

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**INOVAÇÃO DA ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL
ATRAVÉS DE SERVIÇOS E ASSESSORAMENTO REMOTOS**

Tese submetida à

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

para a obtenção do grau de

DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

LUIS FRANCISCO MARCON RIBEIRO

Florianópolis, fevereiro de 2005.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luis Francisco Marcon Ribeiro, nascido em 29 de março de 1965 em Santa Maria, no Rio Grande do Sul, filho de Nery Nascimento Soares Ribeiro e Irene Isabel Marcon Ribeiro. É o filho mais novo da família e seus três irmãos são: Claudio, Lia e Silvio. Concluiu o segundo grau no ano de 1981 no Colégio Estadual "Manoel Ribas", em Santa Maria. Em 1986 formou-se em Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Santa Maria. Iniciou a carreira de Engenheiro Mecânico em 1987 na empresa Therminc Eletrônica Ltda., em Londrina - PR, fabricante de equipamentos para controle da armazenagem de cereais. Em 1993 ingressou como Professor no Departamento de Tecnologia da Universidade Regional do Noroeste do Estado do RS - UNIJUÍ, em Panambi - RS, para atuar junto ao curso de graduação em Engenharia Mecânica e coordenar a área de Metrologia. Em 1994 obteve o título de Mestre em Engenharia Mecânica, na área de Metrologia e Instrumentação, na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, em Florianópolis. De 1993 a 1996 atuou ainda como docente do Centro Técnico Mecânico do Colégio Evangélico Panambi, em Panambi, na área de Ensaios e Controle Dimensional. Na UNIJUÍ, de 1995 a 1996, foi coordenador do colegiado do curso de Engenharia Mecânica e, de 1996 a 2000, foi Pró-Reitor do Campus Panambi. Em 1996 casou-se com Dalva de Oliveira Ribeiro com quem tem um filho, Tiago de Oliveira Ribeiro, nascido em 2004. Em 1998 concluiu o curso de Pós-Graduação "Lato Sensu" em Administração Estratégica, na UNIJUÍ. A partir de 2000 iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Mecânica na UFSC, na área de Metrologia. Membro da Sociedade Brasileira de Metrologia, participou ativamente da criação da Rede Metrológica de Santa Catarina, fundada em 2004. Atualmente continua atuando como docente da UNIJUÍ, em Panambi, instituição à qual está vinculado desde 1992.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

**INOVAÇÃO DA ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL
ATRAVÉS DE SERVIÇOS E ASSESSORAMENTO REMOTOS**

LUIS FRANCISCO MARCON RIBEIRO

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOUTOR EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

sendo aprovada em sua forma final.

Carlos Alberto Schneider, Dr. Ing. - Orientador

José A. Bellini da Cunha Neto, Dr. Eng. - Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Carlos Alberto Schneider, Dr. Ing. - Presidente

Armando Albertazzi Gonçalves Júnior, Dr.Eng.

Gustavo Daniel Donatelli, Dr.Eng.

Maurício Nogueira Frota, Ph.D.

Wayne Brod Beskow, Dr.Eng.

Aos meus pais, Nery e Irene, pela vida dedicada
à formação e educação dos filhos.

À minha esposa Dalva, pelo amor e apoio
incondicional nesta "caminhada".

Ao meu filho Tiago, pela felicidade que nos traz
e pela energia que nos transmite.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a DEUS, possuidor da verdadeira sabedoria, que nos olha e nos conduz pelos caminhos da vida.
- À UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, pelo financiamento dos meus estudos.
- À UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, por ter me proporcionado a oportunidade de conviver num ambiente acadêmico de elevado nível.
- Aos professores e colegas do LABMETRO, pelos ensinamentos, companheirismo e incentivo para a superação e conquista de objetivos e realização de sonhos.
- À Fundação CERTI, pelo apoio técnico qualificado no desenvolvimento do trabalho.
- Às empresas parceiras e seus colaboradores que abriram suas portas para os estudos de casos e foram acessíveis ao diálogo e cooperação.
- Ao Professor Carlos Alberto Schneider, pela orientação inegavelmente qualificada, pelo convívio, incentivo e obstinação em produzir resultados de alto nível.
- Aos meus pais pela dedicação e acompanhamento em todas as etapas da minha vida. Mais uma vez vocês foram impecáveis! MUITÍSSIMO obrigado por terem se doado de corpo e alma à família.
- À Dalva e ao Tiago, vocês me emocionam a cada dia e me dão a força e incentivo para não desistir dos meus sonhos, que são seus também.
- Aos meus irmãos e suas famílias pela presença constante na minha vida. Sei que vocês me acompanham e torcem por mim. Vocês tem sido um “porto seguro”.
- Ao colega e amigo Ricardo Sutério e sua família, pela amizade e apoio raro, sobretudo nos momentos decisivos. Serei eternamente grato pela amizade de vocês.
- Aos colegas da UNIJUÍ, em especial Adonis Pellin e Tobias Segatto, pelas longas horas de debate sobre metrologia.
- Aos meus colegas do projeto LASAR, André Luiz M. Oliveira, Frederico M. Neiva, João Vicente F. Salgado e José Guilherme M. Leal, pelo companheirismo e espírito de equipe exemplar.
- Ao meu estagiário, hoje engenheiro, João Carlos Winck Júnior. Sua ajuda foi importante e está presente nesta tese.
- A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho se realizasse com sucesso.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
Capítulo 1 A ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL NO CONTEXTO DA GARANTIA DA QUALIDADE.....	1
1.1 O impacto econômico-social da Tecnologia da Informação	2
1.2 Contribuição da metrologia para a competitividade industrial.....	4
1.3 Panorama da prestação de serviços de metrologia.....	8
1.4 A tese: LASAR, uma nova sistemática de assistência metrológica industrial.....	11
1.4.1 Síntese do problema de investigação	11
1.4.2 Gestão do conhecimento em metrologia.....	12
1.4.3 LASAR – Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos	13
1.4.4 A sistemática de assistência metrológica industrial inserida no LASAR.....	14
1.4.5 Objetivos e resultados esperados.....	15
Capítulo 2 DIAGNÓSTICO DE OPORTUNIDADES DE INTEGRAÇÃO ENTRE CENTROS METROLÓGICOS E INDÚSTRIAS.....	17
2.1 A metrologia como elemento chave da melhoria contínua.....	17
2.2 A aplicação de sistemas de medição no controle da qualidade industrial	21
2.3 Atividades metrológicas associadas aos sistemas da qualidade.....	23
2.3.1 Atividades metrológicas dentro da NBR ISO 9001.....	23
2.3.2 Atividades metrológicas dentro da QS 9000.....	26
2.3.3 Outras referências normativas.....	28
2.3.4 Dificuldades com os requisitos metrológicos de sistemas da qualidade.....	32
2.4 A prestação de serviços de metrologia	36
2.4.1 Caracterização do problema da prestação de serviços.....	36
2.4.2 A qualidade em serviços	37
2.5 Reflexão sobre oportunidades de serviços metrológicos no ambiente industrial ...	38
Capítulo 3 LASAR - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL	44

3.1	Concepção de uma estrutura de funções para a sistemática de Assistência Metrológica Industrial.....	44
3.2	Análise de sistemas similares com funções de AMI.....	47
3.2.1	O MEASUREnet–gov e o SIMnet	48
3.2.2	O <i>National Measurement Partnership</i> - NMP	48
3.2.3	O projeto “Monitoramento de Sistemas de Medição Estacionários na Indústria”.....	51
3.2.4	O Sistema METRINET	51
3.2.5	O <i>Instrumentation Service Center</i> - ISC.....	52
3.2.6	O Portal <i>Red Nacional de Metrologia</i> – RNM.....	52
3.2.7	Outros portais estrangeiros	53
3.2.8	Alguns portais nacionais.....	53
3.3	<i>Softwares</i> de apoio à atividade metrológica.....	53
3.3.1	Aspectos da informatização de tarefas de apoio à qualidade	54
3.3.2	Algumas soluções em <i>software</i>	56
3.4	Contexto e estrutura do sistema LASAR	58
3.5	Os módulos do sistema LASAR e seu desenvolvimento	61
3.5.1	LASAR Central.....	61
3.5.2	Módulo de “Gerenciamento de Sistemas de Medição” (GSM)	62
3.5.3	Módulo de “Melhoria da Confiabilidade Metrológica” (MCM)	64
3.5.4	Módulo de “Avaliação Econômica da Atividade Metrológica” (AEAM)	65
Capítulo 4 MÉTODOS ASSOCIADOS AO GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO		66
4.1	Desenvolvimento do módulo de gerenciamento de sistemas de medição	66
4.2	Método de “supervisão e rastreabilidade de sistemas de medição”	68
4.2.1	Fase 1: Cadastramentos	72
4.2.2	Fase 2: Calibração e análise dos resultados	73
4.2.3	Fase 3: Manutenção e análise dos resultados.....	74
4.2.4	Fase 4: Controle do uso e rastreabilidade.....	75
4.2.5	Fase 5: Consulta de dados	75
4.3	Método de “seleção e uso do sistema de medição”	76
4.3.1	Fase 1: Definição da tarefa de medição.....	82
4.3.2	Fase 2: Busca de sistemas de medição e pré-seleção	84
4.3.3	Fase 3: Apoio à tomada de decisão e avaliação do processo de medição.....	86

4.3.4	Fase 4: Operacionalização do sistema de medição.....	91
4.4	Método de “aquisição do sistema de medição”	92
4.4.1	Fase 1: Caracterização do problema de medição	96
4.4.2	Fase 2: Elaboração do caderno de encargos	97
4.4.3	Fase 3: Coleta das propostas.....	98
4.4.4	Fase 4: Análise das propostas	99
4.4.5	Fase 5: Implementação do sistema de medição	100
4.5	Síntese do método de “avaliação e melhoria de processos de medição”.....	101
Capítulo 5 ESTUDOS DE CASOS PARA AVALIAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA		103
5.1	Fases do processo de avaliação da sistemática	103
5.2	O planeamento dos estudos de casos	105
5.3	Estudo de caso na empresa A	106
5.3.1	Características associadas ao produto	107
5.3.2	Características associadas ao processo de fabricação.....	108
5.3.3	Características associadas ao processo de medição/inspeção	108
5.3.4	Avaliação do sub-módulo de supervisão e rastreabilidade do SM	109
5.3.5	Avaliação do sub-módulo de seleção e uso do sistema de medição	115
5.4	Estudo de caso na Empresa B.....	121
5.4.1	Características associadas ao produto	122
5.4.2	Características associadas ao processo de fabricação.....	123
5.4.3	Características associadas ao processo de medição/inspeção	124
5.4.4	Avaliação do sub-módulo de supervisão e rastreabilidade do SM	125
5.4.5	Avaliação do sub-módulo de seleção e uso do sistema de medição	130
Capítulo 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES		137
6.1	Sobre os objetivos da tese.....	137
6.2	Sobre o conceito LASAR	139
6.3	Sobre os impactos na AMI	140
6.4	Sobre os métodos desenvolvidos.....	141
6.5	Sobre a contribuição para a consolidação de práticas metrológicas relacionadas a requisitos de SQ	143
6.6	Avanços na promoção da cultura metrológica na indústria.....	144
6.7	Aspectos de implementação.....	145

6.8	Outras abordagens associadas no campo da Metrologia	145
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147

LISTA DE ABREVIATURAS

AEAM	Método de Avaliação Econômica da Atividade Metrológica
AMI	Assistência Metrológica Industrial
AMPM	Método de Avaliação e Melhoria do Processo de Medição
ANFIA	<i>Associazione Nazionale Fra Industrie Automobilistiche</i>
APQP ou PAQP	<i>Advanced Product Quality Planning</i> / Planejamento Avançado da Qualidade do Produto
AqSM	Método de Aquisição do Sistema de Medição
C&T	Ciência e Tecnologia
C&T&I	Ciência e Tecnologia e Inovação
CAQ	<i>Computer Aided Quality Management</i> / Gestão da Qualidade Assistida por Computador
CCFA	<i>Comité des Constructeurs Français d'Automobiles</i>
CEP ou SPC	Controle Estatístico de Processo / <i>Statistical Process Control</i>
CERTI	Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras
CIPM	Comitê Internacional de Pesos e Medidas
CMM ou MMC	<i>Coordinate Measuring Machine</i> / Máquina de Medir por Coordenadas
<i>Core-business</i>	Negócio principal; negócio central.
CQ	Controle da Qualidade
CTM	Centro Tecnológico de Metrologia
DMM ou EIME	Dispositivo de Medição e Monitoramento (na ISO 9001:2000) / Equipamento de Inspeção, Medição e Ensaio (na ISO 9001:1994)
EA	<i>European Co-operation for Accreditation of Laboratories</i>
EAQF	Referencial de Avaliação de Aptidão da Qualidade de Fornecedores
<i>e-business</i>	<i>Electronic Business</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> / Sistema Integrado de Gestão
FAQ	<i>Frequently Asked Questions</i> / Perguntas mais frequentes
FAST	<i>Functional Analysis of Systems Technique</i> / Técnica de Análise Funcional de Sistemas
FIEV	<i>Fédération des Industries des Équipements pour Véhicules</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> / Análise de Modos de Falha e seus Efeitos
GECOMETRO	Gestão do Conhecimento em Metrologia
GQ	Garantia da Qualidade
GSM ou GMM	Gerenciamento de Sistemas de Medição ou Gerenciamento de Meios de

	Medição
GUM	Guia para Expressão da Incerteza de Medição
IAOB	<i>International Automotive Oversight Bureau</i>
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IM	Incerteza de Medição
ISC	<i>Instrumentation Service Center</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IT ou T	Intervalo de Tolerância ou simplesmente Tolerância
ITEP	Fundação Instituto Tecnológico do Estado do Pernambuco
JAMA	<i>Japan Automobile Manufacturers Association, Inc.</i>
LABMETRO	Laboratório de Metrologia e Automatização da UFSC
LACTEC	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
LASAR	Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos
LASAR-AMI	Sistemática de Assistência Metrológica Industrial do Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos
LIE	Limite Inferior de Especificação
LIMS	<i>Laboratory Information Management System</i> / Sistema de Gerenciamento de Informações de Laboratório
LSE	Limite Superior de Especificação
MCM	Método de Melhoria da Confiabilidade Metrológica
MRA	<i>Mutual Recognition Arrangement</i> / Acordo de Reconhecimento Mútuo
MSA	<i>Measurement System Analysis</i> / Análise de Processos de Medição
NBR	Norma Brasileira
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
NMI	<i>National Metrology Institute</i> / Instituto Nacional de Metrologia
NMP	<i>National Measurement Partnership</i>
NPL	<i>National Physical Laboratory</i>
OMC ou WTO	Organização Mundial do Comércio / <i>World Trade Organization</i>
OEA ou OAS	Organização dos Estados Americanos / <i>Organization of American States</i>
PPAP ou PAPP	<i>Production Part Approval Process</i> / Processo de Aprovação de Peça de Produção
PM	Processo de Medição
PME	Pequenas e Médias Empresas
PNM	Plano Nacional de Metrologia
PTB	<i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</i>

PUMA	<i>Procedure for Uncertainty Management</i> / Procedimento de Gerenciamento de Incerteza
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> / Desdobramento da Função Qualidade
QS ou SQ	<i>Quality System</i> / Sistema da Qualidade
RBC	Rede Brasileira de Calibração
RBLE	Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios
RH	Recursos Humanos
RM	Resultado de uma Medição
RME	Rede Metrológica Estadual
RNM	<i>Red Nacional de Metrología</i>
SASC	Sistema de Avaliação da Satisfação dos Clientes
SBM	Sociedade Brasileira de Metrologia
S&USM	Método de Seleção e Uso do Sistema de Medição
S&RSM	Método de Supervisão e Rastreabilidade do Sistema de Medição
SIM	<i>Inter American Metrology System</i> / Sistema Interamericano de Metrologia
SGQM	Sistema de Garantia da Qualidade Metrológica
SM	Sistema de Medição
SMMT	<i>Society of Motor Manufacturers and Traders</i> / Sociedade de Fabricantes e Comerciantes de Automóveis.
T ou IT	Tolerância ou Intervalo de Tolerância
TBT	<i>Technical Barriers to Trade</i> / Barreiras Técnicas ao Comércio
TC	<i>Technical Committee</i>
TI	Tecnologia da Informação
TIB	Tecnologia Industrial Básica
TS	<i>Technical Specification</i> / Especificação Técnica
U	Incerteza Expandida
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UKAS	<i>United Kingdom Service</i>
UPSM	Unidade Prestadora de Serviços Metrológicos
VDA-QMC	<i>Verband der Automobilindustrie – Qualitätsmanagement Center</i>
VIM	Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia
WWW	<i>World Wide Web</i>

RESUMO

Tratar as atividades metrológicas associadas ao desenvolvimento de um produto levando em consideração os requisitos impostos pelo mercado à empresa moderna passou a ser considerada uma tarefa complexa. Tanto os aspectos técnicos das medições quanto o gerenciamento das informações têm exigindo processos informatizados, flexíveis e robustos. Buscando potencializar formas tradicionais de tratamento de demandas por soluções metrológicas através de recursos alternativos da tecnologia da informação, concebeu-se um sistema de Assistência Metrológica Industrial (AMI) desenhado para se inserir como um “produto” de um novo conceito de relacionamento entre Centro Metrológico e Indústria, o LASAR – Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos. O LASAR baseia-se na utilização da *Internet* e demais ferramentas dispostas pelas atuais tecnologias da informação e comunicação para potencializar as oportunidades de compartilhamento de dados e prestação de serviços de gestão, disposição de informação e treinamento, remotamente, entre empresa e centro tecnológico. O trabalho introduz esses conceitos, apresentando uma concepção modular de funções do sistema de AMI, desenvolvido com base em diagnóstico de necessidades de usuários de serviços metrológicos e uso de síntese funcional de sistemas. Os métodos inicialmente explorados contemplam métodos de Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM) e são submetidos a testes em campo através de estudos de caso em indústrias metal-mecânicas. Os resultados alcançados demonstram praticidade, flexibilidade e factibilidade de aplicação do sistema no ambiente industrial, assim como resultados positivos na sua prática, afirmando as possibilidades de assistência metrológica industrial por meios remotos.

Palavras chave: metrologia industrial, assistência metrológica, gerenciamento de sistemas de medição.

ABSTRACT

The metrological activities associated to the life cycle of a product considering the requirements imposed from market on the modern enterprises have been considered a complex task. As much the technical aspects of the measurements as the management of the information produced, have been demanded for automation, flexible and robust processes. Searching new ways to improve on traditional forms of treatment of demands for metrological solutions through alternative resources of the technology of information, a system of Industrial Metrological Assistance (AMI) was conceived to be inserted as a "product" of a new concept of relationship between the Metrological Center and the Industry, the LASAR - Laboratory Associated of Remote Services and Advising. The LASAR is based on the use of the Internet and other tools supplied by the current technologies of information and communication to improve the chances of sharing data and services of management, make information and training available, remotely, between enterprise and technological center. This work introduces these concepts, presenting a modular conception of functions of the system of AMI, developed based on diagnosis of the necessities of metrological services users and use of functional synthesis of systems. The methods initially explored consist of methods of Management of Measurement Systems (GSM) and are submitted to field tests through cases studies in metal-mechanics industries. The achieved results demonstrate that the system is flexible, practical and applicable in the industrial environment, as well as positive results in its own practice, affirming the possibilities of industrial metrological assistance through remote ways.

Keywords: industrial metrology, metrological assistance, management of measurement systems.

CAPÍTULO 1

A ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL NO CONTEXTO DA GARANTIA DA QUALIDADE

A competição no mercado internacional, diante do processo de globalização e das novas práticas comerciais, que impõem continuamente além de barreiras técnicas, barreiras geográficas, culturais e tarifárias, tem exigido do tecido produtivo brasileiro esforços expressivos para produzir progressivamente bens e serviços melhores, a preços compatíveis e com disponibilização para o mercado no momento adequado [1][2][3]. Não basta às empresas conquistarem sua posição neste mercado, é necessário manter e consolidar esta participação. Para isso considera-se imprescindível o aumento da eficiência e eficácia dos processos que envolvem o ciclo de vida de um produto, contemplando três aspectos fundamentais para a competitividade, a qualidade do produto (com conteúdo inovador), o custo do produto e o tempo para disponibilizar o produto ao mercado [3].

As empresas que buscam competitividade precisam demonstrar flexibilidade para atender às demandas do mercado, além de desenvolver produtos e processos robustos para garantir a qualidade do produto. Para tanto, são forçadas a investir cada vez mais no planejamento, na sistematização e no domínio de seus processos e produtos, adotando métodos e ferramentas integrados a sistemas da qualidade [2][3].

