



Implementação de um Laboratório de Metrologia Elétrica

ANA ISABEL ALVES DE CASTRO

Outubro de 2015

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO



Implementação de um Laboratório de Metrologia Elétrica

Ana Isabel Alves de Castro

DISSERTAÇÃO/ PROJETO/ ESTÁGIO PROFISSIONAL (DPEPR)

Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia

Empresa: Bosch Car Multimedia, Braga - Portugal

Orientador no ISEP: Eng^o Carlos Sousa

Orientador na Empresa: Eng^o Alexandre Cardoso

14 de Outubro de 2015

Resumo

O presente documento relata todas as atividades que foram desenvolvidas no estágio curricular realizado na empresa Bosch Car Multimédia em Braga, no âmbito da disciplina "Dissertação/Projeto/Estágio Profissional" do Mestrado em Engenharia de Instrumentação e Metrologia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Sendo a Bosch uma empresa de grandes dimensões, necessita de inúmeros equipamentos elétricos devido aos elevados padrões de qualidade exigidos, para poder estar em conformidade a nível das calibrações. A redução de custos e dos tempos de calibração foram as principais motivações para a implementação de um Laboratório de Metrologia Elétrica na empresa. Inicialmente, foi destinado um espaço para o laboratório e adquirido todo o equipamento necessário. Além disto, foi necessário treinar e formar os colaboradores destinados ao laboratório, quer na área das normas a aplicar no processo, quer em específico, com a empresa fornecedora do *software* de calibração.

Ao longo dos doze meses, o estágio teve diversas fases, desde a aprendizagem do *software* utilizado, METCAL, elaboração de procedimentos de calibração para cada tipo de equipamentos na fábrica, realização de calibrações em coordenação com as diferentes áreas da empresa nos tempos e datas programados e análise dos certificados com sentido crítico, nomeadamente a nível de *layout* apresentado e incertezas associadas, para que o processo possa constantemente ser melhorado.

Todas estas fases possibilitaram a aquisição e aplicação de vários conceitos importantes na área da Metrologia Elétrica. A implementação de um Laboratório de Metrologia é um processo bastante longo e complexo, e por estas razões, atualmente ainda se realizam procedimentos para novos tipos de equipamentos, sendo feitas melhorias e estudos para que no futuro, a sua capacidade seja cada vez maior e melhor.

Abstract

This document reports all activities that were developed in the curricular internship conducted at the company Bosch Car Multimedia in Braga, related to the "Dissertation / Project / Internship" subject inserted in the Master of Instrumentation Engineering and Metrology, from School of Engineering-Oporto Polytechnic Institute.

Bosch is a large company which contains numerous electrical equipments due to the high quality standards required, so they need to be according calibration issues. Cost reduction and calibration times were the main reasons for the implementation of an Electrical Metrology Laboratory in the company. Initially, a space was designated, and all the necessary equipment for the laboratory was also acquired. In addition, it was necessary to train employees, destined for laboratory, in the standards to be applied in the process, and more specifically with the supplier of calibration software.

Over the twelve months, the stage had several phases, from learning the software used, MET-CAL, preparation of calibration procedures for each type of equipment in the factory, performing calibrations in coordination with the different areas of the company in the days and scheduled dates, and analysis of certificates with critical sense, namely the layout level presented and associated uncertainties so that the process can be constantly improved.

All these stages enabled the acquisition and application of several important concepts in the field of Electrical Metrology. The implementation of a Metrology Laboratory is a very long and complex process, and for these reasons, procedures are still taking place for new types of equipment, where improvements and studies are being done so that in future its capacity can be bigger and better.

Agradecimentos

Para realizar esta etapa da minha vida, foi necessário o apoio incondicional de diversas pessoas ao longo do tempo. Prioritariamente é necessário agradecer aos meus pais, por toda a educação que me deram, pois foi essa educação que me permitiu querer sempre dar o meu melhor nos estudos e conseguir tirar um curso superior. Todo o suporte económico que me proporcionaram também foi importantíssimo, pois sem ele, os meus objetivos não teriam sido alcançados.

Aos meus três irmãos, Cristina, Nuno e Filipe pela ajuda, amizade e companheirismo que tiveram comigo ao longo destes anos.

Ao Sr. António Cardoso, Sra. Rosalina Ferreira, Sr. António Maia, Hélder Vilas Boas e todo o restante grupo de QMM7, por todo o apoio e orientação que me deram na empresa, fazendo com que o meu estágio fosse organizado e concretizado da melhor forma possível.

Ao Eng. Carlos Sousa pela ajuda, orientação, empenho e dedicação que sempre disponibilizou com este trabalho.

Ao Eng. Joaquim Alves que sempre se prontificou a ajudar em todos os problemas que iam surgindo.

À Vanessa Estima, Rita Silva, André Carvalhas, Andreia Moreira e Carlos Costa que sempre me ajudaram em tudo ao longo destes últimos anos de estudante. A amizade deles foi importantíssima quer a nível académico quer a nível pessoal e ficará certamente para sempre.

À Eduarda Matos que para além da amizade que nos une, me acompanhou por mais dois anos de Mestrado.

Ao Nuno Oliveira, por todo o companheirismo e pela disponibilidade que teve em me ajudar, quando sentia mais dificuldades nos estudos.

Aos meus restantes familiares, amigos e colegas de equipa, que sempre me apoiaram e me deram bons momentos de descontração.

A todos vós, o meu Muito Obrigada.

Ana Castro

*I've missed more than 9000 shots in my career. I've lost almost 300 games.
26 times, I've been trusted to take the game winning shot and missed.
I've failed over and over and over again in my life.
And that is why I succeed.*

Michael Jeffrey Jordan

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	A Bosch	2
1.3.1	Unidade de Braga	3
1.3.2	Área da Qualidade	6
1.4	Estrutura da Dissertação	8
2	Estado da Arte	11
2.1	A Metrologia	11
2.1.1	Evolução da Metrologia	11
2.1.2	A Importância da Metrologia	13
2.1.3	Áreas de Atuação da Metrologia	14
2.1.4	Conceitos	15
2.1.5	Estrutura Internacional e Nacional	16
3	Gestão da Qualidade	21
3.1	Sistema para Gestão de Equipamentos	21
3.1.1	GEIME	24
3.1.2	Classificação de Equipamentos	24
3.1.3	IntervalMAX	25
3.2	Calibração Interna de EIME Elétricos	27
3.2.1	Normas Associadas	29
4	Implementação do Laboratório	39
4.1	Âmbito do Laboratório de Metrologia Elétrica	39
4.1.1	Pessoal	40
4.1.2	Instalações e Condições Ambientais	40
4.1.3	Métodos de Calibração e sua validação	41
4.1.4	Equipamentos	44
4.1.5	Avaliações	46
4.1.6	Rastreabilidade das Medições	46
4.1.7	Apresentação/Listagem de EIME	47
4.1.8	Manuseamento dos Itens a Calibrar	47
4.1.9	Garantir a qualidade dos resultados de ensaios e de calibrações	48
4.1.10	Apresentação de resultados	49
4.2	Calibração Elétrica	49
4.2.1	Padrões e <i>Software</i>	49

4.2.2	Procedimento de Calibração para o EIME Keithley 2700	51
4.2.3	Procedimento de Calibração para o EIME Sorensen DCS40-25E	63
4.2.4	Procedimento de Calibração para o EIME 105B FLUKE	66
5	Resultados	77
5.1	Certificados de Calibração	77
5.2	Incerteza de Medição	82
5.2.1	Abordagem ISO GUM e EA-4/02	83
5.2.2	Abordagem <i>Software</i> METCAL	88
5.2.3	Demonstração de Resultados	91
6	Conclusão	95
6.1	Conclusões	95
6.2	Trabalhos Futuros	98
A	PT001 - Gestão de equipamentos de teste/ensaio e Laboratório de Metrologia Elétrica	105
B	Âmbito do Laboratório de Metrologia Elétrica	113
C	IT QMM7 006M	125
D	IT QMM7 016M	127
E	IT QMM7 008M	129
F	IT QMM7 009M	131
G	Especificações dos Padrões de Medição	133
H	Comandos do software METCAL.	137

Lista de Figuras

1.1	Bosch Car Multimedia.[3]	4
1.2	Marcas de Automóvel com as quais a Bosch trabalha.[4]	5
1.3	Organização da BrgP.[3]	6
1.4	Divisões na área de QMM.	7
1.5	Principais funções de QMM7.	7
2.1	Áreas de atuação da Metrologia.	14
2.2	Cadeia de Rastreabilidade.[14]	16
2.3	Organização Internacional. CCEM para Eletricidade e Magnetismo, CCPR para Fotometria e Radiometria, CCT para Termometria, CCL para Comprimento, CCTF para o Tempo e Frequência, CCRI para as Radiações Ionizantes, CCU para as Unidades, CCM para a Massa e Grandezas relacionadas e CCQM para a quantidade de matéria.[7]	17
2.4	Alguns símbolos de referência (IPAC e Ilac).	20
3.1	Verificação da possibilidade de calibração do novo EIME no LME.	22
3.2	Decisão para parâmetros de calibração.	22
3.3	Calibração externa e interna em BrgP.	23
3.4	GEIME - Sistema de base de dados.[23]	24
3.5	Classificação dos EIME.	25
3.6	Quantidade de EIME existentes em BrgP.	27
3.7	Pequeno estudo sobre custos de investimento no laboratório.	28
3.8	Normas importantes relativas à implementação do laboratório.	29
3.9	Requisitos da inerentes à confirmação metrológica.	31
3.10	Norma interna - CDQ 1001.	36
3.11	Norma interna - CDQ 1002.	37
4.1	Organograma do LME.	40
4.2	Termo-higrómetros utilizados nas calibrações.	41
4.3	Processo utilizado para realizar os procedimentos de calibração (PC).	42
4.4	Sequência da informação.	43
4.5	Carrinho utilizado para calibrações no local.	45
4.6	Rastreabilidade apresentada no LME.	46
4.7	Procedimento geral do LME.	47
4.8	Calibrador FLUKE 5522A.[41]	50
4.9	Calibrador FLUKE 5080A.	50
4.10	Calibrador FLUKE 8508A.[43]	51
4.11	Calibrador Agilent 3458A.[44]	51
4.12	Esquema geral explicativo da calibração de um multímetro/data acquisition.	52

4.13	Janela da base de dados METTRACK.	53
4.14	Pastas e ficheiro executável criadas pelo <i>software</i>	53
4.15	Janela principal do METCAL Editor.	54
4.16	Parte inicial do programa no METCAL Editor.	54
4.17	Mensagens que aparecem ao executar o ficheiro pxe.	55
4.18	Introdução do NICE da UT e outros dados.	55
4.19	Endereço GPIB e identificação da UT logo se seguida.	56
4.20	Programação para a realização do <i>SELF-TEST</i>	56
4.21	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para os testes de tensão AC e DC.	57
4.22	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de frequência.	58
4.23	Diferença da medição de resistência a 2 e 4 fios.[47]	59
4.24	Primeiro ciclo: corrente ON.[48]	59
4.25	Segundo ciclo: corrente OFF.[48]	60
4.26	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de resistência a 4W.	61
4.27	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de resistência a 4W.	61
4.28	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste corrente AC e DC.	62
4.29	Últimas mensagens antes de terminar a execução do ficheiro.	62
4.30	Exemplo para a medição da temperatura num multímetro.	63
4.31	Montagem necessária para calibração da fonte de alimentação Sorensen DCS40-25E.	64
4.32	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de tensão DC.	65
4.33	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de corrente DC.	65
4.34	Diferença entre <i>remote sense</i> e <i>local sense</i>	66
4.35	Esquema representativo da calibração do <i>scopemeter</i> 105B FLUKE.	67
4.36	<i>PM 9080 Optically isolated interface cable</i> utilizado para comunicar com a UT.	68
4.37	Programação e janelas de comunicação para o teste do <i>Display</i>	68
4.38	Programação e janelas de comunicação para o teste do <i>Ground Level Check (GND)</i>	69
4.39	Programação e janelas de comunicação para o teste de instabilidade.	69
4.40	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de coeficiente de deflexão vertical.	70
4.41	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de tempo de subida.	71
4.42	Resposta em frequência típica de um osciloscópio (B: <i>Bandwith</i>).	72
4.43	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de resposta em frequência.	72
4.44	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de sensibilidade do <i>trigger</i>	73
4.45	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de base de tempo.	74
4.46	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de Sensibilidade ao <i>Trigger</i> Externo.	75

4.47	Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de deflexão horizontal.	75
4.48	Cabos e adaptadores utilizados nesta calibração: a) cabo de 50 ohms com conector BNC (<i>Bayonet Neil Concelman</i>), b) Adaptadores BNC (<i>Male</i>) e adaptadores BNC (m) / <i>Binding Post</i> , c) Adaptador de 50 ohms BNC F / N (M) e d) BNC T <i>Female - Male - Female</i>	76
4.49	Calibração de tensão de um osciloscópio de alta impedância.[51]	76
5.1	Exemplo da página principal de um CC.	78
5.2	Exemplo das páginas seguintes de um CC.	79
5.3	Selecionar os CC no METTRACK.	80
5.4	Exemplo de um modelo de CC no Crystal Reports.	81
5.5	Base de dados METTRACK.	82
5.6	Exemplo de programação para alterar campos no Crystal Reports.	82
5.7	Fontes de incerteza listadas.	83
5.8	Distribuição normal ou gaussiana.	84
5.9	Imagem retira do manual do fabricante com as especificações do padrão para tensão DC.[41]	85
5.10	Distribuição retangular ou uniforme.	86
5.11	Resultuado obtido no CC.	93
6.1	Exemplo de um ICT.	99
6.2	ICT <i>calibration Box</i>	99

Lista de Tabelas

2.1	Unidades Base SI.	13
4.1	Padrões de medição utilizados no LME.	44
5.1	Tabela para selecionar valores de k . [57]	87
5.2	Valores para o fator F consoante o número de medições.	90
5.3	Medições efetuadas com respetiva média e desvio padrão.	91
5.4	Cálculo para fontes de incerteza tipo A - 100 mV DC Keithley 2700.	91
5.5	Cálculo para fontes de incerteza tipo B - 100 mV DC Keithley 2700.	92
5.6	Cálculos finais para determinar a incerteza expandida.	92
5.7	Cálculos realizados para determinar U1 - 100 mV DC Keithley 2700.	92
5.8	Cálculos realizados para determinar U2 - 100 mV DC Keithley 2700.	92
5.9	Cálculos finais para determinar a incerteza expandida.	93
6.1	Números relativos ao trabalho realizado até aos dias atuais.	97
6.2	Alguns exemplos de melhores incertezas do LME.	97
G.1	Especificações resumidas do calibrador FLUKE 5522A. [41]	134
G.2	Especificações resumidas do calibrador FLUKE 5080A. [42]	134
G.3	Especificações resumidas do multímetro FLUKE 8508A. [43]	135
G.4	Especificações resumidas do multímetro Agilent 3458A. [44]	135
H.1	Alguns comandos utilizados.	138

Abreviaturas e Símbolos

AC	<i>Alternating Current</i>
AI	<i>Automotive Navigation and Infotainment Systems</i>
BIPM	<i>Bureau International des Poids et Mesures</i>
BPS	<i>Bosch Production System</i>
BrgP	<i>Bosch Car Multimedia Portugal - Braga</i>
CC	Certificado de Calibração
CDQ	<i>Central Directive Quality</i>
CGPM	<i>Conférence Général des Poids et Mesures</i>
CIPM	<i>International Committee for Weights and Measures</i>
CM	<i>Car Multimedia</i>
COOMET	<i>Euro-Asian Metrology Cooperation of National Metrological Institutions</i>
DC	<i>Direct Current</i>
EA	<i>European cooperation for Accreditation</i>
EIME	Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio
EMA	Erro Máximo Admissível
EUROLAB	<i>European federation of National Associations of Measurement, Testing and Analytical Laboratories</i>
EUROMET	<i>European Association of National Metrology Institutes</i>
FSC	<i>Function Select Code</i>
GEIME	Gestão de Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio
GPIB	<i>General Purpose Interface Bus</i>
ICT	<i>In Circuit Test</i>
IEC	<i>The International Electrotechnical Commission</i>
ILAC	<i>The International Laboratory Accreditation Cooperation</i>
IM	Instrumento de Medição
IPAC	Instituto Português de Acreditação
IPQ	Instituto Português da Qualidade
IS	<i>Instrument Systems</i>
ISO/TS	<i>International Organization for Standardization / technical specification</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
KPR	<i>Key Performance Resources</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LME	Laboratório de Metrologia Elétrica
LNM	<i>Laboratório Nacional de Metrologia</i>
MID	<i>Measuring Instruments Directive</i>
MRA	<i>Mutual Recognition Arrangement</i>
MS	<i>Manufacturing System</i>
NVLAP	<i>National Voluntary Laboratory Accreditation Program</i>
NICE	Número de identificação e controlo de equipamento

OIML	<i>International Organization of Legal Metrology</i>
PC	Procedimento de Calibração
PM	Padrão de Medição
PS	<i>Professional Systems</i>
QMM	<i>Quality Management & Methods</i>
RAQS	<i>Registry, Appraisal and Qualification System</i>
RTD	<i>Resistance Temperature Detectors</i>
SI	Sistema Internacional de Unidades
SMD	<i>Surface mounting devices</i>
SMT	<i>Automatic Insertion Area</i>
UKAS	<i>United Kingdom Accreditation Service</i>
UPS	<i>Uninterruptible power supply</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
UT	Unidade de Teste
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia
WELMEC	<i>European cooperation in the field of legal metrology</i>

Capítulo 1

Introdução

A Metrologia está cada vez mais inserida e desenvolvida no mundo, em diversas áreas, nomeadamente nos países mais desenvolvidos. Sendo definida como a ciência da medição, a Metrologia, é capaz de promover a credibilidade, fiabilidade, qualidade e até universalidade às medições.

A presente dissertação foi realizada com base num estágio curricular realizado durante um ano, na empresa Bosch Car Multimedia Portugal, em Braga, no âmbito da disciplina de Dissertação/Projeto/ Estágio Profissional, do 2º ano do Mestrado de Engenharia de Instrumentação e Metrologia.

O estágio incidiu no desenvolvimento de processo para implantação de um Laboratório de Metrologia Elétrica (LME) destinado a calibração interna, permitindo assim, dar a conhecer todas as vertentes que envolvem a Metrologia, mais especificamente, na área elétrica. A realização deste estágio permitiu consolidar conhecimentos ao nível de gestão de calibração, incluindo a análise dos indicadores de calibração, das normas envolvidas (ISO e normas internas Bosch), da validação de resultados, da realização de procedimentos de calibração (PC), entre outros, mostrando de forma simples a importância de um bom sistema de gestão de calibração associado a um laboratório interno de calibração.

1.1 Motivação

Com o objetivo de colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado e ser capaz de obter um bom desempenho profissional na área, foram definidas diferentes metas a atingir, sendo a principal, a aquisição de conhecimentos de organização e funcionamento de serviços em contexto empresarial, no âmbito da Metrologia, e na sua gestão da calibração. A realização do estágio tem como intuito, a nível geral:

- Perceber as várias capacidades e atitudes num comportamento profissional adequado;
- Adquirir autonomia, responsabilidade e capacidade de resolução de problemas;
- Conhecer todo o processo envolvido na elaboração de um laboratório de calibração e analisar todos os pontos necessários à sua implementação.

Abordando aspetos mais específicos, é possível referir que este estágio garante o alargamento dos conhecimentos a nível técnico na área científica em questão, pois permite:

- Perceber como funciona todo um sistema de gestão de calibração de uma empresa, envolvendo toda a documentação necessária;
- Realizar procedimentos e respetivas calibrações de equipamentos elétricos;
- Aplicar e desenvolver conhecimentos sobre as normas envolvidas, percebendo a sua implementação a nível prático;
- Realizar estudos de análise dos indicadores de calibração e dos certificados de calibração (CC), tendo em conta todos os seus parâmetros e a sua importância, na decisão para que um equipamento esteja apto ou não apto;
- Conhecer métodos e técnicas que podem ser utilizadas para definir os intervalos de calibração;
- Verificar e estudar a validação de resultados, envolvendo diversos cálculos de incertezas e erros associados.

1.2 Objetivos

A Bosch Car Multimedia é uma empresa de grande dimensão a todos os níveis, envolvendo diversas áreas e estruturas como também equipamentos, que necessitam de estar em exigência máxima ao nível da qualidade, para garantir a qualidade dos produtos desenvolvidos.

A empresa possui, na sua maioria, equipamentos elétricos, quer nas áreas de produção, quer nos laboratórios de teste que precisam de garantir boas medições para que a qualidade do produto Bosch seja mantida. A constante necessidade de interação com entidades exteriores à empresa associados aos custos das calibrações realizadas, levou à consideração sobre os benefícios que poderiam surgir com a implementação de um laboratório interno de Metrologia em BrgP (Bosch Car Multimedia – Braga/ Portugal). Desta forma, e depois de feitos todos os estudos necessários, foi concluído que a curto prazo, os custos seriam menores com o laboratório interno como também surgiam outras vantagens, como por exemplo, a facilidade e rapidez das calibrações, redução do tempo de indisponibilidade dos equipamentos, entre outros. Os principais objetivos da implementação deste novo laboratório, passam assim de uma forma geral, por facilitar todo o processo de calibração, na empresa.

1.3 A Bosch

Em 1886, Robert Bosch fundou a "Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica" em Estugarda. Desde o início, a história da empresa tem sido caracterizada pela capacidade de inovação e compromisso social. A estrutura diferenciada da Robert Bosch GmbH garante a autonomia empresarial do Grupo Bosch, tornando possível para a empresa planejar a longo prazo a realização

de investimentos iniciais significativos na salvaguarda do seu futuro. Cerca de 92% do capital da Robert Bosch pertencem à Robert Bosch Stiftung GmbH, uma fundação de caridade. A maioria dos direitos de voto é detida por Robert Bosch Industrietreuhand KG, uma sociedade industrial. As ações remanescentes são propriedade da família Bosch e Robert Bosch. Sempre em constante evolução, a Bosch conta, nos dias de hoje, com cerca de 360 000 associados, estando envolvido com cerca de 150 países, incluindo vendas e parceiros de serviço, pertencendo a uma das mais inovadoras empresas do mundo, tendo uma média de cerca de 19 patentes registadas por dia.[1]

O Grupo Bosch conta com quatro setores de negócio, sendo eles:

- Tecnologia automóvel;
- Tecnologia industrial;
- Energia e tecnologia de construção;
- Bens de consumo.

Esta companhia tem como objetivo principal, dar resposta a todos os seus clientes de forma satisfatória através da produção de produtos com qualidade. Para isso, existe a BPS (*Bosch Production System*) contendo vários princípios, que a empresa segue de forma rigorosa, para que todo o funcionamento corra como pretendido. Os princípios são os seguintes:[2]

- Normalização;
- Flexibilidade;
- Qualidade perfeita;
- Orientação do processo;
- Melhoria contínua;
- Processos transparentes;
- Eliminação do desperdício;
- Envolvimento e delegação de poder aos colaboradores.

Verifica-se assim, que o objetivo passa pela redução de desperdícios em todos os processos, tornando-os simples e flexíveis, havendo sempre uma preocupação com a implementação de sistemas de melhoria contínua.

1.3.1 Unidade de Braga

Tendo como início o ano de 1990, a unidade de Braga é a principal fábrica da divisão *Car Multimedia (CM)* da Bosch e a maior empresa do Grupo em Portugal, contando com cerca de 2000 colaboradores, sendo um dos maiores exportadores nacionais. A fábrica é especializada no fabrico e desenvolvimento de equipamentos eletrónicos, principalmente para a indústria automóvel, tais como, autorrádios, sistemas de navegação, entre outros. Esta unidade desenvolve soluções

inteligentes para a integração de entretenimento, navegação, telemática e funções de assistência ao condutor no negócio de equipamento original.



Figura 1.1: Bosch Car Multimedia.[3]

Desde de 1990, até aos dias de hoje, a unidade de Braga tem vindo a trabalhar com diversos produtos[4].

- Autorrádios;
- Sistemas de navegação;
- Sistemas de instrumentação;
- Sensores de ângulo;
- Sistemas de unidade de controlo;
- Componentes eletrónicos e outros.

A tendência de mercados está a levar a um aumento do número de funções e serviços a serem exibidos no carro, na procura crescente de exibição da área de superfície e a uma interface homem-máquina maior. No mundo automóvel, a Bosch interage com cerca de 45 marcas, que estão representadas na figura 1.2.



Figura 1.2: Marcas de Automóvel com as quais a Bosch trabalha.[4]

Para se atingir, um produto de excelência, a BrgP está dividida em diferentes áreas de produção. Relativamente à SMT (*Automatic Insertion Area*), área de inserção automática, ela possui uma capacidade instalada com cerca de 23 linhas SMD (*Surface mounting devices*), produzindo 17,4 milhões de peças por dia. A área final e manual, tem uma capacidade de 60 linhas/células de produção, sendo capaz de produzir 750 produtos finais diferentes.[4]

- 18 Linhas de AI (*Automotive Navigation and Infotainment Systems*);
- 18 Linhas de MS (*Manufacturing System*);
- 6 Linhas IS (*Instrument Systems*);
- 4 Linhas PS (*Professional Systems*);
- 6 Linhas CCS (*Chassis Systems Control*);
- 8 Linhas de pré-montagem.

A CM-AI (*Car Multimedia-AI*) desenvolve soluções inteligentes para a integração de entretenimento, navegação, telemática e funções de assistência ao condutor no campo de equipamento original. A unidade de CM-MS fabrica unidades de controlo eletrónico a nível complexo, como também módulos para uma variedade de aplicações na indústria automóvel. CM-IS desenvolve sistemas de instrumentação para os carros do segmento superior e *premium* enquanto CM-PS desenvolve dispositivos e sistemas especialmente para veículos comerciais: áudio, vídeo e sistemas de navegação para carros e camiões, bem como, dispositivos de telemática. Por fim, a unidade de *Chassis Systems Control*, desenvolve componentes inovadores, sistemas e funções ao nível da segurança dos veículos, dinâmica do veículo e assistência ao condutor. São desenvolvidos sistemas de segurança ativa, como por exemplo, reconhecer situações de condução perigosas e orientar as dinâmicas de veículo de forma a restaurar a estabilidade do mesmo. Se o acidente for inevitável, os sistemas de segurança passiva são capazes de fornecer proteção para os ocupantes do veículo. Os sistemas de assistência ao condutor têm como objetivos, oferecer aos motoristas não só conforto, mas cada vez mais, apoio em situações críticas de segurança. A Bosch pretende assim, criar competências a nível da junção de sistemas de segurança (ativa e passiva) com sistemas de assistência ao condutor. Estas áreas concentram-se em processos de qualidade de produção, procurando sempre a melhoria permanente, a flexibilidade, e a redução de custos.[5]

A BrgP está envolvida em constante pesquisa e desenvolvimento de atividades, tendo já obtido bastantes distinções ao longo dos anos. Seguidamente, encontram-se algumas das principais distinções[2]:

- 2011: Prémio de Qualidade do Grupo Bosch;
- 2011: Prémio de Eficiência Energética;
- 2008: Prémio de Qualidade do Grupo Bosch;
- 2008: Distinção de Boas Práticas, pela Assembleia da República, pelo trabalho desenvolvido na prevenção das lesões músculo-esqueléticas
- 2007: Empresa “*Recognised for Excellence*”, com nível máximo de cinco estrelas, da EFQM - “*European Foundation for Quality Management*”

A unidade de Braga está dividida em dois grupos principais: área comercial e área técnica, contendo cada um as suas divisões. Na figura 1.3, encontra-se um diagrama que explica esta divisão.

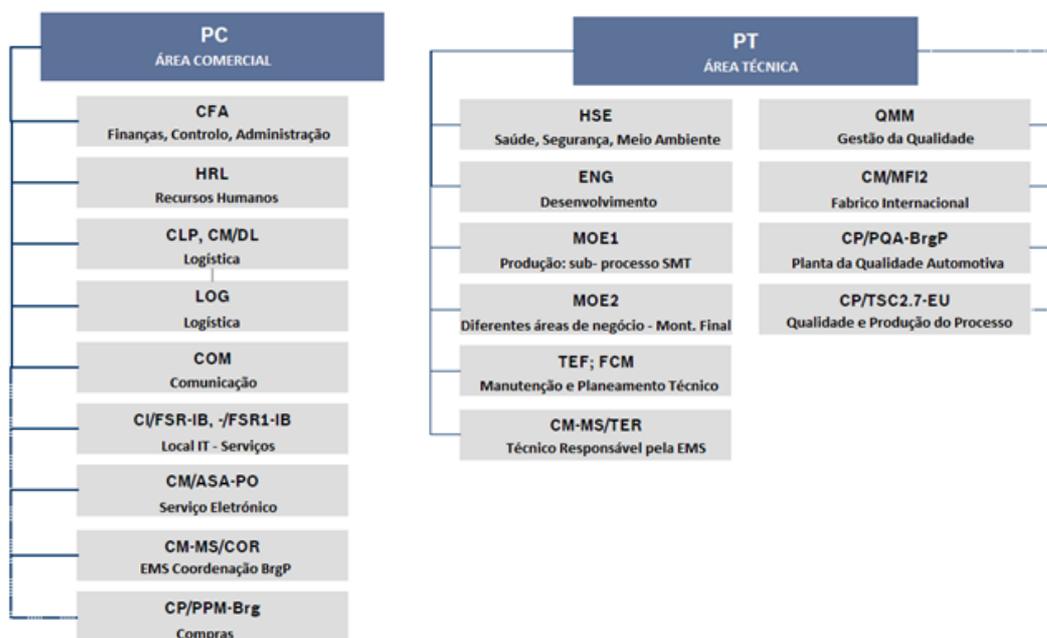


Figura 1.3: Organização da BrgP.[3]

1.3.2 Área da Qualidade

QMM significa *Quality Management & Methods* e é responsável pela qualidade do produto global em BrgP com as seguintes atribuições principais:

- Apoio ao cliente;
- Qualidade preventiva;

- Novos testes e coordenação de calibração de equipamentos.

O sistema de qualidade de gestão de QMM está envolvido ativamente na melhoria contínua da qualidade de produtos e processos em todas as áreas do desenvolvimento para o cliente. No diagrama seguinte (1.4), é demonstrada a divisão na área da qualidade, consoante o seu objetivo.[3]



Figura 1.4: Divisões na área de QMM.

A secção de QMM7 está dividida em duas áreas principais, laboratório de ensaios e fiabilidade e calibração. No figura 1.5, estão representadas as principais funções da secção.



Figura 1.5: Principais funções de QMM7.

No laboratório de fiabilidade, são aplicados diversos testes de forma a determinar, corrigir e garantir bons resultados do produto na sua fase de desenvolvimento. Os testes são aplicados com o

intuito de garantir os resultados do produto e o seu desempenho no campo. Desta forma, são realizados diversos testes, validações de peças novas e investigações, que são feitas depois de reclamações efetuadas. É importante referir que o laboratório possui métodos de simulação de desgaste, que permitem acelerar o tempo de vida do produto, tais como equipamentos de vibração, desgaste, câmaras climáticas, entre outros. Além disto, existem também as denominadas, auditorias de produtos, que são testes periódicos realizados em produtos da série, para fornecer verificação do cumprimento dos requisitos de qualidade especificados. O principal objetivo destina-se a servir a requalificação do produto. Neste âmbito, a empresa possui certificação como a ISO / TS 16949 e a Diretiva C / QM CDQ 0705. O objetivo do teste é encontrar e estabelecer qualquer alteração no produto, quando comparado com o seu lançamento. De seguida, são mencionados alguns testes que são realizados:

- Q- teste (características da qualidade);
- Z- teste (características de fiabilidade);
- A-teste (cliente).
- Teste CoP-EMC (exigência legal).

Os Q-teste são baseados nas medidas mecânicas, visando uma avaliação qualitativa do produto. Por outro lado, os Z-teste realizam uma avaliação da fiabilidade do produto. Testes que sujeitam os produtos a altas diferenças de temperatura, ou pressão, são exemplos de Z-testes realizados. Existe ainda a categoria dos A-teste, que são os realizados a pedido do cliente. Por fim, os Teste CoP-EMC garantem que existe uma conformidade das características do produto. De cada família, é inspecionado um produto através de um laboratório externo, para a conformidade eletromagnética. Os resultados das auditorias de produtos que são realizadas, são muito importantes pois provam os requisitos dos produtos aos clientes e às respetivas entidades, tendo em conta o cumprimento dos requisitos da qualidade na produção. Relativamente à área de calibração, apenas se realizava a gestão de calibração com entidades externas, surgindo agora o novo laboratório interno de Metrologia Elétrica que irá implementar PC. A calibração é aplicada e exigida regularmente a todos os equipamentos de teste em BrgP, para garantir o desempenho de medidas e garantir a qualidade dos produtos fabricados.[6]

1.4 Estrutura da Dissertação

Nesta secção, o objetivo principal passa por sintetizar os principais temas que são abordados na dissertação.

O capítulo 1, refere-se à Introdução, onde é feita, como o próprio nome indica, uma pequena alusão ao tema e à empresa, apresentando alguns objetivos que foram definidos, bem como a motivação para a realização deste trabalho.

O capítulo 2, designado por "Estado da Arte" apresenta alguma história e conhecimentos que envolvem a área da Metrologia.

Para ser perceptível o tema desenvolvido, foi necessário apresentar e explicar a forma de gestão de todo o equipamento na empresa, bem como, algumas normas necessárias para a realização de todo o processo. O capítulo 3 "Gestão da Qualidade", refere tudo isso.

No capítulo 4, "Implementação do Laboratório" é descrito todo o trabalho desenvolvido no laboratório, como: procedimentos realizados, documentos, apresentação de padrões e métodos de trabalho. Também são demonstrados alguns exemplos de calibrações realizadas. Por outro lado, no capítulo 5 são demonstrados os resultados obtidos, sendo que neste capítulo está presente uma explicação dos CC emitidos, bem como o método para o cálculo de incertezas elaborado pelo laboratório e pelo *software*.

Por fim, o capítulo 6 "Conclusões", sintetiza algumas dificuldades sentidas, assim como, todos os conhecimentos que este trabalho forneceu. Além disto, relata também alguns trabalhos a serem desenvolvidos no futuro.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 A Metrologia

A palavra Metrologia surge de origem grega, “*metron + logos*” cujo significado remete para ciência da medição. Desta forma, percebe-se que esta ciência teve origem na antiguidade, a par da origem do Homem. Devido às necessidades no tempo dos primatas, a medição realizada de forma consistente e racional surgiu da mão humana, recorrendo a instrumentos de medição (IM) como pedras, varas, entre outros objetos práticos utilizados na altura. Através da evolução do Homem, existiu a necessidade do ser humano perceber que as medições que executava deveriam estar de acordo com as medições que outros realizavam, existindo a necessidade de comparação. Surgiram assim, os padrões, que eram utilizados para reproduzir unidades de medida. Estas unidades de medida dos tempos antigos, eram baseadas em partes do corpo do ser humano, pois estavam referenciadas como universais. Daqui, surgiram diversas medidas padrão, existindo um processo de evolução constante até aos dias de hoje.[7]

2.1.1 Evolução da Metrologia

Atualmente, a Metrologia é definida como a ciência da medição e suas aplicações, sendo capaz de recorrer a outras ciências, como também abordar todos os aspetos teóricos e práticos da medição. Porém, é importante salientar que existiu um processo de evolução da definição do conceito de Metrologia ao longo dos anos. O principal objetivo desta ciência consiste em agregar confiança e qualidade às medições, sendo que as suas atividades passam por um processo contínuo de melhoria e evolução ao longo do tempo. O conceito de Metrologia foi variando passando a sua definição por "*domínio dos conhecimentos relativos à medição*", sendo entendida como um conhecimento muito importante dentro da instrumentação. Hoje em dia, defende-se que existiram três épocas distintas que caracterizam a Metrologia, até se chegar ao Sistema Internacional de Unidades (SI), são elas:[8]

- Idade Média;
- Formação do Estado Moderno;

- Sistema Métrico Decimal.

Os primeiros padrões conhecidos, comprimento, volume e peso, na Idade Média, surgiram devido à necessidade de se obter um comprimento ou uma massa para se determinar os preços nos mercados. Segundo marcos da história já conhecidos, nomeadamente no Museu da Metrologia no IPQ (Instituto Português da Qualidade), o sistema de medidas de comprimento utilizado em Portugal, nesta época, baseava-se no palmo, que correspondia a cerca de 22 cm. Tendo como referência o palmo, existia ainda o côvado, também conhecido como alna, que correspondia a três palmos e a vara, que correspondia a cinco palmos. Surgiam ainda destas medidas, um submúltiplo com metade do seu tamanho.[8]

As medidas padrão medievais de volume, baseavam-se no almude e no alqueire. O primeiro referia-se à unidade base para medição de líquidos, ou seja, basicamente, vinho nos tempos antigos, tendo como múltiplos a quarta (4 almudes) e o puçal (4 quartas = 16 almudes). Por outro lado, o alqueire era a medida oficial para o pão (cereais). Tinha também múltiplos, como a teiga (4 alqueires) e o quarteiro (4 teigas = 16 alqueires). Existem referências ao almude no território nacional, no Condado Portucalense, já no séc. XI. Quanto ao alqueire, a referência mais antiga que se conhece é já do séc. XII, no foral de Coimbra.

Relativamente ao peso, nos tempos de Portugal medieval, utilizavam-se diversos sistemas de pesos, baseados principalmente em duas medidas: o Arrátel e a Libra. De acordo com a Lei da Almoçaria de 1253, o arrátel teria cerca de 12,5 onças, uma arroba teria 32 arráteis e 12 arrobas seriam equivalentes a 1 carga cavalari. No séc. XIV, surgiu o arrátel "legal" com 14 onças. Usavam-se ainda outros sistemas como:[9]

- Arrátel mourisco, usado, por exemplo, para pesar carne. (citado em documentos de D. Dinis, D. Fernando e até D. Manuel I);
- Arrátel folforinho, também utilizado para pesar carne, seria $\frac{3}{4}$ do arrátel mourisco; (citado em documentação do tempo de D. Pedro: cortes de Elvas de 1361, e de D. Fernando);
- Arrátel de carniçaria: superior a 48 onças;
- Pedra: correspondia a 8 arráteis, usada para pesar lã e linho.

A "*Lei de Almeirim*" imposta por D. Sebastião em 1575, foi um passo bastante importante na Metrologia. Esta lei defendia que as medidas dos sólidos e dos líquidos deviam ser iguais, determinando ainda que deviam ser criados padrões e estes fossem depositados e guardados em locais de confiança. Existiam os padrões de 2ª classe, que eram comparados por funcionários, periodicamente, e os padrões de 3ª classe, que eram comparados com os de 2ª classe.

Com a revolução francesa, surgiu o nascimento do sistema métrico no século XVIII, onde a definição do metro era baseada numa grandeza geográfica. A partir daí, o Metro sofreu constantes alterações. De seguida, encontram-se descritas as cinco definições do Metro, estabelecidas até aos dias de hoje.[10]

1. "*Décima milionésima parte do quarto do meridiano terrestre que passa por Paris.*" (1793)

2. "Distância entre os topos de uma barra de platina a 0°C." (1799)
3. "Distância entre dois traços centrais marcados numa barra de platina iridiada, de secção em X, à temperatura de 0°C."(1889)
4. "Comprimento igual a 1 650 763,73 comprimentos de onda, no vazio, da radiação correspondente à transição entre os níveis 2p e 5d do átomo de cripton-86."(1960)
5. "O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vazio durante um intervalo de tempo de 1/299 792 458 do segundo." (1983)[7]

O SI, determinado em 1960, é o sistema atual que aborda nomes, símbolos e define as unidades assim como os prefixos, múltiplos e submúltiplos das mesmas. Atualmente o SI é regulamentado pelo Decreto-lei nº 128/2010 – 3 de Dezembro, e contempla 7 unidades de base, sendo elas:[10]

Tabela 2.1: Unidades Base SI.

Grandeza	Unidade	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
temperatura termodinâmica	kelvin	K
corrente elétrica	ampere	A
quantidade de matéria	mole	mol
intensidade luminosa	candela	cd

As definições das unidades SI base estão constantemente sujeitas a alterações.

2.1.2 A Importância da Metrologia

Hoje em dia, a competitividade está presente em todas as empresas e indústrias, exigindo assim, uma qualidade máxima no fabrico dos respetivos produtos. Para que o fator da qualidade seja mantido de forma constante, ao longo do tempo, é necessário que todos os IM que auxiliam a produção estejam de acordo com as especificações que são definidas e necessárias para a sua aplicação. Flexibilidade, agilidade e capacidade de inovação, são alguns conceitos que as empresas procuram recorrentemente.

A Metrologia definida como uma ciência que estuda a medição, serve como controlo em todas as variáveis e atributos dos produtos. Este controlo é necessário para garantir os produtos finais com qualidade. Assim, além de contribuir para uma precisão de todo o processo produtivo, a Metrologia tem uma função importantíssima na competitividade dos mercados.

Atualmente, os governos procuram realizar um enquadramento para as medições realizadas em várias áreas. O controlo metrológico dos IM tem como objetivo garantir a exatidão do resultado das medições dentro de limites regulamentares estabelecidos. Esta avaliação, constitui uma obrigação do Estado e exerce-se sobre os IM utilizados nas transações comerciais, operações fiscais, segurança, proteção do ambiente, saúde, etc. O seu campo de atuação varia consoante as tradições e necessidades de cada país.

A Diretiva europeia dos IM foi aplicada no quadro legal português, através do Decreto-lei nº. 192/2006, 26 de Setembro e refere que o *"controlo metrológico é uma disciplina regulamentada pelo Estado destinada a promover a defesa do consumidor e proporcionar à sociedade, em geral, e aos cidadãos, em particular, a garantia do rigor das medições efetuadas com os instrumentos de medição."* Conclui-se que é necessária uma legislação que abranja todo o controlo metrológico dos IM, pois de algum modo, estes podem afetar a comunidade em geral. Tempos depois, surge o Decreto-lei 71/2011: *"Através do presente decreto-lei procede-se, ainda, à revogação do Decreto-Lei 192/2006, de 26 de Setembro, e da respetiva regulamentação, consolidando-se num único decreto-lei a legislação aplicável aos instrumentos de medição abrangidos pela Diretiva MID (Measuring Instruments Directive), dispersa em diversos diplomas, o que constitui um inegável benefício para os operadores económicos em termos de transparência, legibilidade e simplicidade."* Este decreto-lei é o aplicado até aos dias atuais.[11]

2.1.3 Áreas de Atuação da Metrologia

Existem atualmente três categorias de Metrologia, que estão devidamente representadas no diagrama da figura 2.1.

