.

$$\Delta P_{el1} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P_{el}} \Delta P_{el}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial n} \Delta n\right)^2} \quad (5.28)$$

Onde:

- ✓ ΔP_{el1} – incerteza da potência elétrica corrigida para rotação constante n_1 ;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial P_{el}}$ – derivada parcial da potência elétrica;
- ✓ ΔP_{el} – incerteza da potência elétrica;
- ✓ $\frac{\partial f}{\partial n}$ – derivada parcial da rotação;

✓ Δn – incerteza da rotação;

Com as derivações, temos:

$$\frac{\partial f}{\partial P_{el}} = \left(\frac{n_1}{n}\right)^3$$

$$\frac{\partial f}{\partial n} = -3P_{el} \frac{n_1^3}{n^4}$$

Substituindo as derivadas parciais obtém-se a equação 5.29.

$$\Delta P_{el} = \sqrt{\left[\left(\frac{n_1}{n}\right)^3 \Delta P_{el}\right]^2 + \left[-3P_{el} \frac{n_1^3}{n^4} \Delta n\right]^2} \quad (5.29)$$

5.6.2 Exemplo para uma Bomba Ensaída

Como exemplo de metodologia aplicada, podemos citar a tabela 5.5 a seguir que descreve um exemplo de resultado de análise de incerteza para a potência hidráulica ensaiada para o modelo de bomba/ fabricante em questão.

TABELA 5.5: EXEMPLO DE RESULTADO DE ANÁLISE DE INCERTEZA PARA POTÊNCIA HIDRÁULICA (EXTRAÍDA E ADAPTADA DE CERTI, 2012).

UNIFEI		kb		Planilha para Estimativa de Incerteza de Medição				FORLEB 018			
								Revisão: 00			
								Data: 30/09/2012			
								Folha 1/1			
Serviço				Valor de referência				Unidade			
Potência Hidráulica: (P_n) - Antes do BEP				1,1427				kW			
Símbolo	Fontes de incerteza			Distribuição de probabilidade	Divisor	Coeficiente de sensibilidade c_i		Incerteza padrão u_i [kW]	Grau de liberdade ν_i	Porcentagem de contribuição [%]	
	Nome	Valor (+/-)	Unidade			Valor	Unidade				
UA	Incerteza Tipo A: Potência Hidráulica	0,002131	kW	Normal	1,00	1,000E+00	kW/ kW	0,002131	9	1,797E+00	
Uacelgrav	Incerteza da Aceleração da Gravidade	0,016133	m/ s ²	Normal	1,00	1,168E-01	kg m / s	0,001884	infinito	1,405E+00	
Umassesp	Incerteza da Massa Específica	0,026833	kg/ m ³	Normal	1,00	1,145E-03	m ⁵ / s ³	3,07E-05	infinito	3,735E-04	
UVazao	Incerteza da Vazão	4,26E-05	m ³ / s	Normal	1,00	1,161E+02	kg/ m . s ²	0,00494	infinito	9,655E+00	
UAltura	Incerteza da Altura	0,154693	m	Normal	1,00	9,594E-02	kg.m/ s ³	0,014841	infinito	8,714E+01	
Incerteza padrão combinada (u_c)		Distribuição de probabilidade		Graus de liberdade (ν_{eff})		Fator de abrangência (k)		Incerteza expandida (U) (Probabilidade ± 95%)		Unidade	
1,590E-02		Normal		2,789E+04		2,0001		3,180E-02		kW	
Responsável pela emissão: Rodrigo Cerqueira					Autorizado por: Augusto N. C. Viana			Data: 10/10/2012			

A tabela 5.6 a seguir descreve os resultados de análise de incertezas de medições obtidos para o modelo de bomba/ fabricante ensaiada.

TABELA 5.6: EXEMPLO DE RESULTADO DE VALORES E INCERTEZAS MEDIDOS EM UM ENSAIO.

VALORES E INCERTEZAS MEDIDOS							
Variável	Pontos em Relação ao PME (BEP)	Unidade de Medida	Leitura	Incerteza Expandida (U) (Probabilidade $\pm 95\%$)	k	Veff	Porcentagem da Incerteza (%)
Temperatura da Água	Antes	°C	23,673	0,236	2,001	2242,122	0,999
	Depois		23,701	0,234	2,001	3921,643	0,989
Vazão: Q	Antes	m ³ /h	35,416	0,153	2,212	13,798	0,433
	Depois		41,388	0,122	2,158	17,800	0,295
Altura: H	Antes	m	11,904	0,155	2,000	1057021,449	1,300
	Depois		10,689	0,147	2,000	225754,694	1,371
Potência Hidráulica: P _h	Antes	kW	1,143	0,032	2,000	27885,363	2,783
	Depois		1,200	0,034	2,000	175892,586	2,830
Potência Elétrica: P _{el}	Antes	kW	2,195	0,016	2,064	40,564	0,747
	Depois		2,259	0,012	2,000	12953,560	0,519
Potência de Eixo: P _e	Antes	kW	1,821	0,020	2,212	13,596	1,125
	Depois		1,872	0,014	2,320	9,291	0,732
Rendimento do Conjunto: $\eta_{conj.}$	Antes	%	52,052	0,034	2,320	9,325	0,065
	Depois		53,111	0,035	2,320	9,151	0,066
Rendimento Total: η_{total}	Antes	%	62,739	0,042	2,255	11,864	0,068
	Depois		64,108	0,036	2,320	9,825	0,056
Rotação	Antes	rpm	1753	2,021	2,231	12,103	0,115
	Depois		1751	2,021	2,231	12,103	0,115
Correção da Vazão: Q ₁	Antes	m ³ /h	35,355	0,361	2,284	10,094	1,022
	Depois		41,365	0,299	2,284	10,826	0,723
Correção da Altura: H ₁	Antes	m	11,863	0,363	2,320	9,533	3,062
	Depois		10,676	0,335	2,255	11,749	3,134
Correção da Pot. Elét: P _{el1}	Antes	kW	2,184	0,041	2,284	10,998	1,881
	Depois		2,255	0,033	2,320	9,933	1,447
Correção da Pot. de Eixo: P _{el}	Antes	kW	1,812	0,049	2,284	10,365	2,687
	Depois		1,869	0,035	2,284	11,000	1,849

5.7 Auditoria Interna

O LEB/UNIFEI contratou a Empresa Seta Planejamento da Qualidade Ltda. para executar a Auditoria Interna que foi realizada de 19 a 21 de junho de 2012.

A Figura 5.10 a seguir ilustra os resultados em porcentagem da lista de verificações da seção 4, requisitos de Direção, ao todo 88 e da seção 5, requisitos técnicos, ao todo 111 que foram avaliados e dados como atendidos ou não atendidos pela norma na Auditoria Interna. Percebe-se que o LEB, até o momento da Auditoria, atendia parcialmente aos requisitos da norma, necessitando de ações corretivas para o seu total cumprimento.



Figura 5.10: Requisitos atendidos e não atendidos pela norma após Auditoria Interna.

5.8 Auditoria do INMETRO

A Auditoria do INMETRO é a etapa presencial do processo de Acreditação descrito na figura 3.2 e tem como seu desfecho a “Decisão” e “Formalização” da Acreditação autorizada pelo INMETRO.

Com o final deste trabalho, o LEB terá plenas condições de ter o seu pedido de Acreditação formalizado junto INMETRO.

6 Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho mostram-se oportunos e eficazes no que diz respeito a concretização da Acreditação, da etapa de laboratório de ensaios, junto ao INMETRO. Além disso, coloca também o padrão de qualidade dos serviços prestados pelo LEB/UNIFEI em um novo patamar. O laboratório está em um nível de padrão internacional de gestão da qualidade e pode oferecer serviços e resultados de excelência técnica comprovada.

Após a Auditoria Interna, o LEB deu início a um processo de correção dos documentos até então elaborados, e criação e formatação de novos documentos que ainda não haviam sido observados como obrigatórios. A Auditora mostrou-se disposta a orientar na preparação dos novos documentos e na correção dos que necessitavam correções.

Da parte do CT-BOM, os membros e representantes do INMETRO no grupo já estão cientes das etapas realizadas até o momento e estão satisfeitos com os resultados obtidos pelo LEB até agora.

De acordo com os resultados da análise de incertezas, é possível verificar que apenas a “porcentagem da incerteza” da “Correção da Altura H_1 ” ficou acima dos 3% tanto para Antes como para Depois do PME. O padrão discutido e acertado pelo CT-BOM e descrito no RAC nº455 do INMETRO é de $\pm 3\%$.

Seguindo o item 5.10.3.1 (c) da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, onde aplicável, a declaração sobre a incerteza estimada de medição é optativa; a informação sobre a incerteza nos relatórios de ensaio é necessária quando ela for relevante para a validade ou aplicação dos resultados do ensaio, quando requerida na instrução do cliente ou quando a incerteza afeta a conformidade com um limite de especificação. O LEB/UNIFEI não insere a incerteza de medição nos relatórios de ensaios e só o faz através de solicitação do cliente no ato do pedido de lote para ensaio e mediante pagamento diferenciado pela execução do trabalho.

Os documentos elaborados já foram enviados para o INMETRO e o LEB/UNIFEI está aguardando o retorno do INMETRO para dar continuidade ao processo de Acreditação.