A qualidade, base para o desenvolvimento de uma organização, é sustentada pela metrologia e pela normalização, funções da Tecnologia Industrial Básica (TIB). Dentre essas funções destaca-se a metrologia pela significativa contribuição em vários estágios do ciclo de vida do produto tornando-se um elemento estruturante no processo de melhoria.

O tratamento das atividades metrológicas associadas ao ciclo de vida de um produto, levando em consideração os requisitos que são impostos à empresa moderna, tem sido considerado uma tarefa complexa. Além dos aspectos técnicos de execução de medições, o gerenciamento das informações produzidas pela atividade metrológica, no ambiente industrial, tem exigido níveis de flexibilidade e agilidade significativos, através de sistemas informatizados confiáveis e robustos. Com o avanço da tecnologia da informação percebe-se um espectro de possibilidades de incorporação de novas potencialidades à prática de tratamento informacional e gerenciamento do conhecimento indispensável para o funcionamento de um eficiente sistema de Assistência Metrológica Industrial (AMI).

1.1 O IMPACTO ECONÔMICO-SOCIAL DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

No atual cenário de grandes transformações, informação e conhecimento tornaram-se insumos básicos [1]. A conjugação da informação tecnológica e da gestão empresarial e da inovação está intimamente relacionada com a capacidade competitiva de uma empresa, devido às exigências do mercado por novos produtos e serviços de alto conteúdo tecnológico. O conhecimento, sob o impacto da utilização da Tecnologia da Informação (TI) tem uma influência cada vez maior nas organizações. Um dos grandes desafios está em criar modelos administrativos que explorem estrategicamente os recursos da TI [4].

A TI introduz maior racionalidade e flexibilidade nos processos produtivos, tornando-os mais eficientes. Propiciam, ao mesmo tempo, o surgimento de meios e ferramentas para a produção e comercialização de produtos e serviços inovadores, bem como novas oportunidades de investimento. A capacidade de gerar, tratar e transmitir informação é a primeira etapa de uma cadeia de produção que se completa com sua aplicação no processo de agregação de valor a produtos e serviços. Nesse contexto, impõe-se para empresas e trabalhadores o desafio de adquirir a competência necessária para transformar informação em um recurso econômico estratégico - o conhecimento [5].

Na AMI nota-se, igualmente, possibilidades de explorar estes recursos da TI, como estratégia para produzir formas diversificadas e atuais de tratamento do conhecimento metrológico. A tese busca identificar como potencializar formas tradicionais de tratamento de demandas por soluções metrológicas, e, através de recursos alternativos de TI, como tornar mais eficientes as sistemáticas de tratamento dos problemas metrológicos.

Ao longo de sua trajetória, as tecnologias de informação e comunicação deram origem a um grande número de inovações, dentre as quais a *Internet*, considerada a mais revolucionária, que teve o poder de promover uma onda de renovação em praticamente toda a economia. Com a explosão da rede global - *World Wide Web* - em meados da década de 90, as empresas passaram a contar com um meio eficiente de comunicação entre clientes e fornecedores, com acesso ágil a informações e ainda com a capacidade de inovar a operação de negócios [5]. As atividades econômicas, que utilizam redes eletrônicas como plataforma tecnológica, têm sido denominadas negócios eletrônicos (*e-business*).

As mudanças trazidas pela *Internet* estão contribuindo para revolucionar a maneira como se deve tratar a informação e o conhecimento, pela disseminação da informação *online* e produção, processamento, captação e interpretação em tempo real através do uso de computadores em rede. A *Internet* e tecnologias associadas alteraram significativamente os estoques e os fluxos de informação disponíveis e a maneira como é consumida e discernida a informação. Essas mudanças informacionais afetam o processo de decisão empresarial [6]. No ambiente de negócios que envolvem a metrologia já se percebe iniciativas diversificadas

de tratamento de informações e disponibilização do conhecimento metrológico utilizando a *Internet* com o propósito de melhorar os procedimentos relacionados ao uso dos dados de medições e ensaios para tomadas de decisões. Uma síntese dessas experiências é apresentada no item 3.2.

As transformações no processo de produção, difusão, captação e interpretação da informação estão sendo acompanhadas também por uma transformação nas formas e conteúdos dos sistemas de gestão e administração da informação e do conhecimento no interior das empresas. Esse processo revela também mudanças comportamentais e culturais das pessoas que produzem e usam a informação nas empresas [6].

Dentre os vários aspectos positivos da TI e dos negócios eletrônicos pode-se destacar [4-12]: relativização de barreiras geográficas; disseminação da informação *on-line*; apoio e agilidade nos processos de decisão na empresa; democratização da informação e do conhecimento, ou seja, o conhecimento está mais perto do usuário; e potencialidade de ampliação das relações com o mercado, de maneira mais eficiente e produtiva e em tempo integral.

Em contrapartida sobre aspectos negativos ou limitações da TI e dos negócios eletrônicos pode-se citar alguns [4-12]: risco de aumento significativo de gastos com tecnologia sem aumento de produtividade na mesma proporção; não substitui o tratamento humano, o que deve ser visto como uma limitação e não um aspecto negativo; exige mudança cultural na empresa e nos clientes; exige rapidez nas ações e tomadas de decisão; exige monitoramento rigoroso da capacidade de atendimento de demandas; e, questões de segurança e confidencialidade de informações são aspectos críticos.

A abordagem apresentada demonstra benefícios da TI, no entanto, revela também que há um imenso campo a ser explorado. Iniciativas devem ser planejadas e desenvolvidas no sentido de promover o uso dessas facilidades como ferramenta de trabalho.

Este raciocínio tem reflexos também no campo do conhecimento em metrologia, pois se percebem lacunas com relação ao tratamento adequado das informações de medições e todo o gerenciamento associado. Essas lacunas se localizam parte no ambiente de chão de fábrica, parte na interface entre os centros metrológicos e as empresas demandantes de serviços e, por último, no próprio ambiente do centro metrológico. Apesar de o centro metrológico muitas vezes demonstrar competência técnica e administrativa suficiente, apresenta ainda fragilidades no tratamento da informação e na difusão do conhecimento sob seu domínio. A expectativa é, portanto, de que os recursos da TI possam ser utilizados para modificar algumas práticas de auxílio à atividade metrológica no ambiente industrial.

1.2 CONTRIBUIÇÃO DA METROLOGIA PARA A COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL

Nos últimos anos o mundo da metrologia tem sido marcado por grandes transformações, algumas delas decorrentes do processo de globalização que impõe a necessidade de uma uniformidade internacional das medições. Outros fatores são [13-20]:

- Aumento das exigências de desenvolvimento de técnicas de medição (variados tipos de grandezas em diferentes áreas) com menores incertezas;
- Crescimento da importância de normas e outros documentos padrões de abrangência internacional;
- Tendência geral de garantir a qualidade na fabricação de produtos;
- Valorização das questões de saúde e meio ambiente;
- Substituição de barreiras tarifárias por barreiras técnicas.

Grandes esforços têm sido feitos para redução das barreiras ao comércio. Barreiras tarifárias, que eram os maiores obstáculos, estão sendo removidas em todo o mundo através de acordos sobre regras para redução multilateral de tarifas, induzindo uma expansão do comércio mundial. Como consequência da redução das tarifas, tem surgido barreiras não-tarifárias (como cotas de importação) e barreiras técnicas (como normas, regulamentações técnicas e requisitos de avaliação de conformidade) [14-18]. As chamadas barreiras técnicas ao comércio estão relacionadas com as funções da Tecnologia Industrial Básica (TIB). Os temas Metrologia, Normalização, Regulamentação Técnica e Avaliação da Conformidade são objetos do Acordo de Barreiras Técnicas (*TBT Agreement*) da Organização Mundial de Comércio (OMC ou WTO) [18].

A lógica que tem orientado o processo das transações comerciais baseia-se na qualidade (certificada) de produtos e serviços. Para que isto ocorra existe em funcionamento um aparato de avaliação e certificação da conformidade, com base nos organismos certificadores credenciados que se valem dos laboratórios de ensaios acreditados. Essa estrutura fundamenta-se em normas e regulamentos técnicos e tem a metrologia como base técnica. As estratégias de participação de um país no comércio internacional têm que, necessariamente, levar em conta a infra-estrutura de serviços tecnológicos disponíveis em termos de metrologia, normalização e avaliação da conformidade [18].

O desenvolvimento da metrologia é estimulado pelas necessidades da economia e do comércio. Medições e ensaios estão fortemente conectados com a qualidade de produtos e, portanto, com o comércio. Dessa forma, medições são pré-requisitos para o livre movimento de bens e serviços entre as nações. Acordos para o comércio fazem referências aos acordos de acreditação e estes por sua vez dependem da definição clara das cadeias de rastreabilidade. É indispensável, portanto, criar um sistema transparente de reconhecimento

mútuo para os padrões nacionais e certificados emitidos pelos Institutos Nacionais de Metrologia (NMI) tanto quanto para os certificados e relatórios de ensaios emitidos pelos laboratórios de ensaios e calibração [1][14][17][18][20].

O Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA), desenhado pelo Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM), é baseado em [14]:

- Resultados de comparações internacionais de medição, conhecidas como *Key Comparisons* (Comparações Chave);
- Comparações internacionais de medição suplementares;
- Sistemas da qualidade e demonstrações de competência dos NMI.

O MRA evitará ensaios e avaliações repetidas, as quais são onerosas e consomem tempo, sendo uma prática mais ou menos comum nos dias de hoje. Essas medições redundantes ocorrem devido à reduzida confiança nos ensaios e avaliações executadas para o exterior. Algumas vezes, políticas de comércio dos países requerem que estes ensaios sejam executados dentro dos seus territórios. No entanto, fabricantes e organizações internacionais têm a expectativa de ter certificados de conformidade que permitam que os produtos sejam postos no mercado, de acordo com o princípio "uma só norma, um só ensaio, um só certificado, aceito amplamente". É também referenciado como "*one-stop measurement*", cujo significado expressa que somente uma medição é realizada para aceitação, no caminho de um produto desde o fabricante até o usuário [14][17].

A metrologia permite integrar a qualidade horizontalmente com várias funções do ciclo de vida do produto: o projeto, os processos de produção e os métodos de inspeção. O emprego inadequado dos instrumentos de medição permite que ocorram situações indesejáveis, tais como, entrega de produtos não-conformes ao cliente, refugo de produtos conformes, produção de dados de qualidade errôneos, desvios de avaliações, fatos que originam custos adicionais [2].

A despeito da importância da metrologia como ciência que contribui significativamente em vários estágios do ciclo de vida do produto, encontra-se ainda o paradigma que diz que "a metrologia é custo" (Figura 1.1). Algumas empresas ainda estão acostumadas a relacionar a melhoria da qualidade com o aumento dos custos de fabricação, com o aumento dos custos do produto e conseqüentemente a diminuição das margens de lucro. Uma das atividades apontadas como responsáveis pela geração de custos é a atividade metrológica [22][23]. Em algumas situações a metrologia é vista apenas como um custo necessário para manter a certificação do sistema da qualidade (SQ) [23]. No entanto, as atividades metrológicas têm evoluído bastante deixando de ser uma mera ferramenta de avaliação para ser uma ferramenta de melhoria contínua [22][23]. O que se pretende

divulgar é que, se bem equacionada, a metrologia aponta grandes oportunidades para redução de custos.

A confiabilidade de resultados de medições e a formalidade de procedimentos metroológicos têm aumentado, significativamente, nos sistemas de garantia da qualidade implementados e certificados segundo as normas de SQ. No entanto, existem dados que demonstram que os sistemas de garantia da qualidade (GQ) apresentam problemas por insuficiência de fundamentação metroológica (Figura 1.2) [24][25]. Apesar da grande importância da aplicação de procedimentos metroológicos confiáveis na garantia da qualidade industrial, constata-se uma significativa diferença entre as ações exigidas nas normas de garantia da qualidade e as práticas metroológicas no meio industrial.

O paradigma encontrado:

Metrologia é Custo !! \$\$\$



Figura 1.1 - O paradigma predominante [21].

Os dados de um levantamento feito em 15 (quinze) empresas certificadas segundo as normas ISO 9000/1994, apresentados na Figura 1.2, indicam que o item requisitos metroológicos, citado por 80% (12/15) das empresas consultadas, é um dos principais problemas no processo de certificação [24]. A forma lacônica de apresentação dos requisitos metroológicos nas normas ISO 9000 e o conhecimento inadequado de metrologia do pessoal da empresa contribuem para esse elevado percentual. Embora os dados refiram-se a estudos de seis a oito anos atrás, o que se observa é que os problemas revelados ainda são bem atuais.

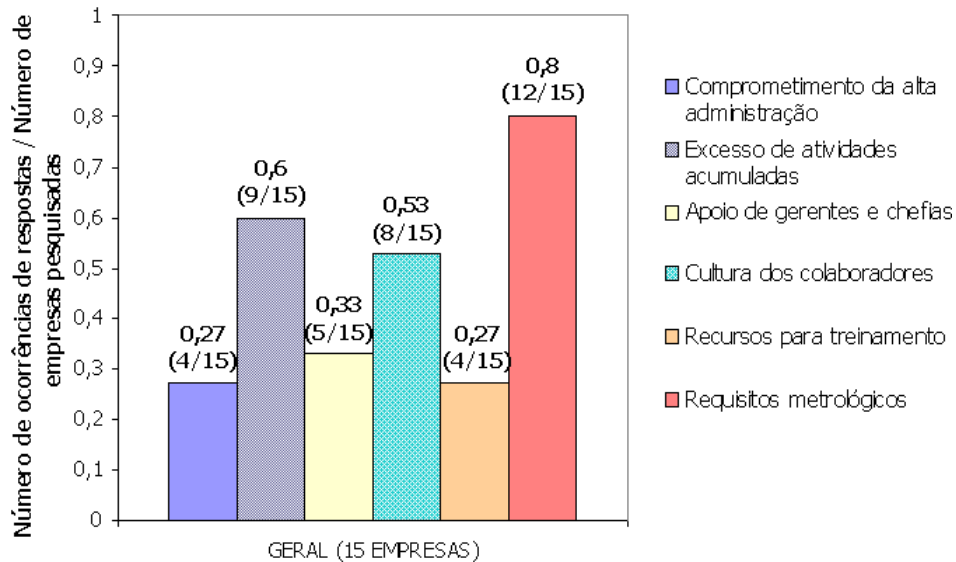


Figura 1.2 - Dificuldades na certificação ISO 9000 [24].

Outras duas dificuldades citadas na Figura 1.2: “excesso de atividades acumuladas” e “cultura dos colaboradores” refletem respectivamente, a forma dispersa e ineficiente das ações tomadas para implementação dos requisitos metrológicos e a falta de conhecimento sobre metrologia e sua importância na garantia da qualidade do produto ou processo [24].

Em um outro trabalho divulgado [25] foram apresentados dados que demonstram que cerca de 86% de um total de 28 empresas com certificação ISO 9000/1994 tiveram não-conformidades em relação ao controle dos Equipamentos de Inspeção, Medição e Ensaio (EIME), conforme ilustra a Figura 1.3.

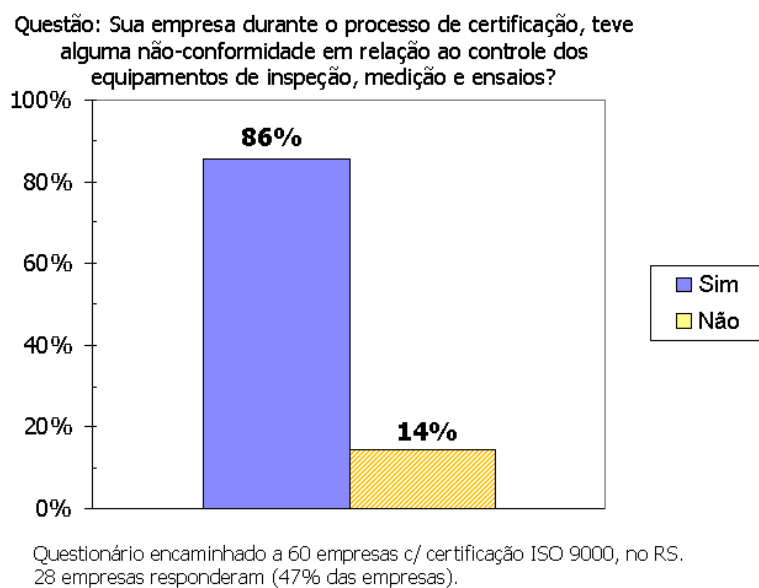


Figura 1.3 - Não conformidades associadas ao controle de sistemas de medição [25].

Os dados apresentados reforçam a constatação de que as indústrias possuem fragilidades nas atividades metrológicas e manifestam necessidades de suprir essas deficiências. Como infra-estrutura de suporte e apoio ao setor industrial têm surgido vários prestadores de serviços na área de metrologia que, entretanto, demonstram certa incapacidade de solucionar de forma integral a diversidade de demandas.

1.3 PANORAMA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE METROLOGIA

Conforme destaca o Plano Nacional de Metrologia (PNM) [1], a busca da competitividade em escala mundial tem tornado as empresas brasileiras cada vez mais dependentes de um sistema nacional de metrologia que atenda a esta nova realidade. Por conseguinte, vai se tornando condição básica a existência de uma rede de laboratórios qualificada, disseminada e ágil para atender satisfatoriamente aos clientes de seus serviços. É necessário inclusive facilitar o acesso da pequena empresa aos serviços metrológicos. Em algumas situações, recursos de negociação precisam ser flexibilizados e adequados às limitações peculiares da pequena empresa, como por exemplo o reduzido número de sistemas de medição disponíveis, em consequência disso, surgem necessidades de prazos menores para execução do serviço, preços mais baixos, pessoal com baixa capacitação técnica, dentre outras consequências.

As atuais exigências pressionam as indústrias rumo a um programa de gestão metrológica, que exige uma estrutura interna organizada e eficaz, capaz de atender aos requisitos de normas de sistemas de garantia da qualidade e de ensaios de produtos. Dentro das empresas, a rastreabilidade das medições aparece como um requisito indispensável, exigindo calibração periódica de todos os sistemas de medição necessários à realização rotineira de medições/ensaios [26]. Ao longo da cadeia ininterrupta entre o padrão primário e os sistemas de medição utilizados em chão-de-fábrica, é recomendável que as calibrações sejam feitas por laboratórios acreditados. Essa recomendação é a melhor garantia que se pode ter para manter a rastreabilidade [26][27].

Os serviços de calibração são feitos por um laboratório associado ao processo produtivo que funciona como um prestador de serviços, o qual pode ser um laboratório interno da empresa ou um laboratório externo independente (Figura 1.4). De qualquer forma o laboratório prestador de serviços, tratado aqui como Unidade Prestadora de Serviços Metrológicos (UPSM), deve oferecer suporte técnico relativo aos fundamentos, conceitos, informações e tecnologias relacionados às atividades metrológicas, possuindo pessoal qualificado e capacitado em buscar soluções para os problemas enfrentados pela indústria.

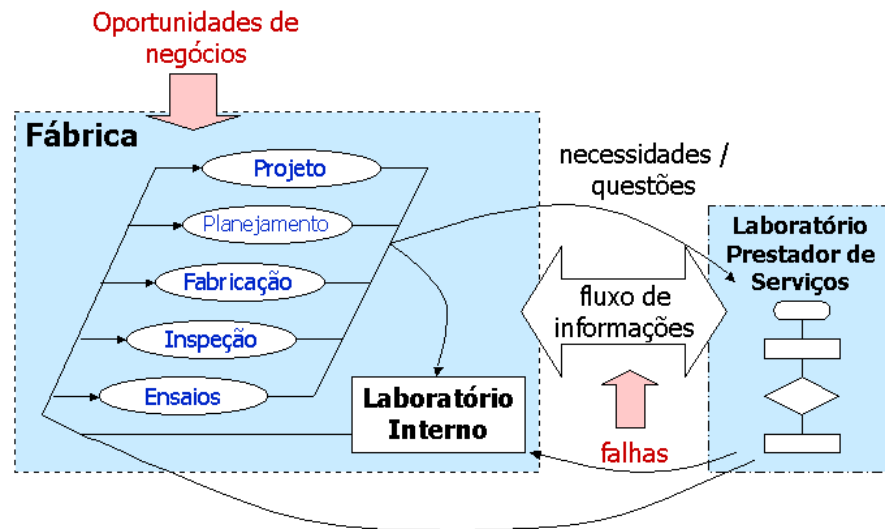


Figura 1.4 – Panorama da prestação de serviços [28].