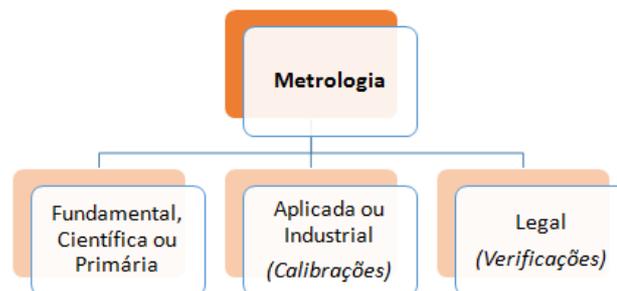


Figura 2.1: Áreas de atuação da Metrologia.

A Metrologia denominada por Fundamental, Científica ou Primária, está relacionada com as unidades de medida e com os padrões de medição (PM) internacionais que estão ligados com a qualidade metrológica. Esta estabelece também as unidades de medida partindo da sua definição e recorrendo a outras ciências. É uma área que atua na mais alta exatidão e incerteza, sendo independente de outras entidades no que diz respeito à rastreabilidade. Os laboratórios primários nacionais têm de ser capazes de acompanhar e realizar os padrões das unidades do SI como também de promover e acompanhar o desenvolvimento dos padrões a nível nacional. Em Portugal, a entidade responsável por estas atividades é o IPQ, tendo como auxílio laboratórios confiados por ele, incluindo o Laboratório Central de Metrologia.[7]

Denomina-se Metrologia Aplicada ou Industrial, aquela que exerce controlo sobre os processos e produtos, exigindo uma integração dos meios metrológicos a nível das empresas e dos laboratórios. Esta categoria da Metrologia, atua no âmbito das medições na produção havendo uma qualidade metrológica em organizações com sistemas de qualidade certificados. É importante

referir que a Metrologia Aplicada, tem em consideração uma cadeia de padrões hierarquizada, existente em laboratórios ou empresas/organizações, sendo estes rastreáveis também a padrões primários que podem ser nacionais ou internacionais.

Por fim, a Metrologia Legal, é aquela que atua no campo da Legislação, existindo um controlo metrológico aos mais diversos IM existentes no que diz respeito às exigências técnicas e jurídicas regulamentares. São diversas as suas áreas de atuação como: comércio, saúde, ambiente, etc., estando este tipo de Metrologia relacionada maioritariamente com as transações comerciais.[12]

Em Portugal, o controlo metrológico está devidamente legislado pelo Decreto-lei 291/90, com regulamentação na portaria 962/90 e muitas outras que tratam de IM.

2.1.4 Conceitos

Quando se menciona a Metrologia, é importante ter presente o termo calibração, que, em termos gerais, define um conjunto de operações efetuadas segundo um procedimento bem documentado, comparando assim, as medições obtidas com o instrumento em calibração e um instrumento padrão com melhores características, maior exatidão e incerteza. Tem o objetivo de detetar os erros encontrados em cada ponto de medição. Segundo o vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), a calibração é definida como *“uma operação que estabelece, sob condições especificadas, numa primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação.”*[13] Existem assim, várias razões para que os equipamentos sejam calibrados, entre elas:

- Certificar que as leituras realizadas nos equipamentos são consistentes e confiáveis;
- Determinar a exatidão das leituras do equipamento.

Conclui-se então, que a calibração é fundamental para garantir o bom funcionamento do instrumento, e para verificar se ele está adequado à função que desempenha proporcionando uma maior confiança nas medições realizadas. Uma propriedade intrínseca da calibração é a rastreabilidade. Considera-se uma calibração rastreada, quando existe uma cadeia de rastreabilidade, sendo esta definida como um conjunto de comparações realizadas de forma ininterrupta, que asseguram o resultado das medições, ou de um valor padrão. Existem duas definições de rastreabilidade distintas. A primeira é adaptada ao contexto da qualidade e desta forma, ela encontra-se definida como uma capacidade genérica de seguir a aplicação, história ou até localização do que se encontra em estudo. Por outro lado, a rastreabilidade metrológica, diz respeito a uma cadeia documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição, até à definição da grandeza. De acordo com o VIM, rastreabilidade metrológica é uma *“Propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.”* Na figura 2.2, está representada uma cadeia de rastreabilidade.[14][13]

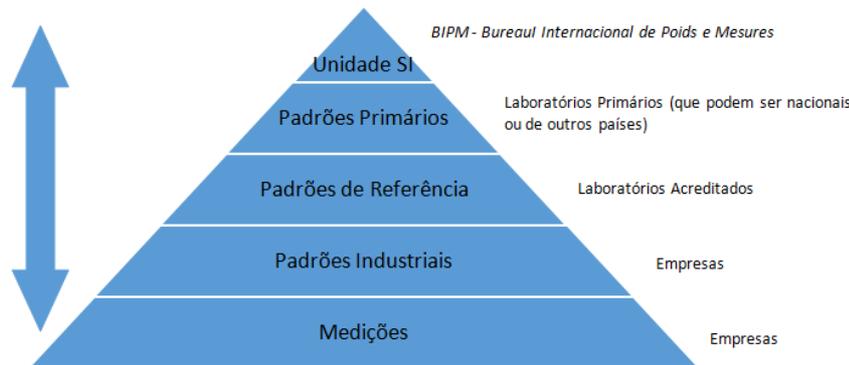


Figura 2.2: Cadeia de Rastreabilidade.[14]

Um PM é definido como a *"realização da definição duma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência"*, podendo ser ainda um sistema de medição, uma medida materializada ou um material de referência. Possui como objetivos: definir, realizar e reproduzir uma unidade ou um valor (ou mais) de uma grandeza para servir de referência.[13] Os PM podem ser internacionais ou nacionais, sendo que no primeiro ele é estabelecido através de um acordo internacional, tendo como propósito a sua utilização a nível mundial e, no segundo, há apenas um reconhecimento a nível nacional para atuar dentro de um Estado ou Economia. Relativamente ao PM primários, pode-se afirmar que estes são estabelecidos com o auxílio de um procedimento de medição também primário e existem geralmente em laboratórios primários nacionais ou internacionais. Já os PM de referência, são aqueles que são estabelecidos para a calibração de outros padrões de grandezas da mesma natureza, numa determinada organização. Por fim, os PM industriais, são os utilizados nos laboratórios internos das empresas para realizar as medições internas aos seus equipamentos, podendo também ser denominados como padrões de trabalho ou padrões das empresas.[7]

Os termos de exatidão e precisão de medição, são muitas vezes confundidos mesmo tratando-se de definições e termos diferentes na Metrologia. Enquanto a exatidão de medição é caracterizada por *"Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro de uma mensuranda"*, sendo a mensuranda a grandeza que se pretende medir, a precisão é definida como *"Grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas."* Por fim, têm-se a resolução que é definida por *"Menor variação da grandeza medida que causa uma variação perceptível na indicação correspondente"*. Existem ainda muitos outros termos importantes na Metrologia, que podem ser devidamente consultados no VIM.[14][13]

2.1.5 Estrutura Internacional e Nacional

A nível nacional, os diversos países organizam seus sistemas metrológicos usando diferentes modelos. No entanto, também existem sistemas internacionais que devem ser seguidos, como por

exemplo o BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*) em português, Gabinete Internacional de Pesos e Medidas. O BIPM é uma das três organizações mundiais estabelecidas para manter o SI de unidades, sob os termos da "Convenção do Metro". A sua missão passa por garantir e promover a comparação global das medidas, incluindo um SI de unidades coerente para:

- Inovação e descoberta científica;
- Determinar a exatidão das leituras do equipamento.[15]

Esta organização consegue este desenvolvimento por meio de atividades técnicas nos seus laboratórios e também com auxílio de uma coordenação internacional. No mesmo âmbito, surge a CGPM (*Conférence Générale des Poids et Mesures*), Conferência Geral de Pesos e Medidas, que discute, examina e avalia o trabalho realizado pelos laboratórios nacionais de Metrologia.[16] No diagrama seguinte (2.3), está representado um esquema que resume a estrutura internacional.

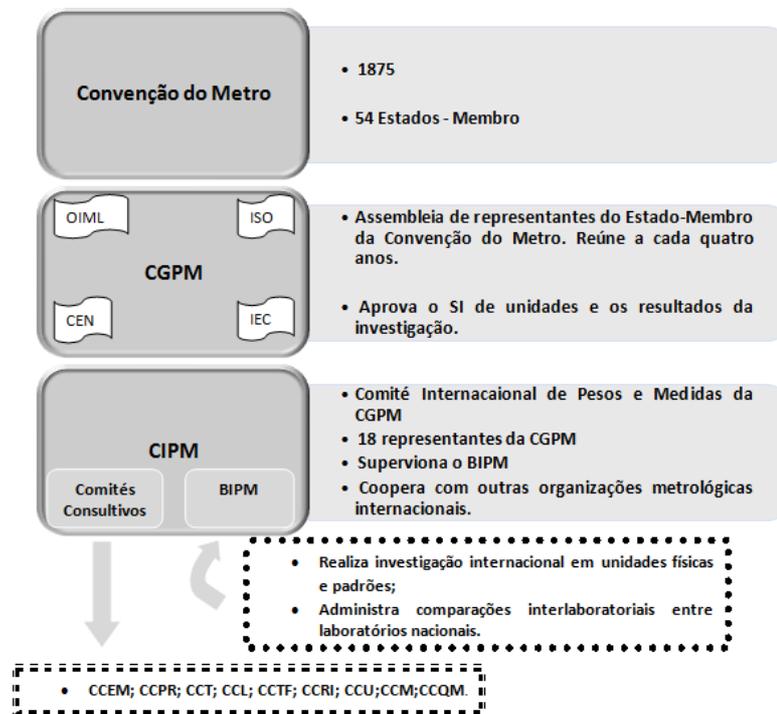


Figura 2.3: *Organização Internacional. CCEM para Eletricidade e Magnetismo, CCPR para Fotometria e Radiometria, CCT para Termometria, CCL para Comprimento, CCTF para o Tempo e Frequência, CCRI para as Radiações Ionizantes, CCU para as Unidades, CCM para a Massa e Grandezas relacionadas e CCQM para a quantidade de matéria.*[7]

Existem ainda outras organizações, a nível internacional com muita importância. A EURAMET (*European Association of National Metrology Institutes*) é uma organização europeia de Metrologia científica, sem fins lucrativos que dinamiza e gere, através de fundos próprios, um Programa Europeu de Investigação Metrológica, com o intuito de criar e desenvolver projetos com vários parceiros e meios envolvidos de acordo com os interesses de todos os países membros. Deste modo, surge também a COOMET (*Euro-Asian Metrology Cooperation of National Metrological Institutions*) só que esta, é relativa aos países da Europa central e de Leste assim como da Ásia Central.[17] Existe também a OIML (*International Organization of Legal Metrology*) Organização Internacional de Metrologia Legal, que promove a familiarização a nível de procedimentos no âmbito da categoria legal da Metrologia. Esta entidade também colabora com o BIPM. Além destas, existem outras organizações internacionais com objetivos específicos. A título de exemplo serve a EUROLAB, WELMEC, EURACHEM, entre outras.[7]

2.1.5.1 Laboratórios Nacionais de Metrologia

Segundo a EURAMET, o Laboratório Nacional de Metrologia (LNM), é designado através de uma decisão nacional, de forma a desenvolver e manter os padrões nacionais para uma ou mais grandezas. Enquanto alguns países possuem uma estrutura centralizada num único laboratório, outros, têm uma estrutura metrológica bastante diferente, estando esta bastante descentralizada, havendo diversos laboratórios no país, com estatuto de "Laboratório Nacional de Metrologia". Este estatuto é útil, pois este tipo de laboratório tem como funções principais, representar o país a nível internacional, nas relações com outros laboratórios. [18]

Em Portugal, existem dois LNM:

- IPQ – LCM: Laboratório Central de Metrologia do Instituto Português da Qualidade;
- ITN – LMRIR: Laboratório de Metrologia das Radiações Ionizantes e Radioatividade.

A estrutura (IST/ITN) Instituto Tecnológico e Nuclear, tem como principal missão efetuar e promover a investigação científica e o desenvolvimento tecnológico, especialmente no domínio das ciências e técnicas nucleares, da proteção e segurança radiológica.

O IPQ, em conformidade com Decreto-Lei nº 80/2014 de 15 de Maio, tem a cargo todo o sistema responsável pelo desenvolvimento do Subsistema Nacional de Metrologia no que diz respeito a padrões metrológicos nacionais. Desta forma, é responsável por coordenar e desenvolver várias atividades. O IPQ possui várias competências, que podem ser consultadas no Decreto-Lei nº 71/2012.[19] Seguidamente estão apresentadas algumas delas:

- Exercer funções de Instituição Nacional de Metrologia, representando o país nos órgãos de coordenação técnica das organizações europeias e internacionais de metrologia;
- Dinamizar e promover o subsistema de Metrologia;
- Manter e realizar os padrões nacionais das unidades de medida;

- Promover e coordenar a realização de padrões nacionais descentralizados, assegurando a rastreabilidade ao SI de unidades;
- Participar em projetos europeus e internacionais de investigação e também de comparações de padrões e IM;
- Calibrar padrões de referência e IM dos laboratórios acreditados, entre outros;
- Produzir e certificar materiais de referência, realizando ensaios de controlo metrológico.[20]

2.1.5.2 Laboratórios Acreditados

A atividade de acreditação consiste na avaliação e reconhecimento, através de um organismo independente, de que uma certa entidade possui competência técnica, organização e imparcialidade adequadas para determinadas atividades específicas de avaliação da conformidade (e.g. ensaios, calibrações, certificações e inspeções).

A EA (Cooperação Europeia para Acreditação), é uma comissão europeia para acreditação, formada por organismos nacionais de acreditação na Europa, reconhecidos pelos seus governos nacionais. A sua principal atividade passa por debater questões relacionadas com laboratórios de acreditação, baseando-se no reconhecimento entre todos os membros. A MRA (*Mutual Recognition Arrangement*) surgiu, através da CIPM, estabelecendo o reconhecimento mútuo de normas de medição nacionais dos CC e medição.

O ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*), é uma cooperação/ organização internacional de organismos de acreditação de laboratórios e de inspeção, que ajuda a remover "barreiras técnicas" associadas ao comércio. O seu objetivo debate-se com a aceitação pela indústria e seus respetivos órgãos reguladores, resultados de laboratórios e organismos de inspeção acreditados, incluindo os resultados de laboratórios noutros países. De uma forma simples, o acordo da ILAC apoia a aceitação dos resultados dos laboratórios acreditados.[7] Esta cooperação concentra-se em:

- Desenvolver e familiarizar boas práticas de acreditação de laboratórios e de inspeção;
- Reconhecer mundialmente as instalações de laboratórios e organismos de inspeção, por meio do acordo da ILAC, facilitando assim, a aceitação dos resultados de ensaios, inspeções e calibrações que acompanham os bens, para além das fronteiras nacionais;
- Auxiliar e apoiar sistemas de acreditação em desenvolvimento;
- Promover a acreditação de laboratórios e de inspeção para a indústria, governo, órgãos reguladores e consumidores.[21]

A acreditação está sujeita a legislação comunitária que obriga a um funcionamento verificado através de um sistema de avaliação constante. Assim, a cada Estado-Membro da União Europeia, foi designado um único organismo nacional de acreditação, tendo em Portugal essa missão sido atribuída ao IPAC (Instituto Português de Acreditação), de acordo com o Decreto-lei n.º 23/2011, de 11 de Fevereiro e também pelo Decreto-Lei-81-2012, de 27 de Março. O IPAC é o organismo

nacional de acreditação, requerido pelo Regulamento (CE) n.º765/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, onde são estabelecidos requisitos de acreditação e fiscalização do mercado relativos à comercialização de produtos. Mais especificamente, nos laboratórios, a acreditação é fornecida quando há o cumprimento de todos os requisitos da ISO/IEC 17025 a par de outros documentos de especificações e guias técnicos definidos pelo IPAC. Assim, a avaliação da competência técnica é avaliada conforme várias normas, nomeadamente ISO/IEC 17025. Qualquer CC que seja emitido por um laboratório acreditado por um organismo europeu, é equivalente a outros certificados com origem em países diferentes, desde que siga o MRA.[19][22]



Figura 2.4: Alguns símbolos de referência (IPAC e Ilac).

Capítulo 3

Gestão da Qualidade

3.1 Sistema para Gestão de Equipamentos

Toda a gestão dos EIME (equipamentos de inspeção, medição e ensaio) ou em Inglês IMT (*inspection, measuring and test accessories*) do grupo BrgP, inclusive a sua calibração, é da responsabilidade do departamento da Qualidade da empresa, mais especificamente da secção de QMM7. No Anexo A, está descrito de forma sistematizada, todo o processo realizado desde da entrada de um equipamento novo na empresa até este ser sucitado. Este diagrama, representa um documento da área de QMM7 (PT001), que serve de auxílio ao sistema de gestão de equipamentos e calibração. Associado a ele, estão presentes diversas IT (instruções de trabalho) que focam definições, termos e explicações mais específicas em relação a determinados tópicos. Como auxílio a este documento, existe outro, denominado por RASIC "Matriz de Responsabilidades" que é aplicado a todo o grupo BrgP, onde estão definidas as responsabilidades neste procedimento, cujo conhecimento é comprovado através da assinatura do mesmo.

O PT001 possui cinco partes principais. Na inicial, "Gestão de EIME e Laboratório de Calibração" é explicada a gestão que é realizada nos EIME e no laboratório, evidenciando as normas envolvidas e as IT associadas. Na segunda parte, "Novos EIME", é demonstrado todo o procedimento que é executado, passo a passo, relativo a um equipamento novo na fábrica. São muitos os fatores que são analisados, desde os requisitos dos EIME e o planeamento da sua aquisição, até ao seu registo, já na empresa, de acordo com a classificação que é realizada. É sempre analisado o CC do equipamento. Uma das alterações efetuadas neste procedimento com a implementação do novo LME em BrgP pode ser explicada na figura 3.1:

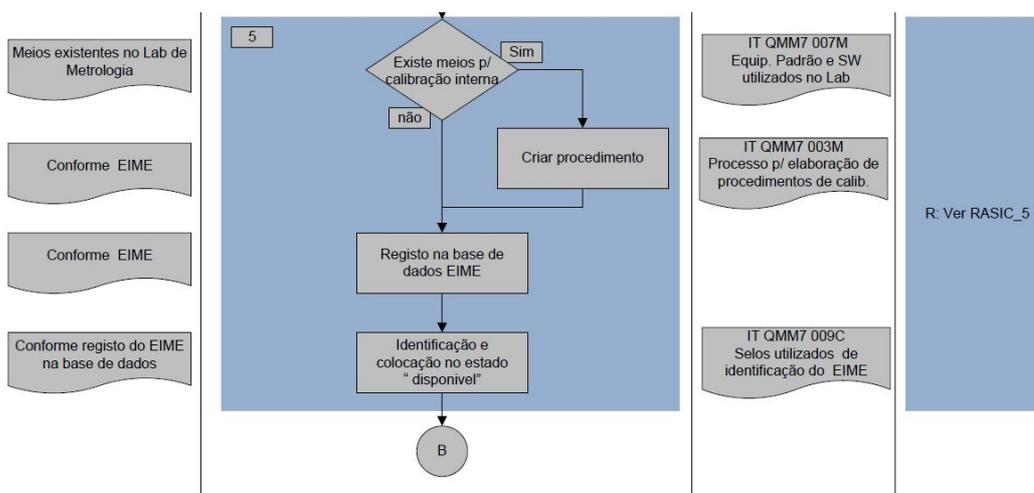


Figura 3.1: Verificação da possibilidade de calibração do novo EIME no LME.

Desta forma, é definido logo no início, se o novo equipamento vai ser calibrado no LME de BrgP, ou se vai necessitar de calibração externa, devido a requisitos específicos do equipamento.

A terceira parte está relacionada com a "Monitorização de EIME". Aqui, é explicado de que forma se procede quando é necessário realizar a calibração do equipamento. Um fator importante a ser analisado é o facto de o equipamento possuir um manual com especificações do fabricante. Caso exista, o PC é realizado com base nos dados fornecidos no manual. Caso este não exista, há uma IT em QMM7, que define tolerâncias para utilizar nos processos de calibração. Esta IT foi desenvolvida com base num estudo que foi realizado na empresa, que se guiava pelos manuais existentes, consoante os tipos de equipamentos, havendo assim uma comparação e atribuição de valores de acordo com os tipos de equipamentos e com a interferência destes, no processo. Salienta-se que esta IT é somente utilizada em casos excecionais e está a cair em desuso, uma vez que os equipamentos estão a ser renovados ao longo do tempo, sendo que a maioria, hoje em dia, possui um manual próprio com as suas especificações (3.2).

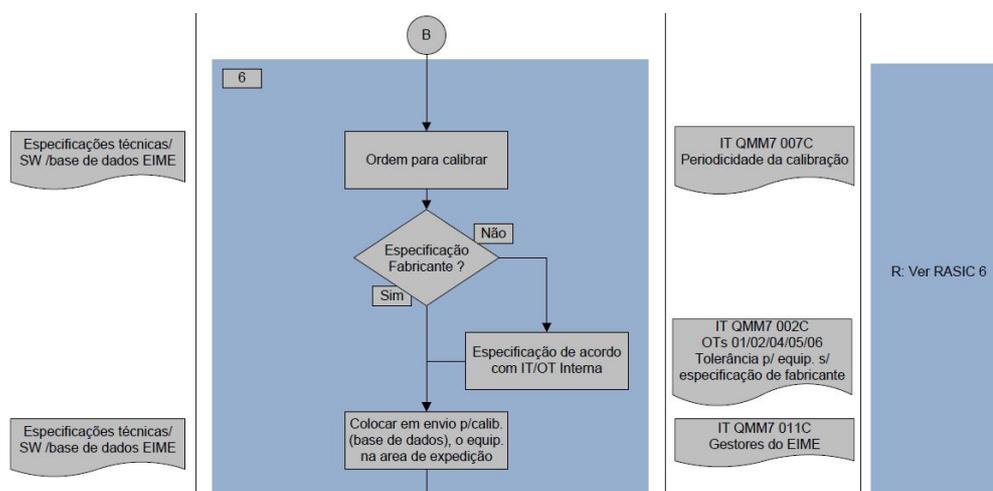


Figura 3.2: Decisão para parâmetros de calibração.

A figura 3.3, representa o processo de calibração realizado com uma entidade externa, e também a nível interno. Além disso, mostra como se procede quando o equipamento se encontra fora de especificação.

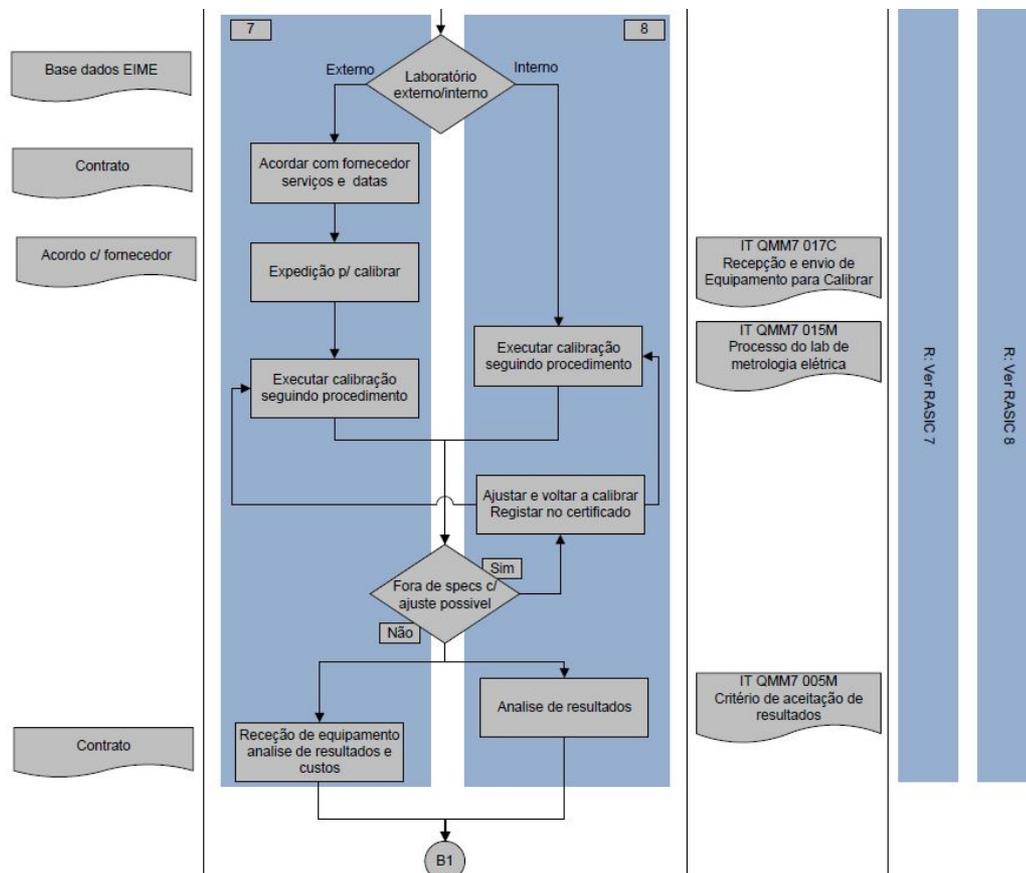


Figura 3.3: Calibração externa e interna em BrgP.

Depois de concluídas as calibrações, é sempre feita uma análise dos certificados emitidos, verificando os resultados obtidos. Caso se verifique que o equipamento não se encontra nas melhores condições, é feita uma análise de risco e é também preenchido um formulário próprio, de forma a perceber até que ponto o equipamento poderá ter prejudicado a produção ou colocado em causa a qualidade e eficiência dos produtos. Posteriormente, é analisado se o equipamento vai ser enviado para reparação, se pode ser utilizado com uso restrito ou se, não tem qualquer hipótese de reparação e é enviado para sucata. É de salientar que caso o EIME seja reparado ou ajustado, é novamente calibrado antes de iniciar trabalho novamente. Tudo isto está explicado detalhadamente no anexo A.

A quarta divisão do PT001, refere-se a "Remoção/Suspensão/Sucata de EIME" que define o processo envolvido quando um EIME é enviado para o processo de sucata.

Por fim, surge a definição dos indicadores KPI e KPR (anexo A), de extrema importância a nível de estudos estatísticos e na implementação de ações quer preventivas quer corretivas. Seguidamente, são explicados alguns conceitos importantes relativamente à gestão de EIME.

3.1.1 GEIME

Para facilitar todo o processo relativo aos EIME, a unidade BrgP, utiliza um sistema de base de dados, denominado por GEIME (Gestão de Equipamento, Inspeção, Medição e Ensaio). Este sistema tem como intuito facilitar a comunicação e a gestão de todos os EIME da fábrica, nas suas manutenções, calibrações, etc. pois existem diversos EIME presentes por todos os departamentos e áreas da empresa. Nesta aplicação, é possível visualizar e consultar todos os dados de um determinado equipamento, tais como:

- NICE / Número de série;
- Características: modelo, designação e fabricante;
- Localização: secção em que se encontra, lugar, linha, bancada, posto, etc.;
- Periodicidade de calibração;
- Estado: se está em serviço, em armazém, em reparação;
- Outros dados: nº do CC, última e próxima calibração.

É importante referir que apenas alguns colaboradores de BrgP têm acesso ao GEIME e estão habilitados a trabalhar com ele. A identificação do pessoal autorizado está mencionado numa IT definida para o efeito, IT QMM7 011C "Gestores do EIME". É da responsabilidade dos setores manter a lista atualizada mediante informação a QMM7.

The screenshot displays a software window titled 'Equipamento: Em Serviço'. It contains several data entry fields organized into sections:

- Dados do Equipamento:**
 - N.I.C.E.: 1
 - Nº FVB: 1
 - Modelo: 370 A
 - Nº Série: J302228
 - Descrição: Programmable Trace Curver
 - Tipo: Equipamento Eléctri
 - Fabricante: TEKTRONIX
- Localização:**
 - Secção: QSG5
 - Linha:
 - Bancada: 0
 - Lugar: 0
- Calibração:**
 - Lugar: JEP
 - Nº Certif.: 0118/99
 - Nº de EBS: 0394/99
 - Última Cal.: 05-04-1999
 - Póxima Cal.: 05-04-2000
- Verificação:**
 - Tipo de Verificação:
 - Última Verif.:
 - Póxima Verif.:
- Reparação:**
 - Lugar:
 - Nº de EBS:
 - Última Rep.:

At the bottom, there are buttons for 'Novo Movimento', 'Em Serviço', and a navigation icon.

Figura 3.4: GEIME - Sistema de base de dados.[23]

3.1.2 Classificação de Equipamentos

A grande maioria dos equipamentos existentes nesta empresa são equipamentos elétricos, existindo também outros tipos, mas não em tanta quantidade e utilidade. A BrgP, classifica os seus equipamentos em classe A e classe B, agrupando-os assim por funções distintas, consoante as suas aplicações. A classificação do equipamento é da inteira responsabilidade do departamento que o vai utilizar, sendo determinada de acordo com a sua aplicação. Os classe A, são os EIME que têm

influência na qualidade e especificações do produto/cliente, enquanto os de classe B, são os EIME que não tem influência na qualidade e especificações do produto.

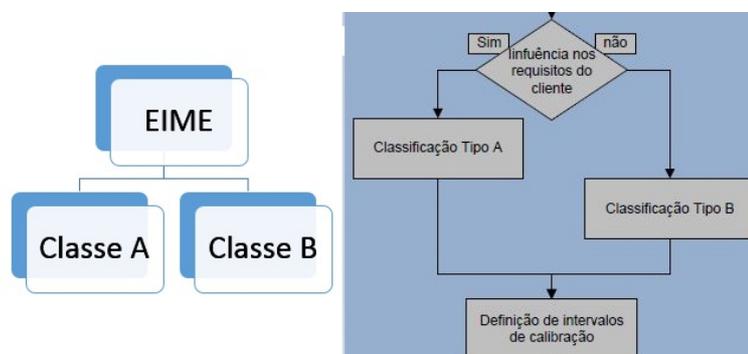


Figura 3.5: *Classificação dos EIME.*

Segundo a definição estabelecida no GEIME, o equipamento elétrico de classe A, está presente nos locais de trabalho onde se efetuam relatórios ou medições sobre as especificações do produto. Por outro lado, o equipamento elétrico de classe B, é o equipamento que é utilizado nos postos que não efetuam afinação e controlo objetivo ou que não realizem relatórios dos produtos fabricados, como, por exemplo, na reparação.

No GEIME, os equipamentos estão distribuídos por três tipos diferentes:

- Elétrico classe A ou B;
- Mecânico classe A ou B;
- Equipamento padrão, definido recentemente devido à integração do novo laboratório.

No grupo de EIME mecânicos, estão inseridos todos os outros equipamentos da fábrica que não são elétricos, existindo até equipamento que não é considerado do tipo mecânico, apesar de este constituir a sua maioria. Este grupo continuará a fazer calibração no exterior.

3.1.3 IntervalMAX

Um dos pontos mais importantes e discutidos relativamente à calibração está relacionado com a sua periodicidade. Relativamente a este tema, existia a Rec CNQ 4/99 e a Diretiva CNQ 19/90 "Recomendações para a determinação da periodicidade de calibração dos instrumentos de medição utilizados nos laboratórios de ensaios" porém, esta já se encontra absoleta. Nos dias atuais, não existe nenhuma norma ou diretiva que determine intervalos de calibração específicos, mas, a OIML D10.2007/ ILAC G24 "Intervalos de Calibração Metrológica", apresenta boas práticas sobre a periodicidade de calibração. Além de recomendar alguns fatores a ter em conta nos intervalos de calibração iniciais, também apresenta e explica alguns métodos que podem ser utilizados para determinar intervalos de calibração, como o método de "Ajuste Automático" ou "Escala", "Gráfico de Controlo", "Caixa-Preta" entre outros. Caso não seja exigido e definido pelo cliente um certo

intervalo, este pode ser estudado e conseqüentemente modificado, ao longo do tempo de vida do equipamento.[24]

Nas empresas, devido ao elevado número de equipamentos, uns mais utilizados que outros, aos custos de calibração, entre outras razões, o ponto de periodicidade da calibração deve ser devidamente estudado, para que a empresa consiga obter os menores custos possíveis mantendo o nível de qualidade.

Na unidade de BrgP, existe um *software* realizado pelo grupo ISG (*Integrated Sciences Group*) denominado por IntervalMAX, que calcula os intervalos de calibração dos EIME, com base num controlo estatístico. O IntervalMAX define que para todo o equipamento classe A e classe B, a periodicidade, surge em função dos valores que resultam da aplicação de métodos estatísticos. Trata-se de um programa de análise de intervalo de calibração bastante abrangente e versátil. Este *software* tem a capacidade de calcular intervalos que são consistentes com as metas de fiabilidade pré-determinados. É importante referir, que este programa tem uma interação constante com o GEIME uma vez que este, é a base de dados que suporta toda a informação relativa aos equipamentos, contendo assim todas as informações relevantes bem como um histórico dos equipamentos. Em suma, o IntervalMAX:

- Incorpora métodos S2 e A3 documentado em NCSLI RP – 1;
- Utiliza modelos de fiabilidade que cobrem todos os tipos de teste e medição;
- Ajusta intervalos de calibração para atender às metas de fiabilidade especificadas;
- Usa algoritmos eficientes para determinar intervalos de calibração corretos, num espaço de tempo mais curto e a um menor custo.

Tanto o método A3 "*Interval Test Method*" como o S2 "*Binomial Method*", são métodos estabelecidos na NCSLI – RP 1 (*The National Conference of Standards Laboratories - Recommended Practices Publications*) que é uma prática/guia recomendada para elaborar a periodicidade de calibração.

O método S2, é uma ótima metodologia existente para determinar intervalos de calibração ideais, sendo que a implementação deste método implica uma programação avançada juntamente com um conhecimento alargado de modelagem estatística. De uma forma genérica, este método testa o intervalo médio e avalia se os limites inferior e superior dos dados contêm a margem de confiança. Caso isto ocorra, o intervalo atende ao critério de confiança definido. Neste momento, o intervalo de confiança estabelecido na empresa é de 90%. Este método exige que os dados históricos de calibração estejam disponíveis para análise, e caso isto não aconteça, os itens são denominados por "*sparse data cases*" que são aqueles, cujos intervalos de calibração foram determinados com base em critérios técnicos ou algoritmos simples que procuram o intervalo correto de acordo com calibrações e dados recentes. Como solução aos "*sparse data cases*", surge o método S3 "*Interval Test Method*" sendo este, o método que surge como um auxílio ao método S2. No método A3, o intervalo é ajustado após a consideração do "*status*" do equipamento apresentado na última calibração. Através de uma classificação de valores que estão dentro ou fora das especificações, há

uma análise e conseqüente ajuste dos períodos de calibração. É importante salientar que todos os equipamentos possuem um intervalo de calibração máximo admissível de 48 meses e um mínimo de 6 meses.

Tudo isto garante que os intervalos de calibração computadorizados são uma solução bastante eficaz e útil. O IntervalMAX pode ser executado em todos os sistemas operativos, nomeadamente o *Windows* e sistemas operacionais. Como primeiro intervalo de calibração, para um equipamento totalmente novo, ou se utiliza o intervalo recomendado pelo fabricante, ou, caso este não exista, define-se como 12 meses. Por outro lado, quando já existem equipamentos similares no GEIME, coloca-se o intervalo recomendado pelo *software*. Todos os meses, é colocado a correr este *software* juntamente com o GEIME e desta forma, consoante os resultados obtidos, é possível perceber quais são os EIME que vão necessitar de ser calibrados. Esta atualização é sempre realizada com um mês de antecedência.[25][26]

3.2 Calibração Interna de EIME Elétricos

Segundo um estudo realizado pela área de QMM7, existe uma quantidade bastante significativa de equipamentos que necessitam de ser calibrados na empresa. Na figura seguinte, é possível perceber quais os números reais, relativos aos tipos de EIME existentes em BrgP.

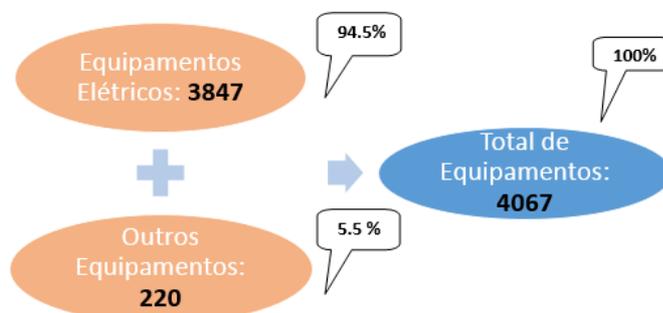


Figura 3.6: Quantidade de EIME existentes em BrgP.

Segundo os valores apresentados, é possível verificar que existe uma percentagem muito elevada de EIME elétricos ($\simeq 95\%$) enquanto os restantes 5,5% são relativos a EIME de temperatura, humidade, força, acústica, vibração, entre outros.[27] Até aos dias atuais, a empresa recorria a entidades externas para realizar a calibração dos EIME. Todos os equipamentos de classe B, eram calibrados no local, por um técnico especializado, enquanto equipamentos de classe A, seguiam para o laboratório próprio da entidade externa, para calibração. Este procedimento acarretava algumas desvantagens como despesas altas de calibração, imobilização do equipamento durante mais tempo, avarias que poderiam ocorrer durante o seu transporte, etc.

Tendo em consideração a dimensão e exigência constante da empresa, a implementação de um laboratório interno dedicado à calibração de EIME elétricos, seria uma atividade bastante útil,

acrescentando à empresa uma maior dinâmica, individualidade e independência. Os objetivos pretendidos com a implementação do laboratório interno de calibração elétrica passam por:

- Reduzir os custos de calibração;
- Diminuir o tempo de imobilização dos equipamentos, devido à calibração realizada por uma entidade externa;
- Eliminar algum *stock* extra que é necessário existir devido à calibração;
- Maior facilidade, nomeadamente em calibrações necessárias após reparação de equipamentos;
- Tornar a gestão de calibração mais simples.

Na figura seguinte, 3.7, visualiza-se um pequeno estudo de vantagens da implementação do laboratório, em termos de custos.

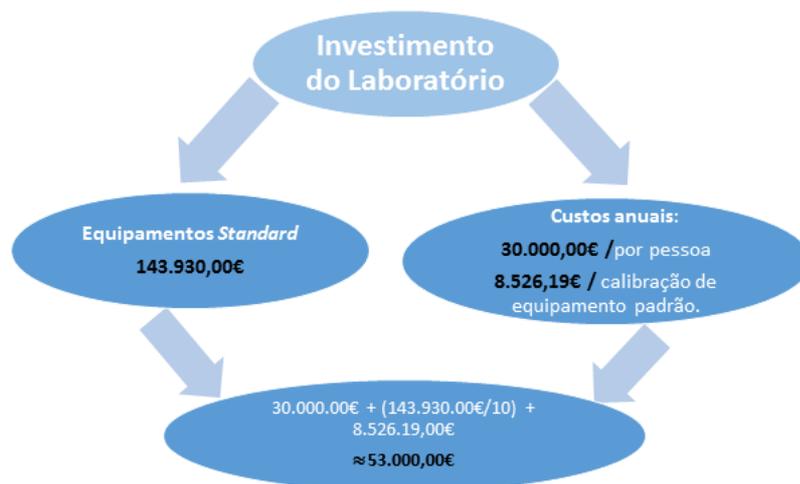


Figura 3.7: Pequeno estudo sobre custos de investimento no laboratório.

Os custos anuais de calibração, tinham sempre valores relativamente próximos, de ano para ano. Por exemplo, no ano de 2013, o custo anual das calibrações elétricas foi de $\simeq 136\,669,04€$.

Relativamente aos custos de aquisição do equipamento *Standard*/padrão, estes tiveram um valor de $\simeq 143\,930,00€$. Somando a isto, o custo do pessoal envolvido com o valor calculado por pessoa de $\simeq 30\,000,00€$ e também os custos de calibrações anuais de equipamento padrão com valores de $\simeq 8\,526,19€$, verifica-se que os custos anuais têm um valor de $\simeq 53\,000,00€$ com um processo de amortização de 10 anos.

Tendo como referência o valor de 2013, $\simeq 136\,669,04€$, pode-se concluir que com a implementação do laboratório, haverá uma poupança futura de $\simeq 83\,700,00€$ ($136\,669,04€ - 53\,000,00€$).

Obviamente que estes pequenos estudos não são específicos e completamente perfeitos, uma vez que podem existir custos extras, como o custo relacionado com o espaço do laboratório, aquisição de equipamentos que auxiliam as calibrações, formações constantes dos colaboradores, entre

outros, porém, são importantes para perceber que os valores serão benéficos e que em poucos anos, o investimento será abatido e a empresa só terá a ganhar aspectos positivos com ele, pois existem cada vez mais equipamentos e novas linhas de produção. É possível perceber que o LME em BrgP irá compensar a empresa no futuro, a nível financeiro e principalmente a nível de gestão de processo de calibração.

3.2.1 Normas Associadas

Antes de iniciar a implementação de um laboratório de metrologia, é necessário abordar e conhecer diversas normas importantes que estão associadas à Metrologia. Do mesmo modo, a Bosch possui diversas normas internas que necessitam de ser seguidas. O LME da unidade de BrgP, tem em consideração as seguintes normas:

Normas	Normas internas Bosch:
<ul style="list-style-type: none"> • ISO 9001 • ISO/TS 16949 • NP EN ISO 10012 • NP EN ISO 17025 	<ul style="list-style-type: none"> • RB/GF 179 • RB/GF 0181 • CDQ 1001 • CDQ 1002 • CDQ 0701 • CDQ 0402

Figura 3.8: Normas importantes relativas à implementação do laboratório.

A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma federação mundial de diversos organismos nacionais de normalização. Através de comités técnicos, são preparadas normas internacionais de forma a serem aplicadas em diversos tipos de organizações e empresas. Organizações internacionais, governamentais e não-governamentais, também participam na elaboração destas normas em articulação com a ISO. Esta organização colabora com a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), em todos os assuntos relativos à normalização eletrotécnica. Desta forma, normas internacionais são elaboradas conforme as regras das Diretivas ISO / IEC. De seguida, é apresentada uma breve explicação de cada norma, de forma a perceber melhor o seu enquadramento e implementação com o LME de BrgP.