7 Intenções Futuras

A obrigatoriedade, imposta pelo INMETRO ao LEB/UNIFEI, de acreditar o laboratório proporcionou o início de um trabalho profissional no qual o LEB pode desfrutar de novos mercados. Uma vez acreditado para a área de ensaios e tornando-se assim membro da RBLE (Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios), fica como intenção futura a continuação dos estudos e implantação da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 para as áreas de calibração, nas quais o LEB possui estrutura física e instrumental. Dentre estas, o laboratório possui capacidade de calibração para:

- Medidores de Vazões;
- Transdutores de Pressão;
- Manômetros de Bourdon.

Dessa forma, num futuro muito próximo, o LEB poderá ser acreditado para as áreas de calibração tornando-se assim, também, membro da RBC (Rede Brasileira de Calibrações).

8 Referências Bibliográficas

ALBERTAZZI, A.; SOUZA, A. R. – **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. Barueri – SP, Manole, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7195 (ABNT/NB 76) – **Norma de cor na segurança do trabalho**. Rio de Janeiro: ABNT, 1959.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – **Guia para Expressão da Incerteza de Medição – (ISO GUM) Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement**. Rio de Janeiro: 3ª Edição Brasileira, ABNT, INMETRO, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR ISO 9001 – Sistema de gestão da qualidade – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

CARVALHO, A. D. **NBR ISO/IEC 17025:2005 - Conceitos básicos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. Rio de Janeiro: ELETROBRAS, 2008. **Página oficial das Centrais Elétricas Brasileiras S.A.** Disponível em: <<http://www.eletrobras.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

FILHO, A. P. **Acreditação do laboratório de metrologia dimensional da Universidade de Brasília, Região Centro-Oeste do Brasil**. Revista Produção Online, v.11, n.1, p. 96-115, mar., 2011 – ISSN: 1676-1901, www.producaoonline.org.br.

FUNDAÇÃO CENTROS DE REFERÊNCIA EM TECNOLOGIAS INOVADORAS, Santa Catarina: **CERTI**, Maio – 2012 – Curso PFM3 – Incerteza de Medição 127 páginas.

GONTIJO, F. E. K. **Problemática e Metodologia do Credenciamento de Laboratórios de Ensaio**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

GONZALEZ, R. V. D.; MARTINS, M. F. **Melhoria contínua no ambiente ISO 9001:2000: estudo de caso em duas empresas do setor automobilístico**. Produção, v. 17, n. 3, p. 592-603, 2007.

ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION). (2002). **About ILAC International Laboratory Accreditation Cooperation**. Retrieved May 1, 2002 from the World Wide Web: <http://www.ilac.org/about.htm>.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012. **Página oficial do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial: Acreditação de Laboratórios (ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2005**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/acre_lab.asp>. Acesso em: 23 de abr. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento específico para uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia: Linha de bombas centrífugas**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012. **Página oficial do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial: Portaria 455, de 01 de dezembro de 2010**. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001633.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Rio de Janeiro: INMETRO, 2012. **Página oficial do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial: Acreditação de Laboratórios (ABNT NBR ISO/IEC 17025: 2005**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/acre_lab.asp>. Acesso em: 23 de abr. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Rotodynamic pumps: hydraulic performance acceptance tests**. Geneva: ISO 9906, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 9000: Quality management systems foundations and vocabulary**, ISO, Geneva, Switzerland, 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO/IEC 17025: General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories**, ISO, Geneva, Switzerland, 1999.

KATERMAN, G.; BUYDENS L, **Quality Control in Analytical Chemistry**, second ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1993.

LIMA, G. M. et al. **Determinação da condutividade térmica pelo método da placa quente protegida**. V CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Salvador, 2008.

LOURO, L. O; SOUZA, C. R. V; BORGES, L. S; FILHO J. R. F. **Gestão de processos relativos ao produto: gestão da qualidade integrada em laboratórios de ensaios - ISO 17025 e BPL**. ENEGEP 2002, p. 1-2, 2002.

MAGALHÃES, J. G. **Sistema de gestão da qualidade para laboratório de metrologia de acordo com a NBR ISO/IEC 17025:2005**. Artigo referente ao trabalho de conclusão de curso, Engenharia de Produção-Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, p. 7-8, 2007.

MEDEIROS, M.; MEDEIROS, F.; FIDÉLIS, G. C. **ISO/IEC 17025: os laboratórios sobreviverão sem ela?** Metrologia e Instrumentação, n.25, 2009. Disponível em: <<http://www.banasmetrologia.com.br/textos.asp?codigo=945&secao=revista>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S.; TURRIONI, J. B.; SOUZA, L. G. M. **ISO 9001:2008 - Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços**. São Paulo: Atlas, 2009. 239 p.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

NORONHA, J. L.; MAGALHÃES, J. G. **Implantação do sistema de gestão da qualidade para laboratório de metrologia de acordo com a NBR ISO/IEC 17025:2005**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, F. M; BASSO, B. J. **Uso de softwares desenvolvidos para auxiliar nos sistemas de gestão da qualidade baseados na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025**. São Paulo: Labwin Serviços Especializados Ltda., 2008.

PALADINI, E. P. et al. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro, 2005. 355 p.

SIMONET, B. M; **Quality control in qualitative analysis**. Trends in Analytical Chemistry, Vol. 24, Nº 6, 2005.

SUZIK, H. A. **ISO 9000: rising to the next level**. Quality 38, 26–32; 1999.

THOMPSON, M.; ELLISON, S.; WOOD R.; **Pure Appl. Chem** 74 (2002) 835.

VLACHOS, N. A.; MICHAIL, C., and SOTIROPOULOU, D.: **Is ISO/IEC 17025 Accreditation a Benefit or Hindrance to Testing Laboratories? The Greek Experience** – Journal of food composition and analysis (2002) 15, 749–757; Available online at <http://www.idealibrary.com>.

VIANA, A. N. C. et al. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. Itajubá: FUPAI, 2006.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da teoria de erros**. São Paulo: 2º Edição revista e ampliada, Editora Edgard Blucher Ltda., 2000.

WENCLAWIAK, B.W.; KOCH, M.; HADJICOSTAS, E., **Quality Assurance in Analytical Chemistry**, Springer, Berlin, Germany, 2004.

Anexo I – Manual da Qualidade

HISTÓRICO DE ALTERAÇÕES		
REV.	DATA	ALTERAÇÃO EFETUADA
00	15/05/2012	Emissão do Documento
01	25/06/2012	Revisão após Auditoria Interna
02	15/02/2013	Revisão após Fechamento da Auditoria Interna

Eng. Rodrigo Júlio Cerqueira (UNIFEI – MG/Brasil) – sjc_rodrigo@yahoo.com.br – Avenida BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, Brasil, fone: (55) 35-3629-1384.

Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana (GEN/IRN/UNIFEI – MG/Brasil) – augustonelsonviana@yahoo.com.br – Avenida BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, Brasil, fone: (55) 35-9961-9502.

Técnico Júlio César dos Santos (UNIFEI – MG/Brasil) – juliodsq@gmail.com – Avenida BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, Brasil, fone: (55) 35-3629-1301.

Estagiária de Eng. de Produção Mariana Brito Barros (UNIFEI – MG/Brasil) – mariana@brittos.com.br – Avenida BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, Brasil, fone: (55) 35-3629-1301.

Estagiária de Eng. de Produção Julia Carvalho Pinto (UNIFEI – MG/Brasil) – juliacarvalhopinto@yahoo.com.br – Avenida BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá-MG, Brasil, fone: (55) 35-3629-1301.

Julia Carvalho Pinto Estagiaria de Eng. de Produção	Mariana Brito Barros Estagiaria de Eng. de Produção	Rodrigo Júlio Cerqueira SQ - Supervisor da Qualidade	Júlio César dos Santos ST - Supervisor Técnico	Augusto Nelson Carvalho Viana Coordenador
Elaboração		Coordenação & Elaboração	Análise Crítica	Aprovação

1. Introdução

O Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB), instalado na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), ocupa uma área física de 300 m², é administrado pelo Instituto de Recursos Naturais (IRN) tendo sido inaugurado no dia 22 de novembro de 2001. O PROCEL/ELETROBRÁS financiou o projeto para que o LEB se tornasse uma referência nos ensaios de desempenho de bombas centrífugas, e assim, atender o Programa de Etiquetagem junto aos fabricantes de bombas.

O LEB também integra o Programa de Etiquetagem de Bombas Centrífugas, que conta com fabricantes nacionais, cujos equipamentos são testados, conforme regulamento específico, para concessão da etiqueta nacional de conservação de energia e selo PROCEL.

Em 2007, com recursos do PROCEL/ELETROBRÁS, o LEB teve sua primeira etapa de modernização concluída, com a aquisição de equipamentos de última geração e a instalação de novos circuitos hidráulicos, visando à realização de ensaios de eficiência energética em bombas centrífugas. A modernização do laboratório fez parte do Projeto de Capacitação Laboratorial, coordenado pelo Procel/Eletróbrás, com recursos doados pelo Global Environment Facility (GEF), repassados à Eletróbrás pelo Banco Mundial (BIRD), e contando com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

O laboratório tem como característica fundamental a versatilidade. Atualmente o LEB possui equipamentos de última geração. A sua instrumentação é composta de medidores eletromagnéticos, transmissores de pressão, manômetros, tacômetro digital, medidor de grandezas elétricas e o sistema de aquisição de dados LabView, um dos mais renomados e eficientes do mercado.