A decisão de ter uma infra-estrutura interna depende da necessidade de cada empresa que, em geral, considera os fatores custo e tempo como decisivos. Os laboratórios internos estão próximos ao processo produtivo e são dedicados às medições de seus produtos e tarefas associadas. As empresas que optam por não desenvolver uma infra-estrutura de laboratório de metrologia interno decidem pela terceirização das atividades de calibração e manutenção de sistemas de medição para uma UPSM externa e independente, no entanto, esta deve garantir a rastreabilidade das medições. Sob responsabilidade da empresa ficam ainda questões como a avaliação crítica dos serviços prestados, a interpretação dos resultados emitidos e disponíveis nos documentos dos serviços executados, a alocação de sistemas de medição adequados aos processos de medição no chão-de-fábrica, o gerenciamento e o controle do uso do sistema de medição com adequação de intervalos de calibração e manutenção.

As UPSM em geral enfrentam grandes dificuldades para atender algumas demandas do chão-de-fábrica devido à grande diversidade dos serviços e falhas no fluxo de informações com o cliente (Figura 1.4). Essas demandas se constituem oportunidades de negócios para prestadores de serviços metrológicos, porém o fluxo de informações entre UPSM (atendente, coordenador de serviços, laboratorista) e cliente (metrologista, técnico da qualidade, responsável por compras) nem sempre é eficiente para expressá-las no momento da solicitação do serviço. A sistemática de trabalho de uma UPSM pode gerar perdas de algumas informações ou não ser capaz de captar dados suficientes (devido a inferências e negligências na coleta de dados para descrição do problema gerador do serviço). Estas falhas prejudicam a apresentação de resultados úteis para o cliente, podendo se tornar grande gerador de insatisfação.

Uma das diretrizes básicas adotadas pelas empresas para aumentarem sua competitividade é a terceirização de todas as tarefas não estratégicas [26]. São comuns os casos de empresas que adotaram uma política de máxima terceirização, incluindo uma parte significativa das tarefas de metrologia, as quais são reconhecidamente complexas e altamente especializadas. Tal decisão se deve fundamentalmente a uma percepção dos diretores de que não é viável desenvolver competência em atividades que não são o *core-business* da empresa. Esta postura está contribuindo para o aumento da demanda por serviços externos junto a UPSM independentes.

Existe de fato a necessidade de sistemáticas de AMI mais ágeis e flexíveis. As práticas tradicionais, que envolvem sobretudo uma grande movimentação de pessoas, nem sempre contemplam agilidade e confiabilidade na execução das tarefas demandadas, em geral por falta de conhecimento ou negligências típicas do cotidiano.

Dados apresentados em trabalhos anteriores mostram sinais destas necessidades. Em um levantamento de dados publicado [25], 100% das empresas consultadas informam que se utilizam de serviços de laboratórios acreditados na Rede Brasileira de Calibração (RBC) e/ou Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE), mas utilizam laboratórios não acreditados também (82%). O mesmo trabalho questionou também se a empresa utilizou serviços especializados/treinamentos na implantação da ISO 9000 e 57% das empresas confirmaram. Tais dados constituem-se em indicadores significativos da ordem de grandeza a respeito da demanda por serviços de assistência metrológica.

Em síntese, o que se quer demonstrar é que no ambiente industrial existem demandas por soluções metrológicas que, se bem diagnosticadas e tratadas, podem se constituir em oportunidades de negócios a serem exploradas por centros metrológicos (UPSM externas independentes). Entretanto as melhores oportunidades do mercado somente poderão ser bem exploradas por UPSM que demonstrem competência técnica, organizacional e econômica [26]. Por outro lado, cabe à empresa assumir um papel ativo no processo de interação com os centros metrológicos. A empresa, além de ter que demonstrar competência na administração e execução das atividades metrológicas não terceirizadas (aquelas que fazem parte do *core business* da empresa), precisa assumir uma postura crítica com relação à competência técnica dos centros metrológicos terceirizados, com base em critérios cuidadosamente definidos e não somente em preço e prazo [29][30].

São muitos os aspectos relacionados com a interface entre empresa e centro metrológico que podem ser melhorados. Neste sentido, a tese aborda um mapeamento da prática metrológica industrial diagnosticando demandas prioritárias que podem ser mais bem exploradas por um centro metrológico competente.

1.4 A TESE: LASAR, UMA NOVA SISTEMÁTICA DE ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL.

No ambiente de relação entre empresa e centro metrológico, o *e-business* surge como uma estratégia de solução, conjugando ferramentas da TI, para disponibilizar as soluções requeridas pelo setor empresarial com a rapidez, o custo e a qualidade que o novo cenário competitivo exige. Sabendo-se das potencialidades dos recursos da *Internet* pretende-se demonstrar que, se bem utilizados, esses recursos podem ser úteis para a configuração de uma sistemática de AMI com características operacionais eficazes, com vantagens competitivas e adequada à prática metrológica no chão-de-fábrica.

1.4.1 Síntese do problema de investigação

Em síntese, o problema de investigação provém da constatação de que o tratamento das atividades metrológicas é deficiente numa parcela considerável das indústrias, sobretudo naquelas em que o sistema da qualidade não está suficientemente consolidado. Suspeita-se que haja um alijamento da atividade metrológica no setor industrial, muitas vezes por se ignorar o alcance da metrologia como meio de redução dos custos da não-conformidade e, de uma forma global, otimização dos custos relativos à qualidade [31]. Tais constatações, bem como outras questões que reforçam o entendimento do problema, são exploradas em detalhes no Capítulo 2.

O problema da investigação remete a uma questão que será igualmente melhor explorada no Capítulo 2: O que um "Provedor de Soluções Metrológicas" pode disponibilizar através de uma solução de *e-business*? A Figura 1.5 demonstra uma estrutura típica de uma solução de *e-business*, que incorpora três funções básicas:

- *Web site* com publicação de informações eletrônicas (*e.g.* divulgação institucional, teses, artigos, notícias). É econômico, porém com impacto limitado.
- *Web site* com auto-serviço para os clientes (*e.g.* cadastro, agendamento de serviços, cotação de serviços). Dá mais agilidade ao atendimento de demandas.
- *Web site* que permita a realização de transações (*e.g.* compra, venda, conferências). Otimiza a relação entre cliente e fornecedor.

No entanto, para que a solução de *e-business* seja eficaz, é imprescindível a eficiência da estrutura de atendimento (*back office*) do provedor. Integração dos sistemas de informática, segurança, manutenção e atualização do provedor, tipos de negócios, público alvo, e outros fatores compõem um conjunto de aspectos que devem estar implementados para a garantia do desempenho das possíveis alternativas de solução.

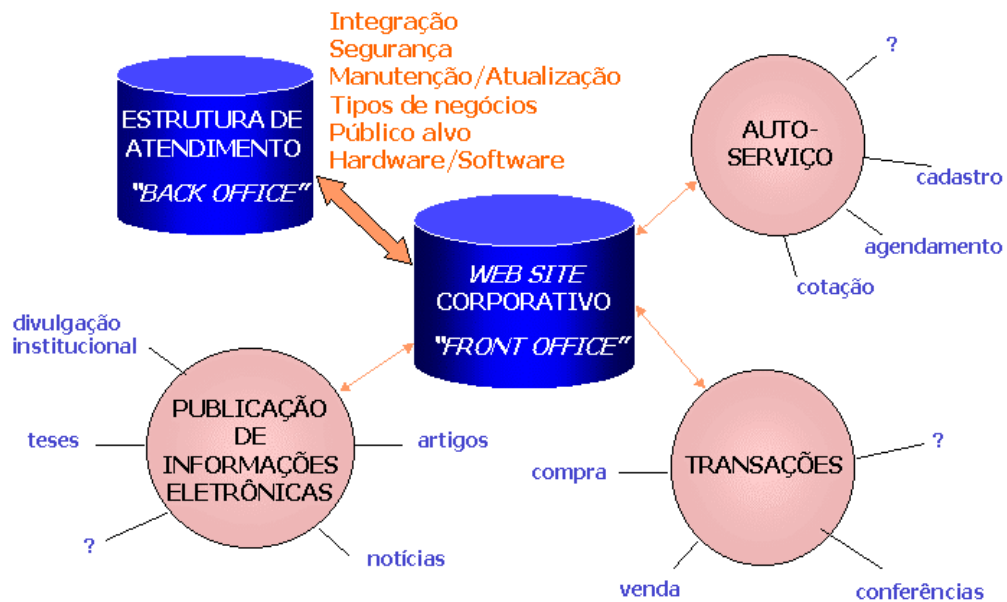


Figura 1.5 – O que um provedor de soluções metroológicas pode disponibilizar através de uma solução de *e-business*.

O mecanismo que suporta essas ações é o sistema de Gestão do Conhecimento em Metrologia, ou seja, uma base de conhecimento que tem o objetivo de otimizar o fluxo de informações entre os atores que se relacionam no processo de demanda e fornecimento de soluções de metrologia.

A proposta de solução é apresentada através da introdução de uma nova sistemática de AMI remota. Essa nova sistemática foi desenhada para se constituir em um dos “produtos” de um centro metroológico chamado no âmbito deste trabalho de Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos – LASAR – que tem no sistema de Gestão do Conhecimento em Metrologia um apoio no que se refere à conquista de mercado e gestão de inovações.

1.4.2 Gestão do conhecimento em metrologia

Os problemas já expostos relacionados ao tratamento de atividades metroológicas no setor industrial somados à necessidade da geração e gestão simultânea do conhecimento como forma de sistematização da própria metrologia, justificam a aplicação de um modelo de Gestão do Conhecimento às demandas do setor metroológico [32]. Essa aplicação forma o conceito de Gestão do Conhecimento em Metrologia (GECOMETRO), que se configura como um portal com plataforma de comunicação projetada para estruturar informações do campo da Metrologia, facilitando assim o acesso às informações desejadas.

O GECOMETRO é o mecanismo que suporta os relacionamentos, atribuindo aos gestores e técnicos das organizações, a habilidade de gerenciar as informações disponíveis e

o conhecimento de especialistas, num sistema para apoio à decisão. A rigor as ferramentas do sistema GECOMETRO devem suportar e integrar os meios de conversão do conhecimento sob forma de estruturas flexíveis de organização dos dados e da informação [32].

O GECOMETRO sustenta seu modelo nos relacionamentos com diferentes entidades que tratam de questões de metrologia [33]: a Universidade; as Redes Metrológicas Estaduais (RME); a Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM); e o Centro Metrológico.

Em especial, o parceiro chamado aqui de Centro Metrológico é uma UPSM com suas competências específicas e, portanto, gerador e detentor de conhecimentos específicos. Tem como meta a integração e o suporte para a indústria e mercados associados através de serviços tecnológicos e de assessoramento, os quais exigem forte cooperação com seus clientes e uso de sistemáticas que prevêm a *Internet* como meio de comunicação. Este conceito de atuação do Centro Metrológico é proposto pelo LASAR [31].

1.4.3 LASAR – Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos

O LASAR é um novo conceito (concebido neste trabalho) de atuação de um centro tecnológico. É um laboratório prestador de serviços externo e independente associado à indústria para dar suporte através de serviços tecnológicos e trabalhos de assessoramento, os quais envolvem forte cooperação entre o laboratório (situado fisicamente em um centro tecnológico) e a indústria. O conceito prevê a disponibilização de sistemáticas interativas que utilizam o recurso da *Internet* como meio de troca de informações e socialização de soluções, viabilizando o assessoramento remoto (Figura 1.6).

Para que o conceito funcione deve ser viabilizada uma estrutura interna na indústria habilitada para acessar os meios de comunicação disponibilizados pelo LASAR. A estrutura do LASAR presente no ambiente da empresa, nesse modelo é chamada de Ponto de Presença do LASAR. O modelo pressupõe uma estrutura de comunicação em rede, trabalhando com plataformas computacionais compatíveis ao tráfego de informações que é pretendido.

A especificidade do presente trabalho está em desenvolver soluções no campo da metrologia, portanto o LASAR passa a ser tratado como um Centro Metrológico, e como tal, deve prover além de uma infra-estrutura adequada, processos relacionados à gestão laboratorial que garantam a operacionalidade e confiabilidade do sistema. Nessa gestão laboratorial encontram-se processos de *marketing*, administração, finanças, pesquisa e desenvolvimento e produção.

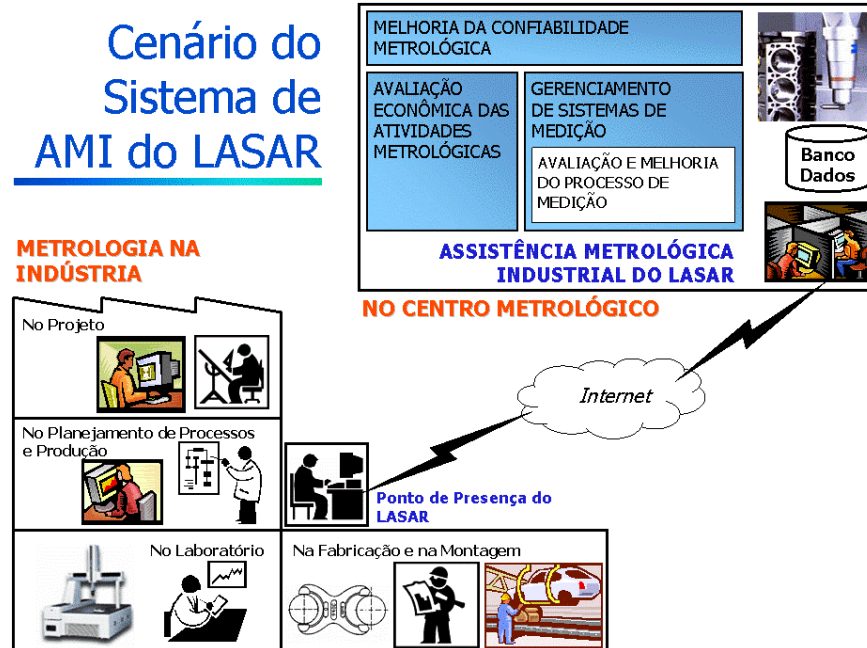


Figura 1.6 - Cenário da Assistência Metrológica Industrial no contexto do LASAR.

O projeto piloto do LASAR para a metrologia refere-se ao desenvolvimento de uma nova sistemática de Assistência Metrológica Industrial (LASAR-AMI), foco da tese, a ser disponibilizado como um dos produtos do LASAR. O LASAR faz parte do cenário em que a AMI deve operar, no qual se inserem também as empresas às quais o LASAR está associado e o suporte de instituições de ensino e dos portais de gestão de conhecimento na área.

1.4.4 A sistemática de assistência metrológica industrial inserida no LASAR

A abrangência do tema de investigação se configura com base em algumas delimitações consideradas em função da factibilidade da proposta dentro dos prazos estabelecidos. Além disso, para o desenvolvimento da solução proposta foi levada em consideração uma infra-estrutura de um Centro Metrológico, com competência comprovada no campo da metrologia, para abrigar o LASAR-AMI. Os demais atores do modelo, um portal de Gestão do Conhecimento, SBM, Universidade e indústrias, também foram considerados elementos importantes na operacionalização do sistema.

O LASAR-AMI, visto como um projeto piloto do LASAR, foi estudado para atuar com as funções:

- Disponibilizar informações;
- Gerenciar sistemas de medição;
- Assessorar atividades para a confiabilidade metrológica de medições;
- Prover educação e treinamento;

- Prover avaliação econômica da atividade metrológica.

Dentre essas funções maior ênfase é dada ao Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM), que é visto como um módulo de grande impacto sobre as atividades metrológicas nas indústrias. Caracteriza-se também pela grande abrangência com relação aos requisitos metrológicos dos sistemas da qualidade, além de revelar possibilidades de informatização se enquadrando, portanto no escopo do LASAR. Outros módulos, em que o GSM deve estar integrado, estão em desenvolvimento e serão apresentados no Capítulo 3.

O projeto LASAR, em sua fase inicial de desenvolvimento estabeleceu, por razões de concentração de esforços, alguns limites relacionados à sua área de atuação:

- Empresa industrial do ramo metal-mecânico;
- Preferencialmente com produção de produtos seriados;
- Sistema da Qualidade implantado ou com decisão de implantação;
- Com demandas por soluções metrológicas.

Essa delimitação buscou direcionar a abordagem em um segmento em que se concentra a maior parte das demandas por soluções metrológicas. Levou-se em consideração também, como critério de segmentação, a exigência de que as empresas dispusessem de uma organização mínima com compromissos com a busca pela melhoria contínua de seus processos e produtos.

1.4.5 Objetivos e resultados esperados

Inserida no contexto do LASAR, a proposta de tese, em linhas gerais, objetiva estreitar o contato com a realidade empresarial diagnosticando aspectos da prática metrológica industrial que fundamentem o desenvolvimento de uma sistemática de AMI com ênfase em GSM.

Utilizando a TI e a experiência de profissionais que trabalham em atividades metrológicas, busca-se sedimentar este relacionamento e consolidar os canais de comunicação entre indústria e centro metrológico.

Objetivos específicos foram estabelecidos, alguns tratados diretamente e outros tratados na forma de um mapeamento devido à necessidade de construir uma abordagem bem estruturada do problema. Portanto os principais objetivos do trabalho são:

- Fazer um mapeamento das atividades metrológicas no ambiente industrial, diagnosticando as relações entre essas práticas e os requisitos metrológicos de sistemas da qualidade, identificando ferramentas e métodos difundidos nesta área.

Nesse mapeamento buscou-se identificar de maneira eficiente as oportunidades de inserção de suporte metrológico.

- Fazer uma abordagem do cenário da prestação de serviços em metrologia, explorando as fragilidades atualmente encontradas no processo de interação com a indústria. Visou-se demonstrar com isso as possibilidades de exploração de meios mais eficazes que potencializem novas práticas de negociação com usuários de produtos e serviços, sobretudo com auxílio da TI. Essa abordagem expõe aspectos de um modelo eficiente de interação, servindo de especificação de características a serem incorporadas ao conceito LASAR.
- Abordar em detalhes a AMI para ser inserida no contexto do LASAR. Para tanto desenvolvendo-se uma nova sistemática de AMI integradora de funções de melhoria da confiabilidade metrológica de medições, avaliação econômica da atividade metrológica e, principalmente, do gerenciamento de sistemas de medição. Como resultado, a implementação da sistemática de AMI proposta, através de *software* e testes em estudos de casos no ambiente industrial. O *software* desenvolvido de tal forma que possibilite sua posterior integração ao sistema de informática do LASAR.
- Identificar os principais aspectos que favorecem a atividade metrológica industrial caracterizando assim o nível de otimização e contribuição da sistemática proposta para o usuário. Com isso visando-se, no chão-de-fábrica, um ambiente apropriado para a introdução das ferramentas desenvolvidas e disseminação de boas práticas metrológicas. Esse processo passando pela identificação de mecanismos eficientes de introdução do conceito LASAR no ambiente industrial.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO DE OPORTUNIDADES DE INTEGRAÇÃO ENTRE CENTROS METROLÓGICOS E INDÚSTRIAS

Observa-se que a terceirização como estratégia em busca da competitividade, principalmente para atividades especializadas que não são o *core-business* da empresa, está contribuindo para a configuração de um quadro de grandes oportunidades para centros metrológicos, que tenham uma boa percepção das necessidades e demandas. Esses centros metrológicos necessitam demonstrar competência adequada ao novo ambiente de negócios.

Neste capítulo busca-se abordar os problemas e fatores considerados relevantes para a otimização da integração entre empresas e centros metrológicos. São explorados aspectos das atividades metrológicas que fazem parte do cotidiano do ambiente industrial, bem como elementos que devem ser considerados no modelamento da atuação de um centro metrológico que busca explorar o mercado da AMI remota.

2.1 A METROLOGIA COMO ELEMENTO CHAVE DA MELHORIA CONTÍNUA

A questão de adoção de uma terminologia é sempre objeto de dúvidas e controvérsias quando a temática está relacionada à área da qualidade. Neste trabalho optou-se por rever algumas terminologias e conceitos considerados fundamentais para o entendimento do contexto da Garantia da Qualidade (Figura 2.1). Buscou-se identificar uma abordagem que mantivesse fidelidade com o que estabelecem as normas internacionais [34], sendo assim adotam-se as seguintes definições para os termos:

- Planejamento da Qualidade: “parte da gestão da qualidade focada no estabelecimento dos objetivos da qualidade e que especifica os recursos e processos operacionais necessários para atender esses objetivos” [34]. Tais atividades geram o Controle da Qualidade (CQ).
- Controle da Qualidade (CQ): “parte da gestão da qualidade focada no atendimento dos requisitos da qualidade” [34].
- Garantia da Qualidade (GQ): “parte da gestão da qualidade focada em prover confiança de que os requisitos da qualidade serão atendidos” [34].
- Melhoria da Qualidade: “parte da gestão da qualidade focada no aumento da capacidade de atender os requisitos da qualidade” [34].