ISO 9001

A ISO 9001 especifica e aborda diversos requisitos necessários para o funcionamento de um sistema de gestão da qualidade, de uma determinada empresa e/ou organização. Todos os requisitos abordados por esta norma, destinam-se a todos os tipos de organizações. São vários os objetivos que se pretendem com esta norma, entre eles, aumentar o nível de satisfação ao fornecedor/cliente através de implementação de processos de melhoria contínua.[28]

ISO TS/16949

Esta norma surge em conjunto com a norma mencionada anteriormente, a ISO 9001. Aponta os requisitos do sistema de gestão de qualidade para o desenvolvimento, conceção, produção e manutenção de todos os produtos relacionados com a indústria automóvel. A ISO/TS 16949, é o único referencial reconhecido a nível internacional, para a gestão da qualidade aplicada a organizações que participem na cadeia de fornecimento da indústria automóvel. Esta norma foi realizada pela *International Automotive Task Force* (IATF) do comité técnico da ISO, com base e apoio na ISO/176 (gestão de qualidade e garantia de qualidade), harmonizando-se assim com os regulamentos automotivos dos sistemas específicos referentes a cada país. São oito, os princípios fundamentais desta norma:[29]

1. Focalização do cliente;
2. Liderança;
3. Abordagem por processos;
4. Melhoria contínua;
5. Processo de decisão;
6. Relação com fornecedores e benefícios mútuos;
7. Envolvimento do pessoal;
8. Abordagem de sistemas.

É importante referir que a sua nova atualização (Abril de 2014) 4ª edição, possui diversas alterações, as mais importantes são:

- Preparação e duração de auditorias;
- Tempo de resposta para resolver não conformidades;
- Áreas incidentes dos auditores;
- Processo de certificação / suspensão do certificado.

ISO 10012

Relativamente à NP EN ISO/IEC 10012:2005, norma Portuguesa relativa a "*Sistemas de gestão da medição e Requisitos para processos de medição e equipamento de medição*", é importante referir que se trata de uma norma que estabelece uma orientação para toda a gestão que é realizada na medição e confirmação metrológica dos equipamentos de medição que são utilizados, de forma a demonstrar conformidade com os requisitos metrológicos. Um dos pontos fulcrais desta norma, passa pela definição de confirmação metrológica, e esta envolve todo o processo que é definido pelos pontos definidos na figura 3.9:



Figura 3.9: Requisitos inerentes à confirmação metrológica.

De uma forma genérica, conclui-se que a NP EN ISO/IEC 10012:2005, exige e assegura que exista uma satisfação dos requisitos metrológicos. Esta norma abrange vários pontos importantes como:

- Termos e definições metrológicos importantes;
- Requisitos gerais;
- Responsabilidade de gestão;
- Gestão de recursos;
- Confirmação metrológica e realização de processos de medição;
- Análise e melhoria do sistema de gestão de medição.[30]

ISO/IEC 17025

A NP EN ISO/IEC 17025:2005, é uma norma de extrema importância relativamente ao LME uma vez que tem de ser seguida rigorosamente, para que a implementação do LME e o seu funcionamento seja de acordo com o exigido. A implementação do LME segundo esta norma, permite também que o laboratório reúna todas as condições, para que seja acreditado, no futuro, caso seja assim pretendido.

Tendo como título "*Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio de calibração*" percebe-se que esta norma é bastante importante na implementação de um laboratório de metrologia, mencionando todos os requisitos necessários para o seu funcionamento, abordando também a sua gestão. Relativamente aos "Requisitos de Gestão", esta norma foca-se em pontos principais tais como:[31]

1) Organização

- O pessoal técnico e de gestão deve ter meios e responsabilidades adequadas;
- Devem existir metodologias e políticas para manter confidencialidade e evitar atividades conflituosas;
- É necessário definir uma estrutura e organização de gestão;
- É importante que exista uma nomeação de um responsável da qualidade e de um responsável técnico, que poderá ser a mesma pessoa;
- Os processos de comunicação devem ser apropriados.

2) Sistema de Gestão

- Os procedimentos, políticas e programas devem estar bem documentados;
- Deverá existir um documento, que poderá ser denominado por "Manual da Qualidade" que inclui de forma sugestiva todas as políticas e objetivos impostos pelo sistema de gestão. Poderá referir procedimentos técnicos de apoio, assim como, a definição de funções dos diferentes responsáveis do sistema.

3) Controlo de Documentos

- Todos os documentos associados ao laboratório, têm de ser revistos e aprovados antes da sua emissão, por pessoal autorizado e devem também ser analisados de forma periódica de forma a mantê-los atualizados;
- Os documentos devem estar sempre disponíveis e acessíveis;
- Deverá sempre existir controlo de documentos externos e devida identificação;
- Os documentos inválidos ou obsoletos devem ser imediatamente removidos e devidamente identificados como tal;
- Toda a documentação deve ter a identificação necessário como emissor, data de emissão ou identificação da revisão, número de páginas, número total de páginas, etc.
- Relativamente às alterações efetuadas, todo o texto modificado ou novo, deve estar identificado e rubricado com a respetiva data de alteração.

4) Análise de Consultas, Propostas e Contratos

- Neste tópico, é importante que exista uma correta definição e compreensão dos requisitos do cliente, assim como, uma avaliação dos recursos que existem para a satisfazer;
- Todas as análises, discussões e acordos, devem ser bem registados assim como o facto de o cliente estar sempre informado sobre desvios que possam existir.

5) Subcontratação de Ensaios e Calibrações

- Havendo a necessidade de recorrer a uma empresa subcontratada, esta terá de ser acreditada e o cliente deve ser informado sobre o mesmo.

6) Aquisição de Produtos e Serviços

- A entidade deve ter ao seu dispor uma metodologia adequada para a seleção e aquisição de novos produtos e/ou serviços relevantes. A aquisição, receção e armazenamento devem seguir sempre o mesmo procedimento;
- É importante que existam critérios de aceitação especificados, como também é de igual importância o registo e documentos associados a todas as compras efetuadas, tendo acesso a todo o conteúdo técnico. Deverá existir uma lista de fornecedores aprovados sempre atualizada.

7) Serviço ao Cliente

- De forma a prestar bom serviço ao cliente, a entidade acreditada deve cooperar da melhor forma com o cliente, acompanhando sempre a execução do laboratório incluindo até, se possível, o acesso dos clientes ao laboratório para que estes possam assistir a alguns ensaios de calibração;
- A avaliação e satisfação do cliente deve ser constantemente estudada e avaliada.

8) Reclamações

- No caso de existirem reclamações, deverá existir o seu registo e uma política e metodologia adequada para a resolução das mesmas. Ações corretivas devem também ser implementadas.

9) Controlo de Trabalho de Ensaio e/ ou Calibração Não conforme

Quando o trabalho efetuado se encontra não conforme, é necessário que a entidade tome ações como:

- Definir responsabilidades e ações a desencadear;
- Avaliar a importância do trabalho não conforme e impactos que este possa ter, através de uma análise de risco;
- Executar ações corretivas;
- Informar o cliente ou o responsável;
- Registrar todas as informações importantes;
- Ações corretivas devem ser estudadas e planeadas, para que ações de não conformidade não voltem ocorrer.

10) Melhoria

- O laboratório deverá implementar uma ação de melhoria contínua através da sua gestão de qualidade, seguindo objetivos, resultados de auditorias, ações corretivas e também preventivas.

11) Ações Corretivas/Preventivas

- Como referido anteriormente, as ações corretivas são muito importantes nomeadamente em ações de não conformidade;
- Para a realização de ações corretivas, é necessário que haja uma análise das causas e uma identificação de soluções eficazes. O acompanhamento da implementação das ações deve ser feita de forma a garantir a sua eficácia e por fim, devem também recorrer a auditorias quando existem dúvidas sobre a conformidade dos procedimentos implementados;
- As ações preventivas são muito importantes, uma vez que podem identificar melhorias e potenciais fontes de não conformidades.

12) Controlo de Registos

- O laboratório deve ter registado toda a documentação necessária num local apropriado para o efeito, ou seja, seguro e confidencial;
- Relativamente aos ensaios, estes devem possuir todos os registos do início ao fim da sua realização, como fatores de incerteza, identificação do pessoal, a forma como foi realizado o ensaio, verificação de resultados, entre outros. Todos os resultados devem ser também guardados existindo cópias de cada relatório e CC emitidos.

13) Auditorias Internas

- As auditorias internas são muito úteis, uma vez que envolve pessoal treinado e se possível, independente da entidade acreditada. Desta forma, são identificadas as não conformidades e implementadas as ações corretivas, de forma a colocar em prática o plano de melhoria contínua.

14) Revisões pela Gestão

- A gestão de topo deverá possuir e aplicar um plano anual de revisão a toda a gestão envolvida, de forma a realizar um estudo dos pontos positivos e negativos, para que exista uma redução dos problemas de forma a prevenir o máximo possível as não conformidades.

Além dos requisitos impostos à gestão, esta norma também abrange "Requisitos Técnicos":

1. **Pessoal** - esta norma exige que os colaboradores do laboratório, nomeadamente o gestor de qualidade e o responsável técnico, tenham qualificações e habilitações necessárias para a execução do trabalho. Além disto, exige que seja realizado um plano de formações periodicamente, ajustado às suas atividades com respetiva avaliação da sua eficácia.

2. **Instalações e Condições Ambientais** – para realização dos ensaios de calibração é necessário que o laboratório possua as condições necessárias, nomeadamente de temperatura e humidade, no caso de Metrologia Elétrica. A CNQ 5/2001 já absolta, recomendava valores específicos de temperatura e humidade. Atualmente, não existe nenhuma especificação para estes valores, porém, as boas práticas sugerem $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ para temperatura e $50\pm 10\%$ para valores de humidade relativa. O laboratório deve ter também controlo e registo destes valores diariamente. É importante que o acesso ao laboratório seja restrito a pessoal autorizado para o mesmo.
3. **Métodos de Ensaio e Calibração / Validação dos Métodos** – Todos os métodos e procedimentos devem ser desenvolvidos por pessoal qualificado e conhecidos pelos clientes de forma a serem aprovados. Todos os planos devem ser atualizados de acordo com as necessidades que vão surgindo. Relativamente à validação, esta deve surgir de forma clara e objetiva, através de CC que possuem requisitos mínimos como: procedimento utilizado, local da calibração, condições ambientais, resultados, entre outros.
4. **Equipamento e Software** – Todos os equipamentos utilizados para medições, assim como os respetivos *softwares*, devem estar devidamente identificados com a sua documentação técnica, nomeadamente CC. Deve estar também comprovado que estes equipamentos são suficientes para as ações realizadas. Além disto, também é necessário que exista um documento que informe de que forma o equipamento sujeito a calibração (UT) é transportado e manuseado, o estado de calibração e a identificação necessária.
5. **Rastreabilidade das Medições** – Todo o programa e procedimentos relativos à calibração do equipamento padrão utilizado no laboratório, deve estar bem documentado e explícito, de forma a assegurar a respetiva rastreabilidade. É importante que existam também verificações intermédias tanto nos EIME como nos equipamentos padrão.
6. **Apresentação/Listagem dos EIME** – A ISO/IEC 17025 exige que exista uma apresentação envolvendo as UT que estão sujeitas a calibração.
7. **Manuseamento dos Itens a Ensaiar/Calibrar** – na documentação do laboratório, deve estar presente um procedimento que indica de que forma o laboratório trabalha relativamente à forma como manuseia, prepara e realiza as calibrações.
8. **Garantir a Qualidade dos Resultados dos Ensaios de Calibração** – De forma a garantir os bons resultados do laboratório, é necessário que exista um acesso a todos os CC dos equipamentos padrão e estes devem estar sempre atualizados. Além disto, a norma sugere também que exista a participação em ensaios de comparação interlaboratorial. Deve haver também evidência de que os dados de controlo da qualidade foram analisados e, quando apropriado, deverão ser tomadas ações planeadas, para corrigir problemas.
9. **Apresentação de resultados** – Todos os resultados obtidos devem ser apresentados de forma simples, objetiva e clara através de CC. Estes têm requisitos obrigatórios, como já referido anteriormente.[32]

Normas Internas Bosch

As normas internas da empresa, são estabelecidas com o intuito da comunidade Bosch se reger pelas mesmas regras e orientações, tornando o trabalho da empresa mais simples e fácil, em qualquer grupo da empresa. Estas pertencem ao grupo "topo", correspondente da hierarquização das normas internas da Bosch, contendo diretrizes básicas para garantir procedimentos de negócios. Todos estes procedimentos são criados pelos departamentos e escritórios corporativos responsáveis. Por outro lado, as diretivas centrais (CDQ) contêm regras de departamentos e escritórios para um determinado assunto, mais específico.

A RB/GF 179 define de que forma é abordada a política da qualidade, assim como a sua gestão, dentro da empresa Bosch, definindo objetivos principais como a qualidade do produto, que envolve todo o seu processo, desde a qualidade do conceito e *design* até à qualidade de fabrico/produção assim como responsabilidades associadas.[33] A RB/GF 0181 define tarefas, procedimentos e responsabilidades para lidar com toda a informação e documentação que é criada e recebida pelos colaboradores da Bosch. Esta norma define um controlo de documentos que envolve todo o grupo, definindo vários pontos como o armazenamento, identificação de matéria confidencial, destruição, tipo de organização, entre muitas outras coisas. Os objetivos principais passam por regular responsabilidades para o tratamento da informação e documentação, classificar as informações e proteger para o caso de perdas importantes de informação.[34]

A CDQ 1001 descreve todo o processo de controlo, inspeção e medição realizado em equipamentos, com o objetivo de garantir a exatidão e disponibilidade para uso dos equipamentos. Desta forma, esta norma interna segue de forma sistemática um ciclo, com foco em alguns pontos como se pode ver no diagrama em baixo, na figura 3.10.[35] Esta CDQ estabelece de que forma, os EIME são avaliados, associando também as responsabilidades e ações necessárias aos responsáveis pelos equipamentos. A nível da gestão de equipamentos, a CDQ 1001 é de extrema importância.

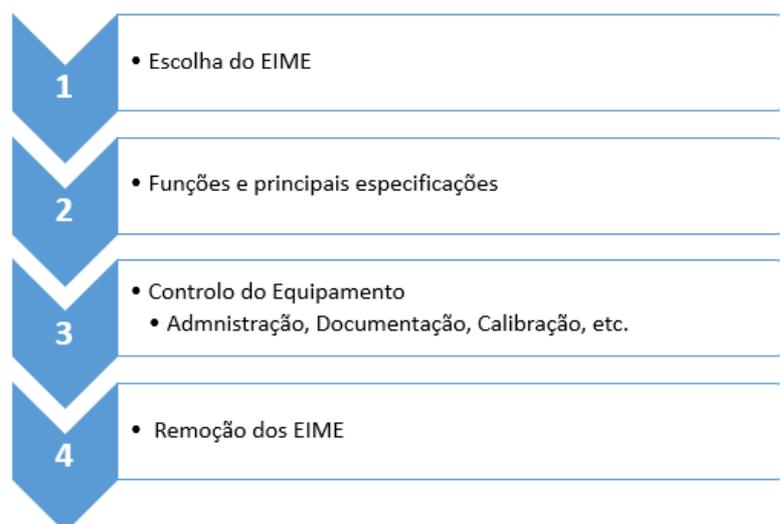


Figura 3.10: Norma interna - CDQ 1001.

A CDQ 1002 é também uma norma obrigatória da Bosch que define o termo "*standard*" regulando e hierarquizando a utilização das normas referentes à calibração.[36] Na figura 3.11, estão apresentados os tópicos principais desta CDQ.

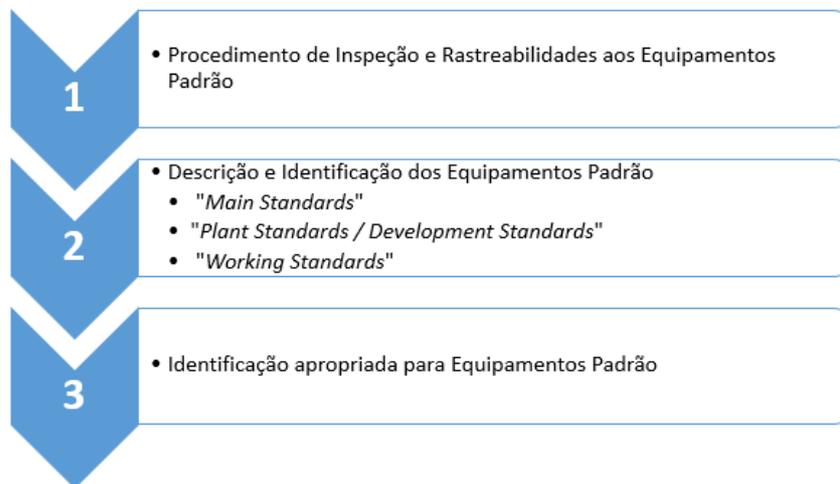


Figura 3.11: Norma interna - CDQ 1002.

Conclui-se que se trata de uma CDQ que aborda todos os equipamentos padrão utilizados pela empresa, explicando de que forma estes devem ser geridos. Nos capítulos seguintes, é possível perceber a implementação desta norma no LME de BrgP.

Relativamente à CDQ 0701 "*Tarefas, Responsabilidades e Autoridade da Qualidade*" esta como o próprio nome indica, especifica as respetivas tarefas, responsabilidades e autoridades das divisões da área da Qualidade.[38] Por outro lado, a CDQ 0402, define princípios, responsabilidades e procedimentos de forma a garantir o controlo da qualidade de todos os produtos. São utilizados diversos métodos, entre eles: controle estatístico, verificações de capacidade e controlo de processo.[37]

Capítulo 4

Implementação do Laboratório

A implementação do LME, é um processo contínuo e elaborado ao longo do tempo. Desde os dias iniciais até hoje, são definidas e ultrapassadas várias etapas. Para que este processo fosse evoluindo de forma positiva, todas as semanas eram marcadas reuniões com o pessoal envolvido, para que o processo fosse evoluindo da melhor forma.

4.1 Âmbito do Laboratório de Metrologia Elétrica

O desenvolvimento de um novo laboratório de calibração é um processo bastante complexo, no qual é necessário ter em conta diversos conceitos e normas, como referido anteriormente. Uma norma fundamental é a NP EN ISO/IEC 17025:2005. De forma a seguir os requisitos desta norma, como conduta principal e, desta forma, tornar o procedimento mais simples e organizado, foi elaborado um documento denominado por "Âmbito do Laboratório de Metrologia Elétrica" que está devidamente apresentado no anexo B. Este documento, segue de forma rigorosa o ponto 4 da norma 17025, "*Requisitos de Gestão*" assim como o ponto 5, "*Requisitos Técnicos*". Além disto, é abordado também normas internas, como a CDQ 1001 e 1002. Como auxílio à elaboração deste documento, seguiu-se o documento fornecido pelo IPAC "*Guia para aplicação da NP EN ISO/IEC 17025*" – OGC001 2010-03-30. De seguida, é explicado o processo do laboratório onde existem também IT associadas que permitem abordar alguns temas de forma mais detalhada, estando todas elas apresentadas em anexo.

Na abordagem inicial, são apresentados os requisitos de gestão, estando estes muito ligados ao documento PT001, uma vez que este, envolve o processo de gestão. Todos os requisitos associados à gestão podem ser conhecidos no anexo B. Além disto, é importante referir que este documento apresenta uma matriz de responsabilidades, onde estão definidas várias tarefas que são executadas no laboratório e a consequente atribuição de responsabilidade, aprovação, suporte, informação e cooperação das mesmas. Logo de seguida, encontra-se um organograma, que representa de uma forma sintetizada a hierarquia das pessoas envolvidas no laboratório. O gestor da qualidade é referente ao responsável pela área de QMM, enquanto que o responsável pelo laboratório e

responsável técnico é o chefe de QMM7. Posteriormente, é apresentada a parte dos requisitos técnicos (ver anexo B).

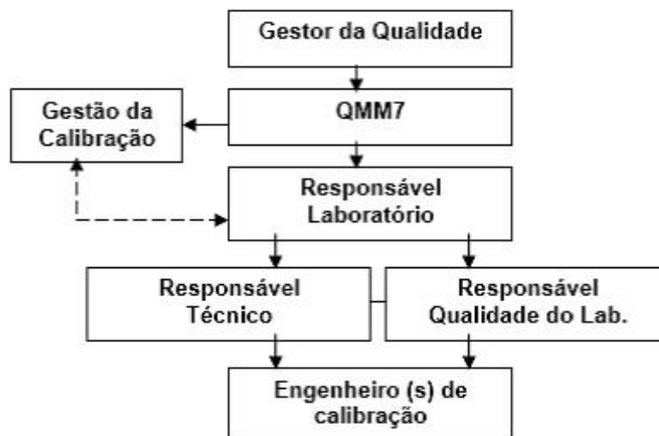


Figura 4.1: Organograma do LME.

4.1.1 Pessoal

No campo "Pessoal" é necessário que seja comprovado e demonstrado todas as competências e qualificações assim como as formações e avaliações que são aplicadas e exigidas aos colaboradores do LME. Aqui está referida a IT QMM7 002M "Qualificação e Formação" exigidas aos colaboradores do LME, que menciona toda a informação necessária sobre este tema. Neste subcapítulo, há ainda uma descrição do perfil/tarefas dos operadores.

4.1.2 Instalações e Condições Ambientais

Locais de Calibração

Tendo em conta a classificação dos equipamentos, os locais de calibração variam:

- Equipamentos de classe A são calibrados no LME;
- Equipamentos de classe B são calibrados nos próprios locais de funcionamento.

Por determinadas razões e em casos excepcionais, poderá um equipamento tipo B ser calibrado no laboratório ou até um do tipo A ser calibrado no próprio local. Enquanto que equipamento B podem ser calibrado no laboratório sem quaisquer explicações, o inverso necessita de justificação clara esclarecendo assim o modo como se respeitam as condições necessárias.

Condições Ambientais

Como já referido anteriormente, é necessário ter as seguintes condições ambientais para realizar os ensaios:

- Temperatura: $23 \pm 2^\circ\text{C}$;
- Humidade Relativa: $50 \pm 10\%$;

O controlo destes parâmetros é realizado por dois equipamentos. O FLUKE 1620A "DewK" realiza a medição da temperatura e humidade, no LME e o PCETHB 40 nos próprios locais de funcionamento dos equipamentos.



Figura 4.2: Termo-higrómetros utilizados nas calibrações.

Sempre que são realizadas calibrações, estes parâmetros são devidamente monitorizados, de forma a garantir as condições necessárias. No LME, o ambiente é controlado diariamente sendo que o FLUKE 1620A, guarda valores dos parâmetros de 10 em 10 minutos (definido consoante o que o utilizador pretende) para que seja possível avaliar as variações que vão ocorrendo ao longo do tempo e desta forma, fazer estudos sobre a consistência do ambiente no laboratório.

Controlo de acesso às áreas de calibração

Apenas o pessoal autorizado tem acessibilidade às áreas de calibração, nomeadamente, colaboradores/técnicos do laboratório como também pessoal autorizado, acompanhado pelos mesmos. Os gestores de EIME de cada secção, apenas têm acesso à área do laboratório indicada para colocação do material a calibrar ou remoção do material calibrado. É também importante referir, que o acesso também é permitido ao pessoal da limpeza, sendo que este está informado sobre os cuidados a ter.

4.1.3 Métodos de Calibração e sua validação

Métodos de calibração

Os métodos utilizados são baseados num *software* pertencente à FLUKE, denominado por METCAL "Calibration Software". A versão *Plus 8* é uma plataforma dedicada à calibração de diversos equipamentos com várias funções, entre as quais:

- Recorrer a instrumentos específicos para calibração;
- Possuir sistemas automatizados;
- Gerar CC de forma automática;

Os PC são realizados consoante o modelo dos EIME. No diagrama da figura 4.3, é mostrado todo o processamento na realização de PC. De seguida, são explicados todos os passos do diagrama.

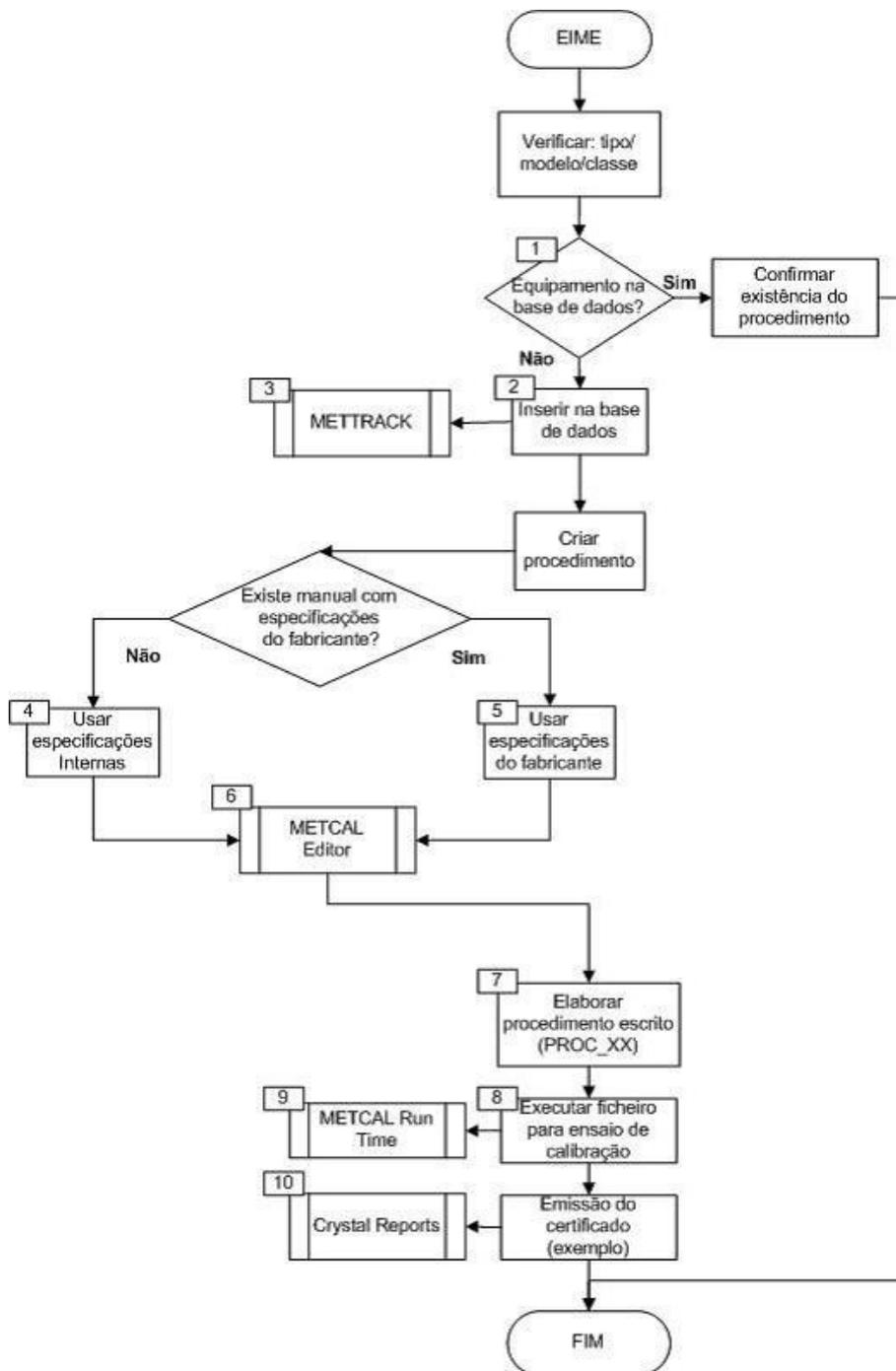


Figura 4.3: Processo utilizado para realizar os procedimentos de calibração (PC).

1. Todos os EIME necessitam de ser registados na base de dados do LME.
2. Todos os dados relativos ao EIME são importantes de serem guardados, como: NICE, fabricante, modelo, tipo de equipamento, número de série, etc.
3. METTRACK - é a base de dados do METCAL que guarda toda a informação necessária.
4. Para criar o PC, é necessário verificar se existe o manual do fabricante com a informação necessária, nomeadamente as especificações utilizadas na calibração. Caso este documento não exista, é necessário recorrer às especificações internas que estão estabelecidas na IT QMM7 006M (anexo C) e IT QMM7 002C.
5. Para utilizar as especificações do fabricante, é necessário ter acesso aos manuais dos respetivos equipamentos. Todos os pontos sugeridos pelo fabricante são seguidos. Os manuais são guardados para posterior consulta.
6. METCAL Editor - Editor onde se realiza a programação do PC.
8. Todos os procedimentos necessitam de um ficheiro (.pxe) para que possam ser executados.
7. É elaborado um relatório "PROC_XXXXA(B)" que descreve passo a passo o PC. A numeração destes documentos é feita de forma sequencial e identifica-se o relatório como A ou B consoante a classe do EIME. Assim, atendendo à quantidade de equipamentos existentes, poderão existir procedimentos A e B para o mesmo modelo. Depois de finalizado o procedimento, o ficheiro é executado e inicia-se o ensaio de calibração, para verificar se o procedimento foi bem realizado.
9. METCAL Run Time - executa o procedimento de calibração, através de um ficheiro pxe.
10. Crystal Reports - utilizado para editar o CC que é emitido consoante os tipo de resultados que se pretende.

Controlo

O LME guarda na base de dados METTRACK todos os registos e calibrações efetuadas. Existe ainda um servidor virtual de forma a garantir o armazenamento de dados durante 15 anos, sendo isto definido por uma norma interna Bosch – CDQ1001. Desta forma, o LME têm um domínio sobre todas as alterações que possam ser efetuadas nos PC, registando-as, caso existam, como também sobre a repetibilidade, reprodutibilidade e incerteza de medição das calibrações.

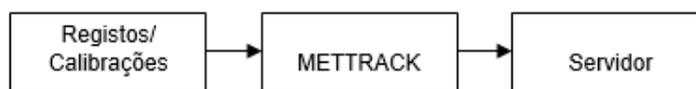


Figura 4.4: Sequência da informação.

Segundo a OGC001 2010-03-30, *dados originais e derivados (ver 4.13.2.1 da NP EN ISO/IEC 17025): preferencialmente até ao final do terceiro ano civil seguinte ao da realização do ensaio/calibração, mas pelo menos até ao final do ano civil seguinte ao da realização do ensaio/calibração; - cópias dos Relatórios/Certificados emitidos (ver 4.13.2.1 da NP EN ISO/IEC 17025): até ao final do terceiro ano civil seguinte ao da realização do ensaio/calibração; - registos*

da qualidade e técnicos: pelo menos até ao final do terceiro ano civil seguinte ao da sua substituição ou realização (o maior dos dois prazos); Considera-se que os registos de equipamentos (por exemplo certificados de calibração) DEVEM ser conservados durante a vida útil do equipamento, de modo a ser evidenciada a respetiva conformidade durante o período de atividade.[39]

Validação dos métodos

Todo este tópico é abordado detalhadamente no capítulo 5 "Resultados" onde será explicado todo o processo envolvido nos CC assim como os respetivos cálculos de incertezas.

4.1.4 Equipamentos

Controlo, identificação e registos

Todo o equipamento padrão e respetivo *software* utilizado no LME estão devidamente identificados, inventariados e registados. Na tabela seguinte (4.1), é possível verificar quais os equipamentos padrão utilizados no LME.

Tabela 4.1: Padrões de medição utilizados no LME.

Padrões de Medição					
Modelo	Descrição	Fabricante	Modelo	Descrição	Fabricante
5522A	Calibrador Multiproduto Calibrador Osciloscópio Calibrador Potência	FLUKE	5080A	Calibrador Multiproduto Calibrador Osciloscópio Calibrador Potência	FLUKE
8508A	Multímetro	FLUKE	3458A	Multímetro	Agilent
96040A	RF	FLUKE	SMJ100	Gerador Sinal	Rohde & Schwarz
CN5-N	Década Capacitiva	Cropico	1407	Década Resistiva	Adler
5500A	Coil	FLUKE	33220A	Gerador Funções	Agilent

A parte representada a azul na tabela, identifica os padrões *Plant Standard*/Referência do LME que estão fixos no laboratório sendo utilizados para calibrar EIME de classe A. Por outro lado, os identificados na cor clara, além de serem todos calibrados numa entidade externa, são denominados na Bosch pelos padrões *Working*/Trabalho. Estes equipamentos estão inseridos num carrinho, devidamente preparado, para assim ser possível a deslocação aos locais, nomeadamente as linhas de produção de forma mais funcional. Estes são os padrões utilizados para calibração de EIME de classe B. Os outros equipamentos visualizados na tabela (na cor amarela) podem ser utilizados tanto no laboratório como nos próprios locais.

Na figura 4.5, é apresentada uma imagem do carrinho utilizado para os padrões de trabalho. Verifica-se que nele existem todos os instrumentos necessários à calibração. Na imagem 4.5, a letra a) indica o portátil utilizado com o METCAL, o b) é o termo-higrómetro PCETHB 40, o c) corresponde ao calibrador 5080A e o d) ao multímetro 3458A. Para colocar cabos e outros materiais necessários são utilizadas as caixas como refere o f) e por fim, o e) demonstra uma UPS (*Uninterruptible power supply*) que é utilizada para que os padrões estejam sempre nas melhores

condições, evitando o *warm-up* em cada deslocação e reduzindo o tempo despendido em calibrações.

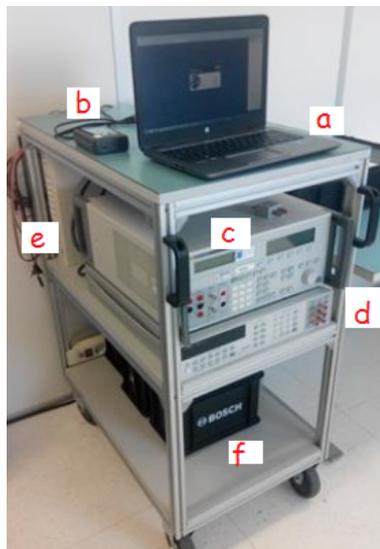


Figura 4.5: Carrinho utilizado para calibrações no local.

Compra e aceitação

Existe uma instrução de trabalho (IT QMM7 007M), que identifica todos os equipamentos padrão e os respetivos *softwares* assim como equipamentos auxiliares usados para calibração. Esta IT também indica as respetivas especificações dos equipamentos e identificação dos CC de todos os equipamentos.

Os equipamentos padrão foram/são aceites, depois de realizada uma inspeção geral de todos os aspetos, principalmente a nível de manuseamento, da conformidade de desempenho de acordo com as suas especificações, de segurança, como também a nível de repetibilidade e reprodutibilidade. Todos os padrões possuem o seu respetivo CC. Posteriormente, foi também fornecido pelo fabricante, diversas formações relacionadas com o equipamento como também com o *software* utilizado.

Calibração e uso adequado

Todas as atividades com o equipamento padrão e respetivo *software*, são realizadas por pessoal autorizado e com formação para o mesmo. O equipamento e *software* são utilizados apenas para realizar medições adequadas às suas especificações, não sendo submetido a sobrecargas ou outros efeitos. A calibração é realizada por uma entidade externa, a responsável pelo fornecimento do equipamento, estando acordado no contrato, uma calibração por ano, a cada padrão do laboratório. Relativamente ao material de apoio utilizado, existem alguns cuidados, principalmente com os cabos utilizados nas calibrações, sendo este um tópico de extrema importância para a execução de uma calibração. Ver IT QMM7 016M (anexo D).

4.1.5 Avaliações

No futuro, e de forma a fazer verificações intermédias das características metrológicas e funcionais dos equipamentos padrão entre calibrações e da mesma forma, poder realizar uma avaliação do comportamento do laboratório, o LME pretenderá realizar ensaios de comparação interlaboratorial, de forma a controlar a sua deriva e aptidão ao uso. Ver IT QMM7 008M (anexo E).

4.1.6 Rastreabilidade das Medições

Generalidades

Os intervalos de calibração das UT são definidos pelo IntervalMax, como já explicado anteriormente no capítulo 3. Os padrões utilizados pelo laboratório têm período de calibração fixo de 12 meses.

Requisitos específicos

Os CC dos equipamentos padrão FLUKE, estão de acordo com vários laboratórios de acreditação, entre eles, como exemplo, o UKAS (*United Kingdom Accreditation Service*) que fornece uma rastreabilidade de medição para o sistema de unidades de SI e / ou às unidades de medida, realizado no Laboratório Nacional de Física ou outros laboratórios nacionais reconhecidos. A FLUKE é também acreditada pela NVLAP (*National Voluntary Laboratory Accreditation Program*), que fornece a acreditação para laboratórios de ensaio e calibração nos Estados Unidos, em resposta às ações legislativas ou pedidos de agências governamentais ou organizações do setor privado. Laboratórios acreditados NVLAP são avaliados em função da gestão e requisitos técnicos publicados no *International Standard, ISO / IEC 17025: 2005*. A rastreabilidade do LME é apresentada na figura 4.6. Todos os outros padrões do LME, possuem também CC por laboratórios acreditados.

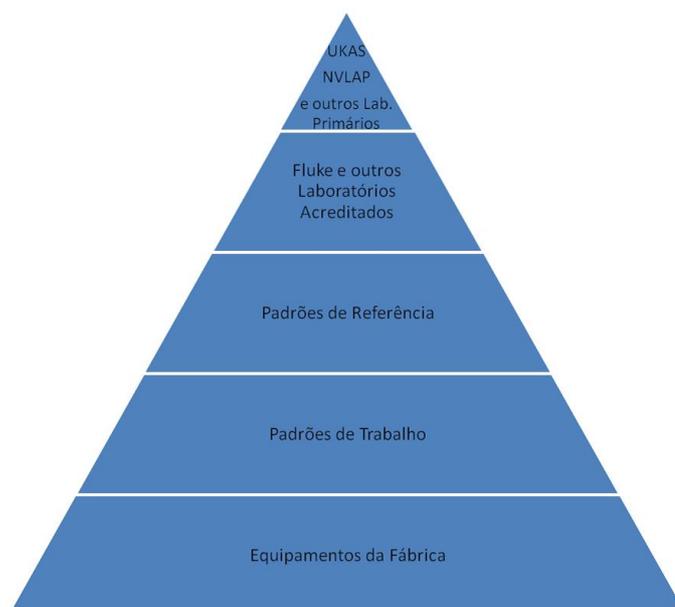


Figura 4.6: Rastreabilidade apresentada no LME.

De acordo com as normas internas Bosch, os padrões de referência e de trabalho, estão devidamente identificados com etiquetas específicas. Ver IT QMM7 009M (anexo F).

4.1.7 Apresentação/Listagem de EIME

Todos os EIME da fábrica sujeitos a calibração interna, estão identificados e listados numa IT específica, com o nome do EIME e respetivo PC.

4.1.8 Manuseamento dos Itens a Calibrar

Através do diagrama da figura 4.7 é possível ficar a conhecer todo o processo envolvido no LME. Posteriormente, são explicados os pontos principais do diagrama.

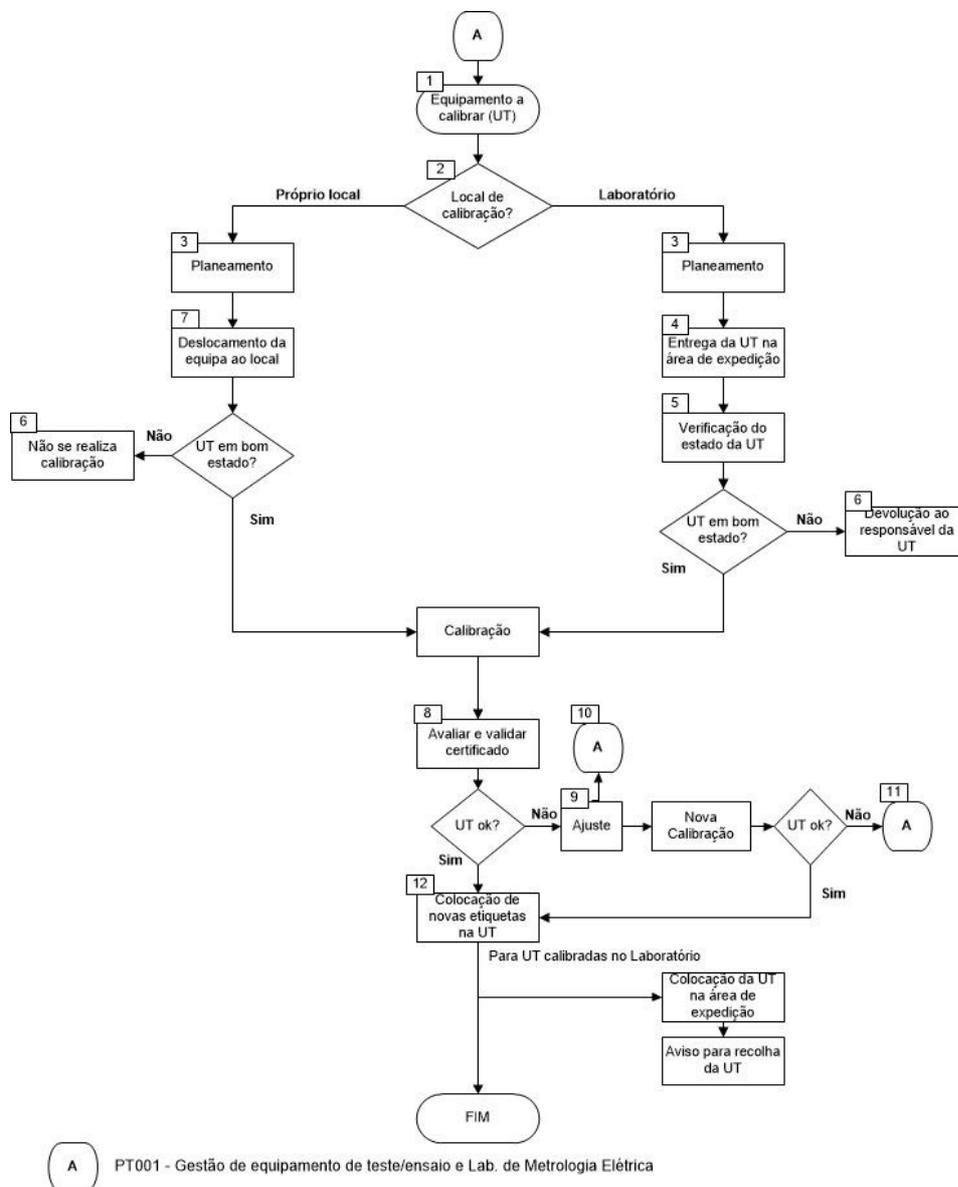


Figura 4.7: Procedimento geral do LME.

1. É solicitada a informação do equipamento a ser calibrado. A responsável pela calibração, fornece uma lista aos colaboradores do LME, das UT que necessitam de ser calibradas, com um mês de antecedência. Esta lista pode ser trabalhada tanto pelos colaboradores como pela parte de gestão, de forma a se manter constantemente atualizada. (ver PT001 no anexo A).