Para os ensaios, o circuito utiliza um reservatório subterrâneo de sucção ou um reservatório de atmosfera controlada. A linha principal alimenta quatro linhas com diâmetros de 1", 2", 4" e 8" com a existência de válvulas de bloqueio, válvulas de controle de vazão e medidores eletromagnéticos de vazão com diferentes faixas de medição. A escolha da linha a ser utilizada é pautada na vazão da bomba a ser ensaiada garantindo assim uma maior acurácia ao ensaio (VIANA et al., 2006). Atualmente, os ensaios de eficiência ocorrem através de uma adaptação da norma (ISO 9906, 1999), desenvolvida e aprovada dentro do CT-BOM. Com a modernização atual, o LEB ficou apto a realizar ensaios:

- Ensaios de eficiência de bombas centrífugas até 50kW;
- Calibração de medidores de vazão até 12";
- Calibração de transdutores de pressão e manômetros até 200 mca;

- Ensaios de cavitação até 50kW; e
- Ensaio de válvulas até 12”.

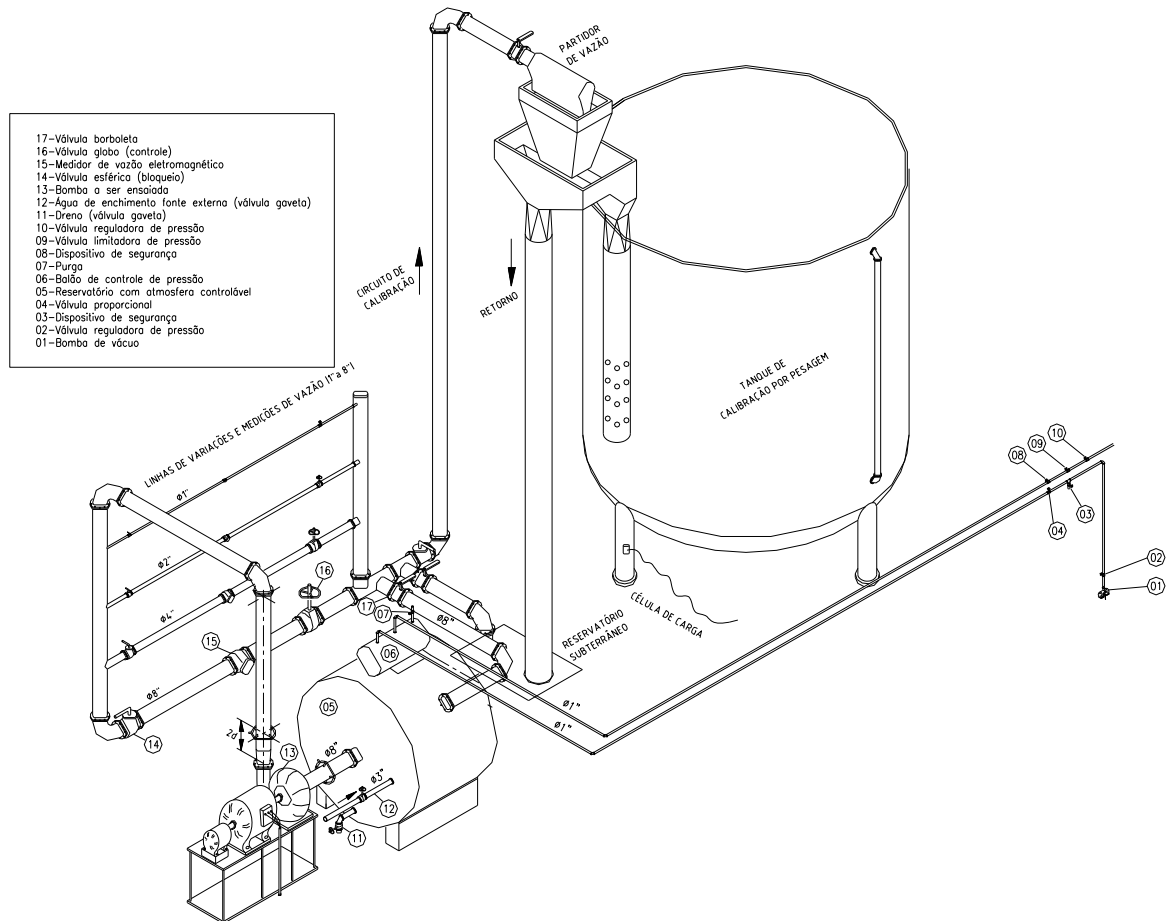


Figura Anexo I.1: Novas instalações do LEB-UNIFEI – Croqui.

2. Objetivo

O objetivo deste Manual da Qualidade é assegurar a conformidade do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) do Laboratório de Etiquetagem de Bombas (LEB) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) com os requisitos aplicáveis da norma brasileira ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Este manual é do tipo Referência (Road Map), pois os procedimentos são citados ao invés de fazerem parte deste.

O LEB/UNIFEI, na sua missão de dar suporte ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), através da avaliação e classificação de bombas centrífugas no tocante aos seus níveis de eficiência energética, compromete-se a buscar a excelência no exercício de suas funções, mediante o

atendimento à sua Política de Qualidade.

A Política de Qualidade é composta das seguintes diretrizes:

- Elaboração e manutenção de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) em conformidade com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005;
- Melhoria e aperfeiçoamento constante dos materiais e métodos empregados nos ensaios de eficiência de bombas hidráulicas;
- Manutenção de canais de comunicação com os parceiros, colaboradores e clientes, visando à melhoria dos serviços através de críticas e sugestões;
- Emprego de pessoal adequadamente qualificado e continuamente treinado para a realização de ensaios;
- Cumprimento de prazos pré-estabelecidos;
- Estudo e elaboração da otimização de recursos e processos;
- Adoção de uma postura preventiva visando eliminar possíveis fontes de erros e incertezas;
- Geração de conhecimento através de atividades de ensino e pesquisa correlatas aos serviços prestados.

3. Referências normativas

- ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005;

4. Terminologia

O laboratório utiliza a terminologia das normas:

- ABNT NBR ISO 9000:2005;
- VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia - Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos Associados - VIM 2012;

5. Exclusões

Neste item são listados os requisitos da norma brasileira ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 que são não aplicáveis ao LEB/UNIFEI, juntamente com a devida justificativa.

- 4.5 – “Subcontratação de ensaios e calibrações” – e seus subitens foram excluídos visto que o LEB/UNIFEI não subcontrata nenhum tipo de serviço;
- 5.3.3 – “Deve haver uma separação efetiva entre áreas vizinhas nas quais existam atividades incompatíveis. Devem ser tomadas medidas para prevenir contaminação

cruzada” – não existem nos arredores do LEB/UNIFEI áreas com atividades que possam alterar algum resultado de ensaio;

- 5.4.4 – “Métodos não normalizados” – pois todos os métodos utilizados pelo laboratório são normalizados e de conhecimento dos clientes, além de serem todos eles autorizados por estes;
- 5.4.5 – “Validação de métodos” – foi excluído porque, como citado anteriormente, os métodos utilizados são todos normalizados, logo são todos validados. O LEB/UNIFEI não utiliza nenhum método diferenciado que exija uma validação especial;
- 5.7– “Amostragem” – e seus subitens foram excluídos visto que o LEB/UNIFEI ensaia todas as bombas que recebe, não havendo amostragem.
- 5.10.4 – “Certificados de calibração” – e seus subitens foram excluídos visto que o LEB/UNIFEI não realiza calibrações.

6. Requisitos da Direção

6.1. Organização

O LEB/UNIFEI é um laboratório pertencente ao Instituto de Recursos Naturais (IRN), que é uma das unidades acadêmicas da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

- Laboratório de Etiquetagem de Bombas – Instituto de Recursos Naturais - (LEB/IRN/UNIFEI)
- Endereço: Av. BPS, 1303 – Bloco 8 – Bairro Pinheirinho – Itajubá – CEP 37500-903
- Telefone: 35 36291301
- Email: leb@unifei.edu.br
- Responsável técnico: Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

A administração dos recursos financeiros do LEB é realizada pela Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (FUPAI).

- Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (FUPAI)
- Cnpj: 18.025.536/0001-27
- Inscrição Estadual: Isenta
- Endereço: Rua Xavier Lisboa, 27 – Centro – Itajubá – CEP 37501-042
- Telefone: 35 36293500

O LEB/UNIFEI se compromete em atender as necessidades dos clientes, das autoridades regulamentadoras e das organizações que fornecerem algum tipo de reconhecimento aos serviços prestados.

De acordo com o item 4.1.5 (c) da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, é política do LEB/UNIFEI manter sigilo total das informações confidenciais, direitos de propriedade dos clientes e dos resultados dos ensaios.

De acordo com o item 4.1.5 (d) da norma, é política do LEB/UNIFEI não se envolver em quaisquer atividades que possam diminuir a confiança na sua competência, imparcialidade, julgamento ou integridade operacional.

A estrutura organizacional do LEB/UNIFEI bem como os seus relacionamentos na UNIFEI estão descritos no PROLEB_001.

No PROLEB_001, na matriz de descrição de cargos, estão descritos todos os contratados e, para cada um, pode-se verificar responsabilidades, atividades e a autoridade que cada um possui no processo de ensaios.