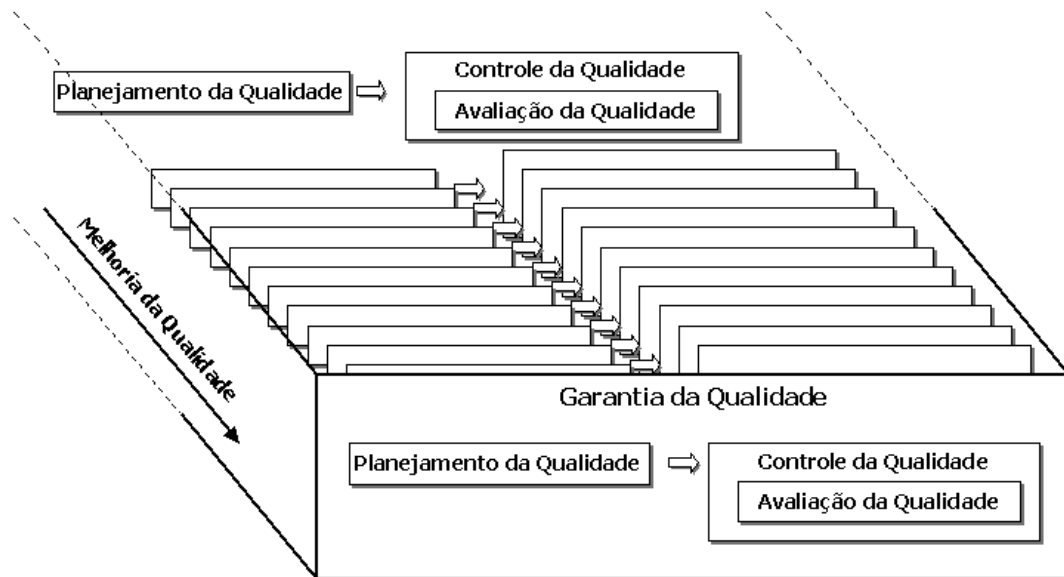


Figura 2.1 – Processo sistêmico de melhoria da qualidade que conduz à Garantia da Qualidade [35].

As atividades de Planejamento da Qualidade e CQ, aplicadas sistemática e continuamente, são aperfeiçoadas e produzem a Garantia da Qualidade (GQ) por meio da Melhoria da Qualidade. Portanto, a GQ não pode ser diretamente implantada, pois depende do resultado da interação de uma série de atividades no âmbito da organização [35]. A relação entre essas atividades está esquematizada na Figura 2.1. A eficiência no desempenho das atividades de GQ é indispensável para assegurar a qualidade de produtos e processos.

A Avaliação da Qualidade assume distintas formas no contexto do desenvolvimento de produtos, dentre as quais são citadas a revisão de projeto, a auditoria e a inspeção, sendo esta última a mais expressiva delas. A fabricação de produtos precisos, sem defeitos e com GQ é o resultado final das várias fases de desenvolvimento do produto, em que a inspeção e as técnicas de medição assumem funções de grande importância. A inspeção, no contexto da qualidade, pode ser considerada como qualquer operação que possibilite a avaliação da qualidade de um produto por meio da comparação com suas especificações [2][35]. Para realização dessa operação é fundamental a tarefa de medição.

A inspeção da qualidade pode ser dividida em cinco grupos de atividades organizadas numa lógica coerente [2]: planejamento da inspeção; ordem de inspeção; execução da inspeção; processamento dos resultados; e, sistematização e armazenamento dos resultados. A Figura 2.2 esquematiza a inserção da inspeção no contexto da qualidade e como ela se desdobra em grupos de atividades, dentre as quais o planejamento merece especial atenção.

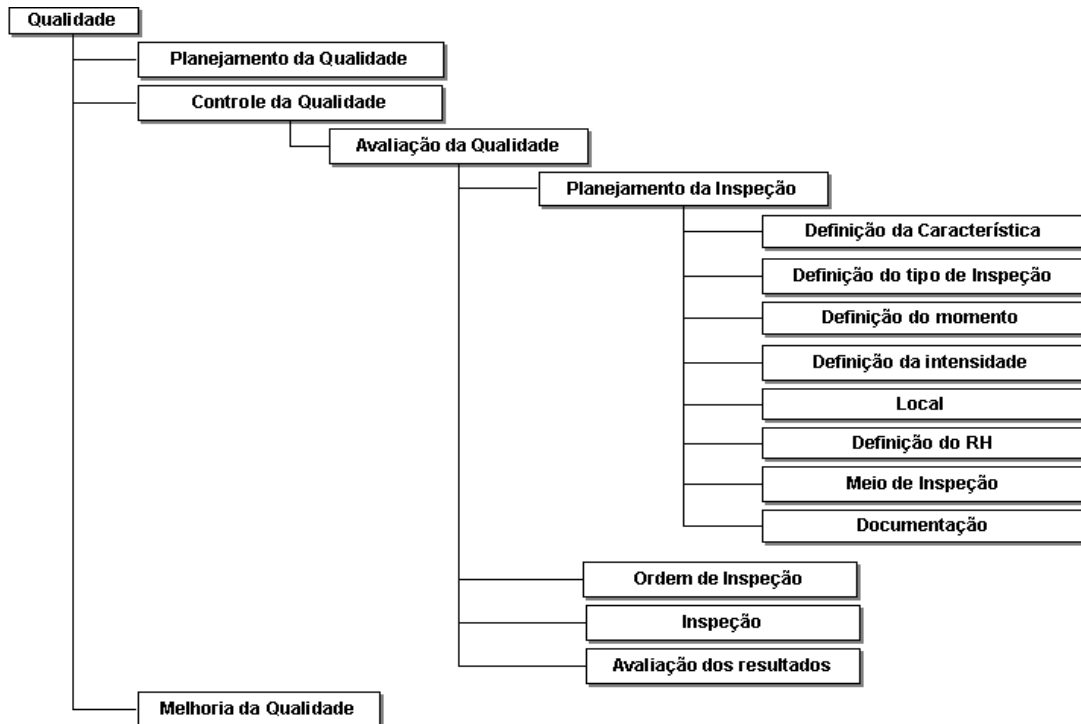


Figura 2.2 – A inspeção no cenário da qualidade [35].

Nessa lógica da atividade de inspeção da qualidade, dentro da qual a medição assume papel imprescindível, têm sido relatados alguns problemas associados ao planejamento da inspeção [3][35]. Não existe, em algumas empresas, uma organização adequada do planejamento da inspeção. Não é boa a interação do planejamento da inspeção com as demais áreas do desenvolvimento do produto, fato que gera dificuldades no planejamento da inspeção e perda de oportunidades de melhorias tanto no processo quanto no produto. Portanto, técnicas que contribuam para a valorização e melhor organização da atividade de planejamento da inspeção, devem produzir efeitos positivos na GQ do produto.

A avaliação da qualidade também consome recursos da organização, os chamados Custos da Avaliação (inseridos dentro dos Custos Relativos à Qualidade). Como os investimentos em qualidade devem trazer retorno para a organização os custos relativos à qualidade funcionam como indicadores de investimento. Sua análise fornece suporte para transformar perdas em ganhos de produtividade e lucratividade, pois permite monitorar a relação custo-benefício dos investimentos em qualidade [22]. Os custos relativos à qualidade, segundo JURAN [36], podem ser agrupados em quatro categorias, duas relativas aos Custos da Conformidade (custos de prevenção e custos de avaliação) e duas relativas aos Custos da Não-Conformidade (custo das falhas internas e custos das falhas externas).

A Figura 2.3 ilustra este desdobramento dos custos relativos à qualidade e ainda destaca, através da representação gráfica, que as atividades de avaliação merecem ênfase

num processo inicial de melhoria da qualidade (região de melhoria), mas o caminho natural sugere investimentos em prevenção com foco na diminuição dos custos totais da qualidade. À medida que se investe sistematicamente em avaliação e prevenção, os custos da qualidade tendem a diminuir. No entanto existe uma região de operação em que se localiza um ponto de custo da qualidade mínimo, a partir do qual os investimentos adicionais em avaliação e prevenção passam a aumentar significativamente os custos relativos à qualidade. Essa região de operação é considerada a região de investimento ótimo em avaliação e prevenção.

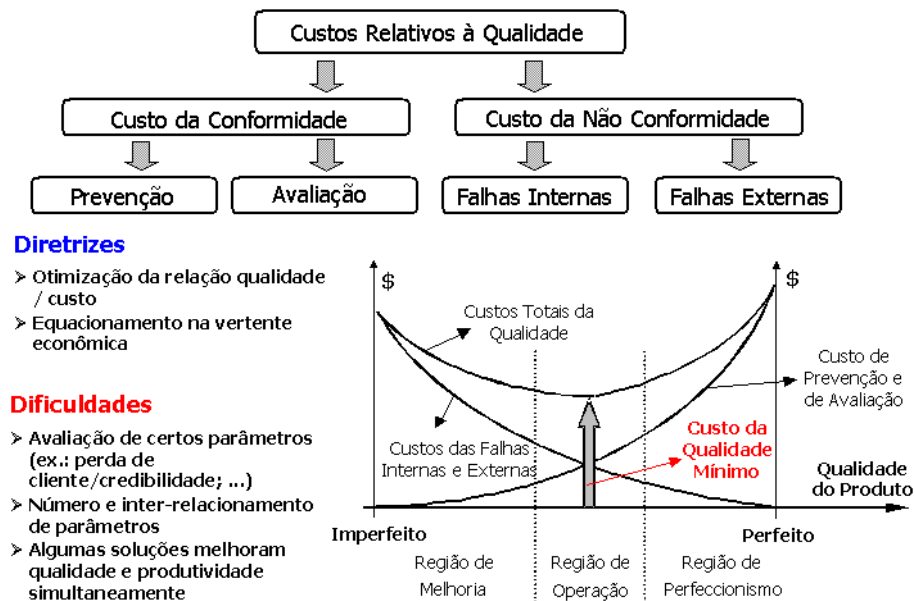


Figura 2.3 – Desdobramento dos custos relativos à qualidade [21].

Quanto à região do perfeccionismo, o gráfico da Figura 2.3 demonstra que a qualidade máxima é alcançada a custos absurdos. No entanto alguns autores defendem um modelo atualizado que diz que é possível alcançar a perfeição a custos finitos em sistemas de produção altamente automatizados e limitados ao ambiente fabril em condições totalmente sob controle [37][38].

Os investimentos em avaliação não alteram a qualidade do produto, mas permitem a detecção dos problemas antes dos clientes, o que representa uma economia para a empresa, pois rejeitar o produto antecipadamente produz menor impacto negativo do que permitir que o cliente perceba um defeito. Por outro lado, os investimentos em prevenção atuam na solução das causas dos problemas melhorando a qualidade do produto e ao mesmo tempo reduzindo custos devido às falhas. No entanto, nem sempre investir em prevenção é a melhor opção. Às vezes investir em avaliação pode ser a melhor decisão porque o problema pede uma solução mais rápida, menos dispendiosa naquele momento, de maneira que o cliente não seja afetado com o problema [22].

No item 1.2 foi abordado o fato da redução dos custos ser geralmente a meta primeira a ser alcançada e que a metrologia, apontada como uma das responsáveis pela geração de custos, é erroneamente vista apenas como necessária para manter a certificação do SQ, não sendo percebido o potencial de torná-la uma ferramenta para a melhoria contínua. A metrologia usada como ferramenta de prevenção pode contribuir para: redução de custos da não-conformidade; GQ dos processos e produtos; melhoria da qualidade; redução do preço dos produtos; e, aumento de lucros.

2.2 A APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO NO CONTROLE DA QUALIDADE INDUSTRIAL

A inspeção da qualidade possibilita a avaliação da qualidade de um produto por meio da comparação dos dados coletados (medidas) com as especificações. Nesse processo é fundamental a tarefa de medição dentro de bases que garantam a confiabilidade metrológica.

A Figura 2.4 ilustra a interação de alguns macro-processos do desenvolvimento de um produto com técnicas da GQ. No processo de desenvolvimento do produto, os dados resultantes das inspeções, ao serem confrontados com as especificações, conduzem a ações distintas [2][3][35]:

- Localmente, operacionalizado através do ciclo de realimentação da qualidade na máquina, em forma de um *feed-back* de malha fechada, sem alterações em nível de processo de produção e de processo de inspeção.
- Através do ciclo de realimentação no processo de produção, adequações nos processos de fabricação e de inspeção envolvidos, buscando assegurar a qualidade através de melhorias no planejamento destes processos.
- Através do ciclo de realimentação no desenvolvimento do produto, alterações em nível de projeto do produto e planejamento do processo de fabricação e inspeção se façam necessárias.

Exemplifica-se essa dinâmica no processo de montagem de um produto mecatrônico mostrado na Figura 2.5 e evidencia-se a importância de que os dados de inspeção sejam otimizados para as diferentes áreas que os utilizam. Tal atitude objetiva minimizar as barreiras de comunicação entre os departamentos da organização.

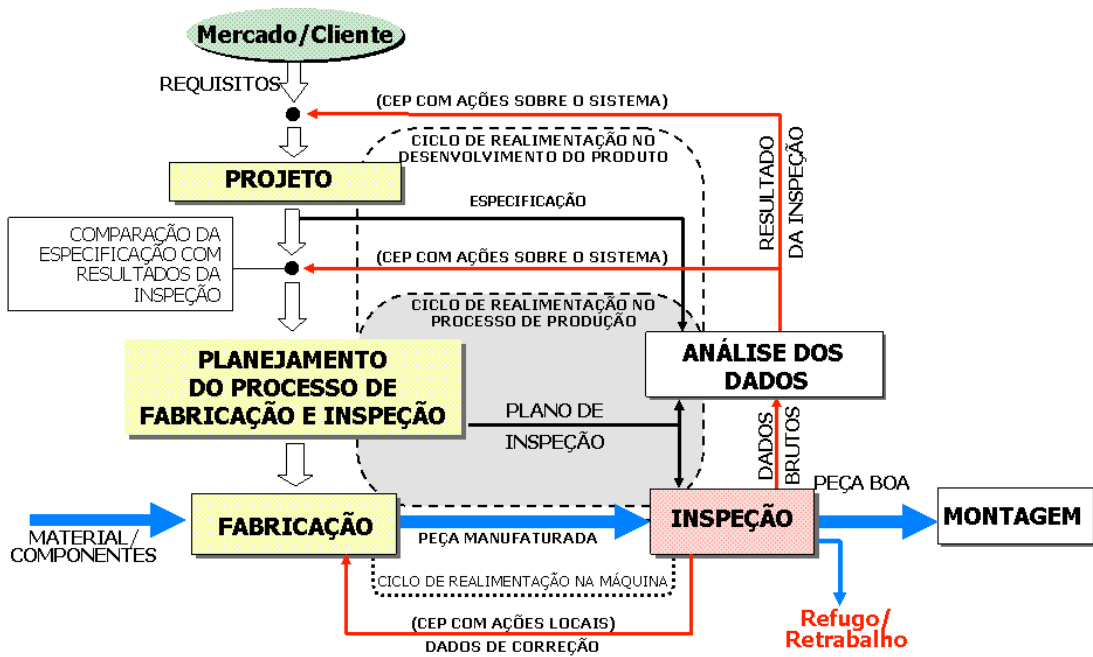


Figura 2.4 – Aplicação de sistemas de medição no controle da qualidade industrial [21].

Em geral, os dados de inspeção são úteis em áreas como [35]:

- Projeto – Otimização de produto;
- Fabricação – Controle de fornecedores e dos meios de produção;
- Compras – Qualificação e desenvolvimento de fornecedores;
- Custos – Determinação dos custos relativos à qualidade;
- Gerência e níveis superiores – Indicadores e subsídios para tomada de decisão.

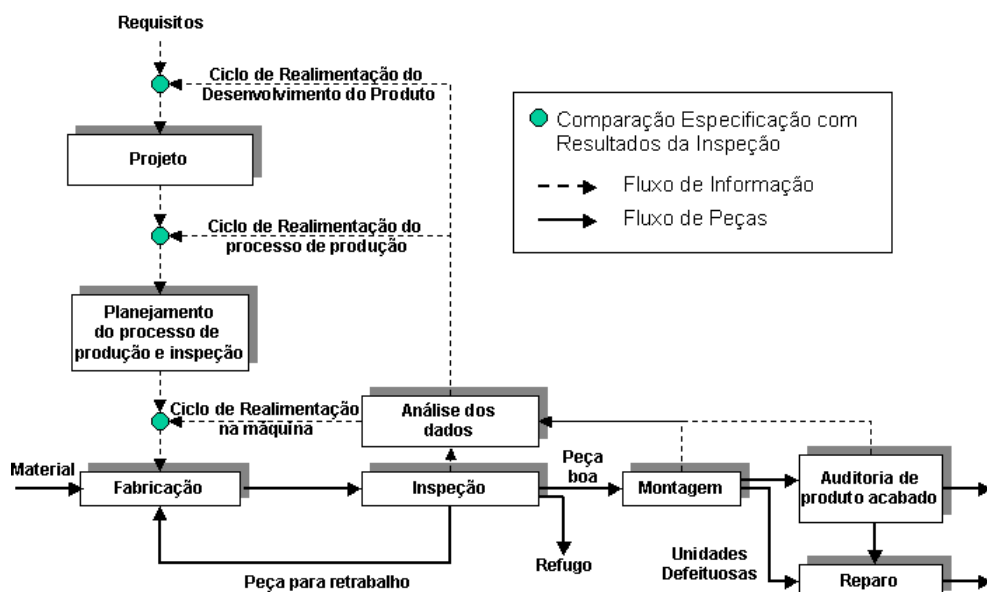


Figura 2.5 – Inspeção no ciclo de realimentação da qualidade em montagem [35].

2.3 ATIVIDADES METROLÓGICAS ASSOCIADAS AOS SISTEMAS DA QUALIDADE

Para garantir e demonstrar que as características de qualidade de seus produtos e processos são mantidas, as organizações usam o recurso de certificarem seus Sistemas da Qualidade (SQ). É sabido que as atividades metrológicas têm um papel essencial quando se trata de comprovar que um produto é produzido em conformidade com as especificações exigidas. Por isso existem requisitos conforme os representados na Figura 2.6, dentro das normas de SQ, que orientam e exigem das organizações que essas atividades sejam realizadas satisfatoriamente comprovando confiabilidade metrológica [2][22][24].

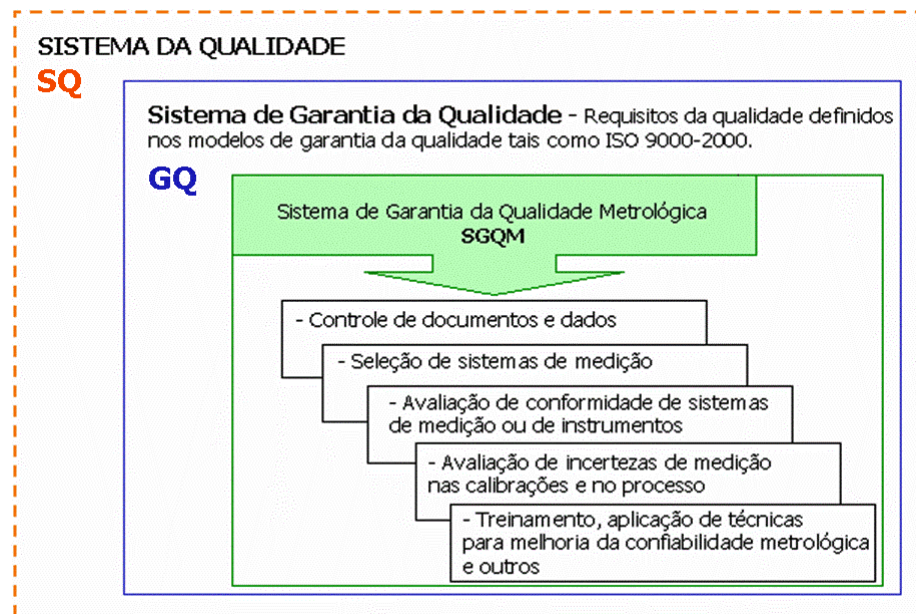


Figura 2.6 – GQ e garantia da qualidade metrológica em um SQ genérico [24].

Para um Sistema de Medição (SM), a confiabilidade metrológica está associada à sua capacidade de produzir resultados de medições confiáveis conforme condições de utilização definidas. Independente do SQ implementado, esse deve conter um sistema de GQ. O Sistema de Garantia da Qualidade Metrológica (SGQM na Figura 2.6), contém requisitos necessários para garantir e comprovar a confiança nos resultados das medições [24]. Alguns desses SQ normalizados, bem como outros documentos que orientam os aspectos metrológicos dos SQ, são abordados neste item.