2. Conhecer características do equipamento de forma a decidir onde vai ser realizada a calibração. Só por razões específicas e devidamente justificadas é que pode ocorrer troca do lugar de calibração.

3. É realizado um planeamento entre o gestor de calibração, colaboradores do laboratório e o responsável pela UT.

4. A entrega da UT na área de expedição é feita pelo responsável do mesmo. Este deve sempre avisar o gestor de calibração quando o entrega.

5. O técnico que realiza a calibração deve verificar sempre o estado da UT, de forma a certificar-se que o equipamento funciona ou se tem algum defeito físico. O operador deve também fazer a limpeza ao equipamento se necessário.

6. Caso a UT não esteja em condições (possibilidade de avaria) a calibração não é realizada. Deve-se informar o gestor da calibração e o responsável da UT do sucedido.

7. Para o deslocamento da equipa ao local, é necessário recorrer ao equipamento portátil/trabalho definido para estas calibrações. Os locais devem ter as condições ambientais exigidas para a realização da mesma.

8. No decorrer da calibração, o técnico deverá estar atento aos resultados que vão surgindo. No final, é emitido um certificado que deve ser analisado e devidamente estudado antes de ser validado.

9. Caso os resultados das medições não estejam dentro do especificado, é realizado o procedimento de ajuste do respetivo equipamento. Posteriormente é feita novamente uma calibração para verificar se o equipamento ficou *ok* ou não *ok* com o ajuste. Os procedimentos de ajuste são feitos com base no manual do fabricante, de forma manual ou automática. Podem ser realizados pelo laboratório ou por outra entidade e/ou sector da fábrica. Caso o ajuste não seja possível o equipamento é dado como avariado.

10. É realizada uma análise de risco. (ver PT001 no anexo A).

11. Envio para reparação ou sucata. (ver PT001 no anexo A)

12. Caso a UT se encontre *ok*, é colocada uma nova etiqueta. Ver IT QMM7 009M (anexo F). Na lista, é indicado que a calibração já foi realizada e é enviado o CC com respetiva validação para se prosseguir com a sua emissão no sistema GEIME.

4.1.9 Garantir a qualidade dos resultados de ensaios e de calibrações

Para garantir a qualidade dos resultados obtidos, são utilizados sempre padrões devidamente calibrados e certificados por entidades acreditadas, como referido anteriormente. A rastreabilidade é apresentada anteriormente. Todas as calibrações efetuadas, são baseadas em normas internacionais, externas e internas. Através do registo de todas as calibrações efetuadas e de dados

importantes que possam surgir, é possível fazer controlos e estudos estatísticos, para verificar tendências que possam/ou não existir. Além disto, todos os dados obtidos são analisados por pessoas diferentes de forma a verificar anomalias que possam surgir no processo.

4.1.10 Apresentação de resultados

Todos os resultados obtidos nas calibrações são mostrados nos CC emitidos. Este tópico será abordado no capítulo seguinte.

4.2 Calibração Elétrica

A calibração elétrica é uma área que se destina a verificar o desempenho e/ou ajustar qualquer instrumento que mede ou testa diversos parâmetros elétricos. Os parâmetros principais que são medidos incluem tensão, resistência, corrente, capacitância, indutância, frequência, tempo, entre outros.

4.2.1 Padrões e Software

Para realizar calibração elétrica, são envolvidos diversos dispositivos que necessitam de ser precisos, os denominados frequentemente por PM e/ou calibradores como já referido anteriormente, no capítulo 2, sendo responsáveis por avaliar o desempenho das UT. Para que a calibração seja validada e, desta forma, o valor obtido possa ser determinado como valor verdadeiro convencional, é necessário que existam vários pontos em consideração relativamente ao padrão que está a ser utilizado. Seguidamente são abordados alguns pontos importantes:[40]

- Os erros do PM devem ser corrigidos uma vez que o padrão, como qualquer outro equipamento, não é perfeito. Desta forma, é necessário ter em conta todos os erros do PM e compensá-los. Quando os erros são menores que a resolução da UT não é necessária realizar essa compensação;
- Todos os padrões utilizados devem ter rastreabilidade de medição comprovada;
- A resolução do padrão deve ser menor ou igual à resolução da UT;
- É necessário que o padrão possua uma faixa de indicação da mesma ordem de grandeza da UT.

Todos os PM utilizados juntamente com a interação do METCAL permitem que a calibração se torne automatizada. Este *software* da FLUKE, permite:

- Que a calibração seja automática em todos os tipos de equipamentos e ferramentas, diminuindo assim o tempo de calibração;
- Criar, editar e testar diversos PC de forma rápida e eficaz, com diversos padrões;
- Configurar uma ampla gama de parâmetros de incerteza de medição;

- Rastrear informações;
- Analisar e relatar diversas informações;
- Reproduzir CC de forma automática.

No LME existem diversos PM que foram adquiridos, como é possível visualizar na tabela 4.1 do subcapítulo anterior. Seguidamente, serão abordados alguns dos padrões do LME.

- **FLUKE 5522A**

O FLUKE 5522A é o calibrador utilizado para EIME de classe A. Caracterizado como um calibrador de tensão, resistência, corrente, temperatura, entre outras grandezas, gera tensão e correntes quer contínuas quer alternadas com múltiplos harmônicos e múltiplas formas de onda. Além disto, trata-se de um equipamento com sistemas próprios que o protegem contra danos. Possui duas saídas simultâneas, de tensão ou tensão e corrente, para simular corrente contínua e corrente alternada com controlo de fase, resistência, capacitância, termopares e RTD (*Resistance Temperature Detectors*).[41] No anexo G, tabela G.1, são apresentadas as especificações resumidas deste PM.



Figura 4.8: Calibrador FLUKE 5522A.[41]

- **FLUKE 5080A**

O FLUKE 5080A é um calibrador utilizado para EIME de classe B, sendo usado para calibração nas linhas de produção e outros locais na fábrica. Apesar de não ser tão bem equipado como o 5522A este calibrador é bastante versátil e útil para as calibrações pretendidas. No anexo G tabela G.2, podem ser visualizadas as especificações deste padrão.



Figura 4.9: Calibrador FLUKE 5080A.

- **FLUKE 8508A**

O 8508A é um multímetro de referência com resolução de 8,5 dígitos e como estabilidade e ruído baixos, realizando assim as medições de forma bastante precisa. Este equipamento, demonstra variações de estabilidade mínima durante 365 dias de cerca de 2,7 ppm, com uma estabilidade durante 24 horas de 0,5 ppm, garantindo assim uma elevada confiança na medição. Além dos terminais de entrada frontais, o 8508A está também equipado com um conjunto duplicado de terminais de entrada, na parte posterior.[43] Em anexo (G), estão presentes as suas especificações resumidas, mais propriamente na tabela G.3. Este padrão é utilizado para calibrar EIME de classe A.



Figura 4.10: *Calibrador FLUKE 8508A.*[43]

- **Agilent 3458A**

Este padrão, mesmo sendo utilizado para calibrar EIME de classe B, é também de elevada qualidade, uma vez que se trata de um multímetro com resolução de 8,5 dígitos. As suas características podem também ser visualizadas no anexo G, tabela G.4.



Figura 4.11: *Calibrador Agilent 3458A.*[44]

De seguida, encontram-se três exemplos de PC para diferentes tipos de EIME, que foram escolhidos por abordarem vários conceitos importantes, na sua calibração.

4.2.2 Procedimento de Calibração para o EIME Keithley 2700

O Keithley 2700 é um sistema multímetro/*data acquisition* de 6,5 dígitos, capaz de realizar contagens e medições com alta precisão. Através de cada canal do equipamento, o 2700 pode ser configurado para qualquer função de medição, permitindo medir praticamente qualquer parâmetro elétrico ou físico com bastante precisão, tal como: tensão DC/AC, corrente DC/AC, resistência (a dois e quatro fios), temperatura, frequência, continuidade e período.[45] O multímetro é um instrumento de medição elétrica, bastante utilizado, capaz de realizar a medição elétrica de grandezas diferentes, de forma bastante rápida e simples. Existem diversos tipos e modelos de multímetros

com melhores ou piores características, porém, no geral, esta ferramenta é capaz de medir, entre outros:

- Corrente elétrica (contínua e alternada);
- Tensão elétrica (contínua e alternada);
- Resistência elétrica;
- Capacitância;
- Frequência;
- Temperatura;

Por outro lado, um *data acquisition* é um equipamento capaz de, como o próprio nome indica, fazer aquisição de dados, realizando um processo de amostragem de sinais, que medem fenômenos elétricos e/ou físicos como tensão, corrente, temperatura, etc., convertendo-os em valores numéricos digitais que podem ser posteriormente manipulados por um computador através de outras aplicações. O Keithley 2700, envolve estas duas vertentes num único equipamento.

De seguida, é apresentado todo o processo envolvido para a calibração, nomeadamente a programação realizada e a execução da calibração do modelo Keithley 2700 de classe A, existente na empresa.

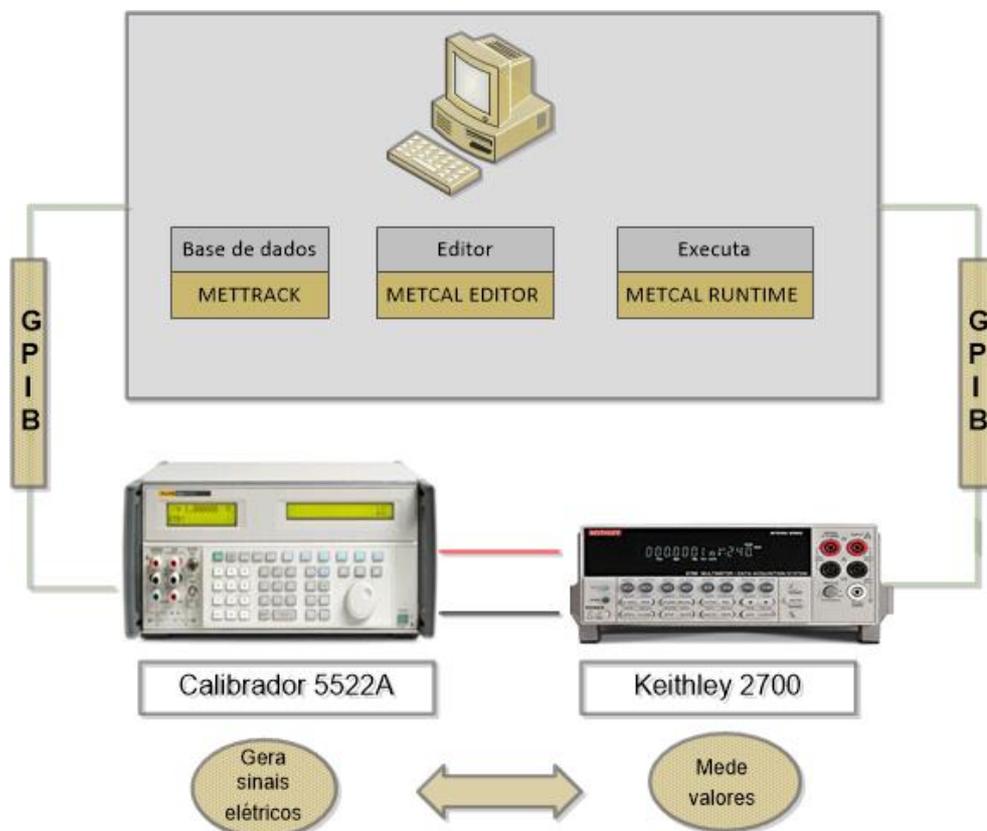


Figura 4.12: Esquema geral explicativo da calibração de um multímetro/data acquisition.

METTRACK

Inicialmente, são inseridas na base de dados METTRACK todas as informações importantes do EIME, como é possível visualizar na figura seguinte:

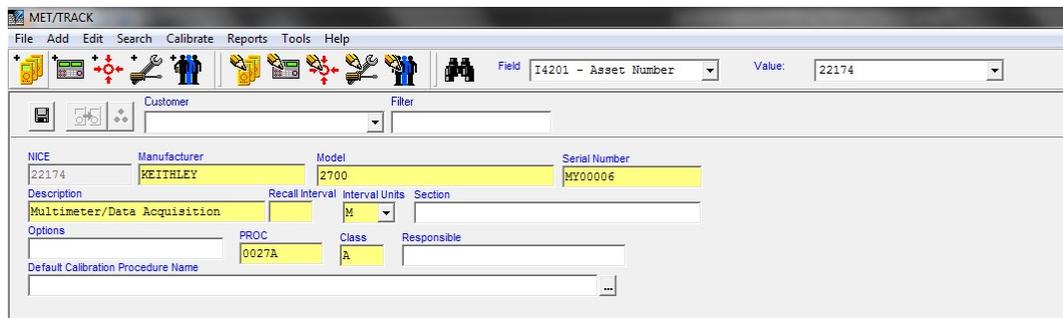


Figura 4.13: Janela da base de dados METTRACK.

Além de inserir todos os dados básicos, como o NICE, modelo, nº série etc., existe também um campo nomeado por "PROC" que denomina o relatório corresponde ao PC.

METCAL Editor e METCAL Run Time

O METCAL Editor é um programa onde é realizada toda a programação necessário para calibração. Um procedimento realizado no METCAL Editor possui comandos *standards* denominados por FSC (*Function Select Code*) que podem ser de diversos tipos, consoante o pretendido pelo utilizador. Por outro lado, o METCAL Run Time é responsável por executar o programa. Os procedimentos e respetivos ficheiros do METCAL Editor, ficam guardados numa pasta, juntamente com o ficheiro .pxe que é criado, sendo apenas este o utilizado (através do Run Time) para executar a calibração. Na figura 4.14, é possível ver as pastas e o ficheiro criado.

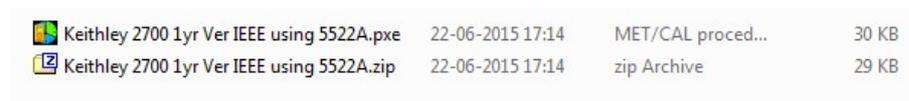


Figura 4.14: Pastas e ficheiro executável criadas pelo *software*.

Abrindo, o METCAL Editor, é possível visualizar uma janela, como a demonstrada na figura 4.15. Aqui, é possível visualizar o rosto genérico do programa, percebendo-se que este possui várias janelas de interação, que podem ser definidas pelo utilizador conforme o que for conveniente para a sua programação.

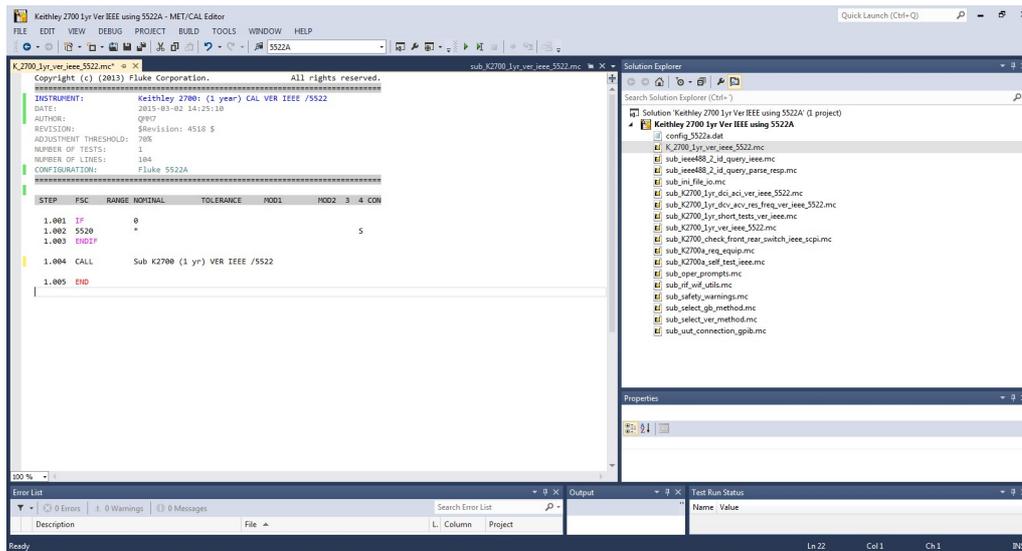


Figura 4.15: Janela principal do METCAL Editor.

Passando para um dos sub procedimentos, por exemplo, "Sub K2700 (1 yr) VER IEEE /5522" é mostrado toda a estrutura principal do programa (4.16), percebendo assim qual sequência dos testes. Segundo a especificação do fabricante, esta UT necessita de realizar os seguintes testes:[45]

- Tensão AC e DC;
- Corrente AC e DC;
- Resistência a 2 e 4 fios;
- Frequência.

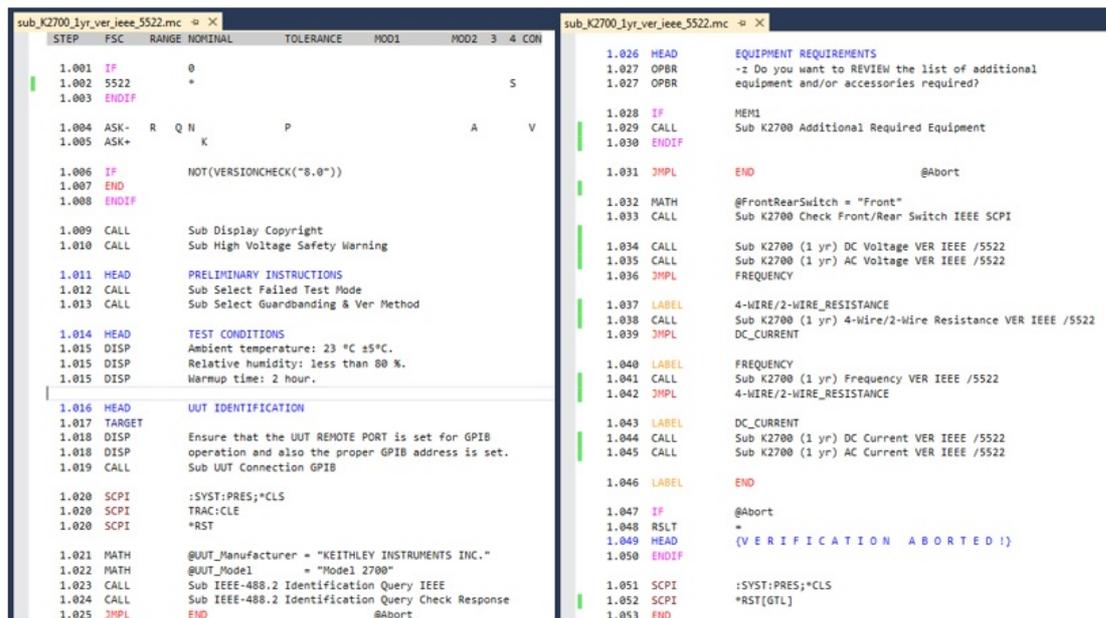


Figura 4.16: Parte inicial do programa no METCAL Editor.

Na tabela H.1 presente no anexo H, são explicados de forma generalizada, alguns comandos utilizados pelo METCAL Editor, ao longo do programa, para que seja mais fácil a tua interpretação.

Depois de a UT estar em aquecimento durante duas horas e o calibrador durante trinta minutos, segundo as especificações dos fabricantes, inicia-se a calibração, cujos passos são explicados de seguida.

1. Ao iniciar o ficheiro executável, aparecem diversas janelas de aviso, estando algumas delas representadas na figura 4.17.

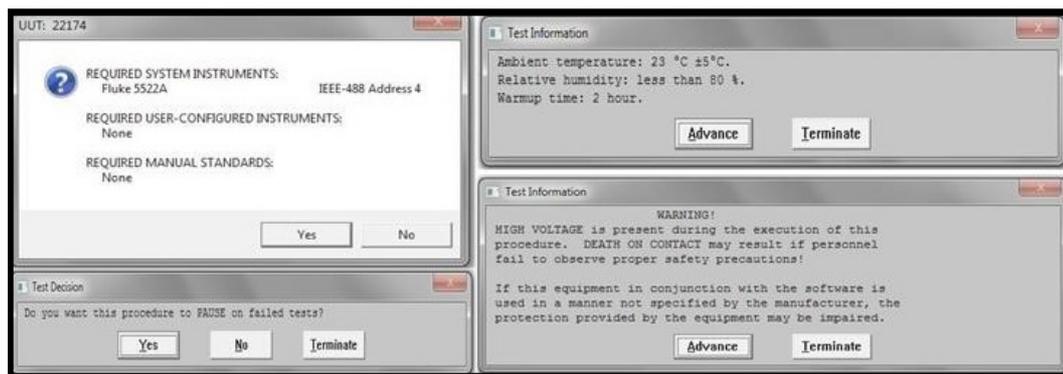


Figura 4.17: Mensagens que aparecem ao executar o ficheiro pxe.

2. Informações necessárias de introduzir:

Figura 4.18: Introdução do NICE da UT e outros dados.

Os campos de temperatura e humidade, são impostos automaticamente pelo *software* através da interação do termo-higrómetro utilizado no laboratório com o computador.

3. Como modo de comunicação entre a UT e o computador é utilizada a interface GPIB, sendo necessário definir a porta que está a ser utilizada pela UT (4.19).



Figura 4.19: Endereço GPIB e identificação da UT logo se seguida.

A possibilidade de comunicação dos equipamentos digitais, foi sem dúvida uma das razões para estes serem preferidos aos analógicos. As interfaces de comunicação mais comuns são: RS-232 (comunicação série), USB (*Universal Serial Bus*), GPIB (*General Purpose Interface Bus, IEEE-488*) e Ethernet.

4. *SELF-TEST*

O primeiro teste realizado é um *SELF-TEST* cuja programação pode ser visualizada na figura 4.20. O *SELF-TEST*, como o próprio nome indica, é um teste que a UT realiza a si mesma, de forma automática, não necessitando de outros equipamentos externos para o realizar. Neste teste, a UT verifica de uma forma rápida, se o instrumento está a funcionar dentro das especificações impostas. No Keithley 2700, o equipamento faz um teste de verificação na sua EPROM ¹ e testa também a sua memória RAM ². Se um destes testes falhar, o equipamento interrompe o seu funcionamento automaticamente.[45]

STEP	FSC	RANGE	NOMINAL	TOLERANCE	MOD1	MOD2	3	4	CON
1.001	RSLT		=						
1.002	HEAD		SELF-TEST						
1.003	TARGET								
1.004	SCPI		[T30000]*TST?[I]						
1.005	EVAL	-e	NOT(MEM) : SELF-TEST						
2.001	MATH		@Abort = FAIL()						
2.002	END								

Figura 4.20: Programação para a realização do *SELF-TEST*.

¹EPROM (*Erasable programmable read-only memory*) - memória programável apagável somente de leitura. É um tipo de chip de memória de computador, que mantém seus dados quando a energia é desligada.

²A memória de acesso aleatório (*Random Access Memory*) é um tipo de memória que permite a leitura e a escrita, utilizada como memória primária, em sistemas eletrônicos digitais.

5. Testes de Tensão DC/AC

No METCAL Editor, são definidos todos os parâmetros necessários como o *range*, EMA (erro máximo admissível) e resolução (como se pode verificar na imagem 4.21) que são retirados do manual do equipamento. É também definido o tipo de ligação utilizado 2-Wire (2W) e no caso, da tensão AC é colocada a frequência pretendida. Na figura em baixo, é possível visualizar a programação, bem como as ligações realizadas para este teste.

The figure displays the MetCal Editor interface on the left and the Calibração/ MetCal RunTime interface on the right. The MetCal Editor shows a test procedure for DC Voltage and AC Voltage. Key parameters are highlighted: Range (100 mV), EMA (0.0035%), and Resolution (100.0000mV). The RunTime window shows test information and results.

MetCal Editor Configuration:

```

STEP  FSC  RANGE  NOMINAL  TOLERANCE  MOD1  MOD2  3  4  COM
-----
1.001 3MPL DC_VOLTAGE DC_VOLTAGE VER IEEE /5522 PSUB1("DC Voltage")
1.002 3MPL AC_VOLTAGE AC_VOLTAGE VER IEEE /5522 PSUB1("AC Voltage")
1.003 3MPL 4-WIRE_RESISTANCE 4-WIRE_RESISTANCE VER IEEE /5522 PSUB1("4-wire/2-wire Resistance")
1.004 3MPL FREQUENCY FREQUENCY VER IEEE /5522 PSUB2("Frequency")
1.005 DISP Subprocedure not found!
1.006 END
1.007 EVAL Increment test number

===== Sub K2700 (1 yr) DC Voltage VER IEEE /5522 =====
2.001 LABEL DC_VOLTAGE
2.002 RSLT =
2.003 HEAD {DC VOLTAGE}
2.004 RSLT =
2.005 HEAD -2{100 mV Range}
2.006 TARGET -p
2.007 SCPI :SYST:PRES;*CLS

Range
2.008 DISP Connect the calibrator to the UUT as follows:
2.008 DISP [32] 5522A to UUT (Front)
2.008 DISP [32] NORMAL HI -----> Input HI
2.008 DISP [32] NORMAL LO -----> Input LO

2.009 SCPI VOLT:DC:RANG 0.1
2.010 5522 100.0000mV
2.011 TARGET -m
2.012 SCPI DATA?[1]
2.013 MATH MEM = MEM / 1E-3
2.014 MEHCK 100 100.0000mV .003% .0035%
#2.014 MEHCK 100 100.0000mV 0.0065%

EMA

9.001 LABEL AC_VOLTAGE
9.002 RSLT =
9.003 HEAD {AC VOLTAGE}
9.004 RSLT =
9.005 HEAD -2{100 mV Range}
9.006 TARGET -p
9.007 SCPI :SYST:PRES;*CLS
9.008 SCPI FUNC 'VOLT:AC'
9.008 SCPI VOLT:AC:RANG 1e-1
9.009 5522 100.0000mV 1kHz SI S 2W

Resolução
  
```

Calibração/ MetCal RunTime:

Test Information:

```

Connect the calibrator to the UUT as follows:
5522A to UUT (Front)
NORMAL HI -----> Input HI
NORMAL LO -----> Input LO
  
```

5522A

UT

Test Results:

No.	Range	UUT Indicated	System Actual	C	Modifier	Error	%Tol
DC VOLTAGE							
100 mV Range	100	100.000164mV	100mV	N		1.64 ppm	3
1 V Range	1	0.999990023V	1V	N		-7.98 ppm	22
10 V Range	10	9.99984321V	10V	N		-15.8 ppm	43
100 V Range	100	99.9979752V	100V	N		-20.2 ppm	39
1000 V Range	1000	999.978577V	1000V	N		-21.4 ppm	38
AC VOLTAGE							
100 mV Range	100	100.031576mV	100mV	N	188	315 ppm	35
1 V Range	100	100.034502mV	100mV	N	508m	365 ppm	9

Figura 4.21: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para os testes de tensão AC e DC.

No decorrer do programa são pedidas as ligações, e depois de efetuadas, são realizadas as medições de forma automática que podem ser acompanhadas por uma janela, *Test Results* que também pode ser vista na figura 4.21.

6. Frequência

Para medições de frequência é necessário:

- Cabo coaxial de 50 Ω ;

- Adaptador BNC – duplo.

A frequência pode ser medida com cabos normais ou com cabos coaxiais. Normalmente quando se está a medir frequências elevadas utiliza-se os cabos coaxiais (50 Ω ou 75 Ω), para evitar qualquer interferência eletromagnética provocada por elementos exteriores ao circuito de medição. Como indicação do fabricante, utilizou-se o cabo coaxial de 50 Ω .

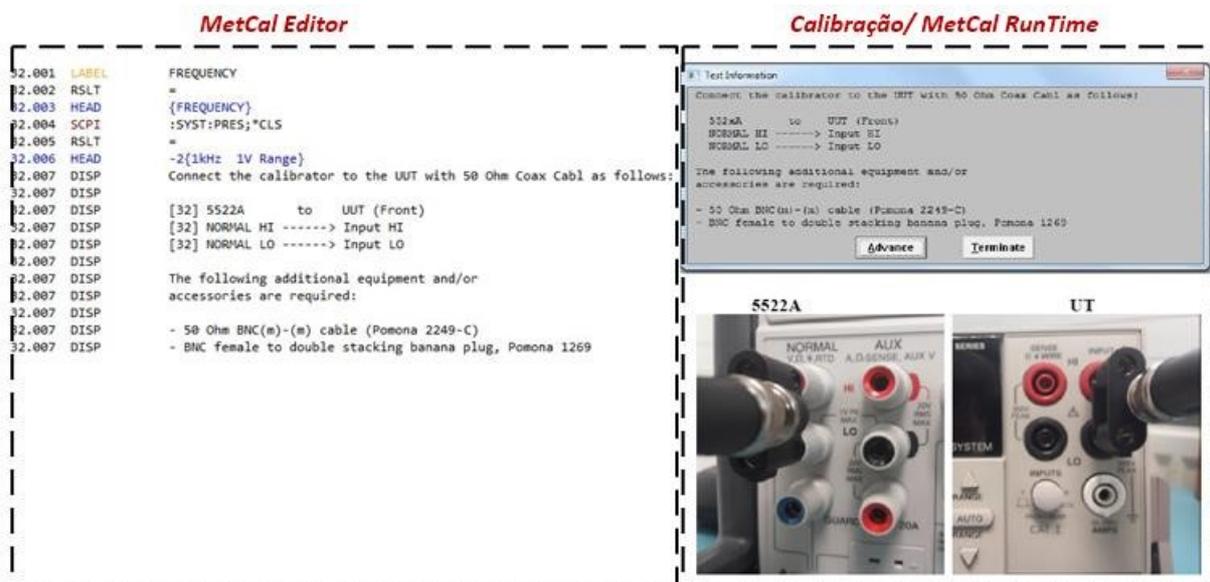


Figura 4.22: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de frequência.

7. Resistência a 4 e 2 fios

Para medição de resistência, são utilizados dois métodos: 2W (2Wire), em português, 2 fios e 4W (4Wire) 4 fios.

O método de medição a 2 fios, é um método de medição de resistência que utiliza apenas dois cabos de teste. Na medição de resistência, o multímetro injeta uma corrente, através da resistência a ser medida, e em seguida, mede a tensão injetada na mesma. Neste método, tanto a corrente que é inserida como a tensão detetada, na resistência, usa o mesmo par de condutores. Na figura 4.23, é possível visualizar um esquema perceptível da medição a 2 fios. Este tipo de ligação não é recomendada para resistências com valores ohmicos abaixo de ± 100 k Ω pois existe uma grande influência da resistência do cabo de ligação, na medição efetuada. Por outro lado, no método de medição a 4 fios, são utilizados quatro cabos de teste, sendo que um par de cabos é utilizado para injetar corrente enquanto o outro é utilizado para detetar a tensão, aos terminais da resistência. Assim, este método é o utilizado para resistências abaixo de ± 100 k Ω uma vez que consegue diminuir a valores desprezáveis, a influência da resistência dos cabos de teste na medição. No manual do fabricante é pedido que seja utilizado o método de 4W para todos os pontos de calibração, exceto para 100 M Ω . [46] Na imagem 4.23, é possível perceber melhor a diferença entre ambas as medições, através da demonstração dos seus circuitos e modo de funcionamento.

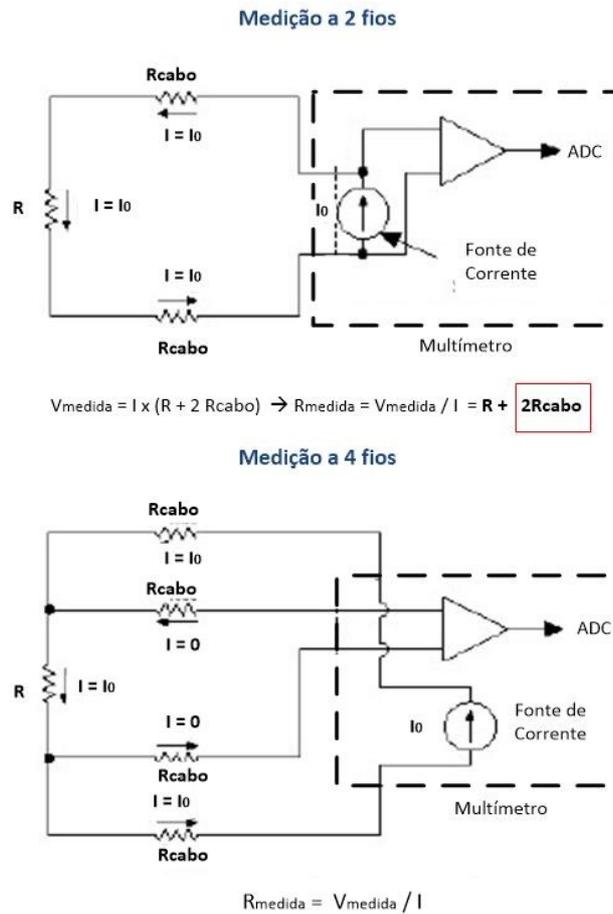


Figura 4.23: Diferença da medição de resistência a 2 e 4 fios.[47]

Para o ponto de 100 Ω, é também mencionado que deve ser utilizado o modo "*offset compensated ohms*" da UT que é implementado através do comando 1) mencionado na figura 4.26. Este modo é utilizado para eliminar tensões *offset*, indesejadas, provocadas pelo aquecimento entre componentes do circuito de medição, por exemplo, ligação entre adaptadores compostos por metais diferentes. O modo *offset compensated ohms* é efetuado em dois ciclos:

⇒ Corrente ON:

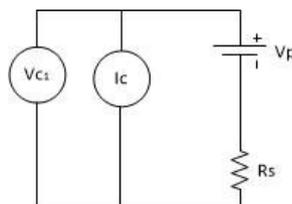


Figura 4.24: Primeiro ciclo: corrente ON.[48]

Neste ciclo, o calibrador 5522A está a injetar corrente no sistema (I_c) e o mesmo faz a

leitura da tensão (V_{c1}). Como se pode ver pela imagem 4.24, existe assim uma queda de tensão na resistência (R_s), provocada pela corrente gerada, assim como uma tensão de *offset* (V_p).

$$V_{c1} = V_p + I_c \times R_s \quad (4.1)$$

⇒ Corrente OFF:

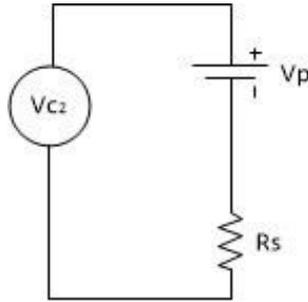


Figura 4.25: Segundo ciclo: corrente OFF.[48]

De seguida, é realizado um novo ciclo, "corrente OFF" onde o calibrador não injeta corrente no circuito, e assim não existirá nenhuma queda de tensão aos terminais da resistência. A única tensão que o calibrador lê (V_{c2}) será a tensão *offset* no circuito. Como estas tensões não são induzidas pelo calibrador (são geradas por exemplo, pelo aquecimento) mesmo com este desligado, continuam a existir.

$$V_{c2} = V_p \rightarrow I_c \times R_s = 0 \quad (4.2)$$

O valor final será a diferença entre V_{c1} e V_{c2} :

$$VC = (V_{c1} - V_{c2}) = I_c \times R_s \quad (4.3)$$

É possível também visualizar o número 2) na figura 4.26 que refere o tipo de ligação que é feita no calibrador 5522A: 4 fios (4W).

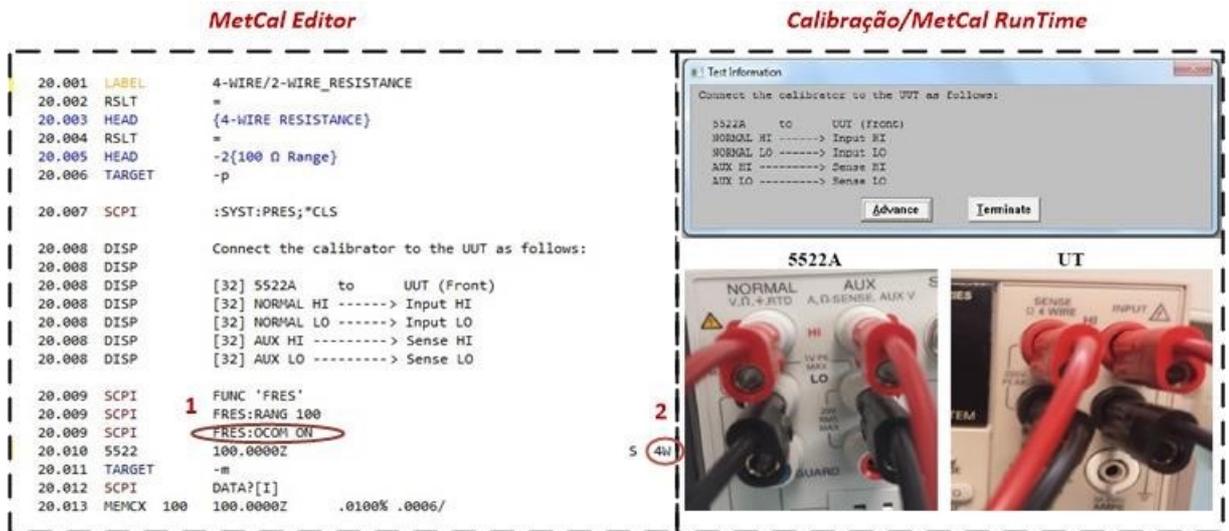


Figura 4.26: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de resistência a 4W.

Para a ligação de 100 MΩ o fabricante indica que a ligação realizada deve ser de 4W na UT e de 2W no calibrador 5522A, como mostra na figura seguinte 4.27. Porém, o calibrador 5522A não permite ligação a 4W acima do 100 kΩ, e desta forma, esta ligação foi utilizada não só para os 100 MΩ como também para os restantes pontos a serem medidos acima de 100 kΩ, nomeadamente 1 MΩ e 10 MΩ.

Esta ligação é denominada por ligação a 4W uma vez que é a ligação inserida na UT que interessa, na denominação da ligação. Apesar de ser possível fazer estes pontos de medição apenas a 2W na UT e no 5522A, foi seguido o manual do fabricante.

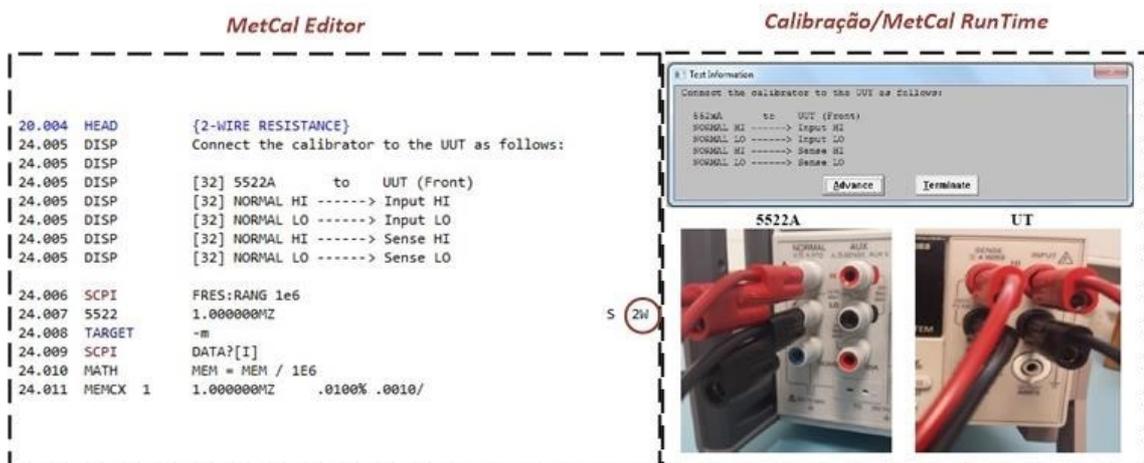


Figura 4.27: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de resistência a 4W.

8. Corrente DC/AC

Tendo em conta a construção/projeção do calibrador, para medições de corrente, as ligações necessitam de ser diferentes, utilizando os seus terminais "AUX" como o indicado na figura 4.28.

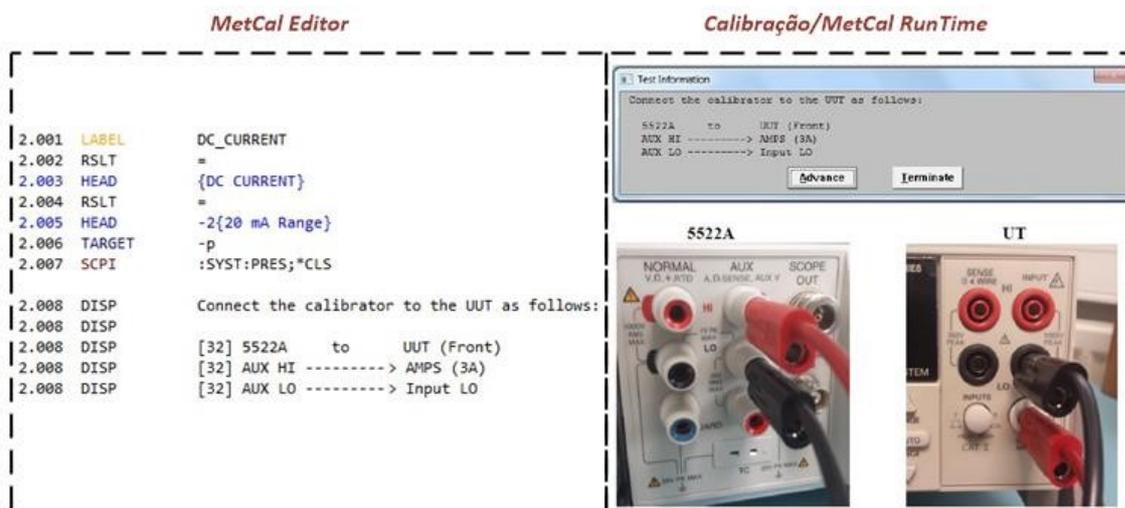


Figura 4.28: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste corrente AC e DC.

- Depois de concluídas todas as medições, é pedido que se remova todas as ligações. Posteriormente, surge uma janela, que indica o tempo de duração da calibração e onde é possível inserir algum comentário, caso se pretenda. Para terminar, é possível extrair o CC.