A UNIFEI assegura que a direção do LEB/UNIFEI é totalmente livre de qualquer pressão política, comercial, financeira ou outras que possam afetar adversamente a qualidade dos serviços prestados.

O LEB/UNIFEI possui uma equipe gerencial e técnica com autoridade e recursos para realizar suas tarefas, implementar, dar manutenção e melhorar o SGQ.

Todos também estão autorizados a identificar ocorrências de desvios do SGQ ou dos procedimentos estabelecidos para a realização dos ensaios, além de ser incentivados a tomar ações com o intuito de prevenir ou amenizar tais desvios, com a supervisão do supervisor técnico (ST).

No procedimento PROLEB_002 pode-se observar como são tratadas as informações confidenciais e os direitos de propriedades dos clientes e no procedimento PROLEB_003 é abordada a forma de proteção para o armazenamento e a transmissão eletrônica dos resultados.

A competência, imparcialidade, julgamento e integridade operacional do LEB/UNIFEI são assegurados no procedimento PROLEB_004, que garante ao laboratório o não envolvimento em qualquer tipo de operação que possa denegrir estes valores.

Todo o pessoal que realiza ensaios é supervisionado segundo o procedimento PROLEB_005. Os funcionários que estiverem em treinamento recebem uma tratativa especial também de

acordo com o PROLEB_005, onde eles recebem acompanhamento de um operador já treinado e certificado.

A gerência do LEB/UNIFEI possui total responsabilidade pelas operações técnicas e pelo fornecimento de todos os recursos imprescindíveis para o funcionamento do laboratório a fim de atender e assegurar a qualidade dos ensaios.

Quando um funcionário é admitido, é passada a ele a importância dele na organização e na manutenção do SGQ. Todos são incentivados a sugerir melhorias para o sistema, a fim de demonstrar que todos são indispensáveis para que os objetivos do SGQ sejam alcançados.

Os resultados referentes à eficácia do SGQ são periodicamente divulgados nos quadros do laboratório e via correio eletrônico a fim de que todos os funcionários do laboratório tenham conhecimento da atual situação e da necessidade ou não de ações preventivas ou corretivas.

O LEB/UNIFEI possui, mantém e procura constantemente a melhoria do seu SGQ que abrange em seu escopo todas as suas atividades. As políticas, sistemas, programas, procedimentos e instruções são todas documentadas para assegurar a qualidade dos resultados dos ensaios.

Toda documentação é elaborada e implementada por pessoal competente que, além disso, também transmite a informação e mantém sempre a preocupação de que todos os envolvidos entendam e tenham acesso rápido aos documentos sempre que necessário.

6.2. Sistema de gestão

As políticas do sistema de gestão do LEB/UNIFEI e a declaração da política da qualidade estão definidas na seção 2 deste manual. Nesta seção também estão os objetivos gerais que são analisados criticamente durante as análises críticas pela direção.

A Alta Direção do LEB/UNIFEI definiu a política da qualidade que inclui:

- A busca da melhoria contínua da eficácia do SGQ e da manutenção do LEB/UNIFEI conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, suportada pela direção.
- O comprometimento dela com as boas práticas profissionais e com a qualidade dos ensaios no atendimento a todos os clientes;
- Declaração da direção sobre o nível de serviço do laboratório;
- Propósito do sistema de gestão com respeito à qualidade;
- Ação para que todo o pessoal que trabalha com ensaios no LEB/UNIFEI esteja familiarizado com a documentação do SGQ e programe as políticas e os procedimentos nas suas atividades diárias.

Para evidenciar e afirmar o seu comprometimento com o sistema de gestão e com a melhoria contínua de sua eficácia, a alta direção procura sempre divulgar aos funcionários do LEB/UNIFEI as decisões tomadas que afetarão o SGQ e ela assegura a integridade do sistema de gestão quando essas mudanças são planejadas e implementadas.

Abaixo (figura 2), está descrita a estrutura da documentação do SGQ em 3 níveis de hierarquia.

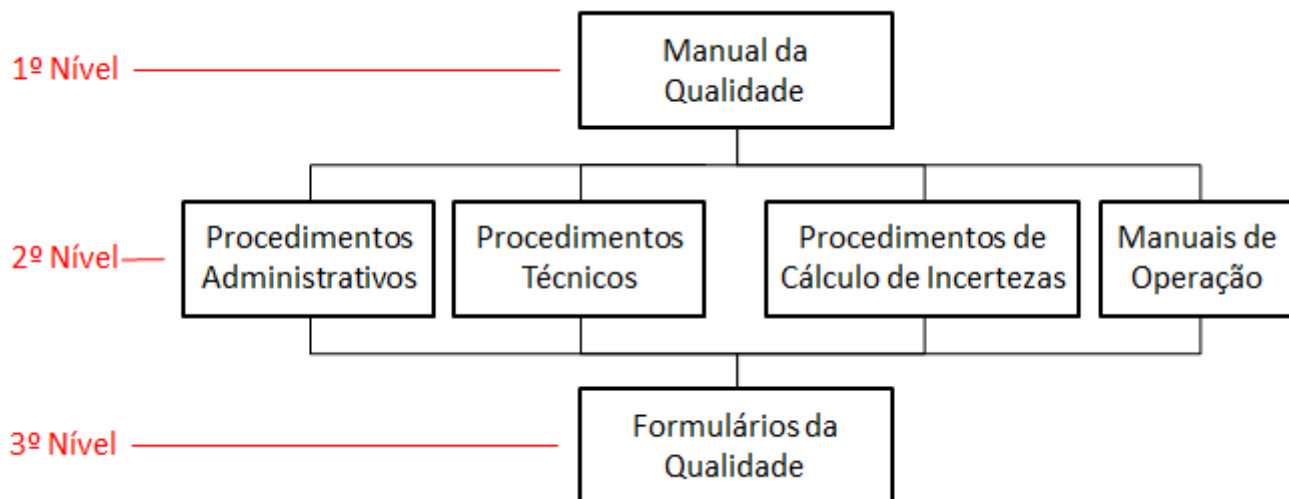


Figura Anexo I.2: Níveis documentais.

No organograma da empresa está identificado a função de Supervisor da Qualidade (SQ) que tem por responsabilidade, além das cotidianas, outras como a autoridade para implantar e manter constantemente o laboratório de acordo com o SGQ. O (SQ) tem acesso direto às decisões chaves do laboratório junto à alta administração quando se trata de políticas e recursos do LEB/UNIFEI.

Outra função definida no organograma do LEB/UNIFEI é o cargo de Supervisor Técnico (ST) que tem por responsabilidade a operação e o bom funcionamento do laboratório, a coordenação da equipe técnica, treinamento dos funcionários e avaliação periódica dos mesmos, elaboração e confecção dos resultados dos ensaios de bombas hidráulicas.

Todos os requisitos de clientes, assim como os estatutários e regulamentares, são compreendidos e tem sua importância levada em conta pela organização, pois a alta direção a mantém informada dessa necessidade.

A Alta Direção assegura, através de Análise Crítica e conversas entre seus funcionários, que a integridade do sistema de gestão seja mantido quando são planejados e implementados mudanças no SGQ.

6.3. Controle de documentos

O procedimento PROLEB_006 especifica como o LEB/UNIFEI elabora e controla todos os documentos que fazem parte do SGQ.

Toda a documentação do SGQ é analisada por pessoal autorizado e só é emitida para os funcionários do laboratório se autorizado.

Os documentos mais importantes que compõem o SGQ são os procedimentos e formulários internos do laboratório. Para evitar que estes documentos se tornem obsoletos, ou em uma edição e/ ou revisão que não seja a última, sejam usados, existe as listas mestras de procedimentos e de formulários.

A Lista Mestra de procedimentos é especificada através da edição, revisão, data da aprovação, número de páginas, local de distribuição e data da próxima análise crítica (período a cada 2 anos determinado pelo LEB/UNIFEI). A Lista Mestra de formulários é composta de revisão e data da aprovação.

Estas listas mestras bem como os textos dos procedimentos e formulários são de responsabilidade do (SQ) e este as mantém atualizadas para consulta de qualquer funcionário sempre que se fizer necessário.

Já os outros documentos como: regulamentos, normas, documentos normativos, certificados de calibração, notas fiscais, e os arquivos de métodos de ensaio tais como: desenhos, softwares, especificações, instruções e manuais são armazenados em pastas suspensas são armazenados em pastas suspensas etiquetadas no armário de arquivos ou, quando muito grandes, apenas dentro dos armários de arquivos do LEB/UNIFEI. Quando em arquivos eletrônicos, os documentos são armazenados em um único computador na pasta raiz "Documentos" e segmentados em nomes próprios como pastas de seleção. Os computadores do LEB são configurados para funcionar em rede e assim permitir o armazenamento em uma única máquina e o acesso pelos demais computadores em modo leitura.

O PROLEB_006 assegura ainda que somente documentos autorizados e aprovados sejam disponibilizados para utilização. Ele faz ligação à lista mestra da documentação para garantir que o documento seja disponibilizado no seu ponto de uso. Este procedimento também informa como agir no caso de obsolescência ou atualização, pois o documento antigo ou obsoleto deve ser retirado imediatamente do seu ponto de uso evitando que ele seja usado sem intenção. Também é especificada a correta tratativa para documentos obsoletos que, por motivos legais ou para preservação de conhecimento, devem ser retidos.