2.3.1 Atividades metrológicas dentro da NBR ISO 9001

Os requisitos metrológicos podem ser interpretados com base em dois tipos de procedimentos distintos [22], aqueles destinados à realização das atividades de inspeção e, aqueles destinados ao controle das condições dos chamados Equipamentos de Inspeção,

Medição e Ensaio (EIME) segundo ISO 9001:1994. Os EIME são os Dispositivos de Medição ou Monitoramento (DMM) segundo ISO 9001:2000 ou, simplesmente, Sistemas de Medição (SM) como serão chamados, na maioria das vezes, no âmbito deste trabalho.

Os procedimentos de inspeção envolvem [22][24][39][40]:

- Inspeção e ensaios no recebimento;
- Inspeção e ensaios durante o processo;
- Inspeção e ensaios finais.

A realização e a aplicação dos procedimentos de inspeção no recebimento, durante o processo e no final, têm como principal vantagem a identificação de não-conformidades antes que o problema seja repassado para um estágio seguinte (operação, setor ou até ao cliente). As inspeções ajudam na seleção de componentes e peças, mas elas não garantem que sejam enviadas 100% de componentes ou produtos bons aos clientes (Figura 2.7). O registro de inspeções e ensaios é exigido para comprovar a realização dos mesmos.

A norma ISO 9001 [39][40] obriga explicitamente ao fornecedor a [2]:

- Gerenciar e manter os SM;
- Definir as medições a realizar, estabelecer as incertezas permitidas e selecionar os SM adequados;
- Identificar os SM, calibrá-los e ajustá-los a intervalos regulares.

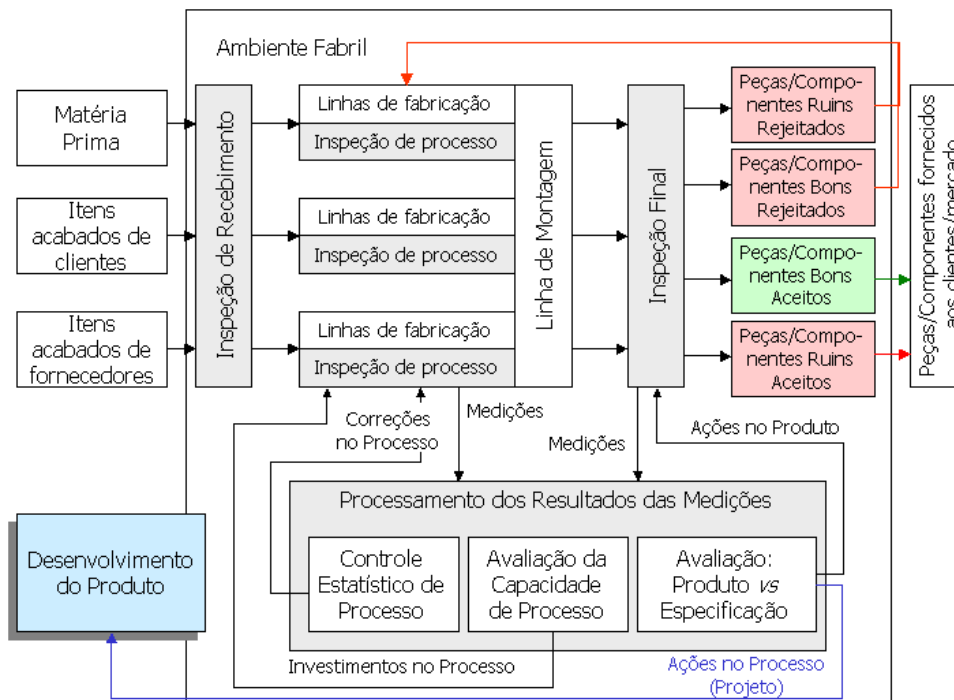


Figura 2.7 – Classificação dos produtos através das inspeções. Adaptado de [41].

Só é possível verificar exata e economicamente o cumprimento real de uma característica medindo-a e assegurando que o SM atue corretamente nesse instante. Para alcançar este objetivo, deve garantir-se que [2]:

- Escolheu-se o SM adequado para a aplicação;
- Está disponível o SM no instante que for preciso;
- Suas propriedades coincidem com as planejadas.

Destes objetivos se deduzem as atividades da gestão de SM [2]:

- Planejar e comprar os SM;
- Administrar os SM;
- Revisar, verificar e calibrar os SM.

Através de uma análise criteriosa dos requisitos metrológicos de Normas como a ISO 9001 [39][40] e ISO 10012 [42] (substituiu as Normas ISO 10012-1 [43] e ISO 10012-2 [44]), pode-se relacionar outros elementos importantes para a garantia da confiabilidade de medições, conforme ilustra a Figura 2.8. Em geral percebe-se que há a necessidade de se complementar a abordagem dessas normas com auxílio de outros documentos tecnicamente reconhecidos, pois os aspectos metrológicos são tratados de forma superficial, o que em certas circunstâncias gera dúvidas e dificuldades, comprometendo o Sistema de Garantia da Qualidade Metrológica (SGQM).

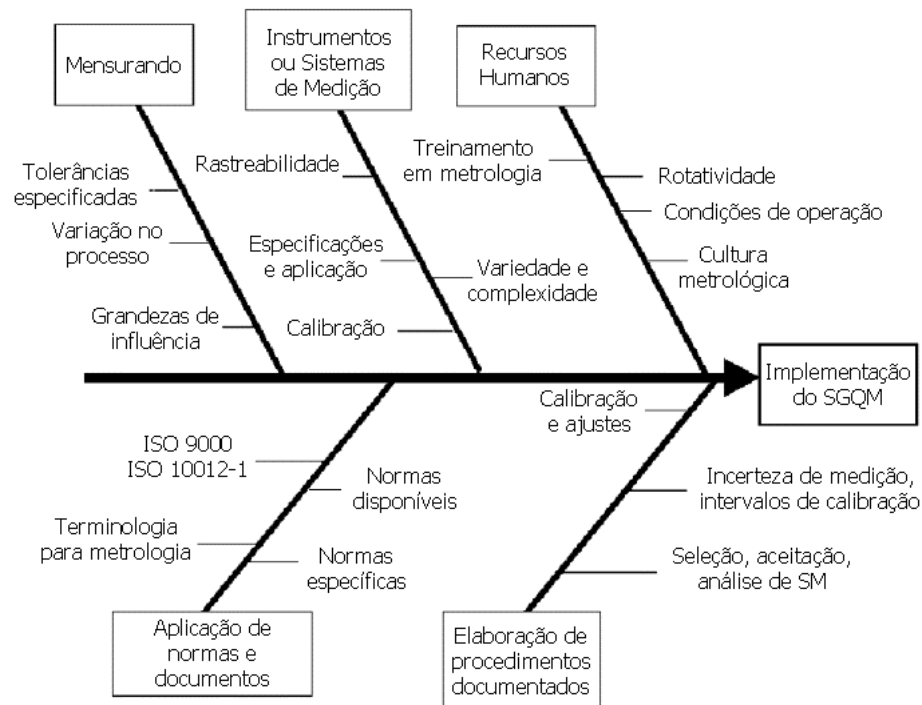


Figura 2.8 – Elementos geralmente envolvidos na implementação de um SGQM [24].

2.3.2 Atividades metrológicas dentro da QS 9000

Em 1994, as três grandes montadoras norte-americanas, *General Motors*, *Ford* e *Chrysler*, editaram a QS 9000 [45], um conjunto de requisitos para os sistemas da qualidade de seus fornecedores. A ISO 9001:1994 foi adotada como base para essa norma. A QS 9000 incorpora requisitos específicos do setor automotivo aos requisitos gerais da ISO para os SQ de seus fornecedores.

Em síntese, a composição da QS 9000 se configura da seguinte forma [22]:

- Requisitos da ISO 9001 somados aos requisitos específicos do setor;
- Requisitos específicos de cada montadora;
- Cinco manuais de referência - CEP, FMEA, MSA, PPAP, APQP.

Quanto às atividades metrológicas, as principais diferenças entre a ISO 9001 e a QS 9000 são os manuais de referência CEP (Controle Estatístico de Processo) e MSA (Análise dos Processos de Medição), os quais serão mais bem apresentados a seguir.

- **Análise dos Processos de Medição (MSA)** – Apresenta diretrizes para a seleção de procedimentos de avaliação de processos de medição [47][48]

É uma ferramenta utilizada para analisar os processos de medição e não apenas um sistema de medição (SM). Cabe aqui um esclarecimento sobre a harmonização da terminologia usada na QS 9000 e a que é usada neste trabalho, baseada no VIM [49] e na proposta do LABMETRO [50]. Os termos Sistema de Medição (SM) e Processo de Medição (PM), muitas vezes são, erroneamente, utilizados como sinônimos. O SM representa o instrumento ou conjunto de elementos (cadeia de medição), tipicamente calibrado em condições de laboratório, que transformam a grandeza a medir em uma medida. Por sua vez, o PM representa o SM operando nas condições reais de medição, que envolvem as influências do próprio SM, dos operadores, do procedimento, do meio ambiente e do mensurando.

O documento MSA [47][48] apresenta diretrizes para a seleção de procedimentos para avaliar a qualidade de um PM e, em particular, de um SM. Sua aplicação requer conhecimentos de metrologia e estatística. Toma como base que as medições nunca são exatas e que sempre possuem erros.

O MSA pode ser considerado um método muito robusto [47][48][51][52], pois leva em consideração as condições de contorno de um PM, tolerâncias e capacidade do processo de fabricação. Em geral, se bem utilizado, garante uma melhoria contínua no processo de fabricação através das cartas de controle e de cálculos estatísticos que indicam quando o PM

é adequado para detectar variações peça a peça, ou se é sensível à técnica do operador, ou se o PM é apropriado para a análise do processo de fabricação, e outras situações [22].

➤ O Controle Estatístico de Processo (CEP) [53]

O CEP é um método de avaliação e controle que compara continuamente os resultados de um processo com um comportamento padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para variações significativas, eliminando ou controlando essas variações com o objetivo de reduzi-las, buscando estabilizar o processo [53][54]. É, portanto, uma ferramenta de melhoria contínua dos processos, fundamentada em modelos estatísticos. Com o uso de técnicas estatísticas para a análise do processo ou seus resultados (os produtos), pode-se agir adequadamente (Figura 2.4) a fim de alcançar e manter um nível de capacidade e estabilidade desse processo, com o objetivo final de garantir, com produtividade, a qualidade dos itens produzidos.

É comum a utilização de cartas de controle para a coleta de dados. Uma carta de controle é um gráfico que estabelece os limites dentro dos quais uma variável do processo ou característica da qualidade do produto deve se manter ao longo do tempo, ou seja, determina o grau de estabilidade do processo. As cartas servem de alarme para o operador avisando que existe algo que não está funcionando bem e também servem de histórico para que sejam realizadas análises para fundamentar as melhorias do processo [22]. Os dados devem refletir a realidade do processo para que as decisões tomadas sejam eficazes, por isso, a aplicação do CEP necessita de SM com confiabilidade metrológica.

A melhoria do processo se dá pela redução das causas comuns, que são inerentes ao processo de fabricação [22][53][54][55]. A correção das causas comuns, em geral, exige decisão gerencial e podem resolver cerca de 85% dos problemas existentes no processo [22].

O outro grupo de causas das variações no processo é o das causas especiais [22][53][53][55], que se caracterizam por problemas não inerentes ao processo de fabricação. São fontes de variações identificáveis e são resolvidas pelo pessoal próximo ao processo de fabricação. A eliminação das causas especiais podem resolver cerca de 15% dos problemas existentes no processo [22].

A melhoria da qualidade utilizando CEP pode ser verificada através da melhoria da capacidade dos processos de fabricação, da centralização dos processos de fabricação e da previsão das causas especiais através da tendência dos valores das cartas de controle [22].

2.3.3 Outras referências normativas

A seguir são citadas algumas referências normativas freqüentemente utilizadas e que complementam os requisitos metrológicos dos SQ.

- NBR ISO 10012-1 – Requisitos de garantia da qualidade para equipamento de medição. Parte 1: Sistema de comprovação metrológica para equipamento de medição [43].

Criada para orientar na implantação dos requisitos metrológicos da ISO 9001 [39]. Contém requisitos mínimos de GQ para que um fornecedor possa comprovar aos seus clientes que o sistema de comprovação metrológica implementado é capaz de demonstrar a conformidade do produto com a especificação dentro da exatidão pretendida. A norma enfatiza o controle apenas sobre os SM. Outros fatores de influência no processo de medição não são tratados. Quanto à terminologia, faz algumas referências ao VIM [49]. A norma apresenta ainda um guia para auxiliar na determinação do intervalo de calibração. Esta Norma foi substituída em 2004 pela NBR ISO 10012 [42].

- NBR ISO 10012-2 – Garantia da qualidade para equipamentos de medição. Parte 2: Diretrizes para controle de processos de medição [44].

Esta Norma orienta o estabelecimento de critérios e procedimentos específicos para o desempenho e controle dos processos de medição [46]. Nela é recomendada a criação de um sistema para o controle dos processos de medição, análise dos dados, supervisão e seus intervalos. Faz referência à identificação das fontes e formas de variação de um processo de medição, porém não fornece, de forma clara e objetiva, métodos para avaliação e melhoria do processo de medição [46]. O VIM [49] é usado amplamente como esclarecedor dos termos e conceitos relativos ao processo de medição.

Anexo à Norma é apresentado um método de controle do processo de medição através do uso de padrões auxiliados por gráficos de controle por variáveis (\bar{x} e R), muito útil para o acompanhamento de um processo de medição durante os intervalos de calibração do instrumento, permitindo identificar tendência ou desvios ou dispersões no processo [46]. Esta Norma foi substituída em 2004 pela NBR ISO 10012 [42].

- ISO GUM - Guia para a expressão da incerteza de medição [56].

Estabelece regras gerais para avaliar e expressar a incerteza de medição (IM). A metodologia do ISO GUM foi bem disseminada em laboratórios de calibração, principalmente os pertencentes a RBC, ao contrário do que ocorre no meio industrial. Em geral a sua

estimativa em medições em chão-de-fábrica não é realizada. Dentre os fatores que dificultam a aplicação do ISO GUM na indústria estão [24]:

- O método é recente se comparado aos métodos tradicionais;
- As normas de garantia da qualidade são lacônicas nos seus aspectos metrológicos e não há recomendação sobre o método de avaliação de IM;
- A apresentação da ISO GUM contribui para uma falsa impressão de que a norma é direcionada apenas para aplicações em laboratórios de referência ou para a pesquisa científica.

Pela abrangência do ISO GUM, que preconiza os fundamentos metodológicos para a expressão da IM independentemente da área metrológica de sua aplicação, houve a necessidade de desenvolver outros documentos complementares para especializar a aplicação dos preceitos conceituais do ISO GUM para áreas específicas. Dessa decisão derivam duas publicações especializadas para o setor de calibração:

- EA-4/02 – Expressão da Incerteza de Medição na Calibração. Objetiva harmonizar a expressão da IM na calibração, assim permitindo aos laboratórios emitirem certificados de calibração com credibilidade e facilitando aos organismos de acreditação estabelecerem a melhor capacidade de medição dos laboratórios que buscam a acreditação [57].
 - EA-4/02-S1 – Suplemento 1 ao EA-4/02: Expressão da Incerteza de Medição na Calibração – Exemplos. Foi desenvolvido para orientar os laboratórios de calibração na determinação da IM em diferentes áreas e especialidades da metrologia, objetivando promover o uso consistente dos procedimentos de calibração. Enquanto o documento básico possui o foco no laboratório e no organismo de acreditação, o suplemento foi desenvolvido com foco no cliente do laboratório, ou seja, no usuário da calibração [58].
- ISO 14253-1 – Regras de decisão para comprovação de conformidade com especificações [59].

Estabelece regras para provar a conformidade ou não-conformidade da característica especificada de uma peça ou SM com uma tolerância especificada (para peça/produto) ou erro máximo permitido (para SM) considerando a IM estimada na avaliação da conformidade (Figura 2.9). Aborda as situações nas quais não se pode provar conformidade ou não-conformidade com a tolerância especificada (peça/produto) ou erro máximo admissível especificado. A norma não é aplicada quando a inspeção é feita utilizando-se gabaritos do tipo passa-não passa [22][24][54].

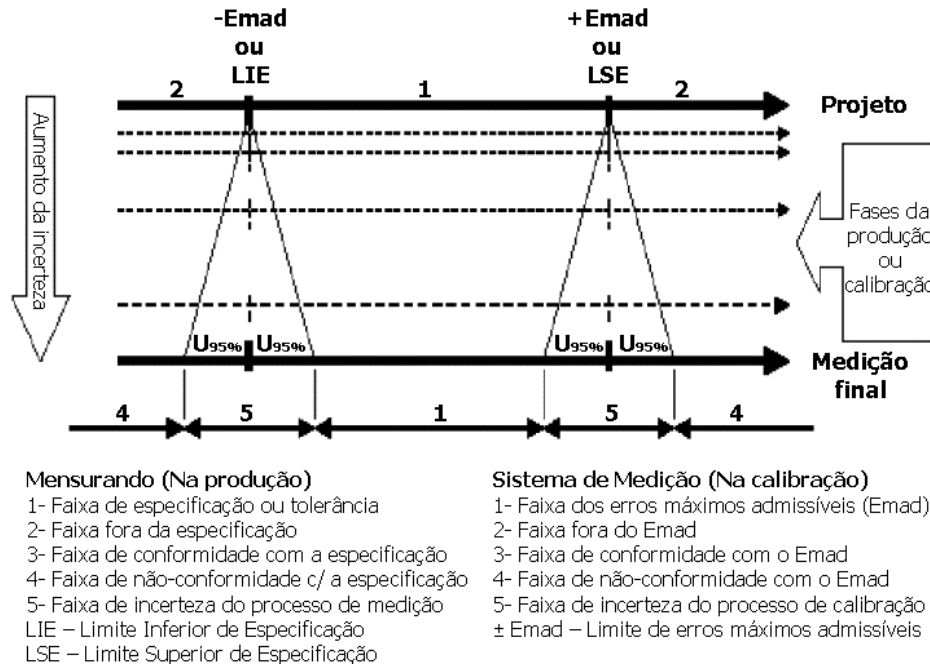


Figura 2.9 – Comprovação da conformidade com a especificação, segundo a norma ISO 14253-1 [59].

- ISO 14253-2 – Guia para avaliação de incerteza de medição, na calibração de sistema de medição e na verificação do produto [60].

Estabelece um método simplificado, um procedimento iterativo e uma forma de avaliar e determinar IM, de acordo com especificações existentes no ISO GUM. Geralmente utilizada pelas empresas devido à praticidade de aplicação e possuir uma rotina que tem como objetivo minimizar custos com atividades metrológicas. Esse método é chamado de método PUMA (Procedimento de Gerenciamento de Incerteza) e é baseado num processo iterativo de redução da incerteza de medição [22][24][54][61]. A Figura 2.10 ilustra o PUMA. Com relação às decisões inseridas na metodologia, pode-se destacar:

- Se $UE \leq UT$: Procedimento de medição tecnicamente adequado;
- Se $UE \ll UT$: Procedimento tecnicamente adequado, porém a um custo elevado;
- Se $UE > UT$: Procedimento de medição tecnicamente inadequado nessas condições;
- Onde UE é a incerteza estimada em cada iteração e UT é a incerteza alvo.

O PUMA foi elaborado para ser utilizado na estimativa da IM de [24][54]:

- Um resultado de uma medição (RM);
- Comparação entre dois ou mais RM;
- Comparação de RM e especificações, para comprovar a conformidade ou não-conformidade com uma especificação.