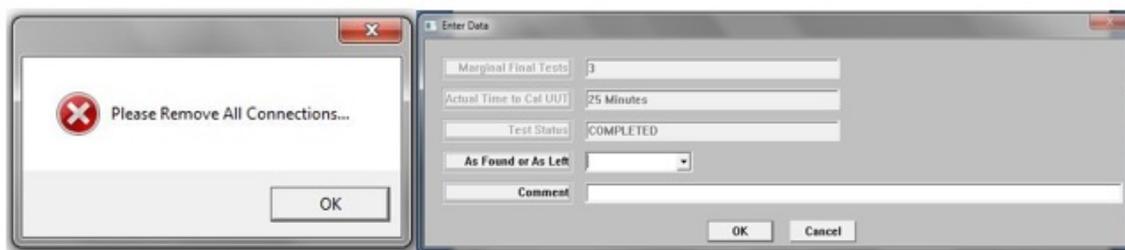


Figura 4.29: Últimas mensagens antes de terminar a execução do ficheiro.

Relativamente à medição de temperatura, nesta UT, esta é derivada da medição de tensão DC e resistência. Por esta razão, não é necessário verificar de forma independente a medição de temperatura, uma vez que ao medir estas duas grandezas, a função de temperatura é automaticamente verificada, segundo o manual do fabricante deste equipamento.[45]

Sendo este apenas um exemplo de calibração de um multímetro/*data acquisition*, existem muitos outros tipos de medições que podem ser realizadas. No caso da medição de temperatura, neste tipo de equipamentos, como é o caso de multímetros existentes na empresa como o 88V e 117 da FLUKE, é necessário um cabo tipo K (4.30a), que através de adaptadores se conecta ao

multímetro e ao calibrador 5522A, sendo efetuada a medição após algum tempo de estabilização. Muitas outras grandezas podem ser medidas em multímetros, sendo a sua medição/calibração baseada sempre em conceitos como os visualizados até ao momento.

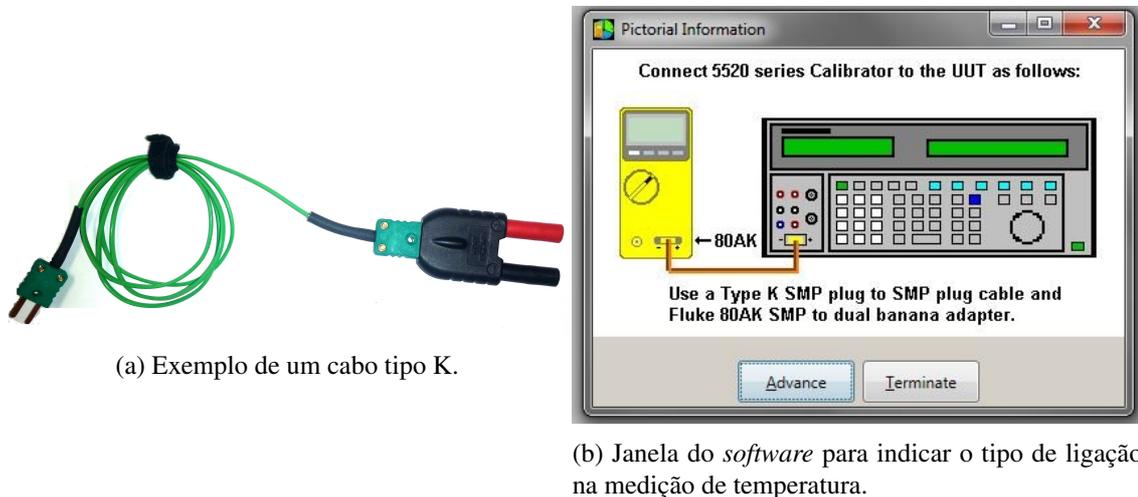


Figura 4.30: Exemplo para a medição da temperatura num multímetro.

4.2.3 Procedimento de Calibração para o EIME Sorensen DCS40-25E

Uma fonte de alimentação é um dispositivo utilizado para converter a corrente alternada da rede elétrica, em contínua, que é o tipo de corrente normalmente usada por aparelhos eletrónicos, transmitindo-a para os diversos componentes pelos cabos de alimentação.

Em BrgP, existem inúmeras fontes de alimentação, a maior parte com indicador digital do valor fornecido, existindo também fontes de alimentação com indicador analógico. A calibração de ambas é distinta, uma vez que nas fontes de alimentação com indicador analógico, a resolução que é inserida pelo operador no *software*, vai em conta à sua sensibilidade, uma vez que é inserida com base na menor escala que é possível visualizar, pelo operador. É necessário ter também em conta que o EMA destes equipamentos corresponde sempre a uma percentagem do fim de escala do equipamento. Como exemplo, uma fonte de alimentação, com uma amplitude de medição de por exemplo, 15V, se o seu EMA for de 5%, todos os pontos medidos terão o mesmo EMA, neste caso, $0,75 \text{ V} = ((15 \times 5)/100)$. Por outro lado, nas fontes de alimentação com indicador digital, o EMA varia, consoante o ponto de medição. De seguida, é apresentado a programação e respetiva calibração, de uma fonte de alimentação denominada por Sorensen DCS40-25E.

Segundo o manual do fabricante esta UT tem de estar pelo menos, trinta minutos ligada antes da iniciar a calibração.[49]

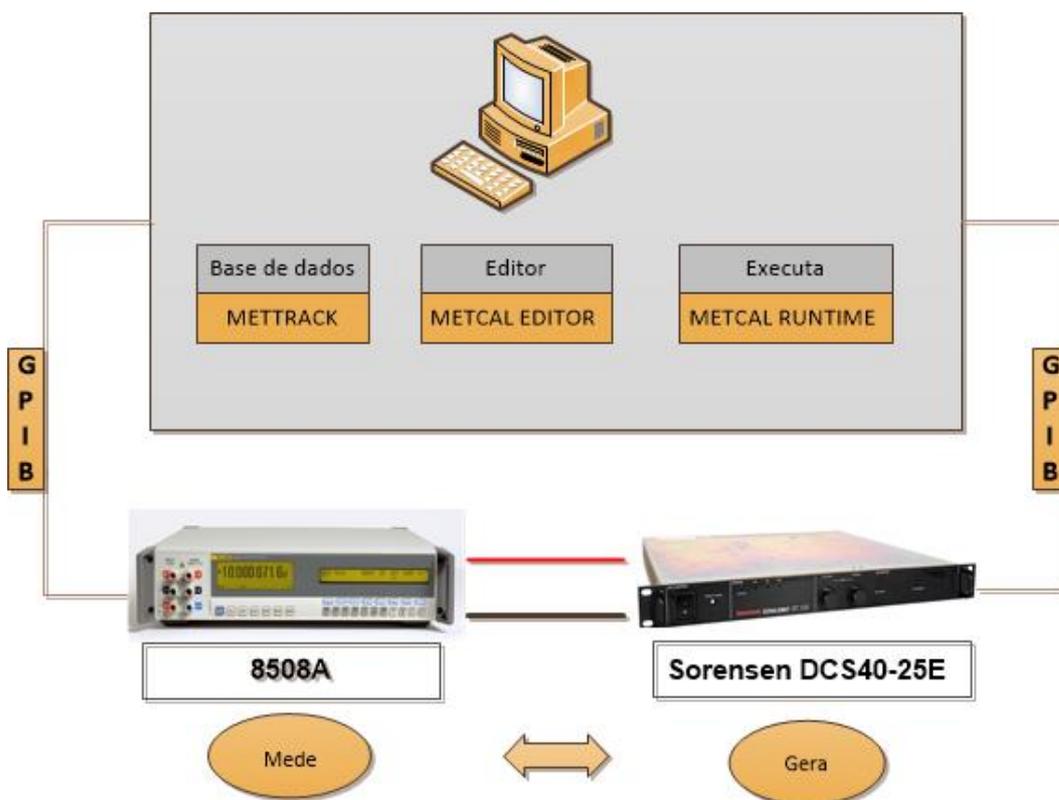


Figura 4.31: Montagem necessária para calibração da fonte de alimentação Sorensen DCS40-25E.

1. Ao iniciar o ficheiro executável, aparecem as mesmas imagens como referidas no ponto 1) e 2) da calibração do Keithley 2700. O modo de comunicação nesta calibração é também por GPIB, sendo a calibração desta fonte de alimentação, realizada por modo automático. Porém, existem muitas fontes de alimentação cuja calibração é realizada de forma manual.
2. **Teste de Tensão DC.**

A calibração da tensão DC é bastante simples nas fontes de alimentação. Em modo automático e através dos comandos GPIB existentes no manual do fabricante, o *software* aplica na fonte o valor de tensão pretendido e o calibrador 5522A lê esse valor. Devido à comunicação por GPIB o utilizador não precisa de inserir o valor lido pelo padrão, sendo que as medições são realizadas de modo automático. Por outro lado, quando o procedimento é feito manualmente, o utilizador necessita de introduzir o valor lido no programa.

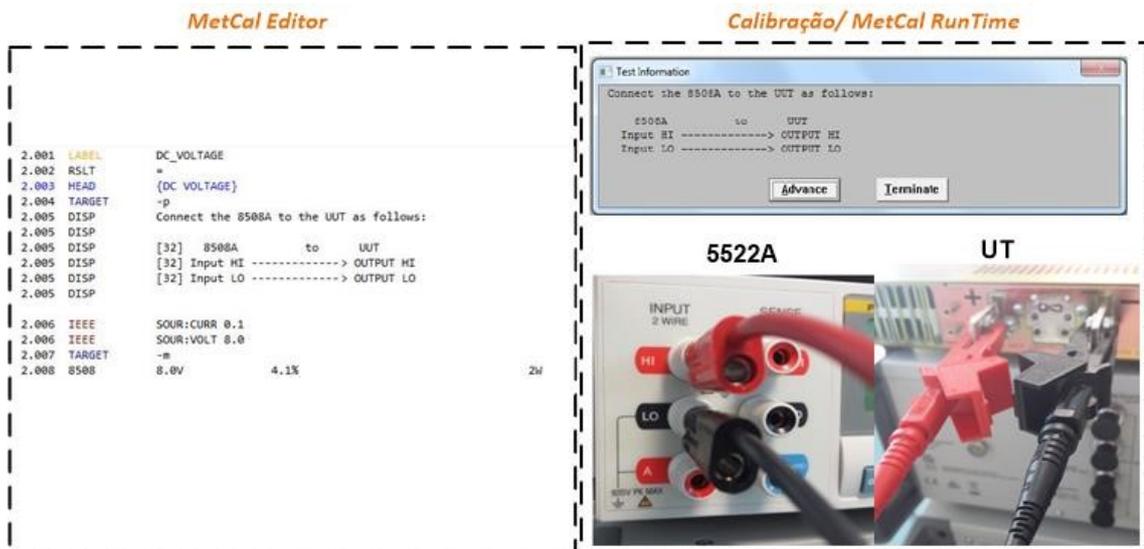


Figura 4.32: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de tensão DC.

3. Teste de Corrente DC.

O processo para corrente DC é semelhante ao de tensão, explicado no tópico anterior.

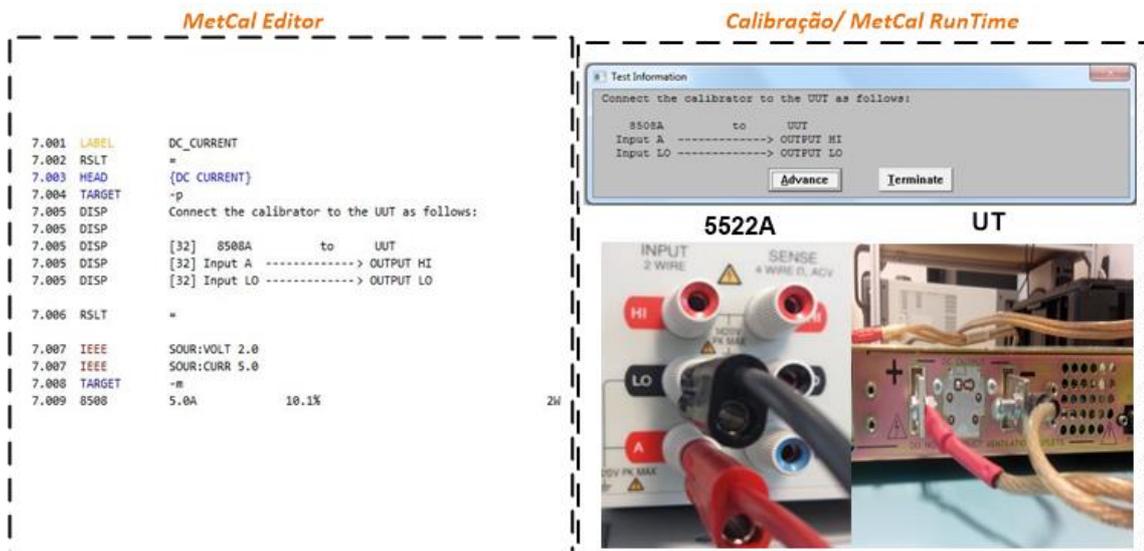


Figura 4.33: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de corrente DC.

- Para finalizar o procedimento de calibração, aparecem as mensagens como demonstradas em 7) no procedimento do Keithley 2700.

Nas fontes de alimentação, é necessário ter em conta um aspeto importante nas suas calibrações. Muitos destes tipos de equipamentos, necessitam que na sua calibração, seja ligado, além dos canais normais de saída, o seu canal *sense*, sendo a medição da tensão efetuada em *local sense* ou *remote sense*, pela própria fonte de alimentação. No método com apenas dois fios, denominado *local sense*, o equipamento é configurado, ou adaptado, através de um *shunt* nos terminais *sense*. Com esta leitura, é introduzido um erro na medição, devido à queda de tensão, provocada pela resistência imposta pelos cabos, existindo desta forma, um valor inferior de tensão nos terminais onde é efetuada a leitura. No *remote sense* já são utilizados quatro cabos de leitura, minimizando o erro introduzido na medição, pois um par de cabos conduz a corrente de saída, enquanto o outro, mede a tensão aos terminais da UT.

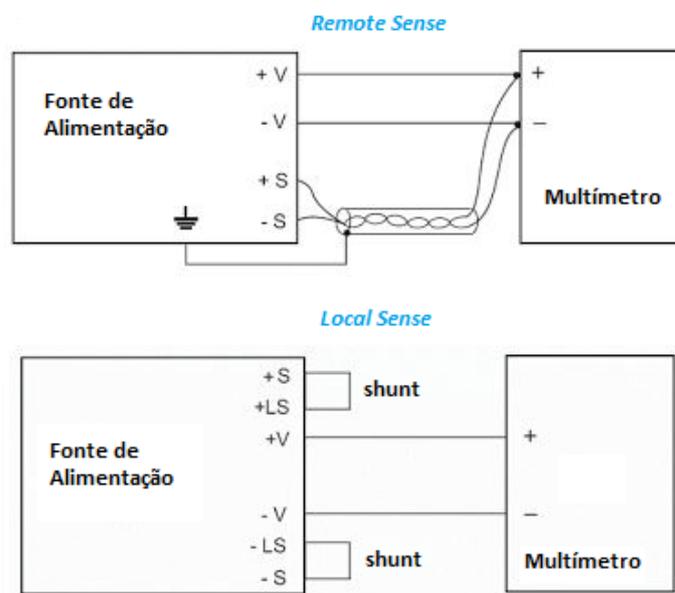


Figura 4.34: Diferença entre *remote sense* e *local sense*.

No caso desta fonte de alimentação, Sorensen DCS40-25E, existe uma ficha/*shunt* que é necessária ligar ao equipamento, com as ligações internas já realizadas pelo fabricante, para ativação do *sense*. Desta forma, para realizar a calibração basta inseri-la na parte de trás do equipamento, e utilizar dois cabos de leitura para efetuar as medições.

4.2.4 Procedimento de Calibração para o EIME 105B FLUKE

O osciloscópio é um aparelho capaz de representar graficamente sinais elétricos, em função do tempo, sob a forma de onda. De um modo geral, estes equipamentos automatizam diversas medições, incorporando ao mesmo tempo, muitas funcionalidades adicionais.

Os osciloscópios podem ser classificados em:

- Osciloscópios analógicos;
- Osciloscópios digitais;

Este tipo de equipamentos podem ser classificados com base em diferentes parâmetros. No entanto, os osciloscópios analógicos são aqueles que funcionam aplicando quase de forma direta o sinal medido no ecrã do equipamento. Possibilitam assim, larguras de banda à volta dos 500 MHz e têm uma impedância de entrada que varia de 50 Ω a 1 M Ω . A impedância de entrada representa uma associação paralela de resistências e capacitâncias do circuito de entrada do equipamento, ou seja, define o quanto o aparelho é capaz de "sobrecarregar" uma determinada fonte de sinal. Uma impedância de entrada alta, drena uma corrente baixa, representando assim um efeito de carga baixo. Além disto, é importante referir que a impedância de entrada pode variar com a frequência. Os osciloscópios digitais, possibilitam larguras de banda de 20 GHz, tendo uma impedância de entrada variável. Neste tipo de osciloscópios, são retiradas amostras do sinal original, amostras estas que são convertidas para um formato digital (binário) através da utilização de um conversor analógico/digital.[50]

O *scopemeter* FLUKE 105B, é um equipamento portátil capaz de funcionar como um multímetro, frequencímetro e osciloscópio sendo a sua calibração um pouco mais complexa que os equipamentos demonstrados anteriormente. Seguidamente, apenas serão apresentados os pontos de calibração efetuados na parte de osciloscópio uma vez que a parte de multímetro já foi apresentada anteriormente com outro equipamento. Na figura 4.35, está presente o esquema geral da sua calibração. Esta UT necessita de pelo menos 1 hora de aquecimento.[53]

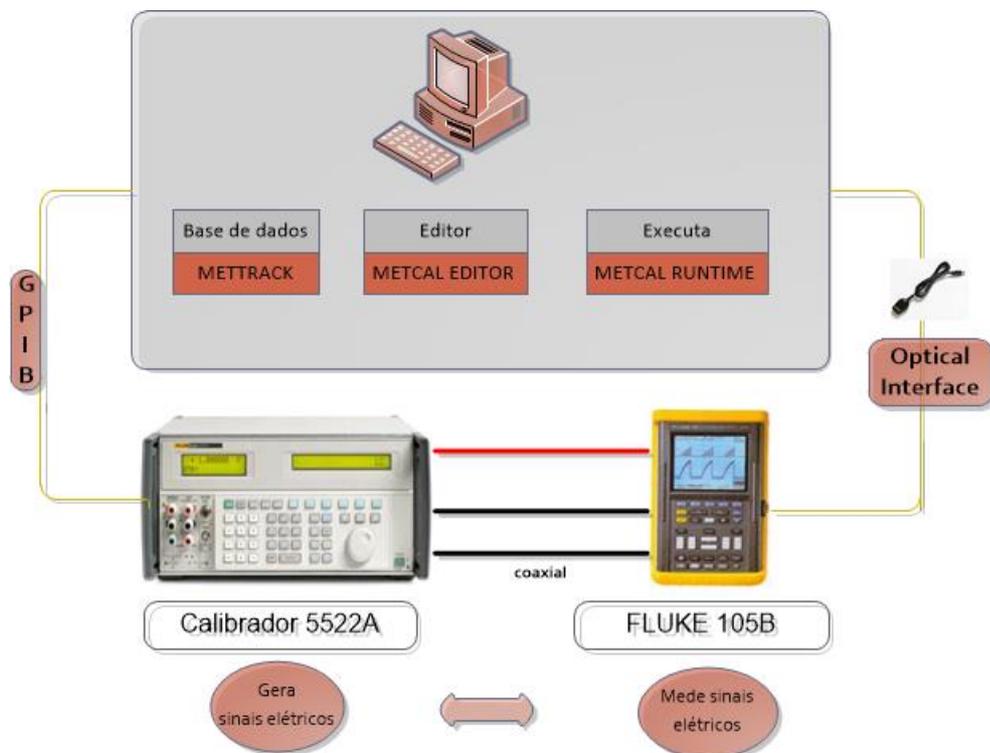


Figura 4.35: Esquema representativo da calibração do *scopemeter* 105B FLUKE.

Para realizar a calibração deste equipamento, é necessário um cabo especial denominado por *PM 9080 Optically isolated interface cable*.



Figura 4.36: *PM 9080 Optically isolated interface cable* utilizado para comunicar com a UT.

Este tipo de cabo fornece uma interface entre a porta ótica da UT e o sistema de medição, através da porta USB.

1. Display

Segundo a especificação do fabricante, é recomendado realizar testes ao ecrã da UT denominado por LCD (*Liquid Crystal Display*) Test, para que se verifique se este se encontra nas perfeitas condições. Neste teste são efetuados ainda outros pequenos testes, como:

Dark Background – neste teste, o utilizador tem de visualizar no ecrã da UT um círculo com uma linha de 45° como indicada na figura 4.37. A luz do ecrã deverá estar desligada. O técnico deve certificar-se que a imagem não tem defeitos.

Light Background – é feito exatamente o mesmo procedimento como no *Dark Background* mas agora, com a luz do ecrã ligada.

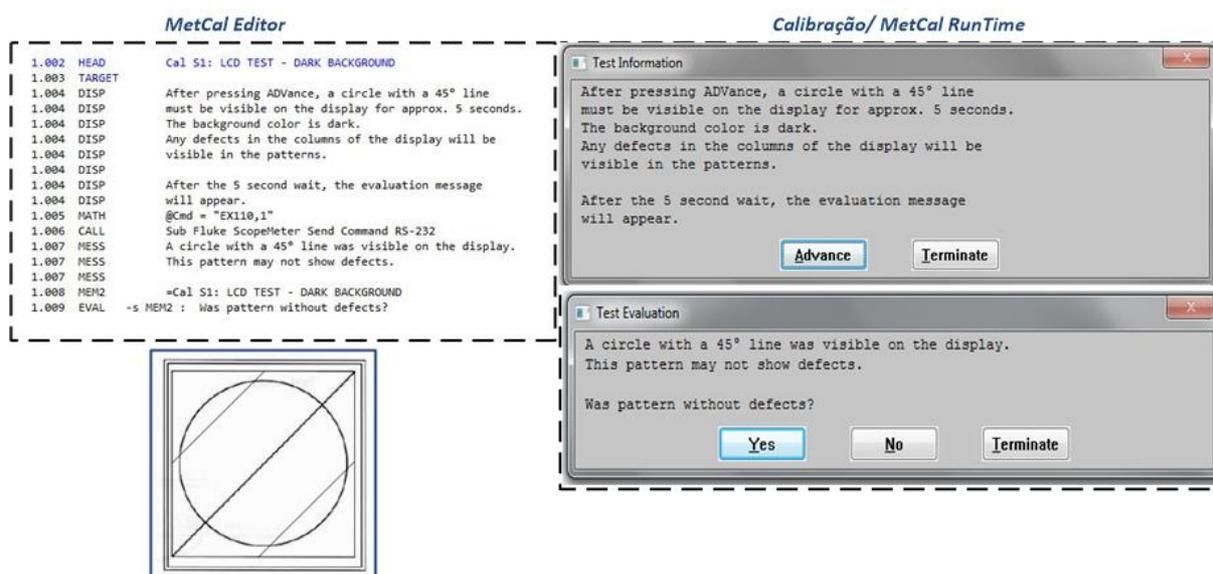


Figura 4.37: Programação e janelas de comunicação para o teste do *Display*.

2. Ground Level Check (GND)

Este teste indica o ponto de referência de tensão no circuito. Através da seleção do GND o sinal de entrada exibe o nível zero (0V), através de uma linha horizontal. Este teste é feito através da visualização no ecrã da UT, de uma imagem semelhante à demonstrada na figura 4.38 em baixo.[53]

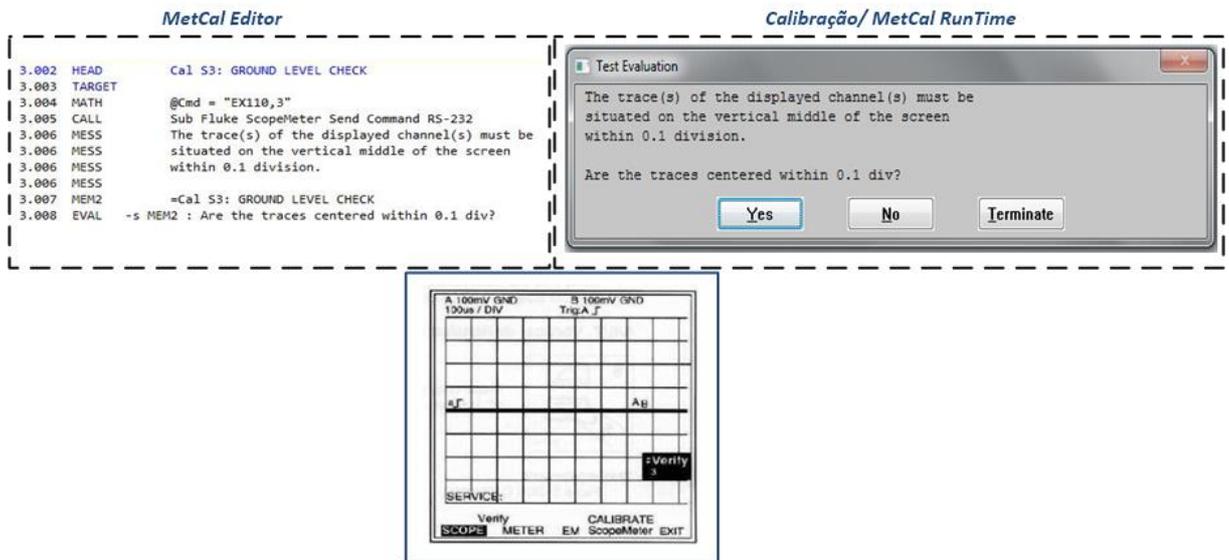


Figura 4.38: Programação e janelas de comunicação para o teste do *Ground Level Check (GND)*.

3. Instabilidade da Linha de Base (Base Line Instability)

Neste teste é pedido que o utilizador retire todas as ligações e observe se as linhas do ecrã não ultrapassam as 0,1 divisões. Neste ponto é testada a estabilidade da UT.

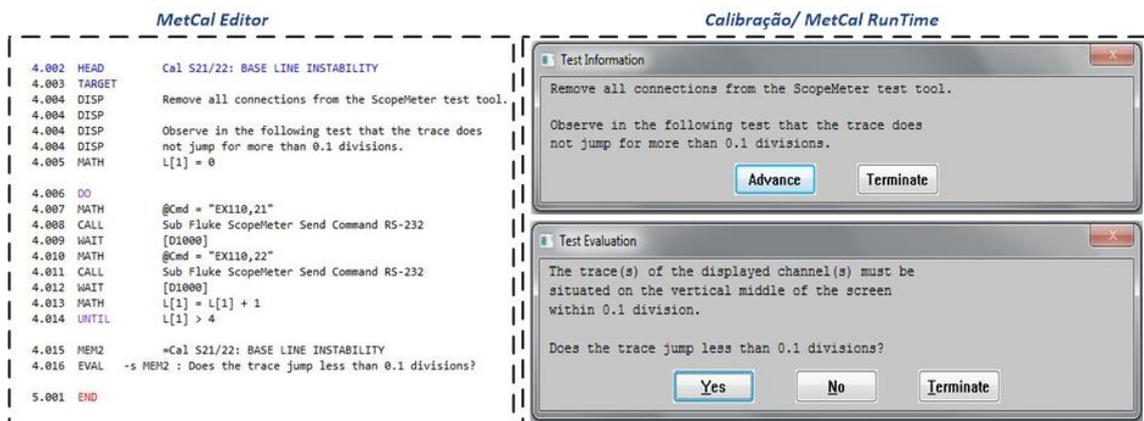


Figura 4.39: Programação e janelas de comunicação para o teste de instabilidade.

4. Coeficiente de Deflexão Vertical (Vertical Deflection Coefficient)

O valor que surge do coeficiente de deflexão vertical indica, como o próprio nome refere, a exatidão do sistema vertical, quando se realizam medições de tensão. Esta característica diz

respeito ao poder que o osciloscópio possui de amplificação do seu amplificador vertical. Normalmente esta característica é expressa em mV/Div. A calibração em amplitude, pode ser realizada mediante a aplicação de sinais tais como:[51]

- Tensão contínua;
- Tensão alternada;
- Tensão contínua comutada;
- Pulsos de baixa frequência.

Neste teste, a avaliação é feita através da componente DC. São inseridas tensões de 300mV e -300mV DC pelo calibrador 5522A ao osciloscópio, existindo depois a confirmação de que o valor de tensão pico a pico foi de 600 mV. [52]

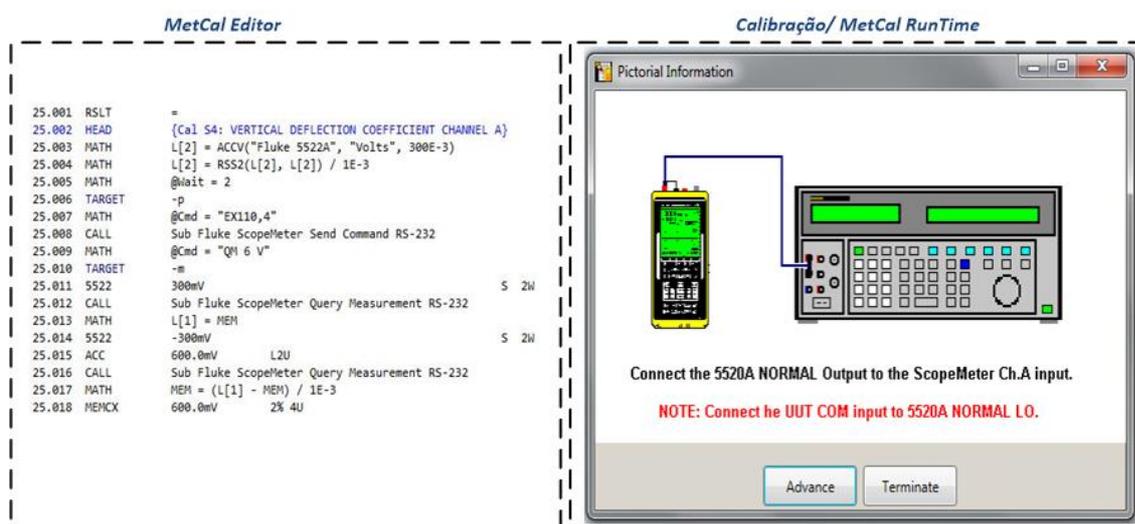


Figura 4.40: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de coeficiente de deflexão vertical.

5. Tempo de subida (*Rise Time*)

O tempo de subida do osciloscópio está relacionado com a frequência máxima para utilização deste equipamento. O valor deste, serve como uma medida mais adequada de desempenho, quando a utilização deste equipamento é referente à medição de impulsos e degraus. Os valores de *Rise Time* variam de nanosegundos (osciloscópio de baixa gama) até às centenas de picosegundos, quando se referem a osciloscópios de gamas elevadas. Através da resposta a um impulso ou degrau, é possível determinar a função de transferência de um circuito. De uma forma simples, este teste representa o tempo que um impulso demora desde um nível baixo até um nível alto de tensão.[51][52] Este teste é verificado por meio de um impulso com rápida ascensão, aplicado por exemplo, com um sinal de frequência de 100 kHz com 0,5 Vpp (pico a pico) de amplitude. Verifica-se assim, que o tempo de subida medido entre

10% e 90% da amplitude do sinal de pulso deverá estar nos 3,5 ns ou menos (segundo a especificação do fabricante).

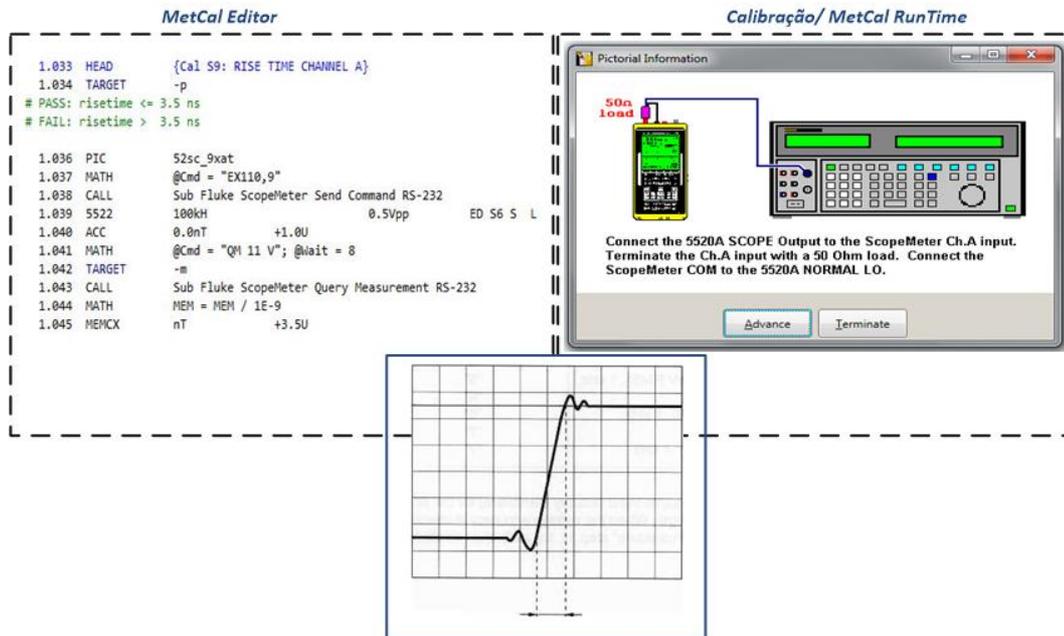


Figura 4.41: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de tempo de subida.

6. Resposta em Frequência

Este teste verifica o ponto de transição superior da largura de banda. A largura de banda refere qual a frequência máxima dos sinais que se podem analisar. Dito por outras palavras, a *Bandwith* é definida como a frequência em que a amplitude do sinal desenhado é reduzido para 70,7% da amplitude do sinal sinusoidal de entrada, sendo que esta redução, corresponde a -3 dB em escala logarítmica. O limite superior de frequência é denominado por frequência de corte (f_c) que pode ser visualizado no gráfico da figura 4.42. Normalmente esta característica (largura de banda) varia de 20 a 30 MHz, sendo estes denominados por osciloscópios de baixa gama, até aos GHz, denominados por osciloscópios de alta gama.[51] O ponto determinado a -3 dB é definido por:

$$-3.01dB = 20 \times \log_{10} \times \frac{V_{fc}}{V_{fref}} \quad (4.4)$$

Onde,

V_{fc} é a amplitude de tensão indicada na secção de f_c (-3dB);

V_{fref} é a tensão indicada na frequência de referência $fref$.

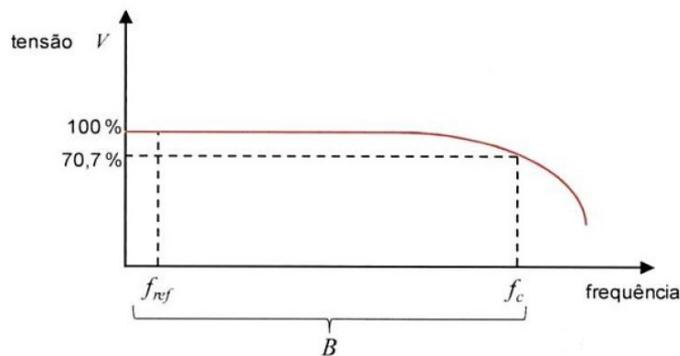


Figura 4.42: Resposta em frequência típica de um osciloscópio (B:Bandwith).

A tensão diminui assim, pela primeira vez, abaixo dos 70,7% do valor da f_{ref} , correspondente à f_c (ver gráfico 4.42). Para osciloscópios digitais, o decréscimo da amplitude na f_c é bastante significativa, sendo que estes exibem uma resposta em frequência gaussiana, que se aproxima de um filtro passa baixo.[52]

Neste teste, é aplicado um sinal de 50 kHz (geralmente valor utilizado) com uma amplitude de 120 mV pico a pico. Posteriormente, sem alterar a amplitude do sinal a frequência é aumentada para 100 MHz, uma vez que a especificação indica que para o modo DC a resposta em frequência a -3 dB é para valores acima de 100 MHz.

MetCal Editor

```

2.001 RSLT =
2.002 HEAD {Cal S10/S11: FREQUENCY RESPONSE CHANNEL A}
2.003 MATH @Wait = 3
2.004 MATH Mode = "Vpp LS S6 FLAT"
2.005 MATH L[2] = ACCV2("Fluke 5522A", Mode, 0.12, 100E+6)
2.006 TARGET
2.007 MATH @Cmd = "EX110,10"
2.008 CALL Sub Fluke ScopeMeter Send Command RS-232
2.009 5522 0.12Vpp 50kHz LS S6 S L
2.010 MATH @Cmd = "QM 5 V"
2.011 CALL Sub Fluke ScopeMeter Query Measurement RS-232
2.012 MATH L[1] = MEM * 0.7
2.013 MATH @Cmd = "EX110,11"
2.014 CALL Sub Fluke ScopeMeter Send Command RS-232
2.015 5522 0.12Vpp 100MHz LS S6 S L
2.016 MATH MEM = L[1]
2.017 ACC Vpp L2U
2.018 MATH @Cmd = "QM 5 V"
2.019 CALL Sub Fluke ScopeMeter Query Measurement RS-232
# PASS: rms(100 MHz) >= 0.7 * rms(50 kHz)
# FAIL: rms(100 MHz) < 0.7 * rms(50 kHz)
2.020 MEMCX Vpp +100% 100MHz

```

Calibração/ MetCal RunTime

Test Evaluation

The signal on the auxiliary scope-display must be stable value and well triggered.

Is the signal stable and well triggered?

Pictorial Information

Connect the 5520A NORMAL Output to the ScopeMeter Ch.A input.

NOTE: Connect the IUT COM input to 5520A NORMAL LO.

Figura 4.43: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de resposta em frequência.

7. Sensibilidade do *Trigger*

O circuito de *trigger* (circuito de disparo) trata-se de um modo de disparo que faz com que o osciloscópio comute automaticamente, agindo desta forma como um comparador. O utilizador define o nível e a inclinação de tensão de uma das entradas do comparador enquanto na outra entrada está o sinal a ser comparado. Assim, quando o sinal de entrada verifica as

condições (nível e inclinação de tensão) o osciloscópio inicia o varrimento. Na maior parte das aplicações, o próprio sinal que se pretende visualizar é utilizado para o comparador do sistema de sincronismo, porém, existem situações como por exemplo, sinais com ruído, onde é útil utilizar uma fonte externa de *trigger*. [52] A sensibilidade do *trigger* diz respeito à sensibilidade que este possui para detetar eventos baseados em tensão mínima ou na diferença de amplitude entre dois eventos, sendo que, de uma forma genérica, a sensibilidade é caracterizada como amplitude do sinal de entrada necessária para captar o sinal. [51] Assim, neste teste são aplicados vários sinais com diferentes amplitudes e frequências, verificando-se se o sinal está bem acionado. Para isto acontecer, o sinal de teste tem de ser visualizado pelo osciloscópio como uma onda sem movimento, ou seja, com o circuito *trigger* a funcionar. A amplitude dos sinais é continuamente reduzida até atingir a sensibilidade do *trigger*. Também é verificado se o sinal está bem acionado na transição descendente (parte negativa) da onda.

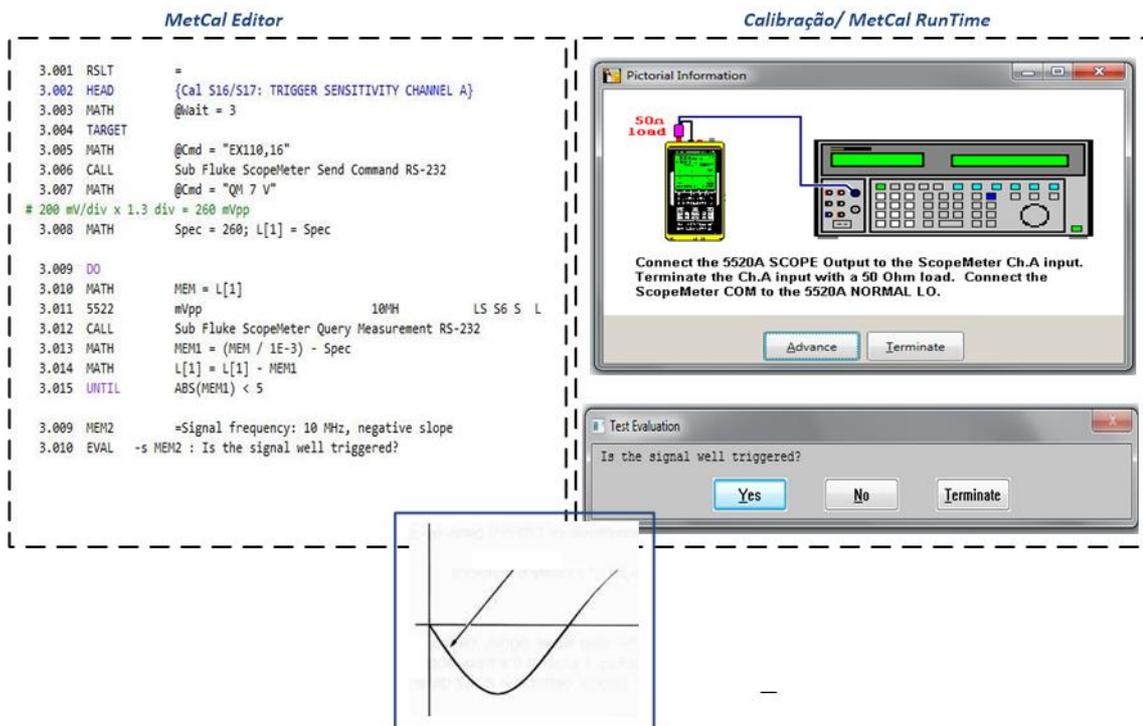


Figura 4.44: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de sensibilidade do *trigger*.

8. Base de Tempo (*Time Base*)

Esta característica dá a indicação da exatidão do sistema horizontal, quando são efetuadas medições do tempo. Normalmente, este valor varia com a largura de banda (*Bandwith*) e com a frequência de amostragem que é uma grandeza que indica quantas amostras são definidas por segundo. Quanto maior é a frequência de amostragem de um osciloscópio, maior é a exatidão com que ele representa os detalhes de um sinal com variações rápidas. Assim, a base de tempo refere-se a uma definição de velocidade de varrimento adequado,

para que o sinal seja observado com nitidez e definição.[52] Num osciloscópio digital, a exatidão da base de tempo, depende da exatidão da taxa de amostragem e, desta forma, para efetuar a calibração deste tópico, basta efetuar a calibração apenas num ponto (base de tempo intermédia). Neste teste é aplicado um impulso. Seguidamente, deve ser determinado o tempo de atraso dos flancos do impulso, através de medição com um tempo de 8 divisões, para que impulso ocupe um período completo por divisor de visor. É necessário verificar se a distância entre a marca X é igual à da Y (na figura 4.45). X corresponde à distância entre o primeiro marcador de tempo e a primeira linha vertical enquanto Y corresponde à oitava. Caso isto não se verifique, é necessário ajustar até que as distâncias sejam semelhantes.