Todo documento possui uma data futura e periódica de reavaliação (de acordo com suas particularidades) a fim de mantê-lo sempre adequado aos requisitos aplicáveis e procurar melhorá-lo continuamente. Porém um documento pode ser alterado antes dessa data futura e pode acontecer também de, na análise feita nesta data, ele não necessitar de alteração.

A identificação dos documentos do sistema de gestão do laboratório é única e inclui: o número do documento, a data da emissão, a identificação da edição, da revisão, paginação, o número total de páginas, uma marca indicando o final do documento e a(s) autoridades(s) emitente(s).

Desde que não haja citação contrária no procedimento, qualquer alteração deve ser analisada criticamente e aprovada pela mesma função que realizou a análise crítica na elaboração deste. As pessoas envolvidas devem ter acesso a todas as informações para embasar sua análise crítica e dar o parecer final (aprovação ou rejeição).

No campo “Histórico” são indicadas as modificações que foram feitas no documento.

O LEB/UNIFEI permite que alterações manuscritas sejam feitas no procedimento, porém estas devem ser datadas e assinadas por quem realizou a alteração e o novo documento têm prazo máximo de 30 (trinta) dias para ser emitido e disponibilizado em seus pontos de uso.

Quando o documento existe apenas em sistemas computadorizados, ele também possui uma sistemática a ser seguida para que as alterações necessárias sejam realizadas. Tal forma de trabalho também é especificada no procedimento PROLEB_006.

6.4. Análise crítica de pedidos propostas e contratos

O LEB/UNIFEI tem a política de analisar criticamente todas as solicitações de clientes antes de aceitar o serviço. Para estes, o LEB/UNIFEI possui o procedimento PROLEB_007.

6.5. Subcontratação de ensaios e calibrações

O LEB/UNIFEI não subcontrata ensaios.

6.6. Aquisição de serviços e suprimentos

O LEB/UNIFEI tem uma política de seleção e compra de serviços e suprimentos utilizados que afetem a qualidade dos ensaios. Para estes, o LEB/UNIFEI possui o procedimento PROLEB_008 que trata da aquisição de serviços e suprimentos conforme: compra, recebimento, inspeção e armazenamento de suprimentos, reagentes, acessórios e materiais de

consumo que são significativos para os ensaios, de acordo com as especificações recomendadas dos clientes e fornecedores.

Sempre que algum produto que afete a qualidade dos ensaios (suprimentos, reagentes e materiais de consumo) chega ao laboratório ele não é utilizado até que seja inspecionado ou verificado. Para ser colocado em condições de uso ele deve atender todas as especificações de normas ou requisitos que são definidos pelos métodos de ensaios. Tais requisitos também estão descritos no procedimento PROLEB_008. As verificações são registradas e arquivadas, os produtos conformes recebem a identificação de produto “OK” e os não - conformes são segregados para retrabalho ou devolução ao fornecedor ou cliente.

Para todos os fornecedores de materiais de consumo, suprimentos e serviços críticos, que afetem os resultados dos ensaios, o LEB/UNIFEI possui um cadastro que é constantemente atualizado, de acordo com as avaliações feitas. Essas avaliações são registradas, arquivadas e os fornecedores aprovados são adicionados ao cadastro. O procedimento PROLEB_009 descreve os fornecedores conformes.

6.7. Atendimento ao cliente

De acordo com procedimento PROLEB_010, sempre que o cliente ou algum representante necessita de auxílio para emitir algum pedido ou monitorar o desempenho do LEB/UNIFEI quanto aos trabalhos realizados, ele obtém retorno quão breve possível desde que essa informação não seja confidencial a outros clientes. Desde que haja agendamento prévio, as portas do LEB/UNIFEI estão sempre abertas à visitação e acompanhamento de ensaios.

A fim de estreitar e, cada vez mais, melhorar as relações com os clientes, o LEB/UNIFEI faz anualmente uma pesquisa de satisfação com estes.

6.8. Reclamações

O LEB/UNIFEI tem uma política para solucionar as reclamações de clientes ou de outras partes. Para estes, o LEB/UNIFEI possui o procedimento PROLEB_011 que trata das reclamações de clientes ou de outras partes sendo que todas estas são analisadas criticamente pela direção e uma resposta é enviada ao emissor. Se a direção julgar pertinente, um plano de ação é aberto a fim de rastrear o problema e solucioná-lo para que ele não volte a ocorrer. Todos estes registros são arquivados para eventuais consultas futuras.

6.9. Controle de trabalhos de ensaio não conforme

O LEB/UNIFEI tem uma política para controle de trabalhos de ensaios não conformes que é executada quando qualquer aspecto do trabalho de ensaio foge da conformidade. Nela constam as seguintes diretrizes:

- O LEB/UNIFEI assegura a designação de responsabilidades e autoridades pelo gerenciamento do ensaio não conforme para o ST. É o ST que define e toma ações (incluindo interrupção do ensaio e retenção dos relatórios de ensaio quando necessário) quando for identificado ensaio não conforme;
- O ST do LEB/UNIFEI realiza:
 - ✓ Uma avaliação da importância do ensaio não conforme;
 - ✓ Efetua imediatamente a correção, junto com qualquer decisão sobre a aceitação do ensaio não conforme;
 - ✓ Quando necessário, comunica o cliente e o ensaio é dado como reprovado;
 - ✓ Define a responsabilidade pela autorização da retomada do ensaio.

Para essa política, o LEB/UNIFEI aplica o procedimento PROLEB_012. Sempre que algum aspecto ou resultado do ensaio não está conforme os procedimentos correntes ou o acordado com o cliente, esse procedimento é colocado em prática. Nele é designado responsabilidade e autoridade ao ST para gerenciar o trabalho não conforme, tomar as ações necessárias de acordo com a situação encontrada, definir o momento de retomar as atividades, além de fazer uma avaliação da importância deste trabalho. A correção deve ser realizada tão logo quanto possível e também o comunicado ao cliente e interrupção do trabalho, caso seja necessário.

6.10. Melhoria

O LEB/UNIFEI, através do procedimento PROLEB_013, assegura aprimorar continuamente a eficácia do seu sistema de gestão por meio do uso da política da qualidade, objetivos da qualidade, resultados de auditorias, análise de dados, ações corretivas e preventivas e análise crítica pela direção.

6.11. Ação corretiva

O LEB/UNIFEI tem a política e procedimento PROLEB_014 para designar autoridades apropriadas para implementar ações corretivas quando forem identificados trabalhos não conformes ou desvios das políticas e procedimentos no sistema de gestão ou nas operações técnicas.

6.12. Ação preventiva

O LEB/UNIFEI utiliza o procedimento PROLEB_015 para identificar oportunidades de melhoria ou se forem requeridas ações preventivas. Desta forma, o LEB/UNIFEI desenvolve, implementa e monitora planos de ação para reduzir a probabilidade de ocorrência de tais não conformidades e para aproveitar as oportunidades de melhoria.

O LEB/UNIFEI toma sempre o cuidado na classificação das ações para selecionar o procedimento correto a ser seguido visto que uma ação preventiva é uma ação pró ativa para alguma melhoria e não reação a problemas ou não conformidades. Quando se percebe uma tendência de piora nos indicadores de qualidade são traçadas ações preventivas a fim de evitar que os objetivos fiquem fora do planejado.

6.13. Controle de registros

O LEB/UNIFEI controla todos os seus registros de acordo com o procedimento PROLEB_016. Nele é especificado como identificar, coletar, indexar, acessar, arquivar, armazenar, manter e dispor quaisquer registros técnicos e do sistema de gestão.

Todas essas informações são mantidas legíveis e são armazenadas de tal forma que sua preservação ocorra da melhor maneira possível evitando qualquer tipo de dano e deterioração a fim de serem prontamente recuperados quando necessário, obedecendo ao tempo de retenção de cada um. O LEB/UNIFEI possui documentos tanto em meios eletrônicos quanto impressos e todos estes são mantidos em segurança e com a confidencialidade que cada um necessita. Os eletrônicos são protegidos e possuem cópia de segurança, além de ter acesso restrito quando solicitado à leitura ou gravação não autorizada.

O LEB/UNIFEI arquiva, por um período definido neste procedimento, os registros das observações originais, dados derivados e informações suficientes para suportar uma auditoria, registros de calibração, registro de pessoal e uma cópia de cada relatório de ensaio emitido.

6.14. Auditorias internas

A fim de verificar se as atividades diárias do LEB/UNIFEI estão atendendo aos requisitos do sistema de gestão, são realizadas periodicamente auditorias internas. Para realizá-las o LEB/UNIFEI aplica o procedimento PROLEB_017 que fornece todas as diretrizes necessárias. Todas as atividades são auditadas a cada ciclo de auditoria, que é de um ano. O (SQ) é o responsável pelo planejamento e organização das auditorias de acordo com o planejado no cronograma e solicitado pela alta direção.

Todos os auditores do LEB/UNIFEI são treinados, porém como o corpo de funcionários é pequeno, não é possível que um auditor realize auditoria em uma área independente da sua.

Se durante uma auditoria surgirem dúvidas quanto à eficácia das operações ou quanto à correção ou validade dos resultados dos ensaios, o LEB/UNIFEI toma imediatamente as ações corretivas necessárias conforme o procedimento PROLEB_014 e, se a investigação constatar que os resultados foram afetados, comunica os clientes por escrito.