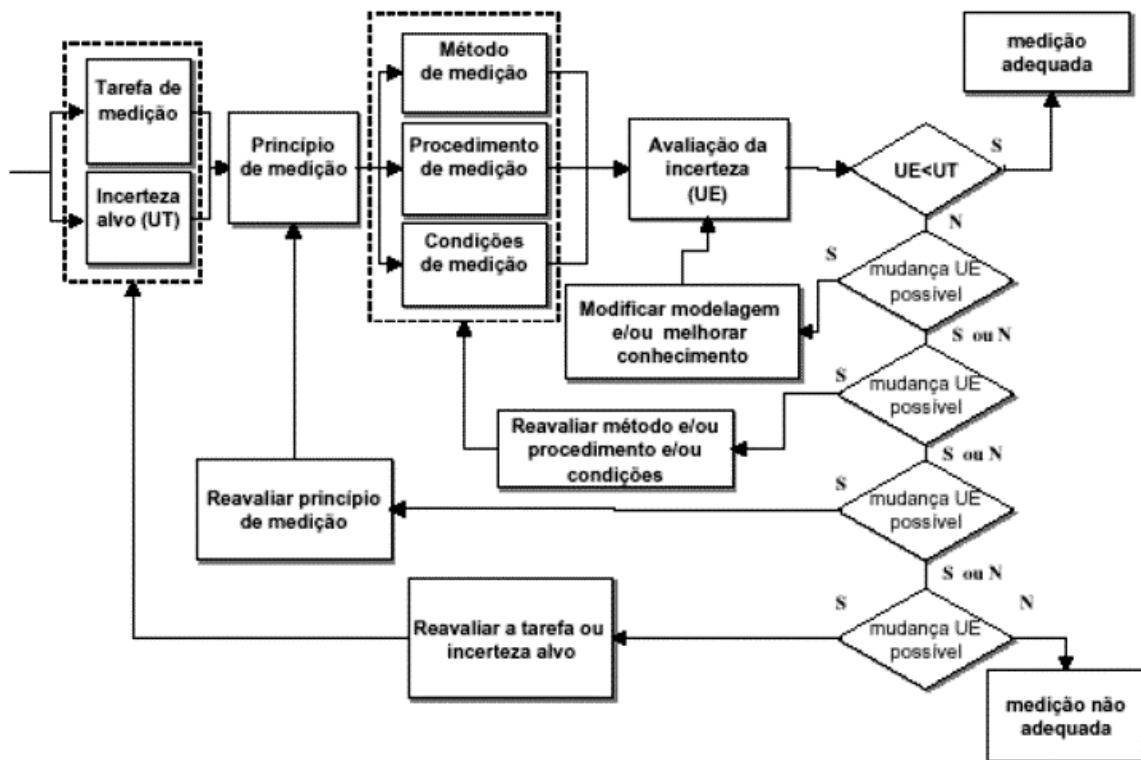


Figura 2.10 – Procedimento de gerenciamento de incertezas segundo ISO 14253-2 [60].

- NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração [62].

A Norma ISO/IEC 17025 surgiu da revisão do ISO/IEC Guia 25 [63]. É o principal documento de referência para a acreditação de laboratórios de ensaio e calibração, pois contém todos os requisitos que os laboratórios devem atender se desejam demonstrar que têm implementado um SQ e são tecnicamente competentes e capazes de produzir resultados válidos. Muitos trabalhos [15][26][27][29][30][64][65][66][67] têm sido publicados no sentido de contribuir com a interpretação dos requisitos gerenciais e técnicos, bem como desenvolver roteiros práticos que contribuem com a implementação da norma ou conversão de um Sistema da Qualidade laboratorial baseado no ISO/IEC Guia 25 [63] para os novos requisitos da ISO/IEC 17025. Percebe-se um consenso a respeito da contribuição desta norma para a garantia da credibilidade dos resultados das medições em todas as organizações que realizam ensaios e/ou calibrações, tanto em laboratórios de referência quanto em laboratórios em que o ensaio e/ou calibração são parte da inspeção e da certificação do produto.

- ISO/TS 16949 – Sistemas da Qualidade – Fornecedores Automotivos – Requisitos particulares para aplicação da ISO 9001:2000 [68][69].

Com o desenvolvimento da indústria automotiva, muitos fornecedores necessitam certificações baseadas em diferentes normas automotivas. Algumas organizações mantêm certificações ISO 9001, QS 9000, VDA 6.1 e EAQF. No final dos anos 90 tornou-se evidente a necessidade de uma norma automotiva harmonizada internacionalmente para os SQ dos fornecedores - a ISO/TS 16949. A ISO/TS 16949:2002 foi desenvolvida pela *International Automotive Task Force (IATF)*, formado por representantes dos países das principais montadoras mundiais (Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido, Itália, França), e pela *Japan Automobile Manufacturers Association Inc. (JAMA)*, com o suporte do comitê técnico da ISO, ISO/TC 176 - Gestão da qualidade e garantia da qualidade [68][69][70]. Segundo HEINLOTH [70], este documento tem a maioria dos requisitos da QS 9000, assim como a maioria dos requisitos das normas europeias. A meta desta especificação técnica é o desenvolvimento de SQ fundamentais para a melhoria contínua, enfatizando prevenção de defeitos e redução das variações e gargalos na cadeia de fornecimento. Enquanto a ISO 9001 é aplicável a qualquer organização, independente de setor ou tamanho, a TS 16949 é aplicável somente para fornecedores automotivos.

A certificação de acordo com esta TS (*Technical Specification*) é reconhecida por todas as montadoras pertencentes às respectivas associações nacionais de classe que estão representadas na IATF; a saber, ANFIA (italiana), IAOB (norte-americana), FIEV e CCFA (francesas), SMMT (do Reino Unido) e VDA/QMC (alemã). Evitam-se desta forma múltiplas auditorias de certificação, em face dos requisitos para um sistema de gestão da qualidade no ramo automotivo serem comuns a todas [69].

A análise dos processos de medição é prevista no item 7.6.1 da Norma e diz que os métodos analíticos e critérios de aceitação utilizados devem estar em conformidade com o exposto nos manuais de referência do cliente sobre análise dos PM [46][68][69].

2.3.4 Dificuldades com os requisitos metrológicos de sistemas da qualidade

No item 1.2 foram apresentados dados de estudos [24][25] que revelam os requisitos metrológicos são uma relevante fonte de dificuldades na certificação de SQ, conforme ilustra a Figura 1.2 e a Figura 1.3. Um destes estudos [24], feito em quinze empresas certificadas segundo a ISO 9000, analisou também quais as maiores dificuldades de caráter metrológico. O gráfico da Figura 2.11 apresenta os dados deste levantamento. Os dados apontam de forma contundente para o problema da falta de conhecimento básico em metrologia. São significativos também os números relativos à falta de cultura metrológica e dificuldades de interpretação dos requisitos metrológicos das normas.

De certa forma esses problemas estão fortemente relacionados entre si. Os indicadores apontam para a importância de programas de formação de recursos humanos (RH) em metrologia como catalisadores da cultura metrológica nas empresas, contribuindo para a redução das dificuldades de interpretação dos requisitos metrológicos citados nas normas de SQ. A questão da promoção da formação de RH no campo da metrologia e promoção da cultura metrológica é fortemente abordada em documentos como o PNM [1] e o Documento Básico do Programa RH-Metrologia [19].

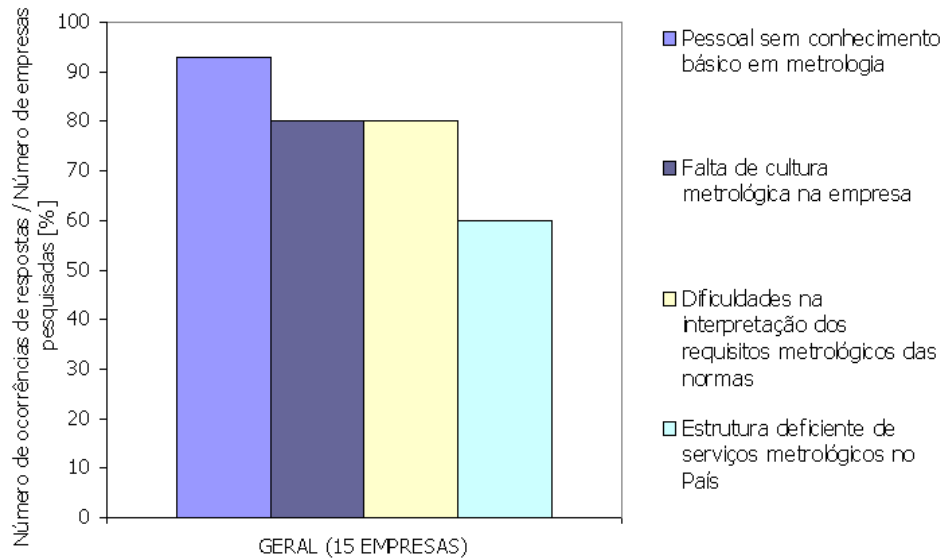


Figura 2.11 – Principais dificuldades de caráter metrológico encontradas durante a implementação das normas ISO 9000 [24].

No outro trabalho referenciado [25] os dados descrevem quais as principais dificuldades na implementação de um sistema eficiente de controle dos EIME (item 4.11 da ISO 9001:1994 equivalente ao item 7.6 da ISO 9001:2000) compatibilizados com os níveis exigidos pelo processo produtivo (Figura 2.12). Percebe-se que a metrologia constitui-se em uma espécie de “gargalo” para a certificação e há carências relacionadas ao domínio do conhecimento metrológico e ao acesso das empresas a serviços de laboratórios acreditados.

Nas Pequenas e Médias Empresas (PME) os problemas para estruturar um SQ têm potencialmente ainda maior envergadura, devido a uma série de fatores [64]:

- Escassos recursos disponíveis;
- Maior dificuldade para entender e aplicar as normas;
- Maior incidência dos custos associados à implementação e manutenção de um SQ;
- Peculiaridades da cultura dominante na empresa.

Questão: Quais são/foram as principais dificuldades, no seu entendimento, para sua empresa na implementação de um sistema eficiente de controle de equipamentos de inspeção, medição e ensaios compatibilizados com os níveis de incerteza exigidos pelo seu processo produtivo?		
1º	Cálculo das incertezas das medições	16,6%
2º	Disponibilidade dos serviços	12,7%
3º	Prazos	10,8%
4º	Informações sobre laboratórios credenciados	9,8%
5º	Rastreabilidade dos seus padrões	8,8%
6º	Preços	7,8%
7º	Falta de orientação geral	7,8%
8º	Métodos padronizados	5,9%
9º	Qualidade dos serviços	5,0%
10º	Outros	4,9%
11º	Falta de cursos de treinamento	4,0%
12º	Métodos validados	2,9%
13º	Operadores habilitados	2,0%
14º	Falta de consultorias	1,0%

Figura 2.12 – Limitações relacionadas com metrologia para a certificação ISO 9000 [25].

Por outro lado, as PME têm a particularidade de maior flexibilidade e agilidade nas respostas o que facilita o desenvolvimento de um SQ. De qualquer forma, para assegurar a qualidade dos produtos é necessário garantir a qualidade das medições, o que sugere que o desenvolvimento do requisito 4.11 da ISO 9001:1994 (7.6 na ISO 9001:2000) tem que ser eficiente. No entanto na maioria das PME não existe um departamento ou área especializada no controle de instrumentos, por isso é recomendável antes de tudo desenvolver o pessoal responsável pelos EIME (ou DMM segundo ISO 9001:2000) através de uma capacitação específica, focada nos fundamentos da metrologia e nas técnicas estatísticas necessárias para quantificação de incertezas. Com isso, as PME assumem certa autonomia com relação aos serviços externos de calibração, reduzindo custos na aplicação de um plano geral de atividades vinculadas aos EIME [64].

Destaca-se o fato de que entre as causas de maior incidência nas não-conformidades em certificações de SQ estão os aspectos metrológicos [21][31]. São muitas as atividades metrológicas exigidas pelas normas de SQ (Figura 2.13). Em geral, essas atividades metrológicas estão associadas ao Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM), o que demonstra a importância de sistemáticas eficazes serem implementadas para suprir essas necessidades. Dentre essas tarefas estão atividades metrológicas rotineiras.

As dificuldades de solucionar os problemas metrológicos e a tendência de terceirização de parte dessas atividades têm induzido demandas para centros metrológicos. Alguns aspectos indutores dessa demanda [26]:

- As empresas são forçadas a se capacitarem tecnicamente para selecionar seus fornecedores de serviços metrológicos;
- Necessidade de identificar os processos de medição e inspeção (PM) críticos, solucionando-os com confiabilidade metrológica satisfatória;

ISO 9001

QS 9000

VDA 6.1

ISO/TS 16949

Outros
sistemas**FATO**

Grande incidência de não conformidades estão relacionadas com aspectos metrológicos:



- Seleção dos sistemas de medição / inspeção;
- Capacitação de recursos humanos;
- Estabelecimento da capacidade dos sistemas de medição;
- Estimativa da incerteza das medições;
- Gestão dos sistemas de medição;
- Garantia de rastreabilidade;
- Frequência de calibração;
- Calibrações inválidas;
- ...

Importância de um sistema de gerenciamento de sistemas de medição (GSM)

Figura 2.13 – Exigências dos Sistemas da Qualidade. Adaptado de [21].

- Capacitação dos RH envolvidos com as atividades metrológicas para as suas novas funções: estruturação de PM e ensaios, seleção de SM, avaliação de incertezas, e outras.

Por outro lado a oferta de serviços adquire características resultantes das crescentes exigências impostas às indústrias [26]:

- Os centros metrológicos precisam comprovar formalmente a competência técnica, sendo a acreditação a melhor alternativa;
- Alta produtividade como meio de formação de preços mais competitivos, sem que para isso precise comprometer a confiabilidade dos resultados e a auto-sustentabilidade do laboratório;
- Agilidade e flexibilidade no atendimento das demandas, tendendo a personalização, com prazos reduzidos para a execução dos serviços.

A caracterização da demanda industrial por metrologia configura um quadro de grandes desafios impostos aos ofertantes de soluções metrológicas. Aqueles laboratórios (UPSM) capacitados a prover essas soluções com as características exigidas, têm diante de si grandes oportunidades de negócios sob diferentes formas de atuação. Algumas dessas oportunidades de prestação de serviços são:

- Calibração;
- Medição;
- Manutenção e ajustes de máquinas e SM;

- Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM);
- Assessoramento técnico visando o atendimento dos requisitos metrológicos dos SQ e outras normas;
- Assessoramento para a melhoria da confiabilidade metrológica e/ou melhoria do controle de processos industriais;
- Capacitação de RH;
- Desenvolvimento de produtos (projeto, fabricação e implantação de instrumentos) voltados à solução de problemas de medição/inspeção.

2.4 A PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE METROLOGIA

A busca das empresas pela certificação dos seus SQ tem funcionado como um indutor do desenvolvimento da metrologia nacional. Os problemas enfrentados pela indústria têm conduzido as empresas em direção aos centros tecnológicos que desenvolveram competências em metrologia para atender as demandas. No entanto a oferta dos serviços metrológicos tem suas limitações e é isso que se deseja explorar nesse item.

2.4.1 Caracterização do problema da prestação de serviços

Os problemas considerados no âmbito deste trabalho podem ser sintetizados como:

- Fluxo desordenado de informações no ambiente industrial e na interface entre indústria e centro metrológico;
- Logística de deslocamentos de pessoal dos laboratórios para assistência industrial é cara e complexa;
- Exigências de agilidade na prestação de serviços (disponibilidade imediata);
- Necessidade de prover assistência à capacitação do pessoal que atua em atividades metrológicas nas empresas (RH com conhecimento deficiente);
- Necessidade de prover assistência às empresas para redução dos custos da não-conformidade decorrentes de decisões metrológicas errôneas ou deficientes;
- Existem centros metrológicos altamente capacitados para prestar assistência industrial, no entanto esta capacidade é subutilizada e enfrenta problemas de sazonalidade na demanda de seus produtos/serviços;
- Em geral, o conhecimento metrológico desenvolvido nos centros metrológicos é pouco difundido ou não atinge eficientemente o público alvo ligado ao setor empresarial, que trata as informações muitas vezes de forma incompleta;
- As oportunidades no mercado para inserção de serviços remotos não são conhecidas;

- Em algumas atividades metrológicas tem-se o domínio da técnica, mas não se tem o domínio da aplicação.

As empresas na busca de atender os requisitos metrológicos têm visto a opção da terceirização como uma alternativa atrativa, devido ao crescimento do número de centros metrológicos que têm oferecido serviços a preços e prazos minimizados. Existem dois aspectos que precisam ser alertados nesse processo de decisão pela terceirização:

- A escolha do centro metrológico tem que ser feita baseada na comprovação da competência técnica do laboratório – requisito básico. Os requisitos preço e prazo são igualmente importantes, mas não podem ser critérios dissociados da competência técnica [23][26];
- Mesmo optando pela terceirização dos serviços, sempre existirão questões técnicas sob responsabilidade da empresa e, portanto, a empresa não pode se descuidar de garantir uma competência mínima. A empresa não fica isenta de responsabilidades técnicas ao optar pela terceirização, necessitando ter pessoal especializado para realizar o controle rotineiro das tarefas metrológicas [29].

O crescimento do reconhecimento da qualidade como um requisito para o sucesso tem produzido um consenso de que essa qualidade não pode ser conseguida sem controle rigoroso e medições confiáveis. Nos países em desenvolvimento, grande parte dos SM e equipamentos para propósitos científicos e tecnológicos é importada. Muitas vezes a aquisição é feita sem critérios confiáveis. Um problema que ocorre periodicamente nesses países é a deficiência de serviços de manutenção desses equipamentos. Em geral soluções para estes problemas são caras e demoradas. Problemas como estes ilustram um quadro complexo de carências que sugerem a necessidade de desenvolvimento de alternativas de serviços de suporte com características tecnicamente confiáveis e economicamente viáveis para os usuários de SM e instrumentação em geral [71].

2.4.2 A qualidade em serviços

A avaliação da “qualidade em serviços” depende do nível de aperfeiçoamento da relação estabelecida com o cliente. Faz-se necessário saber reconhecer e diferenciar a qualidade requerida pelos clientes, a qualidade planejada pela administração e a qualidade oferecida pelos empregados. As empresas objetivam manter estes três enfoques o mais próximos possível. A qualidade em serviços percebida pelo cliente, pode ser representada por uma separação entre o esperado e o percebido [72][73][74].

Numa abordagem específica para centros metrológicos, algumas características, que numa primeira impressão parecem óbvias, mas que na prática se constituem em grandes

desafios, são: rapidez no atendimento; prazos curtos de entrega dos serviços; flexibilidade na execução (capacidade de se adequar a mudanças durante o serviço); redução de custos do serviço tanto quanto possível sem prejuízo da qualidade; retorno de informações úteis para a solução de problemas do cliente.

Num ambiente de grande competição, como é o que se apresenta para os centros metrológicos, sobrevive aquele que apresentar maiores vantagens competitivas. A diferenciação entre os competidores passa pela avaliação de critérios competitivos tais como:

- Disponibilidade de informação útil;
- Definição de diagnóstico e solução do problema;
- Acompanhamento e comunicação de dados;
- Qualidade dentro do processo: tempo de resposta ágil, capacidade de reação frente a novos desafios, treinamento de pessoal e formação de *know-how*;
- Qualidade na interação: confiabilidade, pontualidade e informações precisas;
- Qualidade dos resultados: conformidade com as expectativas do cliente;
- Acompanhamento de resultados que podem induzir novos serviços e assessorias.

No item 1.4 foi comentado que a TI pode ser considerada uma importante estratégia para a consolidação de vantagens competitivas. No contexto do presente trabalho, com objetivo de tornar mais evidente algumas expectativas relacionadas à prestação de serviços de metrologia, algumas idéias foram levantadas e são apresentadas na Figura 2.14.

2.5 REFLEXÃO SOBRE OPORTUNIDADES DE SERVIÇOS METROLÓGICOS NO AMBIENTE INDUSTRIAL

Ao se analisar o processo de desenvolvimento de um produto é natural que se deseje que todas as ações, dentro de suas características e limitações, contribuam para a produção de um produto que idealmente seja perfeito, sem defeitos, com garantia da qualidade. Tem sido demonstrado que a visão tradicional de testar a confiabilidade de um produto quando ele está pronto é anti-econômica. É possível pensar na confiabilidade de um produto desde as fases iniciais do seu desenvolvimento, com auxílio de metrologia adequada, com atenção reforçada nos ensaios. A confiabilidade dá-se ao longo do ciclo de vida de um produto, principalmente nas fases iniciais. Além disso, é fundamental conhecer os diferentes aspectos metrológicos, aplicados aos ensaios para desenvolvimento de produtos, incluindo a identificação das principais incertezas envolvidas [75].

Informação eletrônica

- Feira virtual de metrologia;
- Banco de dados: serviços, instrumentos, fornecedores, clientes, agendamento de serviços, transporte, órgãos certificadores, currículos, empregos, outros;
- Fórum de discussões, *chat* do LASAR;
- Perguntas e respostas mais frequentes em metrologia (FAQs);
- *Links* para outros *sites*;
- Orientações na área de metrologia, divulgação da metrologia, regulamentação, notícias;
- Portal de informações de técnicas de medição e calibração, simulações de calibrações, exemplos de calibrações, estratégia de medição;
- *Link* para *site* do SEBRAE-TIB;
- Acesso a informações sobre uma tecnologia, por exemplo: medição de forma;
- Rastreabilidade dos padrões do centro metrológico.