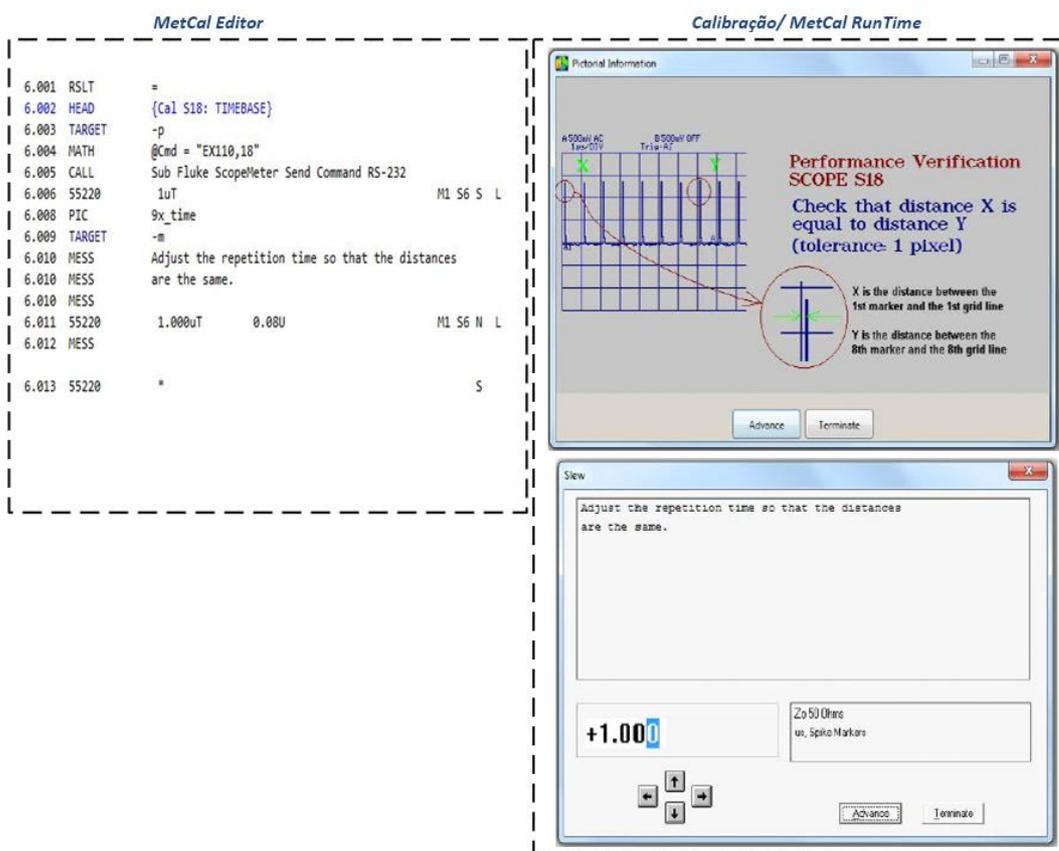


Figura 4.45: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de base de tempo.

9. Sensibilidade do *Trigger* Externo

Este teste verifica o *trigger* externo da UT. Num osciloscópio é possível encontrar diferentes alternativas para uma fonte do sistema de sincronismo. O *trigger* externo serve para visualizar um sinal, sincronizando a base de tempo a partir de outro sinal. Para este teste é injetado um sinal com 1 kHz e 1,8 Vpp de amplitude, verificando-se assim se o sinal está bem acionado. (Ver imagem 4.46)

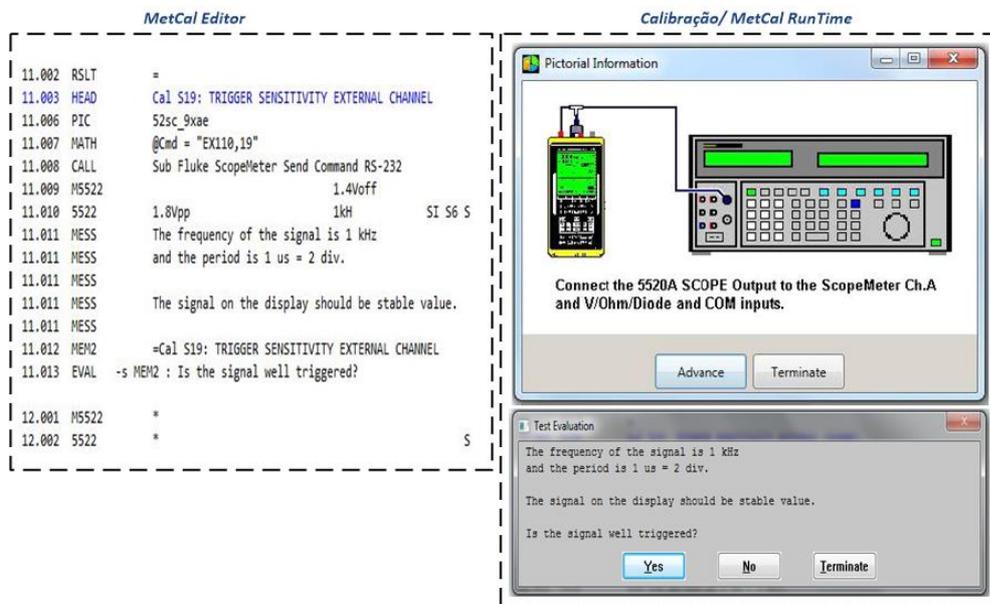


Figura 4.46: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de Sensibilidade ao *Trigger* Externo.

10. Coeficiente Horizontal – Deflexão em X (*Horizontal Deflection*)

Este teste verifica o modo de funcionamento correto dos modos X-Y (A vs B), verificando assim a relação entre os dois sinais.[53] Para isso, é aplicado um sinal com determinadas características, para depois, ser possível visualizar uma figura semelhante à da 4.47. Para este teste ser validado, a diferença entre as duas linhas (os dois sinais) não pode ser maior do que 0,4 divisões.

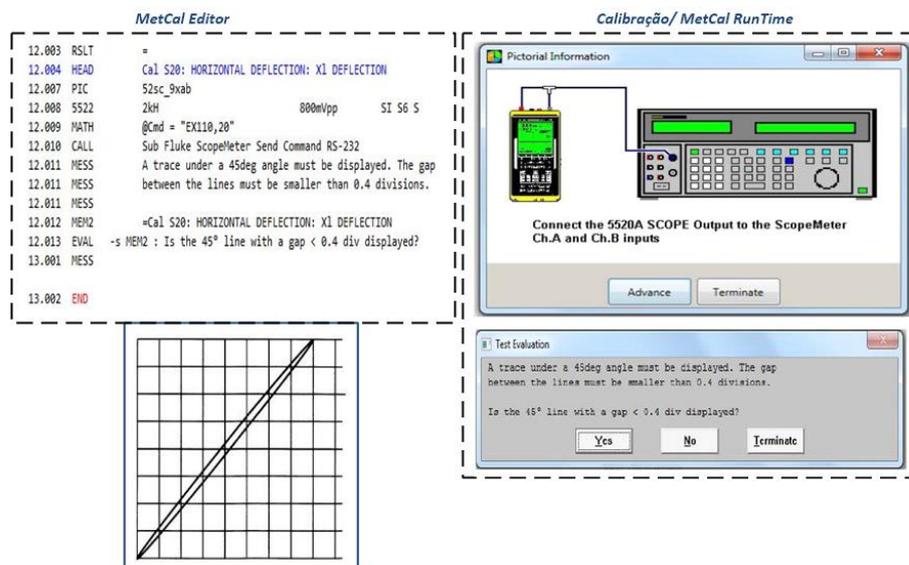


Figura 4.47: Programação, janelas de comunicação e ligações realizadas para o teste de deflexão horizontal.

Além destes testes, o *scopemeter* faz ainda medições (no modo multímetro) a:

- Tensão DC;
- Resistência;
- Díodo;
- Frequência.

Para fazer as diferentes ligações dos testes (como visualizado nas figuras anteriores), é necessário além dos cabos de ligação normais, diferentes cabos e adaptadores como visualizado na figura 4.48.

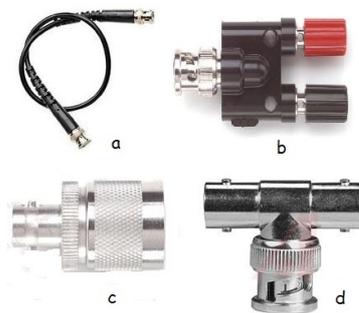


Figura 4.48: Cabos e adaptadores utilizados nesta calibração: a) cabo de 50 ohms com conector BNC (*Bayonet Neill Concelman*), b) Adaptadores BNC (*Male*) e adaptadores BNC (m) / *Binding Post*, c) Adaptador de 50 ohms BNC F / N (M) e d) BNC T *Female – Male - Female*.

Todo este material é próprio e indicado para os testes, pois na sua constituição existem materiais próprios de revestimento, para adaptação de impedâncias, possuir baixa resistência, entre outras características. Geralmente, para frequências baixas, até ± 100 MHz a impedância de entrada dos osciloscópios é alta com um valor típico correspondente a $1\text{ M}\Omega$. Por outro lado, para altas frequências a impedância de entrada é baixa ($50\ \Omega$). Isto acontece para intervalos de alta impedância, pois a amplitude de tensão na entrada do equipamento é medida como a diferença de potencial que se verifica entre o condutor central e o ponto de terra do equipamento. Por outro lado, para altas frequências (baixa impedância) tanto a impedância do gerador como a impedância de entrada dos osciloscópio são comparáveis com as linhas de transmissão ($50\ \Omega$). Aqui, é efetuada a medição da amplitude de tensão incidente à entrada do osciloscópio, sendo que a amplitude da tensão de entrada e da tensão incidente estão relacionadas com o coeficiente de reflexão da entrada do osciloscópio. Por estas razões, e pelo osciloscópio possuir entrada de alta impedância, são necessários os adaptadores e cabos mencionados anteriormente.[51]

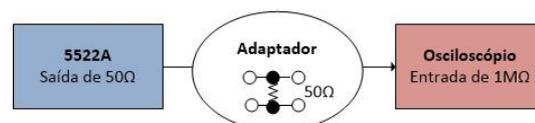


Figura 4.49: Calibração de tensão de um osciloscópio de alta impedância.[51]

Capítulo 5

Resultados

Após todas as calibrações efetuadas, é emitido um CC onde é possível verificar os resultados obtidos para, posteriormente poderem ser analisados. Neste capítulo, serão demonstrados CC e o modo como estão apresentados. É realizada também uma análise dos seus resultados, bem como do cálculo de incertezas.

5.1 Certificados de Calibração

Segundo a norma ISO/IEC 17025, o certificado tem de emitir os resultados de forma clara, objetiva e de fácil interpretação, tendo também os requisitos mínimos exigidos:[31]

- Título;
- Local do ensaio/calibração;
- Nº certificado;
- Logótipo da empresa;
- Identificação do relatório em cada página e páginas numeradas com total de páginas;
- Identificação item a ser calibrado;
- Rastreabilidade;
- Condições ambientais;
- Identificação do método usado;
- Descrição, estado e identificação do item ensaiado;
- Data de ensaio;
- Resultados do ensaio e unidades de medição;
- Nome, função e assinatura do responsável pela validação do relatório e pelo técnico que realizou a calibração;

No LME os certificados são emitidos e guardados no final de cada calibração através do sistema utilizado de forma automatizada. Depois da calibração efetuada ao multímetro/*Data Acquisition* Keithley 2700 relatada anteriormente, foi emitido um CC. Na imagem 5.1, verifica-se que na capa do certificado estão presentes todos os dados necessários e exigidos pela norma, como referidos anteriormente.



BOSCH
Tecnologia para a vida.

Certificado de Calibração
Certificate of Calibration

Bosch Car Multimedia
Rua Max Grundig, 35 - Lomar
4705-820 Braga

Data de Emissão
Date of issue

2015-08-04

Certificado n.º
Certificate no.

CERT0000-2015

Página 1 de 3
Page

Unidade de teste (UT) Tested Item	Multimeter/Data Acquisition			
	Marca - Fabricante: Manufacturer	Keithley		
	Modelo: Model	2700		
	N.º Série: Serial no.	1171066		
	NICE:	22174		
Data de Calibração Calibration Date	2015-07-01			
Condições Ambientais Environmental conditions	Temperatura: Temperature	22,60 °C	Humidade Relativa: Relative Humidity	48 %
Procedimento Procedure	Especificação do fabricante nos testes realizados. PROC_0027A			
Local de Execução Location	Laboratório de Metrologia			

Rastreabilidade Traceability				
NICE	Padrão utilizado Standard Used	S/N	Calibrado em Calibration	Próxima calibração Due-Date
24141	FLUKE 5522A CALIBRATOR	2843901	24-07-2014	24-07-2015

A incerteza expandida apresentada, está expressa pela incerteza-padrão multiplicada pelo factor de expansão k=2, o qual para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de, aproximadamente, 95%.
A incerteza foi calculada de acordo com o documento EA-4/02.
Este certificado não pode ser reproduzido parcialmente.

The extended uncertainty presented is expressed by the standard uncertainty multiplied by the expansion factor K = 2, which corresponds to a normal distribution to a probability of approximately 95%.
The uncertainty was calculated according to the document EA-4/02.

Calibrado por
Calibrated by

Responsável pela validação
Responsible for validation

Figura 5.1: Exemplo da página principal de um CC.

Nas páginas seguintes são demonstrados os resultados obtidos (exemplo na figura 5.2). Os campos demonstrados são:

- Intervalo de medição;
- Valor de referência;
- Valor medido;
- Erro de medição;
- EMA;
- Incerteza expandida;
- Resultado;

BOSCH
Tecnologia para a vida

Bosch Car Multimedia
Certificate no. CERT0000-2015 Page 2 of 3

Results

DC VOLTAGE						
Range	Reference Value	Measured Value	Error	Accuracy	Expanded Uncertainty	Result
100 mV	100,0000 mV	100,0002 mV	0,0002 mV	±0,0065 mV	±0,0023 mV	PASS
1 V	1,000000 V	0,999992 V	-0,000008 V	±0,000037 V	±0,000010 V	PASS
10 V	10,000000 V	9,999984 V	-0,000016 V	±0,000037 V	±0,000013 V	PASS
100 V	100,00000 V	99,99980 V	-0,00020 V	±0,0052 V	±0,0015 V	PASS
1000 V	1000,0000 V	999,979 V	-0,021 V	±0,057 V	±0,015 V	PASS

Criterion applied for validation of results:
|Error| + |Expanded Uncertainty| ≤ |Accuracy|

Conclusion: **Equipment OK**
The conclusion is based only on measured points.

Figura 5.2: Exemplo das páginas seguintes de um CC.

Todos estes campos são gerados através da programação que é feita no METCAL Editor como já foi visto no subcapítulo 4.2, onde são inseridos EMA, os intervalos de medição, os valores a medir etc. O erro e o resultado, são determinados através da interação do METTRACK com o Crystal Reports.

No LME existem três principais tipos de modelos que podem ser emitidos após a calibração:

- CC Fabricante Classe A;
- CC Fabricante Classe B;
- CC Interno Classe B;

Os CC Fabricante Classe A são UT de classe A cujos procedimentos são feitos com base na especificação do fabricante. O critério de aceitação tem em conta a seguinte fórmula:

$$| erro | + | incertezaExpandida | \leq | EMA | \quad (5.1)$$

Da mesma forma, o CC Fabricante Classe B, corresponde a UT de classe B com procedimentos também baseados na especificação do fabricante. A diferença está presente no critério de aceitação, pois para UT de classe B apenas é utilizado o seguinte critério de aceitação:

$$| erro | \leq | EMA | \quad (5.2)$$

Existem também outros modelos, para quando é necessário realizar alterações ou indicar que foi realizado um procedimento de ajuste nos CC emitidos. Associada ao âmbito do laboratório, existe uma IT onde é explicado de que forma estas revisões e a indicação de ajustes, é feita (seguindo a norma 17025) nos certificados. Além disto, justifica a utilização dos diferentes critérios de aceitação, que foi escolhida, tendo em conta a influência que os diferentes equipamentos possuem. Por fim, o CC Interno Classe B é referente às UT sem especificações do fabricante, cujo EMA e o procedimento é realizado com base na IT QMM7 002C e IT QMM7 006M presentes em BrgP. Aqui o critério de aceitação é semelhante ao CC Fabricante Classe B.

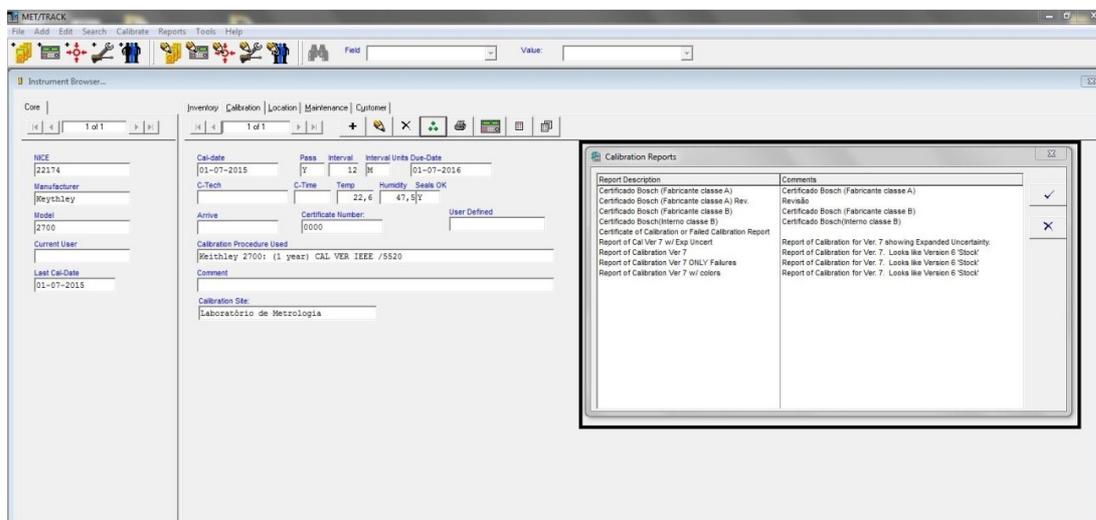


Figura 5.3: Selecionar os CC no METTRACK.

Crystal Reports

O METCAL utiliza uma interação com o *software* Crystal Reports (versão 14.0.4.738 RTM) para a realização e emissão de certificados, o que permite a existência de vários tipos de modelos de relatórios em arquivos (.rpt) consoante o pretendido. Este *software* pode ser aplicado a várias linguagens ou até diretamente a aplicações web, entre outros. Por estas razões, trata-se de uma ferramenta bastante útil e versátil para elaboração dos CC no LME. Na figura 5.4, está representado um dos modelos utilizados em LME para os CC.

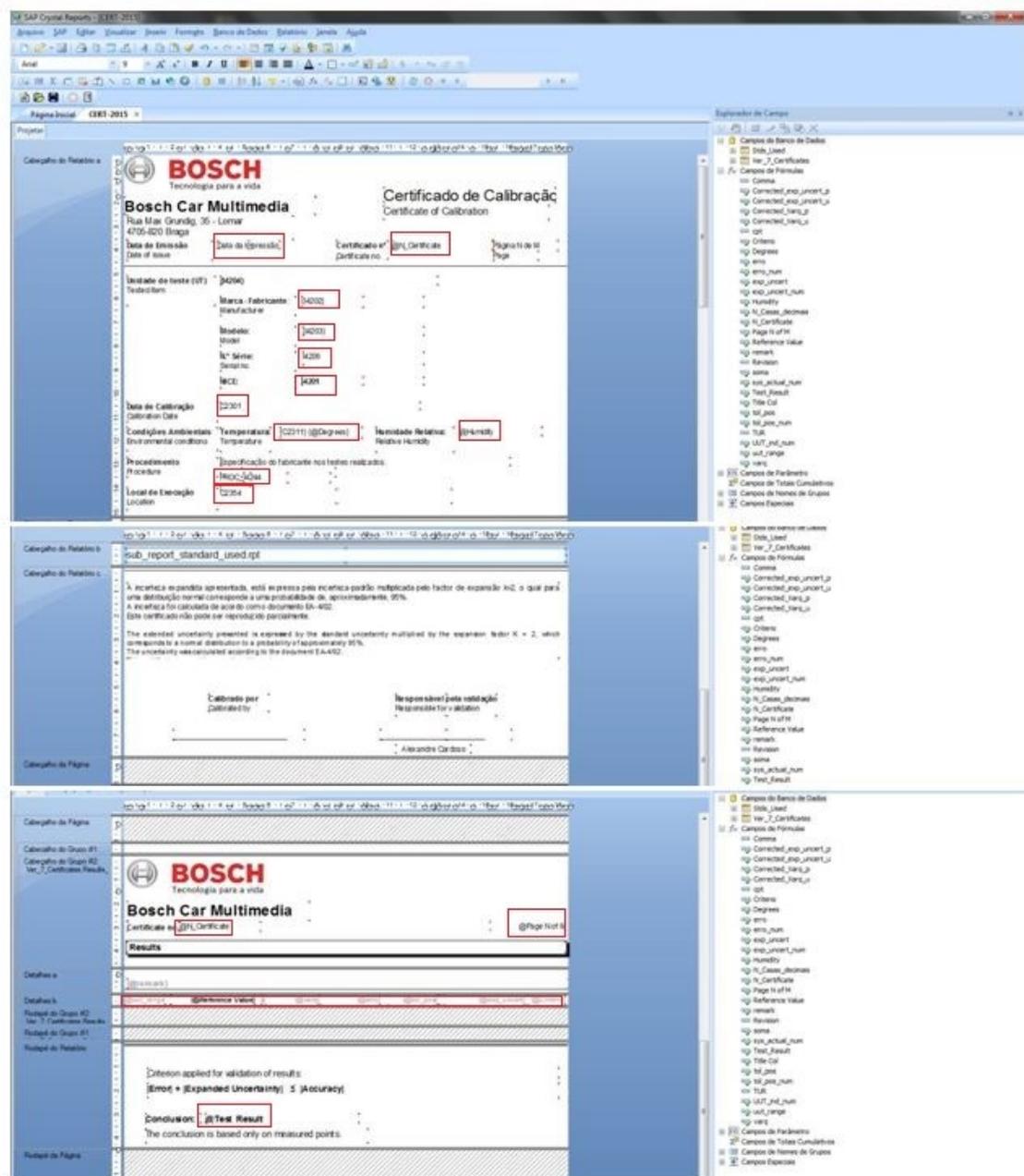


Figura 5.4: Exemplo de um modelo de CC no Crystal Reports.

Através das informações guardadas no METTRACK (base de dados) o Crystal Reports é capaz de gerar automaticamente o certificado. Para isso, o Crystal tem diversos campos (selecionados a vermelho na figura 5.5) correspondentes a determinadas variáveis, podendo ir assim buscar informações à base de dados de forma correta. De uma forma simples, o Crystal interatua com o METTRACK através dos campos e das informações para que seja emitido o CC. A figura 5.5, demonstra como a base de dados permanece, após uma calibração efetuada. Selecionados a cor-de-rosa, estão os nomes dos campos enquanto pela cor castanha, estão presentes os respetivos dados.

row_num	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
test_desc	6.000 V	16.000 V	22.000 V	29.000 V				6.000 V	16.000 V	
test	6.000 V	16.000 V	22.000 V	29.000 V				6.000 V	16.000 V	
varq	6.0003 V	15.9996 V	21.9996 V	28.9972 V				5.9996 V	15.9989 V	
lower_limit	5.9993 V	15.9900 V	21.9870 V	28.9895 V				5.9980 V	15.9900 V	
upper_limit	6.0050 V	16.0000 V	22.0130 V	29.0165 V				6.0050 V	16.0100 V	
Test_Status	Pass	Pass	Pass	Pass				Pass	Pass	
exp_uncert	0.00058 V	0.00063 V	0.00060 V	0.00071 V				0.00058 V	0.00059 V	
test_uncert	0.00029 V	0.00032 V	0.00030 V	0.00035 V				0.00028 V	0.00028 V	
cov_fac	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000				2.0000	2.0000	
condition										
remark	DC VOLTAGE							DC VOLTAGE - C		
opt	6.000 V	16.000 V	22.000 V	29.000 V				6.000 V	16.000 V	
ix_flag	0	1	1	1	0	0	0	1	1	
material	6.000 V	16.000 V	22.000 V	29.000 V				6.000 V	16.000 V	
model										
sys_actual	6.0002937424	15.99963272	21.998598186	28.99718011				5.999561936	15.998905924	
cov_fac	0	0	0	0				0	0	
material	6.000 V	16.000 V	22.000 V	29.000 V				6.000 V	16.000 V	
expv	6 V	16 V	22 V	29 V				6 V	16 V	
measurement	6.0002937424	15.99963272	21.998598186	28.99718011				5.999561936	15.998905924	
meas_flag	0	0	0	0				0	0	
dev	-0.0003 V	0.0004 V	0.0014 V	0.0028 V				0.0004 V	0.0011 V	
erro	0.0003 V	-0.0004 V	-0.0014 V	-0.0028 V				-0.0004 V	-0.0011 V	
tol_err	46.9571 ppm	-22.955 ppm	-63.7168 ppm	-97.2376 ppm				-73.0107 ppm	-68.3787 ppm	
con										
con_unit										
tol_val	Nominal	Nominal	Nominal	Nominal				Nominal	Nominal	
tol_neg	0.0050 V	0.0100 V	0.0130 V	0.0165 V				0.0050 V	0.0100 V	
tol_pos	0.0050 V	0.0100 V	0.0130 V	0.0165 V				0.0050 V	0.0100 V	
tol	0.0050 V	0.0100 V	0.0130 V	0.0165 V				0.0050 V	0.0100 V	
tu	192.31	79.37	89.25	80.88				192.31	79.37	
uut_range	5.87 %	3.67 %	10.8 %	17.1 %				6.76 %	10.9 %	
varq	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003				0.0003	0.0003	

Figura 5.5: Base de dados METTRACK.

Certos campos utilizados pelo Crystal necessitam de ser ajustados através de uma programação indicada como "Syntaxe do Crystal", para que os dados sejam emitidos na forma pretendida pelo utilizador. Além dos campos já existentes na base de dados, podem também ser criados campos auxiliares no Crystal reports. Na imagem 5.6, está presente um exemplo disso mesmo, onde está representada uma pequena programação que foi feita para o campo "soma" que foi um campo criado no Crystal Reports com o objetivo de somar a incerteza da medição com o erro da medição.

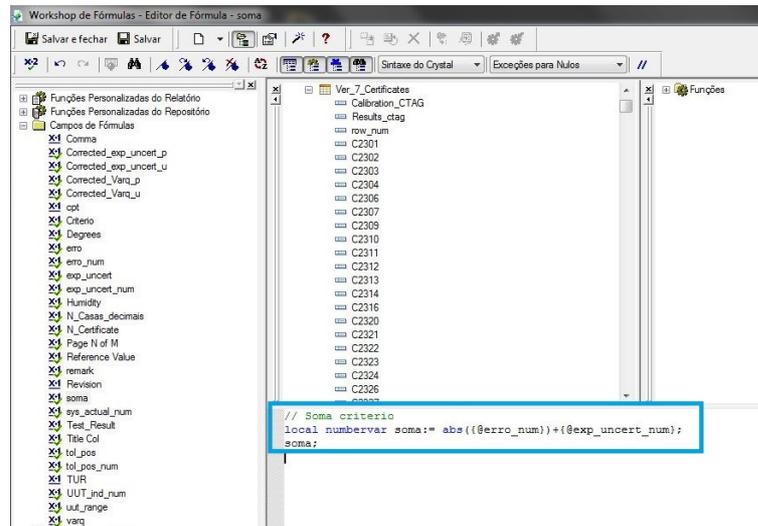


Figura 5.6: Exemplo de programação para alterar campos no Crystal Reports.

5.2 Incerteza de Medição

Segundo o VIM a incerteza é um "Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma mensuranda, com base nas informações utilizadas." Quando existe medição, está sempre presente a incerteza associada uma vez que todas as medições possuem erros e/ou fatores que podem influenciar as medições realizadas. Para calcular as incertezas de medição, o Software METCAL utiliza uma abordagem ligeiramente diferente do indicado pelo ISO GUM e

EA 4/02. Porém, os resultados obtidos de uma forma e de outra, são bastante próximos o que não envolve problemas na utilização do *software*. [13]

Para se realizar um cálculo de incertezas, é necessário primeiramente saber classifica-las da melhor forma. Existem dois tipos de incertezas: incerteza tipo A e incerteza de tipo B. As tipo A são aquelas que são estimadas com base na avaliação estatística de séries de medições repetidas, como por exemplo, as medições efetuadas. Por outro lado, as tipo B são aquelas que não estão estimadas por métodos do tipo A, como exemplo: CC, especificação do fabricante, historial de equipamentos utilizados, experiência do operador, entre outros. É importante também saber distinguir a incerteza-padrão da incerteza expandida. Enquanto a incerteza-padrão resulta da combinação de toda a influência das incertezas das grandezas de entrada (grandezas das quais depende a mensuranda, que corresponde ao valor que se pretende conhecer) demonstrada como um desvio padrão, a incerteza expandida é o produto da incerteza-padrão por um determinado fator de expansão (k) que assegura assim uma maior confiança. [54] De seguida, são demonstrados os cálculos de incerteza abordados pelo ISO GUM e EA-4/02 e pelo METCAL.

5.2.1 Abordagem ISO GUM e EA-4/02

Para existir uma boa estimativa no cálculo de incertezas é necessário ter em conta vários procedimentos, como por exemplo, listar fontes de incerteza. Relativamente à medição de 100 mV DC do multímetro/*data acquisition* Keithley 2700, exemplo que vai ser seguido para o cálculo de incertezas, são diversas as fontes de incerteza que podemos listar aquando da realização da sua calibração, tais como:

Tipo A	Tipo B
<ul style="list-style-type: none"> • Nº Medições 	<ul style="list-style-type: none"> • Método • Padrão • Ambiente • Operador • Resolução UT

Figura 5.7: Fontes de incerteza listadas.

Porém, para o cálculo descrito de seguida, apenas consideramos algumas fontes de incerteza, desprezando assim o método utilizado, o ambiente e também o operador. Isto pode ser feito, uma vez que são impostas as condições necessárias para que estas fontes de incerteza sejam diminuídas. O ambiente onde são realizadas as calibrações possui a temperatura e humidade adequadas, o método de calibração é bem realizado, uma vez que segue todos os passos estipulados e o operador possui formação necessária para o efeito. Desta forma, a contribuição para a incerteza é praticamente nula. [55]

Modelo Matemático da Medição:

$$Edmm = (Vdmm - Vcalibrador) + (Ires + Icalibrador) \quad (5.3)$$

Onde,

Edmm: erro do multímetro (resultado da calibração);

Vdmm : leitura no multímetro;

Vcalibrador : leitura no padrão;

Ires : incerteza devida à resolução do multímetro;

Icalibrador : incerteza devida ao padrão.[56]

Fontes de Incerteza Tipo AMedições:

O número de medições realizado em cada ponto é definido no METTRACK através do utilizador. São efetuadas 5 medições para cada ponto de calibração. De seguida, são explicados os cálculos realizados para determinar a contribuição desta fonte de incerteza.

- Cálculo da média:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.4)$$

- Desvio padrão da amostra:

$$s(q) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n - 1}} \quad (5.5)$$

- A distribuição normal ou gaussiana é geralmente a utilizada para incertezas do tipo A, pois são aquelas que contêm dados experimentais, nomeadamente medições, variando assim em torno de um valor médio.

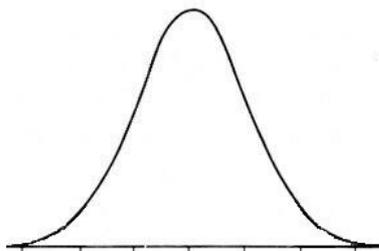


Figura 5.8: Distribuição normal ou gaussiana.

- O cálculo da incerteza-padrão é feito da seguinte forma:

$$u(\bar{q}) = s(\bar{q}) \quad (5.6)$$

com,

$$s(\bar{q}) = \frac{s(q)}{\sqrt{n}} \quad (5.7)$$

Fontes de Incerteza Tipo B

Padrão de Medição

- O valor conhecido corresponde à tolerância/especificação do calibrador 5522A na medição pretendida, para um ano.

Detailed Specifications

DC Voltage

Range	Absolute Uncertainty, total $\pm 5^\circ\text{C}$ $\pm(\text{ppm of output } + \mu\text{V})$		Stability 24 hours, $\pm 1^\circ\text{C}$ $\pm(\text{ppm, output } + \mu\text{V})$	Resolution μV	Max Burden ^[1]
	90 days	1 year			
0 to 329.9999 mV	15 + 1	20 + 1	3 + 1	0.1	65 Ω
0 to 3.299999 V	9 + 2	11 + 2	2 + 1.5	1	10 mA
0 to 32.99999 V	10 + 20	12 + 20	2 + 15	10	10 mA
30 V to 329.9999 V	15 + 150	18 + 150	2.5 + 100	100	5 mA
100 V to 1020.000 V	15 + 1500	18 + 1500	3 + 300	1000	5 mA

Figura 5.9: Imagem retirada do manual do fabricante com as especificações do padrão para tensão DC.[41]

- A incerteza associada ao padrão segue uma distribuição normal uma vez que é um dado que pertence aos CC/documentos.
- Divisor k : 2,58 (especificações do 5522A para 99% de confiança).
- A incerteza-padrão é realizado através da seguinte fórmula:

$$u(x_i) = \frac{U_{\text{dado}}}{k} \quad (5.8)$$

Resolução da UT

- O valor conhecido corresponde à resolução da UT na medição pretendida.
- A distribuição retangular ou uniforme é utilizada quando são conhecidos apenas os limites mínimos e máximos de uma possível variação da grandeza. Geralmente esta distribuição recai sobre a resolução dos instrumentos, os manuais dos equipamentos (por exemplo, tolerâncias) e grandezas de influência como a temperatura.[54]

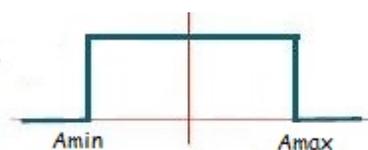


Figura 5.10: Distribuição retangular ou uniforme.

- Divisor k : $1,73 (\sqrt{3})$.
- A incerteza-padrão é determinada através da seguinte fórmula:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (5.9)$$

Uma fonte de incerteza de um equipamento digital, é a sua resolução. Uma vez que o multímetro se trata de um equipamento digital, pode-se afirmar que a resolução do equipamento corresponde ao algarismo menos significativo (LSD) da UT. Desta forma, o erro máximo devido à resolução é de: $\pm 0,5 \times \text{LSD}$ uma vez que em cada leitura efetuada pelo multímetro existe uma correção em função da sua resolução finita. Por exemplo, se numa sequência de várias leituras, todos os valores obtidos foram semelhantes, a incerteza associada à repetibilidade não é zero, isto porque, existe um limiar na variação do sinal de entrada, abaixo do LSD o qual o visor/indicador não consegue mostrar.[54]

$$u(x_i) = \frac{\text{Resolucao}/2}{\sqrt{3}} \quad (5.10)$$

Coefficientes de Sensibilidade (c_i)

Este cálculo é efetuado para determinar a contribuição da incerteza de cada grandeza de entrada para a incerteza da mensuranda, utilizando os coeficientes de sensibilidade, que correspondem às derivadas parciais, como demonstrado nas fórmulas em baixo.

$$c_i = \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (5.11)$$

A contribuição para a incerteza é assim determinada por:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i) \quad (5.12)$$

Incerteza-Padrão Combinada:

O cálculo da incerteza-padrão é efetuado da seguinte forma:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^n u_i^2(y) = \sum_{i=1}^n [c_i \cdot u(x_i)]^2 \quad (5.13)$$

Incerteza Expandida:

O cálculo final é:

$$U = k \cdot u(y) \quad (5.14)$$

Apesar de existirem diversas distribuições para a incerteza combinada que não são distribuições normais, admite-se através do Teorema de Limite Central (TLC) que o resultado final, ou seja, a incerteza da mensurada, apresenta normalmente uma distribuição normal. Contudo, este TLC só se verifica caso:[57]

1. Existam pelo menos três fontes de incerteza;
2. As grandezas sejam independentes;
3. As grandezas tenham coeficientes de sensibilidade equivalentes.

Quando o TLC não se verifica, é necessário recorrer à distribuição *T-student* para obter um fator de expansão (k) com base no número de graus de liberdade efetivos (v_{eff}) que é calculado pela expressão de *Welch-Satterthwaite*:

$$v_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^n \frac{u_i^4(y)}{V_i}} \quad (5.15)$$

Através do valor obtido, verifica-se através da tabela 5.1, qual o valor k que deve ser utilizado.[57]

Tabela 5.1: Tabela para selecionar valores de k .[57]

v_{eff}	1	2	3	4	5	6	7	8	10	20	50	<i>inf</i>
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

⇒ Para as incertezas do tipo A, utiliza-se normalmente:

$$NGL = n - 1 \quad (5.16)$$

onde,

$NGL = n^{\circ}$ graus de liberdade;

$n =$ número de medições efetuadas.

⇒ Para as incertezas de tipo B, admite-se que o NGL é infinito. ($NGL \rightarrow \infty$)

Segundo o Apêndice E do EA - 4/02, este cálculo pode ser dispensado uma vez que na maioria dos casos reais o cálculo dos graus de liberdade efetivos pela expressão de *Welch-Satterthwaite* conduz a um k muito próximo de 2.[55] Por estas mesmas razões, o LME também decidiu não realizar o cálculo, uma vez que não se considerou influente no processo.

5.2.2 Abordagem *Software* METCAL

O *software* METCAL é capaz de realizar o cálculo de incertezas de forma automática, não existindo assim a necessidade do utilizador efetuar o cálculo para todas as calibrações efetuadas. Para realizar o cálculo da incerteza pelo METCAL, é necessário ter em conta conceitos importantes. O cálculo da incerteza expandida é obviamente realizado da mesma forma, sendo *incerteza expandida* = $k * \text{incerteza-padrão}$ com a *incerteza-padrão* = $RSS(U1, U2, U3... U10)$. O cálculo RSS significa *root sum-square*, ou seja, raiz quadrada da soma dos quadrados, sendo que U1, U2, etc., são calculados de forma automática pelo *software*. O U1 corresponde à incerteza do padrão, enquanto U2 corresponde às medições que são realizadas como também a resolução da UT. Outras componentes como U3, por exemplo, são adicionadas pelo utilizador caso seja necessário introduzir outro tipo de incertezas na calibração, como por exemplo, a utilização de um *shunt*. [58]

Determinar U1

Em todas as etapas realizadas num PC do METCAL existe um PM, como, neste caso, o FLUKE 5522A. Através dos comandos utilizados na programação no METCAL Editor, nomeadamente o comando "5522", o *software* automaticamente reconhece este como padrão, e através de ficheiros .txt (5522A.txt) inseridos em pastas específicas, o *software* consegue obter todas as especificações sobre o padrão. Consequentemente, o *software* contém todas as informações necessárias para o cálculo. O cálculo de U1 realizado pelo METCAL é feito da seguinte forma:

$$Accuracy = \frac{SystemAccuracy}{Confidence} \quad (5.17)$$

Onde,

System Accuracy corresponde à tolerância/especificação do padrão;

Confidence é uma medida estatística de confiança que está associada às especificações do padrão.

O *System Accuracy* é uma informação retirada do ficheiro 5522A.txt e o *Confidence* deve ser usado conforme as especificações do padrão. Por exemplo, para o padrão 5522A as especificações são apresentadas para um intervalo de 99% de confiança, logo o σ deve ter o valor de 2,58. Tudo isto está presente nos ficheiros .txt especificados para cada padrão. O *software* METCAL inclui cerca de 50 ficheiros de teste diferentes, tendo assim informações sobre 50 padrões diferentes, que podem ser utilizados nas calibrações. Apesar disto, este valor pode ser configurado pelo utilizador caso o pretenda modificar no METTRACK.

Determinar U2

A segunda componente de incerteza, U2, é baseada na sequência de medições e na resolução da UT. O cálculo efetuado é o seguinte:

$$U2 = RSS(S1, S2) \quad (5.18)$$

onde,

S1 corresponde às medições efetuadas;

S2 corresponde à resolução da UT.[58]

Cálculo de S1

Para determinar o valor de S1 o METCAL realiza o seguinte cálculo:

$$S1 = \left(\frac{SDEV}{\sqrt{N}} \right) \cdot F \quad (5.19)$$

Onde,

N corresponde ao número de medições efetuadas;

SDEV é o desvio padrão dessas medições;

F é um fator baseado na Distribuição *T Student* e no NGL.[58]

É importante referir que no METCAL há possibilidade de especificar o número de medições que são pretendidas, o que pode ser realizado no METTRACK e, desta forma, o valor inserido de "N" é assumido para todos os procedimentos. A par disto, existe também a possibilidade de especificar consoante alguns procedimentos. Para tal, basta que no próprio procedimento, ou seja, no METCAL Editor, seja inserido um comando próprio, como por exemplo, "N_MEAS=3". O número de medições deve ser sempre no mínimo N=3.

O fator F, determinado por uma tabela G2, está presente no anexo G, do documento ANSI/NCSL Z540-2-1997. Os valores de F utilizados pelo *software* METCAL correspondem a metade dos valores mostrados na coluna de 95,45% da tabela G2.[58] Estes valores são mostrados na tabela seguinte:

Tabela 5.2: Valores para o fator F consoante o número de medições.

N	F
≥ 10	1
9	1.2
8	1.2
7	1.3
6	1.3
4	1.7
3	2.3
2	7.0

Muitos metrologistas ainda defendem que este fator não deve entrar no cálculo da componente S1, pelo que o *software* tem a opção, através de uma configuração no METTRACK para desativar este fator, tornando-o assim um valor neutro (F=1). Caso se queira desabilitar apenas para um determinado procedimento, é necessário colocar um comando "USE_ST = no" no corpo principal do procedimento, no METCAL Editor. Após algumas verificações e algumas experiências, o LME decidiu desativar este fator F do cálculo automático de incerteza, uma vez que comparando o método METCAL com F ativo, com o método GUM/ EA -4/02 que é o indicado para ser utilizado na Europa, os valores obtidos eram ligeiramente diferentes.