Para cada auditoria é registrada a área assim como as respectivas constatações e as ações delas decorrentes. Neste mesmo documento ocorre o acompanhamento, registro e verificação de eficácia das ações corretivas realizadas.

6.15. Análise crítica pela direção

Uma vez por ano a Alta Direção do LEB/UNIFEI realiza a Análise Crítica do sistema de gestão da qualidade do laboratório e das atividades de ensaio, a fim de assegurar a melhoria contínua e eficácia do sistema implementando as mudanças e melhorias necessárias. Para realizar esta análise, a direção confecciona um cronograma das reuniões e utiliza o procedimento PROLEB_018.

Os resultados obtidos com essa reunião são utilizados para planejar o laboratório para o ano seguinte e traçar as metas e objetivos. Toda a reunião é minuta e registrada. Neste registro é especificado o prazo para as ações combinadas, quem irão realizá-las e quem fará a verificação da eficácia destas.

7. Requisitos Técnicos

7.1. Generalidades

Diversos fatores determinam a correção e a confiabilidade dos ensaios realizados pelo LEB/UNIFEI. Estes fatores incluem contribuições de:

- Fatores humanos – Pessoal (7.2);
- Acomodações e condições ambientais (7.3);
- Métodos de ensaio (7.4);
- Equipamentos (7.5);
- Rastreabilidade da medição (7.6);
- Amostragem (7.7); e
- Manuseio de itens de ensaio (7.8);

A extensão na qual os fatores contribuem para a incerteza total da medição difere consideravelmente entre (tipo de) ensaios. O LEB/UNIFEI leva em conta esses fatores no desenvolvimento dos métodos e procedimentos de ensaios, no treinamento e qualificação do pessoal e na seleção e calibração dos equipamentos que utiliza.

7.2. Pessoal

A direção do LEB/UNIFEI assegura a competência de todos que operam equipamentos específicos, os resultados dos ensaios são avaliados e os relatórios de ensaio assinados pelo responsável. Durante os treinamentos é realizada supervisão adequada do pessoal envolvido no mesmo. O pessoal que realiza tarefas específicas é qualificado com base na formação, treinamento e experiência apropriados e/ ou habilidades demonstradas, conforme requerido.

A direção do LEB/UNIFEI possui metas referentes à formação, treinamento e habilidades do pessoal de acordo com o procedimento PROLEB_019. O LEB/UNIFEI possui uma política e procedimentos que identifica as necessidades de treinamento e as proporciona ao pessoal. O programa de treinamento é realizado de acordo com as tarefas do LEB/UNIFEI e a eficácia é avaliada ao final do treinamento.

O pessoal utilizado no LEB/UNIFEI é supervisionado, competente e os mesmos trabalham de acordo com o sistema de gestão do LEB/UNIFEI. As funções de todo pessoal pertencente ao organograma do LEB/UNIFEI (gerencial e técnico) são descritas e especificadas.

Fora do escopo da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, porém não menos importante é a questão da Segurança do Trabalho dentro do LEB/UNIFEI. O procedimento (extra) PROLEB_031 descreve essa questão dentro do LEB/UNIFEI, bem como o Mapa de Risco de todos os locais de trabalho, o uso obrigatório de Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) e as sinalizações de segurança pertinentes.

7.3. Acomodações e condições ambientais

As instalações do LEB/UNIFEI para ensaio, as fontes de energia, iluminação e condições ambientais, são tais que facilitam a realização correta dos ensaios.

O LEB/UNIFEI garante que as condições ambientais não invalidem os resultados ou afetem adversamente a qualidade requerida de qualquer medição. As condições ambientais como: esterilidade biológica, poeira, distúrbios eletromagnéticos, radiação, umidade, alimentação elétrica, temperatura, níveis sonoros e vibração são documentadas, registradas e monitoradas de acordo com o procedimento PROLEB_020 conforme requeridos pelas especificações

sempre que há ensaios. Estes são interrompidos quando as condições ambientais comprometem os resultados.

O acesso e o uso de áreas que afetem a qualidade dos ensaios são controlados. O procedimento PROLEB_020 instruem os funcionários a manter a boa limpeza e arrumação no LEB/UNIFEI.

7.4. Métodos de ensaio

O LEB/UNIFEI utiliza procedimento PROLEB_021 para os métodos de ensaios apropriados para todos os ensaios de todas as bombas centrífugas dentro do seu escopo. Esses incluem manuseio, transporte, armazenamento e preparação dos itens que são ensaiados e, onde apropriado, uma estimativa da incerteza de medição, bem como as técnicas estatísticas para análise dos dados de ensaio.

O LEB/UNIFEI segue um método de ensaio próprio, validado e desenvolvido em acordo com INMETRO e ELETROBRÁS/PROCEL e todos os integrantes do CT-BOM (os fabricantes que enviam bombas para ensaio). Este método é baseado e bem semelhante à ISO 9906.

O procedimento PROLEB_030 descreve a realização do ensaio de bombas hidráulicas no LEB/UNIFEI de acordo os critérios para o programa de avaliação da conformidade para bombas e motobombas centrífugas, explicitando todos os passos executados para o ensaio de uma bomba hidráulica desde a montagem da bomba na linha de ensaio até o tratamento e apresentação dos resultados obtidos.

A faixa e a exatidão dos valores medidos nos ensaios são obtidas por métodos validados (por exemplo: a incerteza dos resultados, limites de detecção, seletividade do método, linearidade, limite de repetibilidade e/ ou reprodutibilidade, robustez contra influências externas e/ ou sensibilidade cruzada contra interferência da matriz da amostra ou objeto de ensaio), conforme avaliadas para o uso pretendido são pertinentes às necessidades dos clientes. O procedimento PROLEB_022 estima a incerteza da medição no ensaio.

7.5. Equipamentos

O LEB/UNIFEI possui instruções sobre o uso e a operação de todos os instrumentos e equipamentos pertinentes de acordo com o procedimento PROLEB_023. Todos os dados, instruções, normas e manuais aplicáveis ao trabalho do LEB/UNIFEI são atualizados e prontamente disponíveis para o pessoal. Os ensaios realizados fora do padrão estipulado pelos

procedimentos são documentados, tecnicamente justificados, autorizados e aceitos pelo cliente.

7.6. Rastreabilidade de medição

O programa de calibração dos equipamentos do LEB/UNIFEI é projetado, rastreado e operado de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Todos os instrumentos e equipamentos utilizados em ensaios no LEB/UNIFEI, incluindo instrumentos de medições auxiliares (por exemplo: termo higrômetro), que tenha efeito significativo sobre a exatidão ou validade do resultado do ensaio são rastreados e calibrados antes de entrar em serviço. O LEB/UNIFEI estabelece um programa de rastreabilidade através do procedimento PROLEB_024. Já o programa de calibração de instrumentos e equipamentos é apresentado no procedimento PROLEB_025. Os padrões de referência devem ser calibrados por organismos com o credenciamento da rede brasileira de calibração (RBC).

O LEB/UNIFEI executa o procedimento PROLEB_026 para efetuar em segurança o manuseio, transporte, armazenamento e uso dos padrões de referência e dos materiais de referência, de forma a prevenir contaminação ou deterioração e proteger sua integridade.

7.7. Amostragem

O item 5.7 da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 não se aplica ao LEB/UNIFEI, pois o mesmo executa ensaio em 100% das bombas enviadas pelos clientes.

7.8. Manuseio de itens de ensaio

No procedimento PROLEB_027 o LEB/UNIFEI descreve todo transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, cadastro, retenção, remoção de itens de ensaio enviados por clientes, neste procedimento também são citadas as providências necessárias para a proteção e integridade das bombas, com o objetivo de satisfazer as necessidades do cliente.

O LEB/UNIFEI possui um sistema que identifica todas as bombas enviadas pelo fabricante, e enquanto a bomba permanecer no LEB/UNIFEI a sua identificação é mantida. O sistema é operado de tal forma que as bombas nunca são confundidas.

Toda bomba recém-chegada é verificada para que possíveis anormalidades sejam detectadas e comunicadas ao cliente imediatamente. Ao contatar o cliente o funcionário do LEB/UNIFEI responsável o questiona sobre as anormalidades percebidas no equipamento.

O procedimento PROLEB_027 relata também como são armazenadas as bombas, como são as instalações em que elas se encontram e todas as instruções de como são manuseadas desde a chegada da bomba até a entrega com o devido ensaio realizado, com principal objetivo de evitar a deterioração das mesmas.

7.9. Garantia da qualidade de resultados de ensaio

O procedimento PROLEB_028 relata todo o controle de qualidade dos ensaios utilizando sempre ferramentas estatísticas para análise dos resultados.

Após a detecção de algum ensaio não conforme, o responsável pela atividade executa uma ação corretiva e corrige tal não conformidade. Evitando que dados incorretos sejam relatados.

O procedimento PROLEB_032 descreve a calibração do sistema de aquisição de dados LabView para garantia de qualidade dos resultados obtidos. Também o PROLEB_033 age como auxiliar ao PROLEB_032, tratando da utilização do arquivo de Excel 'ECB' – Equação de Calibração para bancada de ensaio – que permite encontrar a equação de primeiro grau para utilização no programa de aquisição de dados do LabView e que permite também a armazenagem destes dados para controle dos mesmos para cada instrumento de pressão, vazão e temperatura no LEB/UNIFEI.