Auto.serviço

- Banco de dados: serviços, instrumentos, fornecedores, clientes, para programação e agendamento de serviços, fornecedores de transporte, órgãos certificadores, currículos, empregos, outros;
- Portal de informações de técnicas de medição e calibração, simulações de calibrações, exemplos de calibrações que podem ser feitas, estratégia de medição;
- Proposta comercial;
- Pesquisa de satisfação: enviar formulário de pesquisa de satisfação junto com o produto calibrado;
- Rastreabilidade dos padrões do centro metrológico.

Transação

- Ensino a distância/Consultoria: oferta de cursos e formação de RH na área;
- Consulta do cliente sobre o andamento do serviço;
- Proposta comercial e entrega de certificados;
- Aproximação entre cliente/provedor para assuntos de medição de peças diversas, através de vídeo-conferência;
- Simulação de capacidade do processo de medição de acordo com especificações;
- Geração de projetos: Avaliação de processo, análise de tolerâncias, outros;
- Concorrência virtual: Licitações, leilão;
- Calibração via *Internet*;
- *Leasing* de equipamentos;
- Monitoramento de equipamentos por *Internet*;
- Instrumento de certificação de pessoal através de um "Prêmio", com respaldo de organização conceituada.

Estrutura de atendimento

- Gerar o perfil do usuário do *site* através do monitoramento do acesso (vender este banco de dados para empresas);
 - Pesquisa de satisfação: enviar formulário de pesquisa de satisfação junto com o produto calibrado;
 - Cadastrar o *site* em vários instrumentos de busca, colocar o *site* sempre em evidência;
 - Redirecionamento de serviços: parceria de serviços, calibrações, manutenção, ensaios, testes;
 - Manual da Qualidade em *Intranet*, atualização do sistema da qualidade;
 - Acesso internacional.
-

Figura 2.14 – O que um “Provedor de Serviços Metrológicos” pode disponibilizar através de uma solução de *e-business*?

Não resta dúvida que as tarefas de medição, inspeção e ensaios exigem um domínio do conhecimento associado, nem sempre de tão fácil acesso. Esse conhecimento muitas vezes envolve métodos relativamente complexos, sistemas e meios auxiliares de medição diversificados, tratamento de dados não convencionais.

A Figura 2.15 demonstra a presença das técnicas de medição, inspeções e ensaios em diversas áreas tradicionais da indústria que são responsáveis pelo ciclo de vida do produto. A presença da metrologia nessas áreas vitais da empresa representa uma parcela significativa de oportunidades percebidas para os centros metrológicos competentes. Dentre estas oportunidades se inserem sistemáticas de:

Indústria



Figura 2.15 – Metrologia na empresa e oportunidades para prestadores de serviços.

- Apoio ao processo de especificação de tolerâncias;
- Apoio ao planejamento da inspeção, desde a correta definição das características a inspecionar envolvendo a documentação do plano, evitando tarefas desnecessárias;
- Orientação à utilização dos resultados de inspeções, nos diferentes ciclos de realimentação (máquina, processo de produção, projeto – ver Figura 2.4);
- Gestão dos instrumentos (GSM), desde a seleção de SM críticos, definição das características adequadas às necessidades, até a aquisição e operacionalização;
- Orientação à correta expressão do resultado de uma medição, dado básico para a quantificação, tratamento e intercâmbio de informações técnicas de todo tipo;
- Orientação à interpretação, uniformização e disseminação de uma terminologia adequada;
- Treinamento em Metrologia e Estatística, e outras áreas afins;
- Calibração de padrões, máquinas, instrumentos e dispositivos de medição de indústrias, de laboratórios de ensaio e de pequenos prestadores de serviços de calibração e manutenção de instrumentos de medição;
- Apoio ao cálculo e avaliação dos erros de medição, o estudo de suas causas, a previsão de seus efeitos, a calibração e a correção dos erros dos SM;
- Medição de ferramentas, dispositivos, componentes de máquinas e peças em geral;
- Assessoramento técnico para empresas atenderem aos requisitos metrologicos de normas de SQ e normas de testes e ensaios de matérias-primas e produtos;

- Assessoramento para a melhoria da confiabilidade metrológica e/ou otimização do controle de processos industriais, cuja motivação para o cliente contratar é a redução de custos de produção como resultado final. Este é um serviço de alto valor agregado para o cliente, com potencial de ótima lucratividade para o laboratório.

A compreensão desses temas contribui para melhorar o aproveitamento dos recursos produtivos, para evitar trabalhos redundantes, para melhorar a definição dos métodos de produção e para a geração de produtos com qualidade adequada, sem defeitos nem excessos. Além disso, seguramente contribuem para coordenar a comunicação entre áreas de projeto, produção, inspeção e medição.

Portanto, conforme já comentado anteriormente, os centros metrológicos precisam demonstrar competência técnica e oferecer preços e prazos suficientemente competitivos se quiserem se candidatar à exploração desse mercado.

Embora a acreditação não seja concedida para atividades de natureza subjetiva ou interpretativa, como por exemplo, consultoria ou investigação de falhas, não há dúvidas que a acreditação deve conduzir o centro metrológico a adequar seus processos administrativos e técnicos, compondo um SQ laboratorial coerente e eficaz.

Além de desenvolver uma correta percepção das oportunidades/necessidades do mercado para prestação de serviços em metrologia, é importante que os centros metrológicos desenvolvam um eficiente sistema de monitoramento da satisfação dos clientes dos serviços metrológicos, pois disso depende a detecção precoce de fatores que possam diminuir a contratação de serviços. Uma das maneiras de fazer um monitoramento adequado é através da aplicação sistêmica de uma ferramenta estruturada que avalia a satisfação de clientes e forneça subsídios para implementação de melhorias a partir da qualidade percebida pelos clientes, caracterizando um processo de evolução e agregação de valor. A partir dos resultados da implementação desse instrumento, são analisados indicadores representativos de fatores de satisfação, insatisfação e sugestões para aumentar a satisfação. Um exemplo de sistema desse tipo é utilizado na Fundação CERTI, o Sistema de Avaliação da Satisfação dos Clientes (SASC-Serviços) [76][77].

Os indicadores de um sistema estruturado de monitoramento da satisfação dos clientes podem ser utilizados para alimentar o projeto conceitual de um “provedor de soluções metrológicas” como o LASAR-AMI. Um estudo foi feito utilizando a ferramenta de QFD aplicado à especificação de características para serviços de calibração[31][78]. O gráfico da Figura 2.16, resultante desse estudo, ilustra como é possível expandir a análise dos indicadores de satisfação dos clientes. Esses resultados devem orientar as estratégias de priorização de ações e configuração de características do produto/serviço do LASAR-AMI.

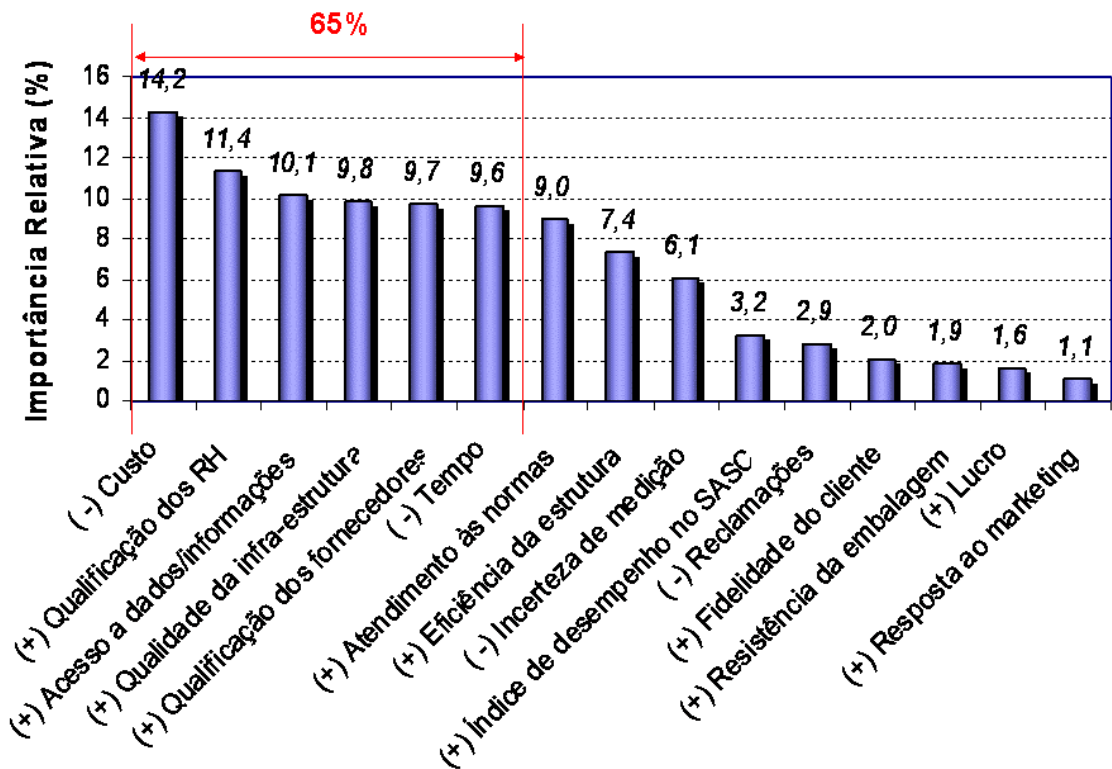


Figura 2.16 – Classificação dos requisitos de projeto pela importância relativa, no projeto conceitual de um novo sistema de prestação de serviços [31].

As demandas de serviços para os centros metrológicos, geradas, em grande parte, pela evolução dos sistemas de certificação de produtos e de SQ de empresas e acreditação de laboratórios, motivam ações de planejamento e adequações dos laboratórios, como, por exemplo, as relatadas em [79] e [80]. As alterações das normas que orientam estes processos de certificação e acreditação exigem adaptações das organizações envolvidas e isso induz uma expressiva demanda adicional para os centros metrológicos, pois esse processo atinge cadeias inteiras de produção envolvendo grande quantidade de empresas, as quais sofrem com as dificuldades inerentes e/ou falta de pessoal interno.

Estas demandas criam oportunidades adicionais de negócios, tais como [26]:

- Identificação de necessidades de clientes e de sua cadeia de fornecedores, podendo auxiliá-los na melhoria da eficiência e eficácia das suas atividades metrológicas;
- Realização de auditorias nos procedimentos de calibração, medição e inspeção dos fornecedores dos clientes, visando avaliar a conformidade para certificação;
- Assessoramento técnico para apoiar as empresas na superação de barreiras técnicas para exportação, nos aspectos relacionados à metrologia.

Não resta dúvida que a prestação de serviços em metrologia exige dos centros metrológicos o enfrentamento do desafio de operar segundo uma nova forma de gestão com

a visão voltada ao atendimento eficiente aos crescentes requisitos dos clientes, com prazos e preços adequados e competitivos. Nesse sentido, um modelo de gestão que considere de forma integrada os aspectos técnicos, administrativos e econômicos na execução de cada processo, contribui significativamente com o processo de busca da auto-sustentabilidade associada a um elevado nível tecnológico e saúde financeira.

Conforme exposto no item 1.4 o desenvolvimento de uma nova sistemática de AMI passa pelo entendimento profundo do panorama associado à totalidade de funções e serviços que um centro metrológico deve prover em termos de demandas metrológicas, por conseguinte o modelo de gestão adotado é pré-requisito para o sucesso dessa sistemática.

Reforça-se o propósito de prover valor adicional aos clientes através da aplicação de novas tecnologias, novas maneiras de realizar tarefas e adoção de novos paradigmas, sem descuidar de características que garantem aplicabilidade, flexibilidade e simplicidade. Essas características estão fortemente relacionadas com as expectativas dos usuários para que a nova sistemática contribua fortemente para a melhoria dos processos nas empresas.

Destaca-se no desenho da interação desejada a postura do “ganha-ganha”. Ganha o centro metrológico com a conquista de mais clientes, maior competitividade e maiores lucros por conta do crescimento da produtividade. Ganha a empresa por ter disponíveis soluções metrológicas a custos compatíveis. Obviamente esta situação idealizada é projetada com a adoção de um novo conceito de gestão do centro metrológico e suas relações com o mercado, o conceito LASAR – Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos. Esse novo conceito constitui-se em um “pano de fundo” para a inserção de novas sistemáticas de Assistência Metrológica Industrial - AMI, ou seja, introduz uma nova configuração aos negócios do centro metrológico para que sejam disponibilizados os novos serviços.

CAPÍTULO 3

LASAR - INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL

Para o desenvolvimento de uma nova sistemática de Assistência Metrológica Industrial (AMI) que seja eficaz na solução de problemas da prática metrológica no chão-de-fábrica, é necessário estruturar o desenvolvimento da solução de forma coerente. Este capítulo apresenta o desenvolvimento conceitual da sistemática e sua organização modular. Adicionalmente faz-se uma abordagem de sistemas similares de AMI, incluindo experiências que lançam mão de alguns recursos de tecnologia da informação (TI), e outras apresentadas na forma de *software*.

Para o desenvolvimento da nova sistemática de trabalho é imprescindível o acompanhamento de serviços e rotinas de trabalho em um centro metrológico que disponibilize à sociedade empresarial um conjunto de competências, e que possua uma imagem institucional associada à qualidade na solução de problemas tecnológicos e capacitação técnica dos recursos humanos. Tais características são encontradas na Fundação CERTI e no LABMETRO, que apresentam grande potencial de concretizar o conceito de Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remoto – LASAR, que é o ambiente dentro do qual a nova sistemática de AMI deverá ser disponibilizada.

3.1 CONCEPÇÃO DE UMA ESTRUTURA DE FUNÇÕES PARA A SISTEMÁTICA DE ASSISTÊNCIA METROLÓGICA INDUSTRIAL

No item 2.5 foi abordada a utilização de indicadores de um sistema estruturado de monitoramento da satisfação dos clientes (SASC) para alimentar o projeto conceitual de um “provedor de soluções metrológicas” como o sistema de AMI do LASAR. Um estudo foi feito utilizando QFD aplicado à especificação de características para serviços metrológicos [31]. O gráfico da Figura 2.16, resultante desse estudo, ilustrou os resultados dessa análise que orientaram as estratégias de priorização de ações e configuração de funções da sistemática de AMI do LASAR (LASAR-AMI), que será abordado no presente item.

As expectativas demonstradas pelos usuários de serviços metrológicos (item 2.5) e exigências das tradicionais normas de SQ (item 2.3), permitem estruturar um diagrama que demonstre as diversas funções a serem desempenhadas pelo LASAR-AMI. Para isso, utilizou-se como ferramenta a Técnica de Análise Funcional de Sistemas – FAST [81].

Na Figura 3.1 a função global é declarada para o sistema de AMI e, a partir dela, as cinco funções parciais são definidas em um primeiro nível de abstração da funcionalidade do sistema. Cada uma das funções parciais de primeiro nível é desdobrada em outros níveis até as funções elementares. A função global "Gerenciar Requisitos Metrológicos do SQ" manifesta a intenção de prover às empresas um conjunto de soluções metrológicas que atendam às demandas associadas aos sistemas da qualidade das empresas. Os requisitos metrológicos exigidos sintetizam as funções que precisam ser providas e que de maneira geral atendem uma grande parte das necessidades metrológicas das empresas, mesmo aquelas que não adotam a certificação de SQ como uma estratégia.

Cada uma das funções parciais de 1º nível é desdobrada em outros níveis até as funções elementares. A Figura 3.1 apresenta esse desdobramento para as cinco funções parciais do LASAR-AMI. Algumas das funções parciais, apesar de se constituírem em elementos técnicos importantes para as tomadas de decisões, não foram desdobradas em níveis mais aprofundados de detalhamento quando da construção do FAST. Isso ocorre ou porque não representam a ênfase do tema da tese ou porque são abordados em outros trabalhos associados ao LASAR-AMI, os quais são referenciados no item 3.5.

A função parcial "Gerenciar Sistemas de Medição" (GSM) assume um tratamento especial dentro da estrutura de funções por representar a sistematização dos processos para realizar as atividades de medição/inspeção e controlar as condições dos SM. Através dessa função pretende-se cobrir as principais atividades metrológicas requeridas pelas normas de SQ, e será abordado com mais detalhes no Capítulo 4. As funções parciais e elementares do GSM também estão ilustradas no diagrama FAST da Figura 3.1.

O diagrama FAST desenvolvido demonstra as funções com um bom nível de abstração, no entanto não houve a preocupação em demonstrar as interfaces com outros sistemas técnicos e o fluxo de material e informação entre as funções com as interligações entre entradas e saídas das funções. Esse é o grande desafio de desenvolvimento dos métodos e integração dos mesmos, compondo um sistema homogêneo, flexível e de fácil operação. Os indicativos de relacionamento entre essas funções são apresentados no Capítulo 4.

Através da aplicação de uma técnica de avaliação numérica de relações funcionais, conhecido como Método de Mudge [81], fez-se um trabalho de priorização das funções elementares [31]. O método orienta a construção de um diagrama (Figura 3.2) em que as funções são comparadas duas a duas para definir-se qual é a mais importante e em que grau de importância. A definição das importâncias, ainda que subjetivas, busca referência nos mesmos estudos de aplicação de QFD para serviços metrológicos (item 2.5).

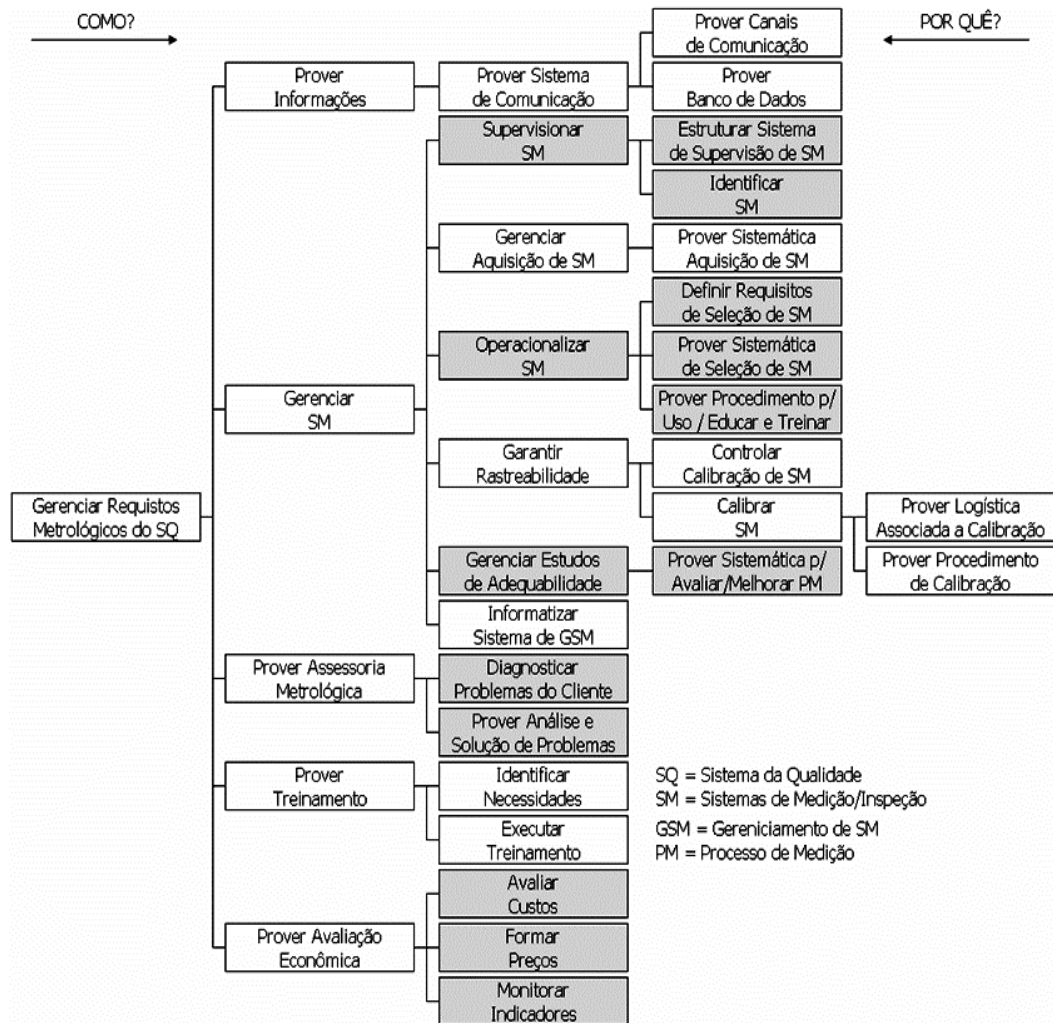


Figura 3.1 – Desdobramento da função global do LASAR-AMI [31].