Cálculo de S2

Tendo em conta que S2 é baseado na resolução da UT, e tratando-se de uma distribuição de probabilidades retangular, o cálculo realizado é:

$$S2 = \frac{UUT_RES \times 0,5}{\sqrt{3}} \quad (5.20)$$

A resolução da UT é retirada de forma indireta através dos comandos que são inseridos no procedimento, como referido no capítulo anterior.

Determinar U3, U4... U10

Estas componentes opcionais podem ser especificadas diretamente no METCAL Editor, sendo possível aplicar para um determinado procedimento específico, entrando depois no cálculo de incerteza final. Geralmente estas incertezas estão associadas a componentes do tipo B tais como:

- Pontas de teste;
- Atenuadores;
- Termopares;
- *Shunts* utilizados;
- Outros.

Incerteza Expandida

Para o cálculo final de incerteza expandida, o METCAL utiliza, por defeito, o fator de expansão com o valor de dois ($k=2$). Mais uma vez, este parâmetro pode ser especificado pelo utilizador da forma que pretende, existindo também a possibilidade de estar a ser utilizado para um, dois, ou todos os procedimentos. Existe também a possibilidade do utilizador desativar o cálculo da incerteza expandida, sendo o próprio a introduzir, caso os resultados não sejam satisfatórios.

No cálculo pelo METCAL, também foi possível desativar o cálculo de NGL desativando a fórmula *Welch-Satterthwaite*, no METTRACK. Caso fosse pretendido desativar este cálculo para apenas um procedimento, era necessário colocar o comando "WS=no" no procedimento METCAL Editor.

5.2.3 Demonstração de Resultados

De acordo com as abordagens explicadas anteriormente, é mostrado nas tabelas de seguida, um exemplo prático para o cálculo de incerteza, relativamente à medição de 100 mV DC para o multímetro/*data acquisition* Keithley 2700, verificando-se assim que não existem diferenças nos resultados obtidos.

Na tabela 5.3, encontram-se os valores das medições que foram efetuadas, assim como o respetivo valor da média e desvio padrão.

Tabela 5.3: Medições efetuadas com respetiva média e desvio padrão.

Medições (mV)	Média (mV)	Desvio Padrão (mV)
100,0020	100,0020	0,000055
100,0020		
100,0020		
100,0021		
100,0021		

5.2.3.1 Resultados obtidos pelo GUM e EA – 4/02

A abordagem para o cálculo de incertezas do tipo A é demonstrada na tabela 5.4.

Tabela 5.4: Cálculo para fontes de incerteza tipo A - 100 mV DC Keithley 2700.

Incerteza Tipo A						
Fontes Incerteza	Processo Avaliação	Valor Conhecido	Distribuição Considerada	Divisor (k)	Coefficiente Sensibilidade (c_i)	Incerteza-padrão (u_i)
Medições	5	0,000055	Normal	1	1	0,000024 mV

Por outro lado, para o cálculo de incertezas do tipo B, obtiveram-se resultados demonstrados na tabela 5.5.

Tabela 5.5: Cálculo para fontes de incerteza tipo B - 100 mV DC Keithley 2700.

Incerteza Tipo B						
Fontes Incerteza	Processo Avaliação	Valor Conhecido	Distribuição Considerada	Divisor (k)	Coefficiente Sensibilidade (c_i)	Incerteza-padrão (u_i)
Padrão	Especificações	0,003	Normal	2,58	1	0,001163 mV
Resolução UT	Especificações	0,0001	Retangular	$\sqrt{3}$	1	0,000003 mV
Método	Desprezável	-	-	-	-	-
Ambiente	Desprezável	-	-	-	-	-
Operador	Desprezável	-	-	-	-	-

O resultado final da incerteza expandida (U) pode ser visualizado na tabela 5.6.

Tabela 5.6: Cálculos finais para determinar a incerteza expandida.

Incerteza-padrão combinada	0,001163 mV
Fator k	2
Incerteza Expandida (U)	0,0023 mV

5.2.3.2 Resultados obtidos pelo Software METCAL

Inicialmente, foram realizados os cálculos para determinar U_1 que podem ser vistos na tabela 5.7.

Tabela 5.7: Cálculos realizados para determinar U_1 - 100 mV DC Keithley 2700.

U1						
Fontes Incerteza	Processo Avaliação	Valor Conhecido	Distribuição Considerada	Divisor (k)	Coefficiente Sensibilidade (c_i)	Incerteza-padrão (u_i)
Padrão	Especificações	0,003	Normal	2,58	1	0,001163 mV

Para calcular U_2 , realizou-se a abordagem presente na tabela 5.8.

Tabela 5.8: Cálculos realizados para determinar U_2 - 100 mV DC Keithley 2700.

U2							
Fontes Incerteza	Processo Avaliação	Valor Conhecido	Distribuição Considerada	Divisor (k)	Coefficiente Sensibilidade (c_i)	Incerteza-padrão (u_i)	—
Medições	5	0,000055	Normal	1	1	0,000024 mV	S1
Resolução UT	—	0,0001	Retangular	$\sqrt{3}$	1	0,000003 mV	S2

Por fim, obteve-se também o cálculo da incerteza expandida por este método, verificando-se que não existem diferenças nos resultados.

Tabela 5.9: Cálculos finais para determinar a incerteza expandida.

Incerteza-padrão combinada	0,001163 mV
Fator k	2
Incerteza Expandida (U)	0,0023 mV

De forma mais correta, a solução deve ser apresentada sob a forma $y \pm U$, verificando-se assim que o resultado obtido para esta medição foi de **100,0020 \pm 0,0023 mV**, em ambas as abordagens. Os resultados foram iguais, pois o LME manipulou o cálculo de forma a este ficar semelhante ao seguido pelo GUM e EA-4/02, através da anulação do fator F. De outra forma, certamente que os resultados seriam diferentes.



Bosch Car Multimedia

Certificate no. CERT0000-2015

Page 2 of 3

Results

DC VOLTAGE

Range	Value of Reference	Measured Value	Error	Accuracy	Expanded Uncertainty	Result
100 mV	100,0000 mV	100,0002 mV	0,0002 mV	$\pm 0,0065$ mV	$\pm 0,0023$ mV	PASS

Figura 5.11: Resultado obtido no CC.

Capítulo 6

Conclusão

Neste último capítulo, apresenta-se uma síntese de todo o trabalho desenvolvido, assim como, dificuldades sentidas e competências desenvolvidas. Finalmente, são enumeradas algumas sugestões para trabalho futuro.

6.1 Conclusões

O trabalho desenvolvido no LME permitiu abordar e consolidar diversos conhecimentos em diversas vertentes, mais especificamente na área de calibração elétrica. O estágio permitiu também, adquirir ritmos e posturas adequadas ao mundo do trabalho da melhor forma possível, uma vez que a Bosch CM, é uma empresa com grande impacto a nível nacional e internacional. Além disto, este estágio forneceu conhecimentos a nível de gestão de calibração, assim como todo o envolvimento necessário na calibração, tais como normas necessárias, procedimentos, entre outros. Foram realizadas diversas formações, ao longo do tempo, adequadas ao trabalho proposto, para que a aprendizagem fosse progredindo e evoluindo de uma forma natural e bem conseguida. Com tudo isto, os objetivos estabelecidos inicialmente, foram alcançados.

A implementação do LME teve impacto na gestão da qualidade na empresa, uma vez que facilitou de várias formas, a gestão de calibração dos equipamentos em BrgP. Além disto, o laboratório introduziu novas sistemáticas na gestão, obrigando o documento do procedimento geral de QMM7, a ser alterado (PT001). Foram criados novos documentos como por exemplo, as IT, necessárias para perceber o funcionamento do LME.

Muitas vantagens surgiram com a implementação do LME. Os equipamentos por exemplo, de classe A, já não necessitam de passar uma semana no exterior, como acontecia com a entidade externa, passando a ser necessário apenas um dia, ou até menos, para este ser calibrado, reduzindo assim o tempo de indisponibilidade do equipamento e facilitando o processo de trabalho dos operadores. Outras vantagens dizem por exemplo respeito, a calibrações que são efetuadas após a reparação dos equipamentos. Muitas vezes, é pedido pela parte da manutenção, a calibração de um determinado equipamento, até como forma de testar se equipamento ficou em boas condições, além disso, após todas as reparações é necessário emitir um novo CC. É de concluir, que o

processo de gestão se torna mais simples, existindo sem dúvida uma maior facilidade a nível de gestão de calibração de todos os EIME de BrgP.

O novo laboratório seguiu os requisitos exigidos pelas normas envolvidas e, desta forma, os PC assim como todos os certificados, foram realizados de forma estudada e coerente. A nível do *software* utilizado, METCAL, é possível afirmar que se trata de uma ferramenta bastante versátil e automatizada, necessitando de um estudo e de uma abordagem complexa, para ser possível perceber como funciona todo o seu processo e também conseguir tirar partido de todas as vantagens que ela possui. Obviamente que este estudo ainda decorre atualmente, pois à medida que o tempo passa, os colaboradores do LME aprendem novos tópicos e novos conceitos sobre o sistema, tornando o processo de calibração cada vez mais rápido e eficiente. Relativamente ao cálculo de incertezas fornecido pelo METCAL, este pode ser manipulado pelo utilizador conforme aquilo que se pretende, o que torna esta ferramenta acessível e prática.

Um das grandes dificuldades sentidas, diz respeito às calibrações nas linhas de produção, onde todo o tempo é pouco e as calibrações têm de ser realizadas da forma mais rápida possível. Muitas vezes, é também difícil fazer as ligações necessárias à calibração, uma vez que os equipamentos estão colocados em RAQS (quadro padronizado para montagem de vários módulos de equipamentos) e em comunicação com outros, sendo necessário desligar todas as suas conexões, para não danificar outros componentes. Em diversas situações é útil fazer por exemplo, a calibração de uma fonte de alimentação no modo manual numa determinada linha, pois é difícil ter acesso à parte posterior do equipamento, enquanto a calibração do mesmo modelo de equipamento, noutra linha, já pode ser feita através do modo de comunicação por GPIB, tornando a calibração mais rápida.

A unidade de BrgP, é uma empresa de grandes dimensões e, por vezes, isso acarreta algumas desvantagens para certos processos. Uma dificuldade com que o LME se depara, é o facto de estarem constantemente a aparecer novos modelos de equipamentos na empresa. Como existem diversas áreas diferentes, que adquirem de forma recorrente novos equipamentos, muitas vezes estes são adquiridos sem serem feitos estudos do que já existe na empresa, e que poderá ser útil e servir para o pretendido. Caso isto fosse realizado, tornava todo o processo o mais *standard* possível, não havendo a necessidade do LME muitas vezes realizar PC para equipamentos únicos na fábrica, com a existência de outros equipamentos com as mesmas capacidades e características. Por outro lado, a nível individual dos colaboradores, isto pode ser considerado como uma vantagem, uma vez que ao realizar continuamente novos procedimentos, o nível de conhecimentos aumenta. Porém, isto pode atrasar todo o processo e, desta forma, o LME pode não conseguir dar resposta às calibrações nas datas pretendidas, uma vez que a elaboração de novos procedimentos é, por vezes um processo moroso e lento. Outra dificuldade, surgia ao realizar os PC, pois apareciam diversas formas de apresentação e tipos de tolerâncias/EMA nos manuais, tais como, *programming accuracy*, *measurement accuracy*, entre outras denominações, havendo muitas dificuldades em perceber e saber, qual a mais indicada para o nosso procedimento. Através das formações realizadas e de alguma experiência já adquirida, essa dificuldade é cada vez menos sentida.

Nos dias atuais, é possível dizer que o LME possui cerca de 86 PC realizados e finalizados e cerca de 155 calibrações e respectivos CC já emitidos. Os dados podem ser visualizados na tabela 6.1. Verifica-se através destes números, que os osciloscópios ainda precisam de trabalho, pois inicialmente os colaboradores começaram por realizar procedimentos para multímetros/*data acquisition* e fontes de alimentação, por serem mais simples.

Tabela 6.1: Números relativos ao trabalho realizado até aos dias atuais.

Tipos de Equipamentos	Procedimentos finalizados	Calibrações realizadas
Osciloscópios	8	6
Multímetros/Data Acquisition	32	51
Fontes de Alimentação	39	72
DC Electronic Load	2	20
ICT	1	3
RCL Meter	2	1
Wattímetros	1	1
Pinças Amperimétricas	1	1
Totais	86	155

É importante referir que a empresa, tem um contrato *GOLD* com a FLUKE, o que significa que estes fornecem vários PC para o *software* METCAL. Porém, existem vários EIME na fábrica cuja a FLUKE não possui PC, o que levou a uma prática mais aprofundada do laboratório, servindo assim, para conhecer o *software* e, desta forma, aprender a realizar vários PC e a programar no METCAL Editor. Este processo foi e é ainda, bastante complexo.

Apesar do laboratório não ter como objetivo, neste momento, a acreditação, todo o processo na elaboração do LME segue ou tenta seguir tudo o que é exigido a laboratórios acreditados. Na tabela 6.2, apresentam-se alguns exemplos das melhores incertezas, para certas gamas de medição, que o LME apresenta nos dias atuais.

Tabela 6.2: Alguns exemplos de melhores incertezas do LME.

Melhores Incertezas		
Grandeza	Gama de Medição	Incerteza
Tensão DC	100 mV	0,0023 mV
	10 V	0,00011 V
Tensão AC	100 mV / 1 kHz	0,017 mV
	10 V / 50 kHz	0,0032 mV
Resistência	100 Ω	0,0033 Ω
	100 k Ω	0,0023 k Ω
Corrente DC	100 mA	0,00097 mA
	1 A	0,00019 A
Corrente AC	100 mA / 1kHz	0,00089 mA
	1 A / 1kHz	0,00047 A

6.2 Trabalhos Futuros

Visto que a implementação do LME é um processo contínuo, existe ainda muito trabalho a ser desenvolvido a vários níveis, tornando o processo cada vez mais autónomo e menos suscetível a erros e falhas. De seguida, são relatadas alguns focos que estão idealizados para o futuro.

A nível dos CC emitidos é pretendido que a emissão dos certificados seja feita de forma automática, não necessitando de ser o utilizador a escolher o tipo de CC como Fabricante Classe A, B, etc. O objetivo é que conforme os dados que são inseridos na base de dados METTRACK, exista uma variável que reconhece a UT e desta forma, emitir o CC correspondente. Este ponto está quase a ser finalizado.

Um dos objetivos iniciais do LME, passava por realizar um sistema para a calibração de altas frequências RF (Radio Frequência) e para tal, foi adquirido o padrão 96040A da FLUKE. Em RF existe uma variedade enorme de equipamentos que se podem calibrar, uns utilizados para medir e outros utilizados para gerar, tais como por exemplo:

- Geradores de sinal;
- Medidores de potência;
- Atenuadores;
- Analisadores de modulação;
- Analisadores de espectros;
- Outros;

Um sistema de calibração de RF necessita de diversos padrões tais como geradores e contadores RF, multímetros, analisador de áudio, gerador de funções, geradores de nível, contadores RF, entre muitos outros. O padrão 96040A coloca num só equipamento a junção de todos esses padrões, porém não tem incorporado o medidor de potência nem o contador de RF, o que impossibilita a calibração de geradores de sinal. Existindo em BrgP cerca de 400 geradores de sinal, este é um ponto que necessita de ser desenvolvido e, para isso, já se está a realizar um estudo sobre qual o padrão que vai ser adquirido para estas calibrações. Esta parte do laboratório ainda vai ser desenvolvida e estudada, de forma a ser bem implementada no futuro.

ICT (*In Circuit Test*), são equipamentos de grande dimensão que estão presentes nas linhas de produção da fábrica, com o objetivo de fazer testes e medições nas placas PCB (*printed Circuit Board*).



Figura 6.1: Exemplo de um ICT.

A verificação destes equipamentos era um processo bastante dispendioso para a empresa, uma vez que era a própria marca que a realizava. Através do LME, foi possível realizar um procedimento juntamente com o departamento de manutenção, de verificação do equipamento (uma vez que não há cálculo de incerteza) e ajuste, caso este seja necessário, de acordo com as indicações dadas pelo fabricante. Para a realização deste, é utilizado como padrão uma *ICT Calibration Box*, que é inserida no equipamento, para ser possível realizar as medições. A tarefa é quase toda automatizada, uma vez que o operador apenas necessita de ligar à UT a *calibration box* e o teste é iniciado automaticamente pelo *software*. O ajuste só é realizado caso o teste dê falhas e este, é efetuado pelo departamento de manutenção. O certificado emitido, mostra os valores que são medidos pelo ICT, não existindo nenhum cálculo de incerteza associado.

Figura 6.2: ICT *calibration Box*.

No futuro, é pretendido que seja o LME a elaborar um PC para o padrão utilizado (*calibration Box*) para que este não necessite de ser calibrado por uma empresa externa, reduzindo custos à empresa.

Além dos mencionados em cima, existem assim muitos outros equipamentos que o LME pretende calibrar no futuro, os quais começa agora com o estudo dos seus PC, tais como:

- Frequencímetros;
- SRM (*Surface Resistance Meter*);
- Geradores de sinal;
- Geradores RF;
- Miliamperímetros;
- Outros.

De referir, que todos os PC diferem, consoante os modelos de equipamentos, e em BrgP, existem diversos modelos diferentes, concluindo-se que ainda estão por realizar inúmeros PC para que o LME consiga dar resposta a todos os equipamentos da fábrica.

No futuro, e através do histórico de calibrações que se vai armazenando ao longo do tempo, é pretendido realizar variados estudos para ser possível aplicar correções de melhoria.

Bibliografia

- [1] C/CCH, Historical Communications, *Bosch History at a Glance*, 1-10. Maio-2015.
- [2] BrgP/PC, The Communication Department, Overview of Bosch in Braga, *Business Excellence*, 19-27. Maio-2014.
- [3] BrgP C/CCR-PO, The Communication Department, *Bosch Group*, Outubro-2013.
- [4] BrgP/PC, The Communication Department, Overview of Bosch in Braga, *Products and Customers*, 26-31. Maio-2014.
- [5] BrgP/PC, The Communication Department, Overview of Bosch in Braga, *Market Trends*, 38-40. Maio-2014.
- [6] BrgP/QMM7, Quality Management & Methods, *Reliability Objective*, 1-9. Maio-2013.
- [7] Sousa, Carlos, *Metrologia - Notas Históricas*, CATIM, centro de apoio tecnológico à indústria metalomecânica. 2010.
- [8] IPQ, Instituto Português da Qualidade, *O Museu da Metrologia*, Disponível em: www.ipq.pt
- [9] Lopes, Luís Seabra, *Sistemas Legais de Medidas de Peso e Capacidade do Condado Portucalense ao Século XVI*, Nova Série, vol.XXIV. Universidade do Porto, 2003.
- [10] Lourenço, Alexandre, *Metrologia Aplicada I, SI - Sistema Internacional de Unidades*, Instituto Superior de Engenharia do Porto - Departamento de Física. 2014.
- [11] Sousa, Carlos, *Categorias da Metrologia*, CATIM, centro de apoio tecnológico à indústria metalomecânica. 2008.
- [12] Fernandes, Wilson Donizeti, Pedro Luiz Oliveira Costa Neto, José Ricardo da Silva, *Metrologia e Qualidade - Sua Importância como Fatores de Competitividade nos Processos Produtivos*, XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.
- [13] VIM, Vocabulário Internacional de Metrologia, *Conceitos Fundamentais e gerais e Termos Associados*, 1ª edição Luso-Brasileira, 2012.

- [14] Cachada, Fátima, Documentação de Apoio - Formação, *Metrologia*, IEP, Instituto Eletrónico Português, Abril-2015.
- [15] BIPM, Bureau International des Poids et Measurements, *About the BIPM*, Disponível em www.bipm.org
- [16] BIPM, Bureau International des Poids et Measurements, *General Conference on Weights and Measures*, Disponível em www.bipm.org
- [17] Coomet, Euro-Asian Cooperation of National Metrological, Institutions *Inter-RMO workshop on activities in support of small, emerging and developing economy NMIs*, Mongolia, Julho-2011
- [18] EURAMET, European Association of National Metrology Institutes, Disponível em www.euramet.org
- [19] Pinho, Victor, *Requisitos Gerais de Competência para Laboratórios de Ensaio e Calibração*, IPQ, Instituto Português da Qualidade. 2012
- [20] IPQ, Instituto Português da Qualidade, *Laboratório Nacional de Metrologia - Atribuições*, Disponível em: www.ipq.pt
- [21] ILAC, The International Laboratory Accreditation Cooperation, *About ILAC*, Disponível em: www.ilac.org
- [22] IPAC, Instituto Português de Qualidade, *Regulamento Geral de Acreditação*, DRC001, Junho-2012.
- [23] Aurora, João Cameirão, GEIME, Gestão de Equipamento, Inspeção, Medição e Ensaio, *Manual do Utilizador*, 1^a edição, Fevereiro-2000.
- [24] Cabral, Paulo, *Sistemas de Gestão da Medição - A norma ISO 10012*, 21-22 IEP, Instituto Eletrónico Português, Abril-2015.
- [25] IntervalMax, Integrated Software Associates, *Methods and Principles*, Bakersfield, 1998-2005.
- [26] IntervalMax, Integrated Software Associates, *Procedures and Guidelines*, Bakersfield, 1995-2005.
- [27] BrgP/QMM7, Quality Management & Methods, *Project - Calibration Cost Redution*, Março-2013.
- [28] Cabral, Paulo, *Sistemas de Gestão da Medição - A norma ISO 10012, ISO 9001 3-4* IEP, Instituto Eletrónico Português, Abril-2015.

- [29] ISO/TS 16949 Technical Specification, *Quality management systems - particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service parts organizations*, 3rd edition, Junho-2009.
- [30] IPQ, Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 10012:2005 *Norma Portuguesa, Sistemas de gestão da medição - Requisitos para processos de medição*, Versão Portuguesa, Maio-2015
- [31] IPQ, Instituto Português da Qualidade, NP EN ISO 17025:2005 *Norma Portuguesa, Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração*, Versão Portuguesa, Dezembro-2015
- [32] Cachada, Fátima, Documentação de Apoio - Curso, *ISO/IEC 17025 Requisitos gerais de competência para laboratórios*, IEP, Instituto Eletrónico Português, Abril-2015.
- [33] RB/GF Bosch, Guideline RB/GF 179, *Quality Policy and Quality Management within the Bosch Group*, 1-4 May-2007.
- [34] RB/GF Bosch, Guideline RB/GF 181, *Information Governance (IG)*, 1-13 Janeiro-2015.
- [35] C/QM Bosch, CDQ1001, Central Directive Quality, *Control of inspection, measuring and test equipment*, 1-7 November-2012.
- [36] C/QM Bosch, CDQ1002, Central Directive Quality, *Standards, Ranking and Identification*, 1-7 November-2012.
- [37] C/QMM Bosch, CDQ0402, Central Directive Quality, *Inspection Planning, Capability and Process Control*, 1-17 December-2012.
- [38] C/QMP Bosch, QSP0701, Corporate Directive, *Tasks, Responsibilities and Authority of the Quality Assurance Departments*, 1-5 November-2006.
- [39] IPAC, Instituto Português de Qualidade, *Guia para a aplicação da NP EN ISO/IEC 17025*, OGC001, Março-2010.
- [40] Fidélis, Gilberto Carlos, *Confiabilidade Metrológica - As características desejadas para um padrão de Calibração*, Artigo publicado na revista *Metrologia e Qualidade*, Abril-2006.
- [41] Fluke Calibration, *5522A Multi-Product Calibrator - Getting Started*, USA, January 2011
- [42] Fluke Calibration, *5080A Calibrator - Getting Started Manual*, April, 2010
- [43] Fluke Calibration, *8508A Reference Multimeter - Getting Started Manual*, Rev.2 4/12 September, 2004-2012
- [44] Keysight Technologies, *3458A Multimeter - Data Sheet*, USA, July-2014
- [45] Keysight Technologies, *Model 2700 Multimeter/Data Acquisition System - Service Manual*, Rev.B USA, February-2000

- [46] National Instruments, Inc. *Low Level Measurements Handbook - Precision DC Current, Voltage, and Resistance Measurements*, 6th Edition, USA, 2004
- [47] Keysight Technologies, *Understanding Instrument Specifications – How to Make Sense Out of the Jargon*, Rev.B June , 2007
- [48] National Instruments, *Offset Compensated Ohms*, June, 2009
- [49] AMETEK, Programmable Power, *Sorensen - Operation Manual*, Rev.F 2004-2009
- [50] Alves, Mário Ferreira, *ABC do Osciloscópio - princípio de funcionamento e estado da tecnologia*, versão 3, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Fevereiro 2007
- [51] Relacre, Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal, *Guia de Calibração - Calibração de Osciloscópios*, versão 1.0, Janeiro 2014
- [52] Fluke Corporation, *Calibration: Philosophy in Practice*, 6th Edition May-1994
- [53] Fluke Corporation, *92B/96B/99B/105B ScopeMeter - Users Manual*, Rev.4 1/99 March 1996
- [54] Cabral, Paulo, *Erros e Incertezas nas Medições*, IEP - Instituto Eletrónico Português, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Julho 2004
- [55] EA, EUROPEAN ACCREDITATION,, *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration*, APPENDIX E, *Coverage factors derived from effective degrees of freedom*, Rev 02, EA-4/02 M:2013, Public Reference, September 2013
- [56] EA, EUROPEAN ACCREDITATION,, *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration SUPPLEMENT 2, S9 - Calibration of a Hand-Held Digital Multimeter at 100V DC*, Rev 02, EA-4/02 M:2013, Public Reference, September 2013
- [57] Cabral, Paulo, *Cálculo de Incertezas*, IEP, Instituto Eletrónico Português, Abril-2015.
- [58] Fluke Calibration Digital Library, *Implementing ISO 17025 Measurement Uncertainty Requirements in Software*, USA, March-2012

Anexo A

PT001 - Gestão de equipamentos de teste/ensaio e Laboratório de Metrologia Elétrica

BOSCH		Manual Processos BrgP	Página 2 de 9	
			Elaborado por: BrgP/QMM7	Aprovado por: QMM
PT_001		Gestão de equip. de teste/ensaio e Lab. de Metrologia Elétrica	Edição 00	Data 20-04-2015

Distribuição :BrgP/Chefes de Departamento, BrgP/Chefes de Secção, BrgP/ QMM7 Gestão EIME, BrgP/QMM7 Lab de Metrologia Eletrica

2. Objectivo

Este procedimento descreve o processo de gestão de equipamentos de ensaio e teste desde o planeamento até a sua remoção do sistema. O objetivo é garantir a consistência e precisão (precisão, estabilidade) dos meios de controlo e medição BrgP.

Tudo de deverá ser de acordo com a formulação das normas e regulamentos aplicáveis.

3. Âmbito de aplicação/Responsabilidades

Este procedimento aplica-se em BrgP estando as responsabilidades definidas no RASI " Matriz de Responsabilidade" incluído neste procedimento cujo conhecimento é comprovado através de assinatura do procedimento

4. Definição dos Indicadores

KPI – A relação dos equipamentos de teste bloqueados (equipamento de teste, que não está dentro do intervalo de calibração) com o número de equipamentos de teste que tem de ser calibrado / testado é utilizada.

KPR - O número de não-conformidades relacionadas com o equipamento de teste e gestão de laboratórios detetadas por auditorias de sistema internas e externas, têm como objetivo medir a eficácia dos processos.

5. Abreviaturas e Acrónimos

GEIME- Gestão de Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio

EIME- Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio

I.T. - Instrução de Trabalho

F.E. - Formulário de Equipamento

KPR – Key Performance Resources

KPI - Key Performance Indicator

CDQ - Central Directive Quality

ISO/ -TS - International Organization for standardization / -Technical specifications

RASIC - Responsável, Aprovação, suporte, informação, cooperação

VDA - Normas da indústria automobilística Alemã

RB/GF - Bosch linhas de orientação

6. Normas e orientações para definição do procedimento

Este procedimento segue as normas e diretivas

ISO 17025, EN ISO 9001, ISO/TS 16949

VDA250, VDA Volume 6,

RB/GF 179, CDQ0206, -0402, -0701, -0720, -1001, -1002.

7. Documentos de apoio e seguimento

IT QMM7 001M Âmbito do Laboratório

IT QMM7 004C Requisitos para seleção de E.I.M.E

IT QMM7 005C Aceitação dos Certificação de Calibração

IT QMM7 008C Listas do EIME de acordo com a sua classificação

IT QMM7 013C Determinação dos Intervalos de Calibração

IT QMM7 007C Periodicidade da Calibração

IT QMM7 007M Equipamento padrão e Sw utilizado no Lab

IT QMM7 003M Processo utilizado para elaborar procedimentos de calibração

IT QMM7 009C Selos utilizados na identificação do equipamento

IT QMM7 002C Tolerâncias atribuídas a equipamento sem especificação do fabricante

IT QMM7 011C Gestores do EIME

IT QMM7 017C Receção e envio de Equipamento para Calibrar

IT QMM7 015M Processo do Lab de Metrologia elétrica

IT QMM7 005M Critério de aceitação de resultados

IT QMM7 015C Equipamentos Suspensos/Reativar

Formulário FE 001- Registo Equipamento Geime

Formulário FE 008- Plano de reação a equipamento não conforme

Formulário FE 011 - Análise de risco equipamento ajustado

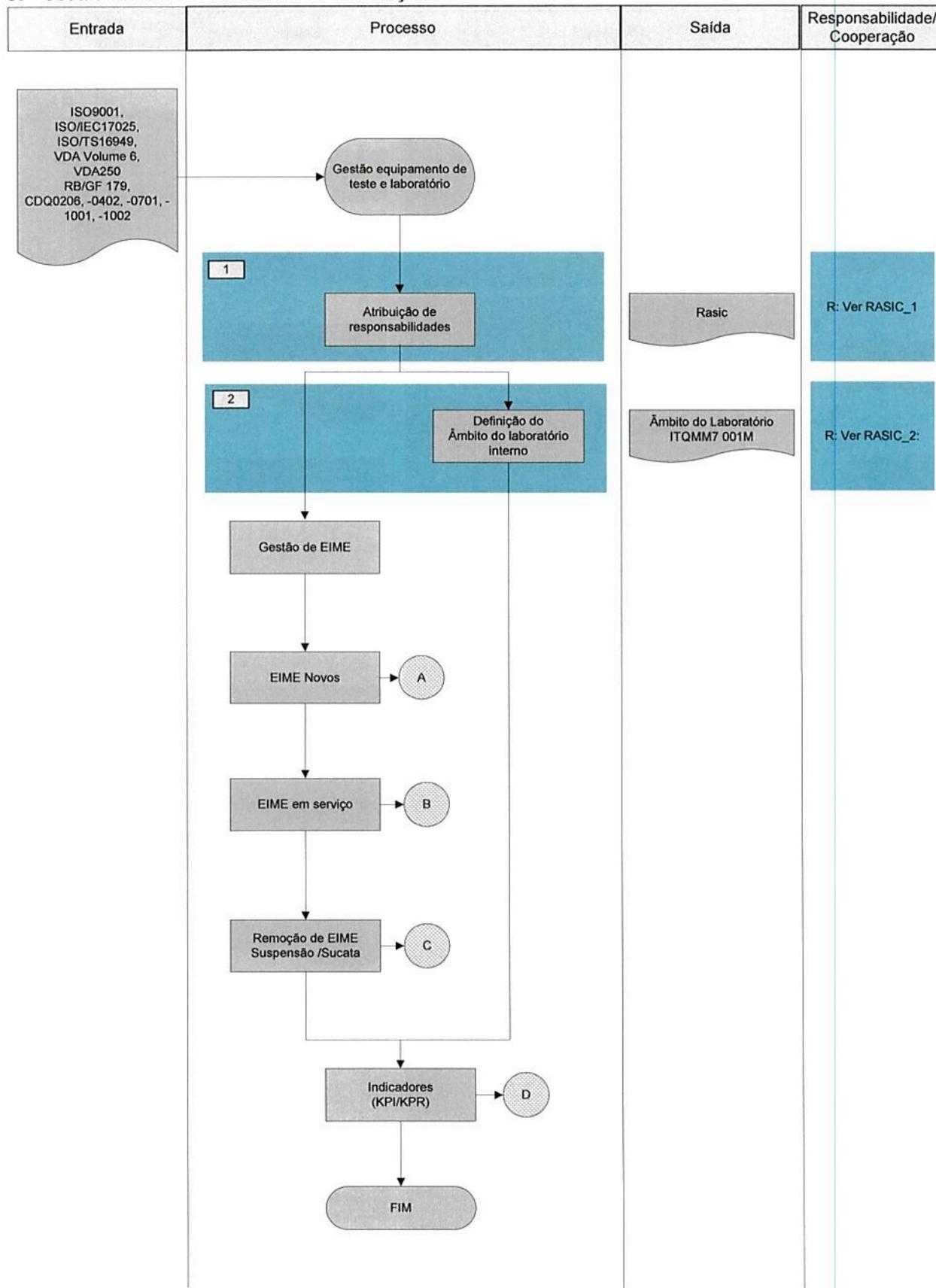
Dono do processo : QMM	Responsável pelo processo: Todos os colaboradores envolvidos	Publicado por: QMM7
------------------------	--	---------------------

Edições e exemplares impressos não são cobertos pelo serviço de alteração.

BOSCH 	Manual Processos BrgP	Página 3 de 9	
		Elaborado por: BrgP/QMM7	Aprovado por: QMM
PT_001	Gestão de equip. de teste/ensaio e Lab. de Metrologia Elétrica	Edição 00	Data 20-04-2015

Distribuição :BrgP/Chefes de Departamento, BrgP/Chefes de Secção, BrgP/ QMM7 Gestão EIME, BrgP/QMM7 Lab de Metrologia Eletrica

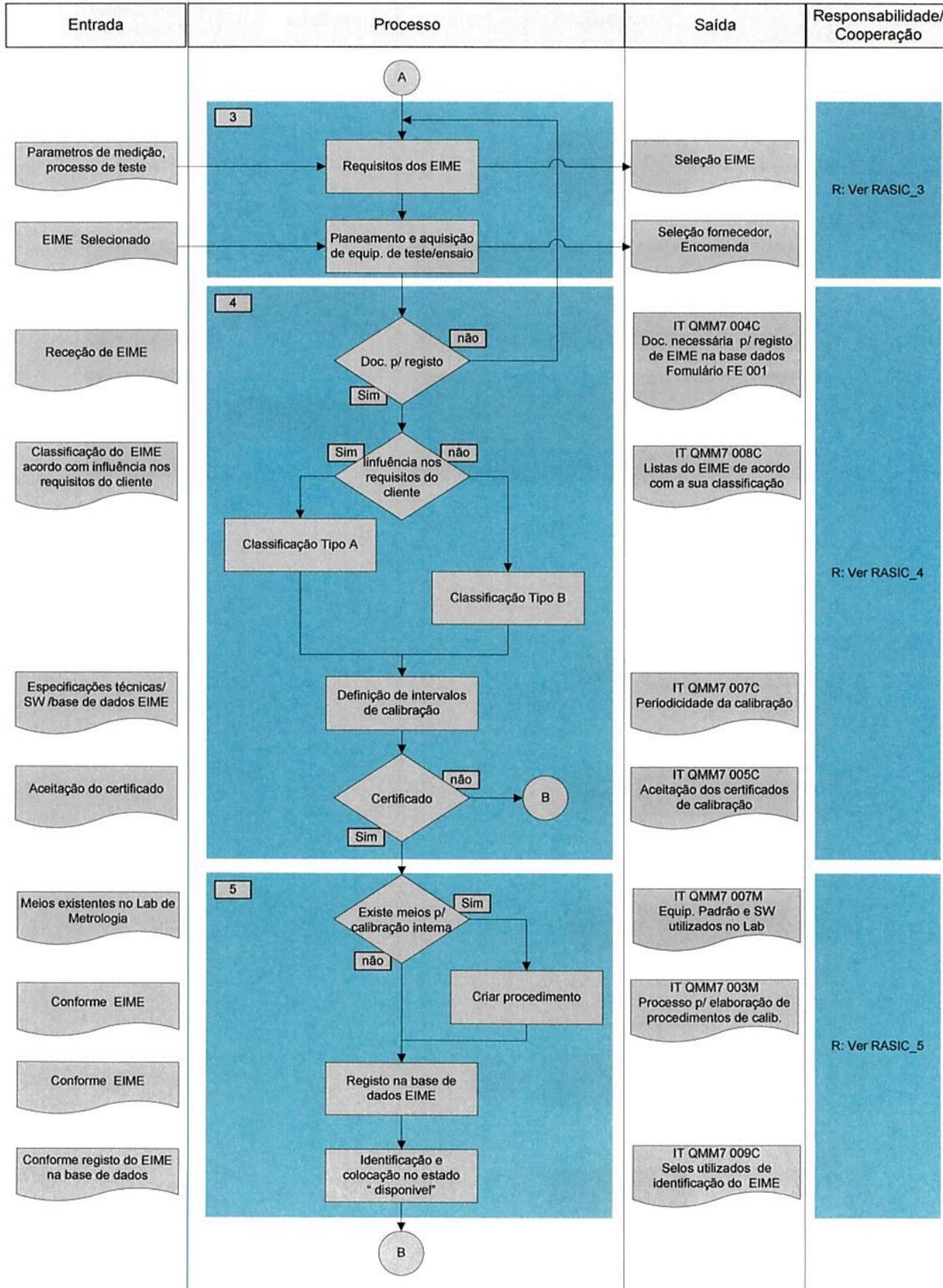
8. Gestão de EIME e Laboratório de Calibração



BOSCH		Manual Processos BrgP	Página 4 de 9	
			Elaborado por: BrgP/QMM7	Aprovado por: QMM
PT_001		Gestão de equip. de teste/ensaio e Lab. de Metrologia Elétrica	Edição 00	Data 20-04-2015

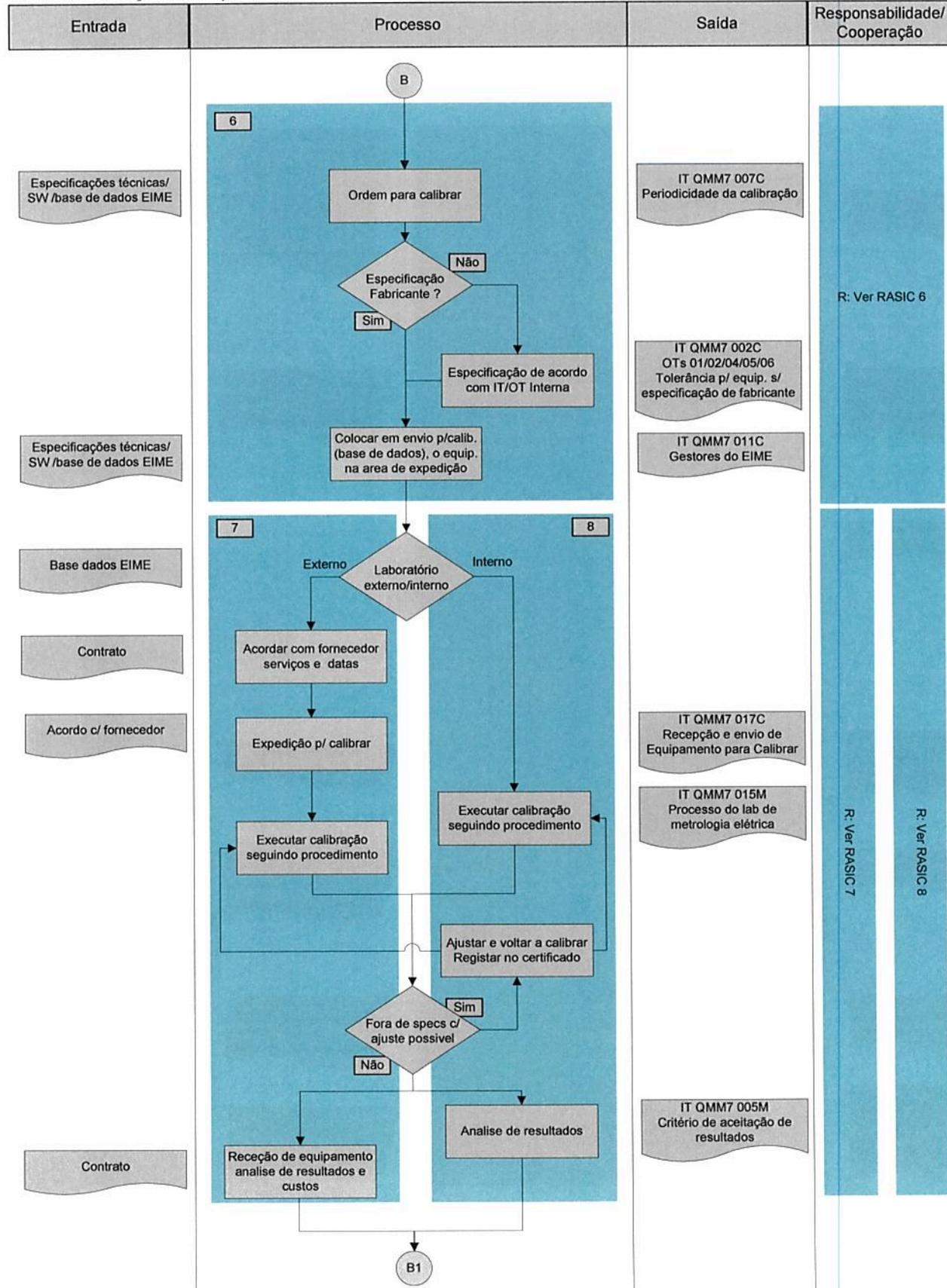
Distribuição :BrgP/Chefes de Departamento, BrgP/Chefes de Secção, BrgP/ QMM7 Gestão EIME, BrgP/QMM7 Lab de Metrologia Eletrica

9. Novos EIME



Distribuição :BrgP/Chefes de Departamento, BrgP/Chefes de Secção, BrgP/ QMM7 Gestão EIME, BrgP/QMM7 Lab de Metrologia Eletrica