7.10. Apresentação de resultados

O procedimento PROLEB_029 relata a apresentação de resultados do ensaio. Os resultados dos ensaios realizados pelo LEB/UNIFEI são relatados com exatidão, clareza, objetividade, sem ambiguidade e de acordo com quaisquer instruções específica nos métodos de ensaio, quando esta for aplicável, seja o registro digital ou impresso. O registro digital pode ser acessado pelo site do LEB/UNIFEI cujo procedimento PROLEB_034 indica como o acesso pode ser feito. Estes são relatados em relatórios de ensaios que contém toda informação solicitada pelo cliente e que seja necessária para interpretar os resultados. Se o ensaio for para cliente interno ou acordado com o cliente externo, os resultados são relatados de forma simplificada.

Os Relatórios de ensaios contêm:

- Título;
- Nome e endereço do LEB/UNIFEI;

- Identificação unívoca do relatório de ensaio (tal como número de série), e em cada página uma identificação que assegure que a página seja reconhecida como uma parte do relatório de ensaio, e uma clara identificação do final do relatório de ensaio;
- Nome e endereço do cliente;
- Identificação do método utilizado;
- Uma descrição, condição e identificação não ambígua, do(s) item(s) ensaiado(s);
- Data do recebimento do(s) item(s) de ensaio, quando isso for crítico para a validade e aplicação dos resultados, e a(s) data(s) da realização do ensaio;
- Referência ao plano e procedimentos de amostragem utilizados pelo laboratório ou por outros organismos, quando estes forem pertinentes para a validade ou aplicação dos resultados;
- Resultados do ensaio com as unidades de medida, onde apropriado;
- Nome(s), função(ões) e assinatura(s) ou identificação equivalente da(s) pessoa(s) autorizada(s) para emissão do relatório de ensaio;
- Onde pertinente, uma declaração de que os resultados se referem somente aos itens ensaiados.

Além destes itens os registros dos resultados podem ter, caso seja aplicável ou requerido:

- Desvios, adições ou exclusões do método de ensaio e informações sobre condições específicas de ensaio, tais como condições ambientais;
- Onde pertinente, uma declaração de conformidade/ não conformidade aos requisitos e/ ou especificações;
- Onde apropriado e necessário, opiniões e interpretações;
- Informações adicionais que podem ser requeridas por métodos específicos, por clientes ou grupos de clientes.

Todas as opiniões, interpretações, recomendações e orientações descritas na conclusão dos relatórios emitidos pelo LEB/UNIFEI são baseadas em conhecimentos científicos sólidos e atendem a norma brasileira ISO/IEC 170255 e ABNT ISO/IEC Guia 65.

Os ensaios de pressão e cavitação emitidos pelo LEB/UNIFEI atendem exatamente às necessidades do cliente.

Quando houver necessidade de emissão de uma emenda a um relatório a mesma será descrita como um novo documento. Sempre que o LEB/UNIFEI emitir um segundo relatório o mesmo fará referência ao primeiro.

Anexo II - Dados e Resultados obtidos em um Ensaio de Bomba Hidráulica



 		Universidade Federal de Itajubá Campus Prof. J. R. Seabra - Av. BPS, 1303 - Cx Postal 50 Itajubá/MG - CEP 37500 - 903 IRN - Instituto de Recursos Naturais LEB - Laboratório de Etiquetagem de Bombas		 	
Relatório de ensaio LEB-00537a/2012					
DADOS DO CLIENTE					
Cliente	JACUZZI DO BRASIL IND. E COM. LTDA				
Endereço	ROD. WALDOMIRO C. CAMARGO KM53,5				
Responsável	WALTER HERBST	Contato	walter.herbst@jacuzzi.com.br		
ITEM SOB ENSAIO					
Tipo da bomba	Motobomba Centrífuga Monoestágio de Eixo Horizontal				
Modelo	3FB3-T		Tipo	FECHADO	
Ø Rotor [mm]	190	Número série			
Rotação [rpm]	1.750		Pot. [cv / kW]	3	
D ₁ [m]	0,1070	D ₂ [m]	0,0745	Nº de estágios	
Motor	IP55			Data do ensaio	24/10/2012
Rendimento Nominal do Motor a 100%	82,68		Nº Fases	3	
Condições de ensaio	Bomba afogada com controle de pressão na sucção				

Figura Anexo II.1: Dados do fabricante e da bomba hidráulica a ser ensaiada.

RESULTADOS OBTIDOS NO LEB - BEP							
Q [m³/h]	H [m]	Pe [cv]	Pel [kW]	η_{bomba} [%]	η_{motor} [%]	$\eta_{conj.}$ [%]	T.da água [°C]
38,79	11,2	2,53	2,222	63,4	83,8	53,1	23,8
Rendimento da bomba - Tolerância observada				Rendimento da bomba - Tolerância permitida [%]			
Rendimento do conjunto - Tolerância observada				Rendimento do conjunto - Tolerância permitida [%]			
Equipe de trabalho responsável pelos ensaios							
Técnico de ensaio	Marcelo Machado Martins						
Supervisor técnico	Julio Cesar dos Santos						
Coordenador do LEB	Prof. Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana						
Ensaio de Concessão - Portaria Nº 455/2010 - item 7.3.1							

Figura Anexo II.2: Resultados e informações técnicas do LEB.

TABELA ANEXO II.1: DADOS OBTIDOS NO ENSAIO DO LEB.

Relatório de ensaio LEB-00537a/2012							
DADOS DO ENSAIO							
Q [m ³ /h]	P ₁ [m c.a]	P ₂ [m c.a]	T [°C]	n _{medida} [rpm]	P _{elétrica} [KW]	Tensão Fase Fase [V]	Corrente do motor [A]
3,22	1,54	16,37	24,2	1.778	1,293	220	0,000
6,05	1,48	16,32	23,9	1.775	1,392	220	0,000
8,74	1,43	16,26	23,8	1.773	1,496	220	0,000
11,72	1,40	16,22	23,8	1.770	1,606	220	0,000
14,59	1,38	16,11	23,7	1.768	1,700	220	0,000
17,70	1,37	15,92	23,8	1.765	1,789	220	0,000
20,72	1,35	15,60	23,6	1.763	1,873	220	0,000
23,45	1,34	15,26	23,7	1.761	1,946	220	0,000
26,81	1,32	14,78	23,7	1.759	2,034	220	0,000
29,67	1,30	14,21	23,8	1.757	2,091	220	0,000
32,48	1,28	13,58	23,7	1.755	2,135	220	0,000
35,42	1,26	12,96	23,7	1.754	2,195	220	0,000
38,34	1,24	12,35	23,7	1.752	2,221	220	0,000
41,39	1,21	11,63	23,7	1.751	2,259	220	0,000
44,24	1,19	10,85	23,7	1.750	2,286	220	0,000
47,35	1,15	9,81	23,8	1.749	2,302	220	0,000
50,19	1,13	8,92	23,7	1.748	2,315	220	0,000

TABELA ANEXO II.2: DADOS CALCULADOS NO ENSAIO DO LEB.

Relatório de ensaio LEB-00537a/2012							
DADOS CALCULADOS							
****	V ₁ [m/s]	V ₂ [m/s]	H [m.c.a]	P _{hidráulica} [kW]	P _{eixo} [cv]	η _{bomba} [%]	η _{conjunto} [%]
****	0,099	0,205	14,84	0,130	1,473	12,0	10,0
****	0,187	0,386	14,85	0,244	1,590	20,9	17,6
****	0,270	0,557	14,84	0,353	1,711	28,0	23,6
****	0,362	0,746	14,83	0,472	1,838	34,9	29,4
****	0,451	0,929	14,76	0,585	1,945	40,9	34,4
****	0,547	1,127	14,60	0,702	2,046	46,6	39,3
****	0,640	1,320	14,32	0,806	2,140	51,2	43,1
****	0,724	1,493	14,01	0,893	2,222	54,6	45,9
****	0,828	1,708	13,57	0,989	2,319	58,0	48,6
****	0,917	1,890	13,05	1,052	2,382	60,0	50,3
****	1,003	2,069	12,48	1,102	2,430	61,6	51,6
****	1,094	2,256	11,90	1,146	2,495	62,4	52,2
****	1,184	2,442	11,35	1,183	2,523	63,7	53,2
****	1,279	2,636	10,69	1,203	2,564	63,7	53,2
****	1,367	2,817	9,97	1,199	2,593	62,8	52,4
****	1,463	3,016	9,01	1,160	2,611	60,4	50,4
****	1,551	3,197	8,19	1,117	2,624	57,9	48,3

TABELA ANEXO II.3: DADOS CORRIGIDOS APÓS O ENSAIO DO LEB.