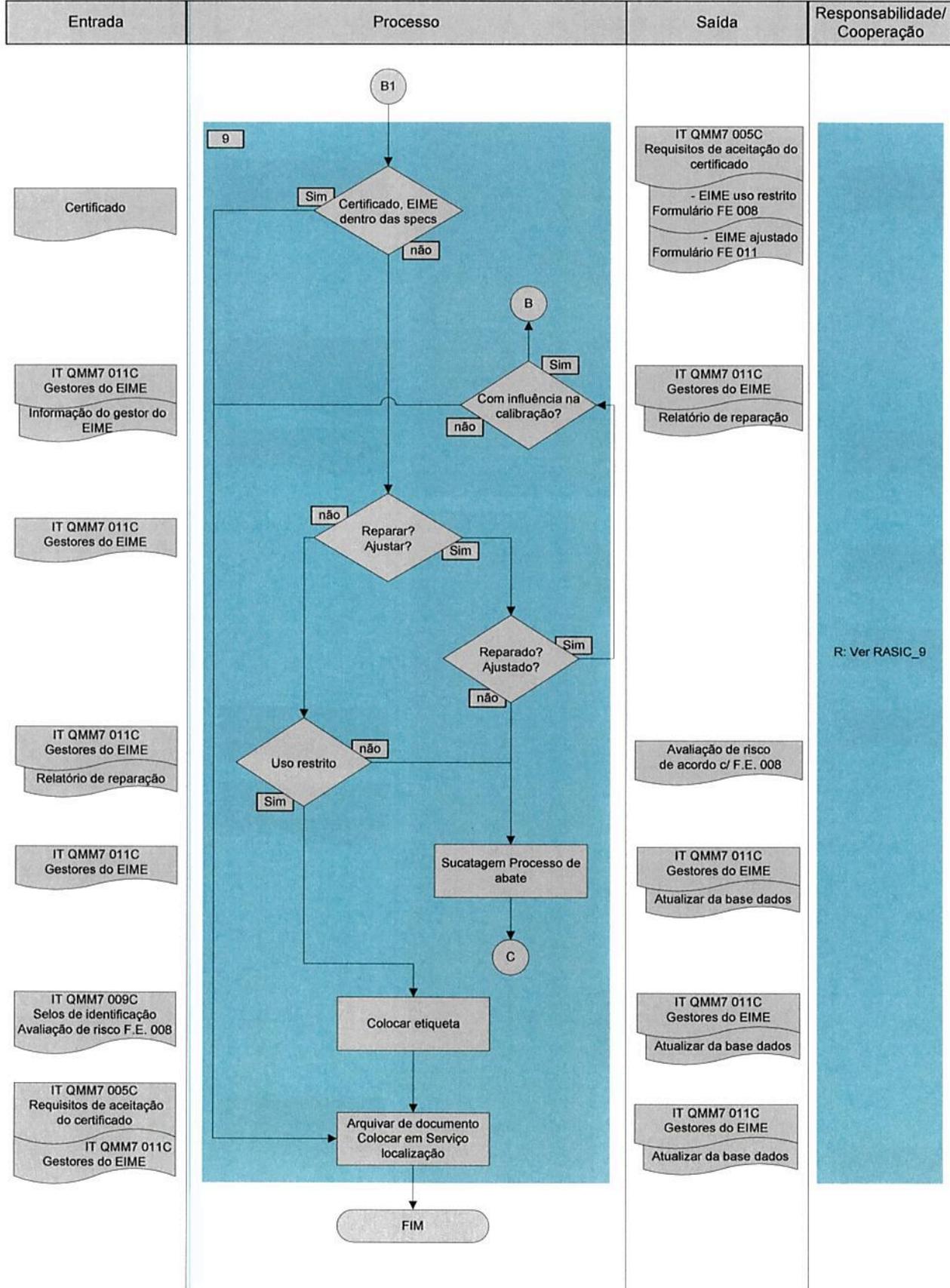
10. Monitorização EIME parte 1/2



BOSCH		Manual Processos BrgP	Página 6 de 9	
			Elaborado por: BrgP/QMM7	Aprovado por: QMM
PT_001		Gestão de equip. de teste/ensaio e Lab. de Metrologia Elétrica	Edição 00	Data 20-04-2015

Distribuição :BrgP/Chefes de Departamento, BrgP/Chefes de Secção, BrgP/ QMM7 Gestão EIME, BrgP/QMM7 Lab de Metrologia Eletrica

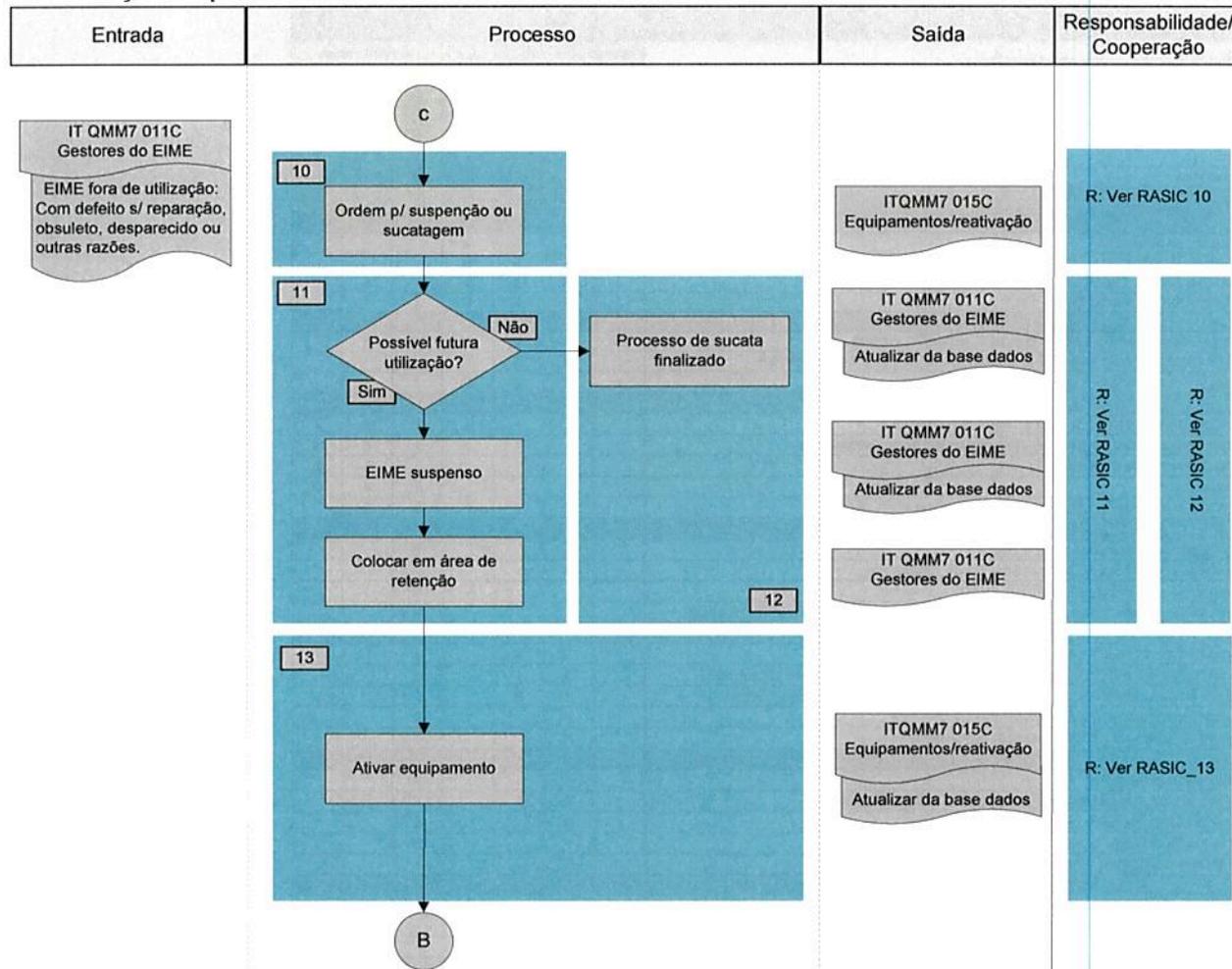
Monitorização EIME part 2/2



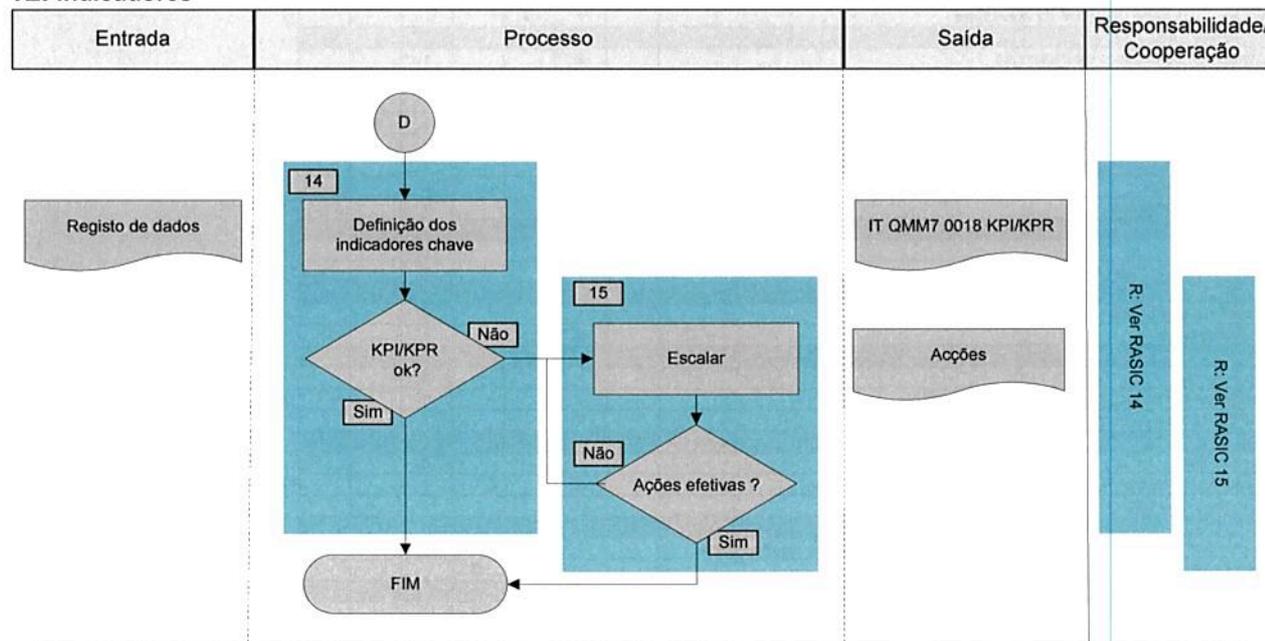
BOSCH 	Manual Processos BrgP	Página 7 de 9	
		Elaborado por: BrgP/QMM7	Aprovado por: QMM
PT_001	Gestão de equip. de teste/ensaio e Lab. de Metrologia Elétrica	Edição 00	Data 20-04-2015

Distribuição :BrgP/Chefes de Departamento, BrgP/Chefes de Secção, BrgP/ QMM7 Gestão EIME, BrgP/QMM7 Lab de Metrologia Eletrica

11. Remoção/suspensão/sucata EIME



12. Indicadores



Anexo B

Âmbito do Laboratório de Metrologia Elétrica

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

1. FINALIDADE

Descrição do “Âmbito do Laboratório” de Metrologia dedicada a calibração elétrica.

1.1 Objetivo do Laboratório

O objetivo do laboratório é realização de Calibração de Equipamentos de Inspeção Medição e Ensaio (EIME) atendendo aos requisitos da ISO/TS16949 e seguindo as ISO/IEC 17025.

O Laboratório está inserido numa estratégia de melhoria contínua baseada na garantia da qualidade. Desta forma, é pretendido que os equipamentos através da calibração garantam a consistência e precisão (precisão, exatidão, estabilidade) dos meios de controlo e medição utilizados.

2. CAMPO DE APLICAÇÃO

Esta IT é aplicável em QMM7 para o laboratório de metrologia Elétrica alocado no edifício 101.

3. DEFINIÇÕES

GEIME- Gestão de Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio

EIME- Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio

I.T. - Instrução de Trabalho

UT. - Unidade de Teste

F.E. - Formulário de Equipamento

KPR – Key Performance Resources

KPI - Key Performance Indicator

CDQ - Central Directive Quality

ISO - International Organization for standardization

ISO/TS - International Organization for standardization/Technical specifications

4. REQUISITOS DE GESTÃO

De seguida, são apresentados os tópicos relativos aos requisitos de gestão impostos pela ISO/IEC 17025. Estes tópicos são abordados em diferentes documentos, uma vez que o sistema de gestão é independente do laboratório interno.

Os pontos a seguir descritos foram realizados e abordados com base no documento “GUIA PARA A APLICAÇÃO DA NP EN ISO/IEC 17025”- OGC001 2010-03-30 e nas normas internas Bosch: Central Directive Quality CDQ 1001 e 1002 e RB/GF 181.

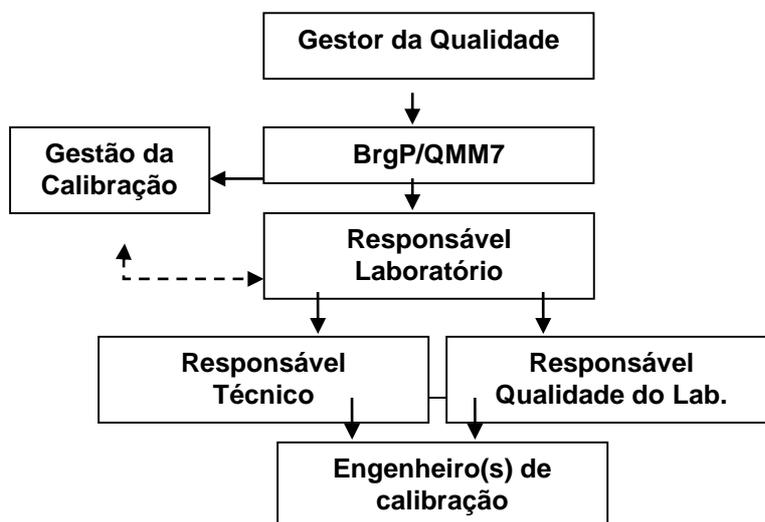
Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	1/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

4.1 Organização

Organograma do Laboratório de Metrologia



Descrição das responsabilidades estabelecida através da Matriz RASIC, para tarefas executadas no laboratório de metrologia elétrica.

R- Responsabilidade A- Aprovação S- Suporte (conforme acordado) I- Informação (destinatário da informação) C- Cooperação (cooperação ativa, cooperação obrigatória)	Rosalina Ferreira	Hélder Vilas	António Maia	Alexandre				
Controlar a data de calibração dos equipamentos, incluindo os padrões	R	I						
Planear atividades do laboratório	C	I		R				
Realizar/executar os procedimentos de calibração	C	R	A	A				
Verificar as condições do equipamento à entrada/saída	I	R						
Avaliar resultados das calibrações	I	R	C					
Validar o procedimento de calibração			R	A				
Informar resultados NOK ao solicitante	R	C						
Solicitar calibração interna de padrões	C	R						
Solicitar entrega/recolha de equipamentos	R	C						
Executar procedimento de verificações intermédias	C	S		R				
Gerir base de dados do laboratório	I	R						
Tratamento de reclamações respetivas às calibrações		C		R				
Realizar procedimentos de ajuste	I	R						

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	2/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

4.2 Sistema de gestão

Todo este processo é explicado no documento PT_001 “Gestão de Equipamento de Teste/Ensaio e Laboratório de Metrologia Elétrica.

4.3 Controlo de documentos

Todos os documentos estão presentes na Matriz de Documentos e Registos de QMM.

- Os documentos do laboratório são revistos e aprovados antes da sua emissão;
- Estão sempre disponíveis e acessíveis para consulta;
- Os documentos inválidos ou já obsoletos são eliminados;
- A documentação possui data de emissão, identificação da revisão, número de páginas, número total de páginas, etc;
- Todas as alterações efetuadas, são bem identificadas e registadas.

4.4 Análise de consultas, propostas e contratos

Este campo não é aplicável ao laboratório de metrologia interno. Consultar PT_001 para abordar âmbito da gestão.

4.5 Subcontratação de ensaios e calibrações

Este campo não é aplicável ao laboratório de metrologia interno. Consultar PT_001 para abordar âmbito da gestão.

4.6 Aquisição de produtos e serviços

Para aquisição de equipamentos de fábrica consultar PT_001.

No que diz respeito aos padrões utilizados no laboratório interno, ver ponto 5.4.2 deste documento.

4.7 Serviço ao cliente

O laboratório só executa a calibração a nível interno, não existindo nenhuma condição específica ou definida para serviço ao cliente.

4.8 Reclamações

Todas as reclamações que são efetuadas são registadas pelo laboratório num documento próprio “Registo de Reclamações” presente na documentação associada e se possível, é iniciada uma medida de prevenção corretiva. É sempre utilizada a sistemática 8D da empresa.

4.9 Controlo de trabalho de ensaio e/ou calibração não conforme

Consultar PT_001.

4.10 Melhoria

O laboratório implementa ações de melhoria contínua através de estudos realizados, verificações interlaboratoriais, entre outros. Tudo isto pode ser visualizado no **anexo 01** “Plano de Atividades”, onde é possível ver ações que são realizadas,

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	3/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

como também a sua periodicidade. Seguidamente, nos “requisitos técnicos” essas questões também são abordadas.

4.11 Ações corretivas/preventivas

As ações corretivas e preventivas são realizadas e pensadas com base nos estudos realizados e nas análises que são feitas ao processo. As reclamações e ações de não-conformidade são também fontes importantes para a implementação de ações quer corretivas quer preventivas.

4.12 Controlo de registos

O laboratório de metrologia elétrica tem registado toda a documentação necessária no próprio laboratório. Relativamente aos ensaios de calibração, estes possuem todos os registos do início ao fim da sua realização como fatores de incerteza, identificação do pessoal envolvido, a forma como foi realizado o ensaio, os resultados etc. Os certificados emitidos são analisados pelo responsável da gestão. Ver PT001.

4.13 Auditorias internas

São realizadas auditorias de acordo com o plano de auditorias internas por QMM6.

4.14 Revisão pela gestão

A parte de gestão de topo associada aos EIME e à sua gestão realiza uma constante revisão ao laboratório interno, nomeadamente através da análise dos resultados obtidos.

5. REQUISITOS TÉCNICOS**5.1. Pessoal****5.1.1. Competência e qualificações**

As qualificações e competência das pessoas envolvidas estão definidas na IT-QMM7-002M.

5.1.2. Formação, treino e avaliação

A avaliação de necessidades de formação, desenvolvimento das competências e desempenho dos colaboradores é efetuada através de DDC (Diálogo direto com o colaborador) numa frequência mínima anual. A formação é definida a partir dos gaps identificados nos DDC, sendo efetuado o pedido de formação automático no sistema informático do DDC. No caso de necessidades adicionais é elaborado um plano adicional. Todas as formações elaboradas possuem posterior avaliação, que é realizada de diversas formas.

5.1.3. Requisitos exigidos

O responsável técnico ou as pessoas autorizadas a validar os resultados obtidos no Laboratório de metrologia, apresentam disponibilidade e presença adequadas para executar as suas funções como acompanhamento de ensaios de calibração e validação de resultados.

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	4/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

5.1.4. Descrição do perfil/tarefas

Função	Nome	Tarefa/ Responsabilidades	Substituto	Contato
Gestor da Qualidade	Eliseu Vieira	Responsável pela área de QMM	Alexandre Cardoso	6307
Chefe secção QMM7	Alexandre Cardoso	Responsável pela área de QMM7	Rosalina Ferreira	6326
Gestor da Calibração	Rosalina Ferreira	Gere a calibração	Alexandre Cardoso	6425
Responsável Laboratório	Alexandre Cardoso	Define política e identifica necessidades	Rosalina Ferreira	-----
Resp. Técnico/ Resp. Qualidade do Lab.	Alexandre Cardoso	Valida procedimentos e certificados de calibração	Rosalina Ferreira	6326 6181
Engenheiro(s) de calibração	Hélder Vilas Boas e N.N	Realiza e executa proced. de calibração	Rosalina Ferreira	6897

5.2. Instalações e condições ambientais**5.2.1. Locais de calibração:**

Tendo em conta a classificação dos equipamentos, os locais de calibração variam.

- Equipamentos de **classe A** são calibrados no Laboratório de metrologia Elétrica.
- Equipamentos de **classe B** são calibrados nos próprios locais de funcionamento.

Por determinadas razões e em casos excepcionais, poderá um equipamento tipo B ser calibrado no laboratório, ou até um do tipo A ser calibrado no próprio local.

No **anexo 02**, está presente o Layout do Laboratório.

5.2.2. Condições Ambientais

De acordo com as especificações dos equipamentos, são necessárias ter as seguintes condições ambientais para realizar os ensaios:

Temperatura: 23°C ± 2°C

Humidade: 50±10% RH

O controlo destes parâmetros é realizado por dois equipamentos:

- **Fluke 1620A “DewK”**

Este equipamento faz o controlo da temperatura e humidade no Laboratório de metrologia Elétrica.

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	5/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

- **PCE-THB 40**

Este equipamento faz o controlo da temperatura e humidade nos próprios locais de funcionamento dos equipamentos.

Sempre que são realizadas as calibrações, estes parâmetros são monitorizados, de forma a garantir as condições necessárias.

No Laboratório, existe ainda outro Termo-higrómetro: COMET T3511, exigido pelas normas internas, para controlo da área.

5.2.3. Controlo de acesso às áreas de calibração

Apenas o pessoal autorizado tem acessibilidade às áreas de calibração:

- Colaboradores/técnicos do laboratório;
- Pessoal autorizado pelos colaboradores, acompanhados pelos mesmos;
- Pessoal da limpeza.

Nota: Os gestores de equipamentos de cada secção, apenas terão acesso à área do Laboratório indicada para colocação do material a calibrar ou remoção do material calibrado.

5.2.4. Segurança das instalações

O laboratório de metrologia possui todos os dispositivos de segurança para os riscos previstos.

5.3. Métodos de calibração e validação dos mesmos

5.3.1. Métodos de calibração:

Os métodos de calibração utilizados são baseados no sistema fornecido pelo software **METCAL**, consoante os diferentes modelos dos equipamentos.

Existe um procedimento de calibração para cada modelo existente de equipamento. A IT-QMM7-003M descreve método utilizado para a realização dos procedimentos de calibração.

5.3.2. Controlo

O laboratório de metrologia guarda na base de dados METTRACK todos os registos e calibrações efetuadas. Existe ainda um servidor virtual de forma a garantir o armazenamento de dados durante 15 anos.



O Laboratório tem ainda controlo:

- Sobre todas as alterações que possam ser efetuadas nos procedimentos de calibração, registando-as, caso existam;

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	6/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

- Sobre a repetibilidade, reprodutibilidade e incerteza de medição das calibrações.

5.3.3. Validação dos métodos

Todos os resultados das calibrações efetuadas são devidamente guardadas na base de dados através de um certificado com o seguinte formato de identificação: CERTXXXX-AAAA (exemplo: CERT0002-2015). No caso de um certificado necessitar de ser corrigido ou alterado, é emitido um novo certificado que terá de indicar qual o certificado que substituiu. Todos os certificados são assinados pelo autor da calibração e pelo responsável pela validação.

A incerteza de medição é estimada todas as vezes que algum equipamento do Laboratório é calibrado. Todo o procedimento realizado para o cálculo da incerteza de medição pode ser visualizado na IT-QMM7-004M.

Para definir se um equipamento está ok/não ok são utilizados critérios que estão mencionados na IT-QMM7-005M.

5.4. Equipamentos**5.4.1. Controlo, identificação e registo**

Todo o equipamento e respetivo software utilizado no laboratório de metrologia estão devidamente identificados, inventariados e registados.

Na IT QMM7 007M estão identificados todos os equipamentos padrão e os respetivos softwares assim como equipamentos auxiliares usados para calibração. Esta IT também indica as respetivas especificações dos equipamentos e a existência de certificados de calibração adequados para todos os equipamentos.

5.4.2. Compra e aceitação

A aquisição dos equipamentos padrão é feita com base em vários cuidados como:

- Existir um fornecedor responsável com qualidade assegurada;
- Especificações dos equipamentos com base no equipamento que existe na fábrica;
- Tecnologia e software de fácil interpretação e utilização;

Os equipamentos padrão são aceites, depois de realizada uma inspeção geral de todos os aspetos, principalmente a nível de manuseamento, da conformidade de desempenho de acordo com as suas especificações, de segurança, como também a nível de repetibilidade e reprodutibilidade.

O departamento de compras da BrgP é responsável por efetuar o pedido da compra e aprová-la, com base nas informações fornecidas pelo responsável do Laboratório de Calibração.

5.4.3. Uso adequado

Todas as atividades com o equipamento padrão e seu respetivo software, são realizadas por pessoal autorizado e com formação para o mesmo. O equipamento e

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	7/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

software são utilizados apenas para realizar medições adequadas às suas especificações, não sendo submetido a sobrecargas ou outros efeitos.

Relativamente ao material de apoio utilizado, existem alguns cuidados, principalmente com os cabos utilizados nas calibrações, sendo este um tópico de extrema importância para a execução de uma calibração. Ver IT 016M.

5.4.4. Verificações intermédias e calibração

De forma a fazer verificações intermédias das características metrológicas e funcionais dos equipamentos entre calibrações, o laboratório de metrologia realiza comparações interlaboratoriais, de forma a controlar a sua deriva e aptidão ao uso. Ver IT 008M. Ver também tópico 5.8.

5.5 Rastreabilidade das medições**5.5.1 Generalidades**

Consideram-se como equipamentos sujeitos a calibração aqueles:

- Que sejam suscetíveis de influenciar significativamente os resultados dos ensaios/calibrações a apresentar;
- Cujas calibração seja requerida nomeadamente nas normas ou especificações de ensaio/calibração.

Os intervalos de calibração das UT estão definidos pela I.T.QMM7 007C.

Os padrões utilizados pelo laboratório têm período de calibração fixo de 12 meses.

5.5.2 Requisitos específicos

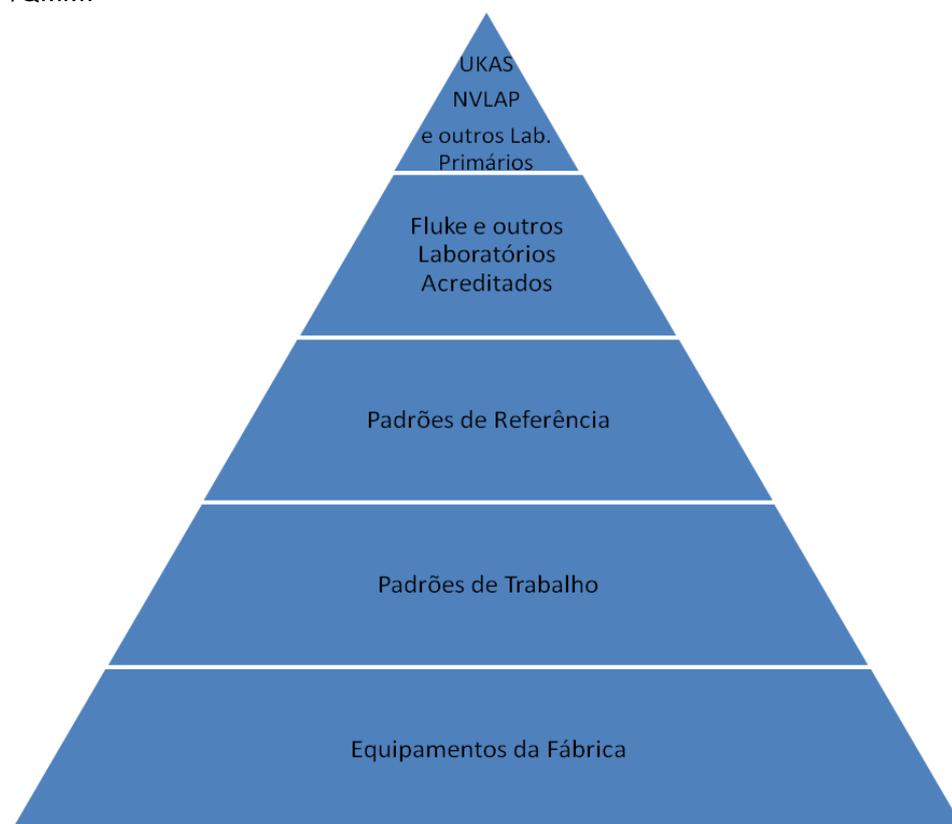
Os certificados de calibração dos equipamentos padrão FLUKE estão de acordo com laboratórios de acreditação tais como UKAS (*United Kingdom Accreditation Service*) que fornece uma rastreabilidade de medição para o sistema de unidades de SI e / ou às unidades de medida, realizado no Laboratório Nacional de Física ou outros laboratórios nacionais reconhecidos, NVLAP, O Programa de Acreditação Voluntário Laboratório Nacional que fornece a acreditação para laboratórios de ensaio e calibração nos Estados Unidos, ou outros.

De acordo com as normas internas Bosch, os equipamentos de referência e os equipamentos de trabalho, estão devidamente identificados com etiquetas específicas. Ver IT-QMM7-009M.

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	8/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7



Segundo a CDQ 1002, os Padrões de Referência são os “*Plant Standard*” e os Padrões de Trabalho são os “*Working Standard*”. Ver IT_QMM7 009M.

Em todos os certificados de calibração emitidos, é possível verificar quais os equipamentos utilizados para calibração dos equipamentos, sendo assim sempre comprovada a rastreabilidade das medições.

5.6 Apresentação/listagem de EIME

Todos os equipamentos da fábrica sujeitos a calibração interna estão identificados.

Na IT QMM7 010M - Multímetros / Aquisição de dados.

Na IT QMM7 011M - Fontes de Alimentação.

Na IT QMM7 012M - Osciloscópios.

Outros;

5.7 Manuseamento dos itens a calibrar

Na IT QMM7 015M é possível ficar a conhecer todo o processo envolvido no laboratório de metrologia Elétrica.

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	9/10

BrgP/QMM7 – Âmbito do Laboratório de metrologia Elétrica (Scope)

Para: BrgP/QMM7

5.8 Garantir a qualidade dos resultados de ensaios e de calibrações

Para garantir a qualidade dos resultados obtidos são utilizados sempre padrões devidamente calibrados e certificados por entidades acreditadas como referido anteriormente. A rastreabilidade é apresentada em 5.5.2.

Todas as calibrações efetuadas são baseadas em normas internacionais, externas e internas.

Através do registo de todas as calibrações efetuadas e de dados importantes que possam surgir é possível fazer controlos e estudos estatísticos para verificar tendências que possam/ou não existir.

5.9 Apresentação dos resultados

Todos os resultados obtidos nas calibrações são mostrados nos certificados de calibração emitidos.

O certificado emite os resultados de forma clara, objetiva e de fácil interpretação, tendo também os requisitos mínimos exigidos:

- Título;
- Local do ensaio;
- Nº certificado;
- Logotipo da empresa;
- Identificação do relatório em cada página e páginas numeradas com total de páginas;
- Identificação item a ser calibrado;
- Rastreabilidade;
- Condições ambientais;
- Identificação do método usado;
- Descrição, estado e identificação do item ensaiado;
- Data de ensaio;
- Resultados do ensaio e unidades de medição;
- Nome, função e assinatura do responsável pela validação do relatório e pelo técnico que realizou a calibração;

Os certificados são emitidos e guardados no final de cada calibração através do sistema utilizado de forma automatizada.

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	0	12-05-2015	10/10

Anexo C

IT QMM7 006M

**BrgP/QMM7 – Pontos de calibração e tolerâncias
fornecidos a EIME sem especificação do fabricante**

Para: BrgP

1. Introdução

Esta IT refere os pontos de calibração e tolerâncias que são definidos quando não existe especificação do fabricante, ou este não é suficientemente informativo.

2. Descrição

Para Multímetros/ Aquisição de Dados e Fontes de Alimentação:

- 20% 50% 70% e 90% do range com 50 Hz e 1 kHz em AC.

Para Osciloscópios:

- Coeficiente de deflexão vertical;
- Coeficiente de deflexão horizontal;
- Resposta em frequência;
- Trigger

Para Geradores de Sinal:

- Estudar o sinal com diferentes frequências;
- Amplitude;
- Avaliar componente DC.

As tolerâncias aplicadas podem ser visualizadas na IT QMM7 002C.

3. Normas e Referências:

1. GUIA PARA A APLICAÇÃO DA NP EN ISO/IEC 17025 OGC001 _ 2010-03-30
2. ISO/IEC 10012

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	00	20-05-2015	1/1

Anexo D

IT QMM7 016M

BrgP/QMM7 – Testes executados e cuidados a ter relativamente ao material de apoio do laboratório.

Para: BrgP

1. Introdução

Esta IT destina-se a explicar e descrever alguns testes e cuidados que se devem ter com o material de apoio no laboratório.

2. Descrição

Todo o equipamento deve estar guardado e devidamente identificado em locais próprios. Os cabos não deverão ser forçados e se possível, devem estar esticados.

Apesar de todo o equipamento auxiliar ter sido requisitado com base nas suas aplicações é necessário verificar quais as diferenças entre os cabos utilizados e perceber se estes se mantêm em boas condições ao longo do tempo e das calibrações. Assim, são realizados pequenos testes básicos de modo frequente, tais como:

- Resistência, Tensão e Corrente – Fazer leituras de diversos pontos, para verificar as diferenças obtidas;
- Em cabos onde é possível fazer junção com outros, para aumentar o seu tamanho, realizar os mesmos testes para verificar qual a influência no resultado final com a adição de cabos;
- É necessário que o colaborador esteja sempre atento durante as calibrações de forma a perceber se os cabos aquecem muito durante as medições. Quando são utilizadas “ligações roscadas” é necessário ter atenção com o aperto que é feito.
- Em cabos utilizados com equipamento RF é necessário fazer testes à atenuação existente com diferentes valores de frequência impostos.

Os resultados dos testes realizados são guardados num documento destinado a esse propósito.

No laboratório deve existir também um carregador de pilhas ou até mesmo um pack delas, para que as calibrações sejam realizadas com as pilhas do laboratório, garantido assim que o equipamento esteja nas máximas condições quando é realizada a calibração.

3. Normas e Referências:

1. GUIA PARA A APLICAÇÃO DA NP EN ISO/IEC 17025 OGC001 _ 2010-03-30
2. ISO/IEC 10012

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	00	01-06-2015	1/1

Anexo E

IT QMM7 008M

BrgP/QMM7 – Processo de ensaios de comparação interlaboratorial

Para: BrgP

Introdução

Esta IT tem como objetivo descrever de que forma funciona o processo de ensaios de comparação interlaboratorial.

Descrição

Entre intervalos de calibração podem ser enviados para entidades externas um equipamento de cada família (multímetro, osciloscópio, fonte de tensão, etc.) para calibração. Os mesmos equipamentos são calibrados no Laboratório de Metrologia interno. A verificação passa por comparar os resultados obtidos em ambos os laboratórios. Caso os resultados sejam inconclusivos (resultados obtidos diferentes) os equipamentos são enviados para outra entidade externa de forma a confirmar os resultados. Assim, caso se suspeite que os padrões podem estar a trabalhar em más condições, é feito o contacto com a FLUKE de forma a agendar uma calibração/manutenção do equipamento padrão.

Outro processo de comparação passa também por realizar os Ensaios de Aptidão realizados pela RELARE. Esta entidade, disponibiliza um conjunto de serviços de acordo com metodologias internacionalmente aceites no seio da ISO e da ILAC com o objetivo de apoiar os laboratórios,

Todo o processo envolvido em processos de ensaio de comparação interlaboratorial possui diversas vantagens como validação de métodos, exclusão de erros sistemáticos, avaliação de desempenho, etc.

Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	00	12-03-2015	1/1

Anexo F

IT QMM7 009M

BrgP/QMM7 – Etiquetas utilizadas no Laboratório de Metrologia Elétrica.

Para: BrgP

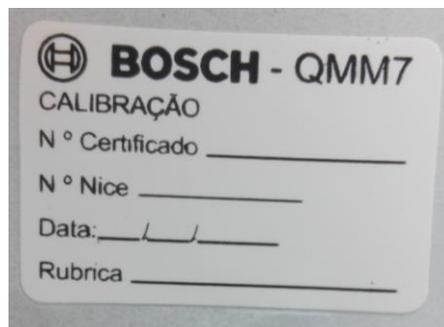
Introdução

Esta IT tem como objetivo descrever as etiquetas utilizadas no Laboratório de Metrologia Elétrica.

Descrição

No fim de realizada a calibração, é colocada na UT, a seguinte etiqueta com os parâmetros necessários:

- N° de certificado;
- N° NICE;
- Data de calibração;
- Rubrica/Assinatura.



Para identificar os equipamentos de referência " *Plant Standard*" e de trabalho " *Working Standard*" são utilizadas as seguintes etiquetas:



Quando um equipamento não se encontra apto após a calibração, é colocada a seguinte etiqueta:



Elaboração	Aprovação	Edição	Data	Página
BrgP/QMM7	BrgP/QMM7	00	12-06-2015	1/1

Anexo G

Especificações dos Padrões de Medição

Tabela G.1: Especificações resumidas do calibrador FLUKE 5522A.[41]

FLUKE 5522A	
Tensão Contínua	0 a ± 1020 V
Corrente Contínua	0 a $\pm 20,5$ A
Tensão Alternada	1 mV a 1020 V 10 Hz a 500 kHz
Corrente Alternada	29 μ A a 20,5 A 10 Hz a 30 kHz
Formas de onda	Sinusoidal, quadrada, triangular, truncada
Resistência	0 M Ω a 1100 M Ω
Capacitância	220 pF a 110 mF
Potência (cargas fantasma)	20,9 kW
Controle de fase	0,01°
Termopar (temperatura da fonte e da medição)	Termopar (B, C, E, J, K, L, N, R, S, T, U), 10 μ V/°C
RTD (temperatura da fonte)	Pt 385-100 O, Pt 3926-100 O Pt 3916-100 O, Pt 385-200 O, Pt 385-500 O, Pt385 1000 O, PtNi 385-120 O, (Ni120), Cu 427 10 O
Interfaces	RS-232, IEEE 488
Calibrador do osciloscópio	osciloscópio (opcional) Onda sinusoidal nivelada de 5 mV a 5,5 Vpp (máximo), frequências de 50 kHz a 600 kHz e 3,5 Vpp (máximo) a 1100 MHz; tempos de elevação de borda <300 ps, funções de acionamento múltiplo, cc inferior, onda quadrada e incerteza de sincronização
Calibrador de energia	Harmônico composto, simulação de <i>flicker</i> , modos de simulação de <i>sags</i> e <i>swells</i>

Tabela G.2: Especificações resumidas do calibrador FLUKE 5080A.[42]

FLUKE 5080A	
Tensão Contínua	0 a ± 1020 V
Corrente Contínua	0 a $\pm 20,5$ A
Tensão Alternada	1 mV a 1020 V 45 Hz a 1 kHz Sinusoidal
Corrente Alternada	29 mA a 20,5 A 45 Hz a 1 kHz Sinusoidal
Resistência	0 Ω a 190 M Ω (Resistências fixas)
Capacitância	220 pF a 110 mF
Alimentação CC	10,9 mW a 20,5 kW
Alimentação CA	10,9 mW a 20,5 kW
Fase	0 a $\pm 179,99^\circ$ 45 Hz a 1 kHz Sinusoidal
Interfaces	RS-232 e Ethernet
Frequência	45 Hz a 1 kHz

Tabela G.3: Especificações resumidas do multímetro FLUKE 8508A.[43]

FLUKE 8508A	
Tensão Contínua	0 a ± 1050 V
Corrente Contínua	0 a ± 20 A
Tensão Alternada	2 mV a 1050 V 1 Hz a 1 MHz
Corrente Alternada	2 μ A a 20 A 1 Hz a 100 kHz
Resistência	0 M Ω a 20 G Ω
Frequência	1 Hz a 1 MHz
Temperatura	-200 °C a 660 °C
Interfaces	RS-232 e GPIB

Tabela G.4: Especificações resumidas do multímetro Agilent 3458A.[44]

Agilent 3458A	
Tensão Contínua	0 a ± 1000 V
Corrente Contínua	100 nA a ± 1 A
Tensão Alternada	10 mV a 1000 V 1 Hz a 10 MHz
Corrente Alternada	100 μ A a 1 A 10 Hz a 100 kHz
Resistência	10 Ω a 1 G Ω
Frequência	1 Hz a 10 MHz
Período	100 ns a 1 s
Interfaces	RS-232 e GPIB

Por permitir apenas medições de corrente até 1A, muitas vezes é utilizado associado ao multímetro 3458A um *Agilent 34330A Current Shunt* para ser possível medir valores mais altos de corrente.

Anexo H

Comandos do software METCAL.

Tabela H.1: Alguns comandos utilizados.

Comando	Descrição
STEP	Contagem de etapas e ou passos do procedimento;
FSC	Instruí ao sistema a executar uma tarefa que é solicitado num procedimento;
Range	Range utilizado;
Nominal	Especifica o valor pelo qual a precisão do sistema deve estar determinada;
Tolerance	Tolerância/EMA;
MOD1	Especifica o modo de funcionamento do dispositivo. Por exemplo: corrente constante é inserida como: [numérico] [prefixo]A;
MOD2	Indica um dos seguintes procedimentos: a)O tipo de forma de onda para a tensão ou corrente especificada ou não especificada no campo NOMINAL. b)O tipo de termopar ou RTD para TC de medição, calibração TC, ou Calibração RTD;
MOD3	Especifica o modo de saída do calibrador;
MOD4	Indica o tipo de ensaio a ser realizado. Por exemplo, resistência a 2 ou 4 fios;
CON/ DISP	O FSC CON invoca uma mensagem de conexão "padrão"para solicitar ao operador uma mudança para conexões da UT;
HEAD	Cabeçalho utilizado;
CAL	Chama um procedimento;
ASK - ; ASK +	Ativam e desativam os sinalizadores de controlo do sistema METCAL. Por exemplo: R ativa/desativa os comandos referentes ao Range;
JMPL	Refere-se às "label"utilizadas;
SCPI	Comando utilizado para interface IEEE-488;
MATH	Realiza funções matemáticas;
LABEL	Serve de comunicação para o commando JMPL;
Target	Especifica o passo a dar após o teste: Repetir e/ou cancelar;
RSLT	Adiciona texto aos ficheiros;
MEMCX	Realiza avaliações com base numa comparação entre o valor indicado pela UT com o valor real do sistema;
-p	Número de medidas pretendidas;
-m	Especifica o "alvo"de repetição, quando é realizada mais do que uma medição;
IEEE	Comando GPIB;
M1	Sinal que refere o tipo de <i>output do scope</i> (por exemplo, SC600 e SC1100);
ED	Sinal <i>edge</i> (SC300,SC600,SC1100);
LS	Onda sinusoidal nivelada;
SI	Onda sinusoidal;
S6	Opção do <i>scope</i> ;
N	Inserido automaticamente quando nenhum parâmetro MOD3 é especificado;
L	Adaptador de 50 Ω ;
T	Tempo, período, largura de pulso;
Z	Ohms;
ACC FSC	Calcula a incerteza de teste para um equipamento configurado. Comando sempre utilizado juntamente com outro comando MEMC ;
ACC2	Lê um ficheiro <i>accuracy</i> para determinar a precisão do sistema através do dispositivo e o modo que são especificados;