Relatório de ensaio LEB-00537a/2012							
DADOS CORRIGIDOS: $Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot Q_1$ $H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot H_1$ $P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \cdot P_1$							
Q_2 [m ³ /h]	H_2 [m.c.a]	P hidráulica [kW]	P eixo2 [cv]	P elétrica2 [kW]	η bomba [%]	η motor [%]	η conjunto [%]
44,03	10,0	1,193	2,59	2,282	62,6	83,5	52,3
43,22	10,2	1,196	2,58	2,274	62,9	83,6	52,6
42,42	10,4	1,197	2,57	2,266	63,2	83,6	52,8
41,61	10,6	1,197	2,56	2,257	63,4	83,6	53,0
40,81	10,8	1,195	2,55	2,248	63,6	83,6	53,2
40,00	11,0	1,192	2,54	2,238	63,7	83,6	53,3
39,19	11,2	1,188	2,53	2,227	63,7	83,7	53,3
38,39	11,3	1,182	2,52	2,216	63,7	83,7	53,4
37,58	11,5	1,175	2,51	2,205	63,7	83,7	53,3
36,78	11,7	1,167	2,49	2,193	63,6	83,7	53,2
35,97	11,8	1,158	2,48	2,180	63,4	83,8	53,1
35,16	12,0	1,147	2,47	2,167	63,2	83,8	52,9
34,36	12,2	1,135	2,45	2,153	62,9	83,8	52,7
33,55	12,3	1,122	2,44	2,139	62,6	83,8	52,5
32,75	12,5	1,108	2,42	2,125	62,2	83,8	52,2
31,94	12,6	1,093	2,40	2,109	61,8	83,9	51,8
31,13	12,7	1,077	2,39	2,094	61,4	83,8	51,4
30,33	12,9	1,060	2,37	2,077	60,8	83,9	51,0
29,52	13,0	1,042	2,35	2,061	60,3	83,9	50,5
28,72	13,1	1,023	2,33	2,043	59,7	83,9	50,1

TABELA ANEXO II.4: DADOS OBTIDOS PARA O BEP (PME) NO ENSAIO DO LEB.

BEP							
Q_2 [m ³ /h]	H_2 [m.c.a]	P hidráulica [kW]	P eixo2 [cv]	P elétrica2 [kW]	η bomba [%]	η motor [%]	η conjunto [%]
38,79	11,2	1,181	2,53	2,222	63,4	83,8	53,1

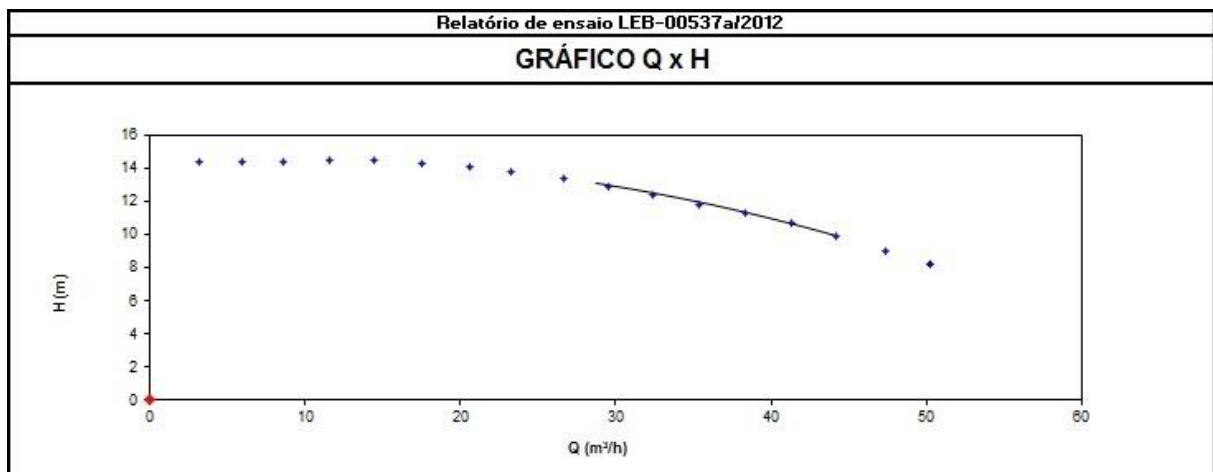


Figura Anexo II.3: Gráfico de Vazão versus Altura.

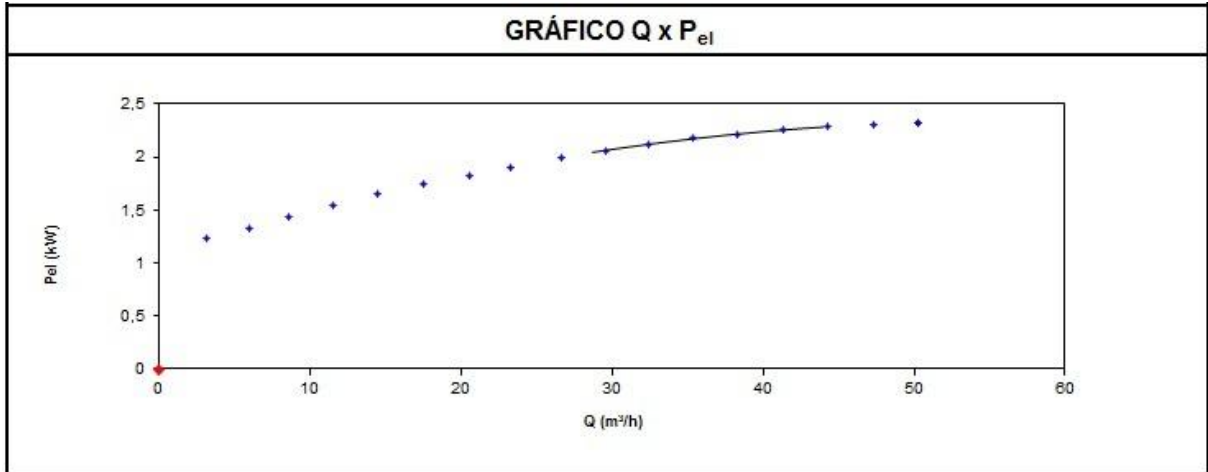


Figura Anexo II.4: Gráfico de Vazão versus Potência Elétrica.

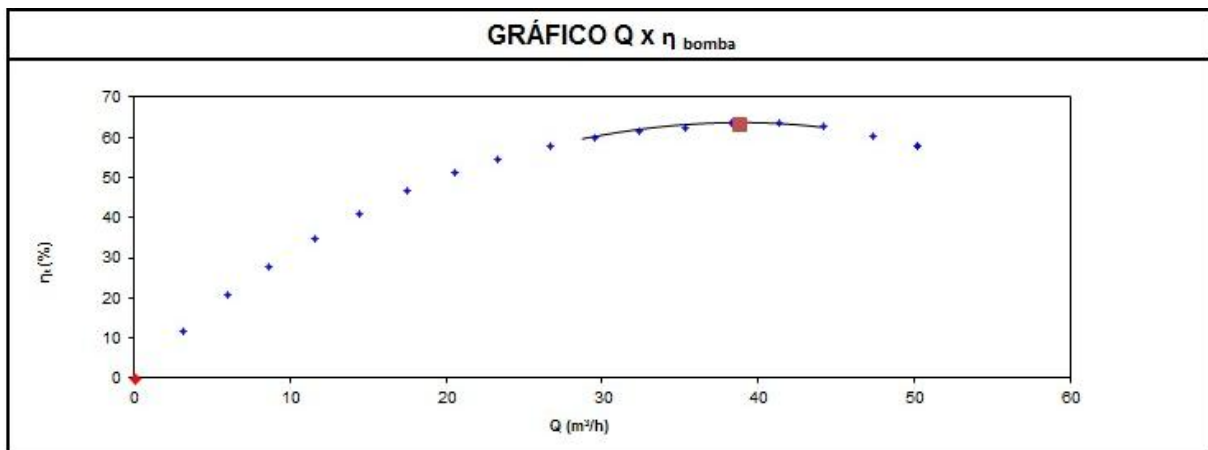


Figura Anexo II.5: Gráfico de Vazão versus Rendimento da Bomba.

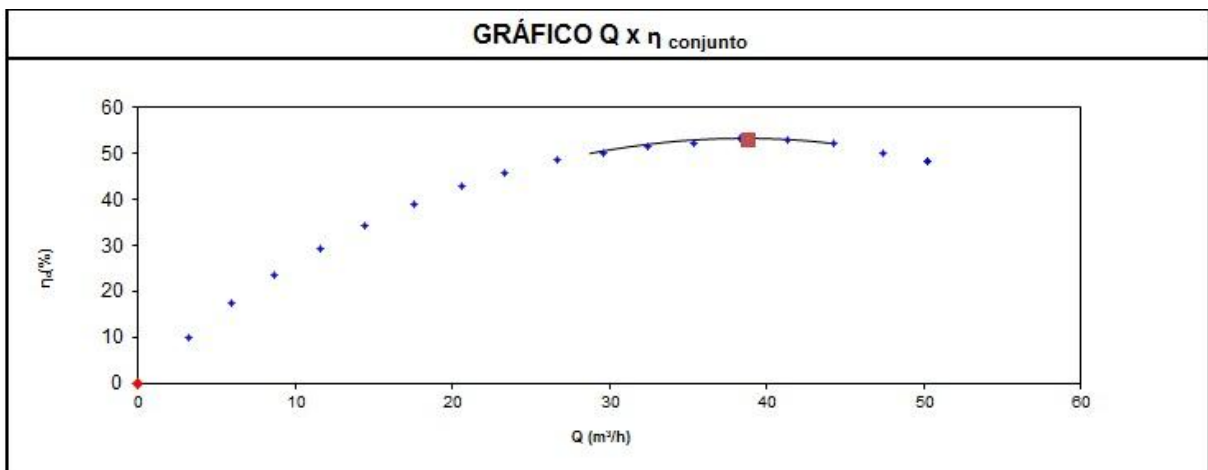


Figura Anexo II.6: Gráfico de Vazão versus Rendimento do Conjunto.