Nas três últimas colunas do diagrama de Mudge fica, respectivamente, a soma dos pontos obtidos por cada função, a percentagem de pontos que corresponde à necessidade relativa de cada função e a classificação das funções por ordem de importância. Essa classificação orienta quais funções devem ser detalhadas prioritariamente.

A partir da análise do diagrama de Mudge concluiu-se pelo desenvolvimento dos seguintes sistemas com metas de atendimento das funções de maior prioridade [31]:

- Gerenciamento informatizado de sistemas de medição/inspeção, incluindo estudos de avaliação e melhoria de processos de medição, administração e controle da rastreabilidade dos sistemas de medição/inspeção;
- Melhoria da confiabilidade metrológica como um meio informatizado de educação e de apoio à análise e solução de problemas da metrologia industrial;
- Avaliação de custos relativos à atividade metrológica.

Funções	Prover Banco de Dados	Estruturar Sistema de Supervisão de SM	Identificar SM	Prover Sistemática de Aquisição de SM	Definir Requisitos de Seleção de SM	Prover Sistemática de Seleção de SM	Prover Proced. Uso / Educar e Treinar	Controlar Calibração de SM	Prover Logística para Calibração	Prover Proced. de Calibração	Prover Sist. p/ Avaliar/Melhorar PM	Informatizar o Sistema de GSM	Diagnosticar Problemas Cliente	Prover Análise e Solução Problemas	Identificar Necessidades Treinamento	Executar Treinamento	Avaliar Custos	Formar Preços	Monitorar Indicadores Econômicos	Soma	Percentual	Classificação	
	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T				
Prover Canais de Comunicação	A	B1	A2	A2	A1	F1	G1	H1	I1	J1	K2	L2	M1	A3	A1	A2	Q2	R2	A3	A2	16	6,1	8
		B	B2	B2	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	B1	M1	B3	B1	B3	Q1	B1	B1	B1	23	8,7	3
			C	C1	C1	F2	G2	H2	C2	C1	K2	L2	M1	C1	C1	C1	Q1	R1	C1	C1	10	3,8	13
				D	E2	F2	G2	H1	I1	D1	K2	L2	M2	D1	O1	P1	Q2	R2	S1	T1	2	0,8	17
					E	F1	G1	E1	I1	E2	K2	L2	M1	E1	O1	E1	Q2	R1	E1	E1	9	3,4	14
						F	F1	F1	I1	F1	K1	L1	M1	F1	O1	P1	Q1	R1	F1	F1	12	4,5	10
							G	G1	I2	G1	K1	L1	M1	G2	O1	P1	Q1	R1	G1	G1	12	4,5	10
								H	I3	H1	H1	L2	M1	N1	O2	P1	Q2	R2	H1	H1	8	3,0	15
									I	I3	I1	I1	I2	I3	I1	I2	I1	I1	I3	I3	30	11,4	1
										J	K1	L2	M2	N1	O3	P1	Q2	R2	S1	J1	2	0,8	17
											K	L1	M1	K1	O2	P1	Q1	R1	K1	K1	14	5,3	9
												L	L2	L3	1	L1	L1	R1	L2	L3	27	10,2	2
													M	M2	O1	P1	Q1	R1	M2	M1	17	6,4	7
														N	O2	P1	Q1	R2	N1	N1	4	1,5	16
															O	O1	O1	O1	O2	O2	22	8,3	4
																P	P1	R1	P1	P1	11	4,2	12
																	Q	R1	Q1	Q1	19	7,2	6
																		R	R2	R1	22	8,3	4
																			S	T1	2	0,8	17
																				T	2	0,8	17
																					Total	264	100

Figura 3.2 – Exemplo da aplicação do método de priorização das funções elementares do LASAR-AMI [31].

3.2 ANÁLISE DE SISTEMAS SIMILARES COM FUNÇÕES DE AMI

Antes de apresentar os módulos que devem, segundo os critérios da pesquisa, configurar o sistema de AMI a ser inserido no LASAR, deseja-se relatar uma síntese de experiências com funções similares ao que está sendo proposto. A análise dessas experiências serve para comparar, mesmo que de maneira superficial, o que hoje já se realiza no campo da assistência metrológica com o que se pretende disponibilizar a partir da implementação e consolidação dos métodos e ferramentas do LASAR-AMI. Poderia-se estender essa análise com outros exemplos de iniciativas existentes no mercado, no entanto entendeu-se que esta amostragem traz um quadro suficientemente diversificado para avaliar

experiências similares. Com a finalidade de simplificar uma observação comparativa entre as várias experiências apresentadas, uma sistematização dos dados é apresentada no quadro da Figura 3.3.

3.2.1 O MEASUREnet–gov e o SIMnet

Desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* – NIST (Estados Unidos), o MEASUREnet-gov [82] é uma rede de computadores usando a *Internet* e *softwares* que habilitam conferências multipontos e compartilhamento de dados. O sistema é basicamente uma rede de computadores que integra laboratórios governamentais de medição usando a *Internet*. Esse modelo de integração de laboratórios motivou o NIST, juntamente com o *Inter American Metrology System* – SIM, a desenvolver um programa similar chamado SIMnet [83], o qual reúne o NIST e onze outros laboratórios nacionais de metrologia de países membros da Organização dos Estados Americanos – OEA. O SIMnet provê serviços de videoconferência através da *Internet*. Somadas às capacidades de áudio e vídeo, o sistema provê muitas outras aplicações tais como *whiteboard*, *chat*, transferência de arquivos e compartilhamento de dados. O sistema SIMnet foi desenvolvido inicialmente para atender necessidades de colaboração em tempo-real de metrologistas envolvidos em esforços de comparação interlaboratorial de nações membros da OEA.

3.2.2 O *National Measurement Partnership* - NMP

Desenvolvido pelo *National Physical Laboratory* – NPL (Reino Unido), o programa NMP [84] é uma iniciativa que visa o desenvolvimento da infra-estrutura organizacional do Sistema Nacional de Medições do Reino Unido. Os objetivos envolvem o aumento da aceitação das calibrações no Reino Unido, melhoria da base de conhecimento qualificado e melhoria do acesso de usuários ao conhecimento especializado (*experts*) em metrologia.

Entre as ações para alcançar os objetivos propostos pelo programa está o estabelecimento de uma rede de laboratórios de calibração acreditados pelo *United Kingdom Accreditation Service* – UKAS e um serviço de suporte para esclarecimentos de dúvidas *on-line* (chamado de *helpline*) que disponibiliza canais de contato com especialistas do NPL.

Produto	Organização	Funções técnicas	Acesso remoto	Nível de integração c/ usuário	Flexibilidade às necessidades do usuário	Segmento de usuários
MEASUREnet [82]	NIST (USA)	Treinamento, Assessoria, Vídeo conferência, Compartilhamento de dados, Validação de procedimentos.	Sim (Web)	Média, Há compartilhamento de dados.	Média, O tratamento aparentemente é padronizado.	Rede de laboratórios estatais de pesos e medidas.
SIMnet [83]	NIST (USA) SIM (OEA)	Treinamento, Assessoria, Vídeo conferência, Compartilhamento de dados, Comparação interlaboratorial.	Sim (Web)	Média, Há compartilhamento de dados.	Média, O tratamento aparentemente é padronizado.	Laboratórios nacionais de metrologia de nações que integram o SIM.
NMP [84]	NPL (UK)	Disseminação de informações, Aconselhamentos, Tira-dúvidas <i>online</i> , Avaliação <i>online</i> de práticas de medição, Serviços especializados, Treinamento.	Sim (Web)	Baixa, Apenas um provedor de informações e suporte técnico.	Média, Sistema relativamente padronizado. Algumas soluções são interativas.	Rede de laboratórios do Reino Unido, Indústrias de manufatura do Reino Unido, Associações técnicas.
Monitoramento remoto de SM estacionários [85]	PTB (Alemanha)	Monitoramento de SM, Serviços de calibração, Assessoria técnica.	Sim (Web)	Alta, Compartilha dados de medições e gerenciais.	Alta, A proposta prevê solução personalizada.	PME.
METRINET [86]	UNIMETRIK (Espanha)	Disseminação de informações, Notícias, GSM (supervisão e controle de SM), Atendimento de demandas por serviços.	Sim (Web)	Alta, Compartilha dados de medições e gerenciais.	Alta, A proposta prevê tratamento personalizado. Algumas funções de auto-serviço.	Indústrias e laboratórios que são clientes da UNIMETRIK, cadastrados e com acesso restrito.
ISC [71]	MTA-MMSZ (Hungria)	Disseminação de informações, Assessoria em investimentos em SM, Treinamento e educação, Manutenção, calibração e aluguel de SM, Assessoria em soluções de medição, Projeto de SM especiais.	Não	Baixa, A relação é comercial como nas relações tradicionais de prestação de serviços.	Baixa, Relação comercial tradicional.	Indústrias de manufatura (há referências à PME), Laboratórios, Destinado às nações em desenvolvimento que se enquadram na filosofia.

Figura 3.3.a - Quadro comparativo de sistemas similares de AMI (continua)

Produto	Organização	Funções técnicas	Acesso remoto	Nível de integração c/ usuário	Flexibilidade às necessidades do usuário	Segmento de usuários
Portal RNM [87]	<i>Facultad de Ingeniería Universidad de Concepción</i> (Chile)	Base de dados públicos e privados. Serviço de documentação da RNM. Notícias internas e externas. Consultas sobre serviços e orçamentos. Publicidade e <i>links</i> . Informações <i>s/</i> grandezas e padrões.	Sim (<i>Web</i>)	Alta. Para usuários pertencentes à RNM. Média. Para usuários não pertencentes à RNM.	Alta. Tratamento personalizado para usuários da RNM. Média. Para os demais usuários.	Usuários da RNM. Empresas. Governo. Instituições educacionais e metrológicas. Usuários visitantes.
<i>Quality Online</i> [88]	<i>Quality Magazine</i> (USA)	Disseminação informações comerciais e técnicas (artigos). Notícias. Comércio eletrônico. Fóruns de discussões. Publicidade <i>online</i> .	Sim (<i>Web</i>)	Baixa. Provedor de informações e suporte técnico e comercial.	Baixa.	Usuários em geral.
<i>Metrology World.com</i> [89]	<i>VerticalNet</i> (USA)	Disseminação informações. Notícias. Comércio eletrônico. Fóruns de discussões. Publicidade <i>online</i> .	Sim (<i>Web</i>)	Baixa. Provedor de informações e suporte técnico e comercial.	Baixa.	Usuários em geral.
Metrológica [90]	Metrológica (Brasil)	Disseminação informações. Publicidade. Conexão entre demandas e fornecedores. Intermediação de orçamentos.	Sim (<i>Web</i>)	Baixa. Provedor de informações e suporte técnico e comercial.	Baixa.	Laboratórios prestadores de serviços. Usuários de serviços.
Help-temperatura [91]	Help-temperatura (Brasil)	Disseminação de informações. Notícias. Assessoria/Consultoria. Busca de fornecedores. Publicidade. Treinamento (negociação).	Sim (<i>Web</i>)	Baixa. Provedor de informações e suporte técnico e comercial.	Baixa.	Usuários em geral.
Programa de Gerenciamento de Instrumentos [92]	CTM (Brasil)	Disseminação de informações. Notícias. Gerenciamento de SM. Calibração. Treinamento. Comércio de SM.	Sim (<i>Web</i>)	Alta. Compartilhamento de dados. Banco de dados armazena informações privadas dos usuários.	Alta. O sistema prevê tratamento personalizado. Propõe-se a atender sugestões dos usuários.	Usuários em geral, principalmente os interessados em serviços metrológicos.

Figura 3.3.b - Quadro comparativo de sistemas similares de AMI (continuação).

3.2.3 O projeto “Monitoramento de Sistemas de Medição Estacionários na Indústria”

É um projeto em desenvolvimento no *Physikalish-Technische Bundesanstalt* – PTB (Alemanha), que prevê o monitoramento e diagnóstico de SM, particularmente os mais complexos, em PME que não dispõem de recursos para este fim. Usa a *Internet* para redução dos custos dos serviços e adicionalmente aumentar a qualidade e freqüência dos serviços. Alterações de desempenho de SM podem ser detectadas mais rapidamente e com mais confiabilidade para minimizar influências negativas na qualidade do produto [85]. A Figura 3.4 esquematiza a interação proposta na pesquisa.

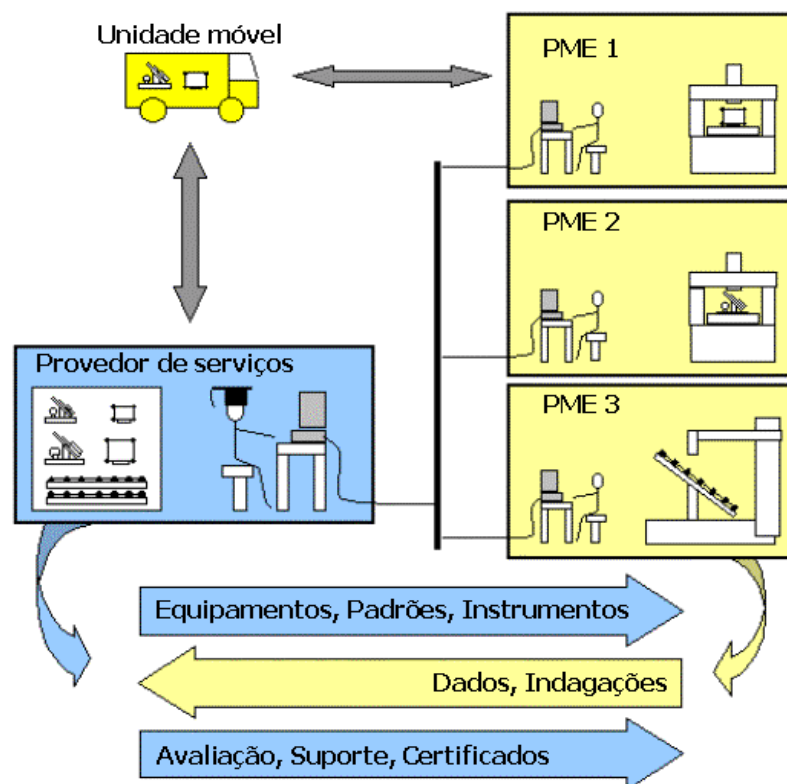


Figura 3.4 – Monitoramento remoto de SM estacionários na indústria. Adaptado de [85].

3.2.4 O Sistema METRINET

Desenvolvido pela UNIMETRIK (Espanha), empresa privada provedora de serviços metrológicos, o sistema METRINET é chamado de sistema de “gestão ‘integral’ de equipamentos de inspeção” para clientes com acesso por *web*. É uma sistemática de GSM. Permite acesso via *Internet*, através do *web site* da empresa a usuários cadastrados. Disponibiliza fundamentalmente funções de supervisão e controle de rastreabilidade de SM, além das funções tradicionais providas por *sites* comerciais [86].

3.2.5 O Instrumentation Service Center - ISC

É um método húngaro apresentado por KISS & MENYHARD [71], desenvolvido pelo MTA-MMSZ, uma organização da Academia Húngara de Ciências (Hungria), para o gerenciamento de serviços de suporte em instrumentação. O método prevê diferentes atividades de suporte a dificuldades relacionadas à instrumentação, principalmente direcionadas a demandas de países em desenvolvimento, que por questões econômicas, não conseguem sustentar um sistema eficiente. Um ISC age como um balcão de atendimento que mantém um inventário (de âmbito nacional) de instrumentos, mantém estoques para aluguel de curto prazo, mantém consultorias e serviços de medição e aconselhamento em seleção de SM. Prevê ainda, treinamento e educação técnica disponível a usuários, pode representar fabricantes e desenvolver SM com propósitos especiais.

3.2.6 O Portal Red Nacional de Metrologia – RNM

É um projeto chileno de criação de um portal web, desenvolvido pela *Facultad de Ingeniería da Universidad de Concepción* (Chile) [87], que busca consolidar a *Red Nacional de Metrología*, incorporando a tecnologia da *Internet* para difundir e promover a metrologia em suas diversas grandezas. Além disso, pretende melhorar o contato entre os laboratórios da rede e os usuários, o acesso dos usuários aos serviços de calibração, entre outras. Busca ainda transformar e posicionar o portal corporativo como um centro de informações e de acesso a serviços metrológicos, de maneira a satisfazer as necessidades dos diferentes usuários do sistema. A Figura 3.5 ilustra a configuração macro do sistema chileno.

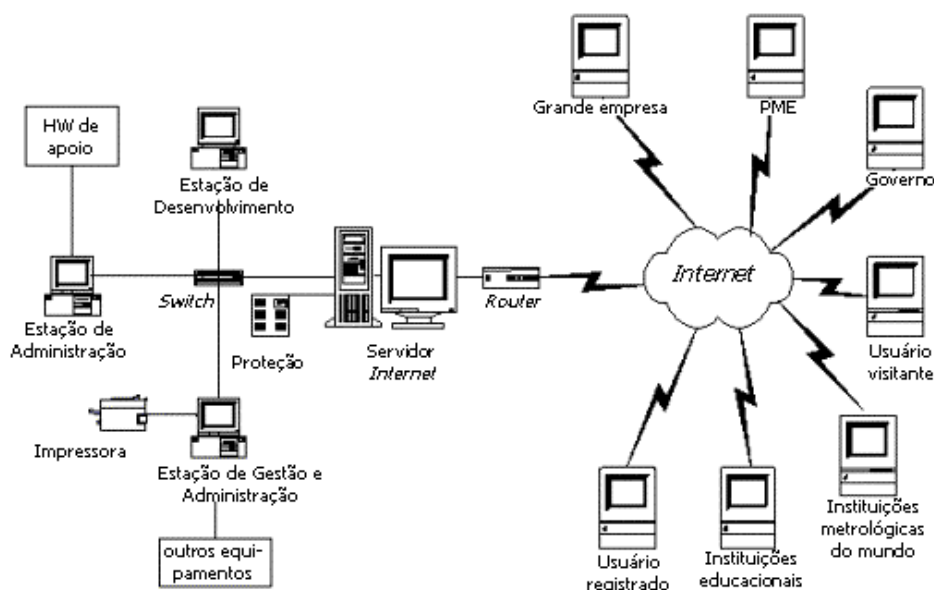


Figura 3.5 – Portal web Red Nacional de Metrología - Universidad de Concepción / Chile.

Adaptado de [87].

3.2.7 Outros portais estrangeiros

O *Quality Online* [88] é um portal (*web*) da *Quality Magazine* (Estados Unidos) que disponibiliza várias categorias de informações e oportunidades de transações comerciais com fornecedores anunciantes do portal. Destaca-se a função de disseminação de artigos técnicos na área de metrologia e outras áreas correlatas.

O *Metrology World.com* [89] é um portal (*web*) da *VerticalNet* (Estados Unidos) destinado à busca de produtos e fornecedores, leitura de notícias, relatórios e publicações comerciais. Apresenta um ambiente que estimula compra e venda de produtos e busca de suporte técnico por meio eletrônico.

3.2.8 Alguns portais nacionais

O *Metrológica* [90] é um portal (*web*) direcionado fundamentalmente para contribuir na divulgação de serviços metrológicos. Possibilita o acesso/busca dos fornecedores de serviços metrológicos.

O *Help-temperatura* [91] é um portal temático (*web*) especializado na grandeza "temperatura". Atua na disseminação de informações, suporte, consultoria sobre medição de temperatura, treinamento e busca de fornecedores. Abre espaço para publicidade e divulgação de instituições de apoio com seus respectivos *links*.

O Centro Tecnológico de Metrologia - CTM [92] apresenta um programa de gerenciamento de instrumentos pela *Internet* que, segundo o CTM, foi proposto inicialmente para gerenciar os instrumentos de seus clientes sendo posteriormente estendido gratuitamente para qualquer empresa interessada. O acesso às informações privadas é restrito.

3.3 SOFTWARES DE APOIO À ATIVIDADE METROLÓGICA

Algumas soluções mais específicas são desenvolvidas através de *software*. Os sistemas informatizados de gestão da qualidade, apóiam os esforços de busca de flexibilidade, viabilidade e capacidade de reação das empresas, reproduzem estruturas e procedimentos complexos e possibilitam o tratamento rápido, racional e viável de grande volume de dados. A seguir faz-se uma abordagem sobre aspectos que estão relacionados com a informatização de atividades ligadas a metrologia industrial.

3.3.1 Aspectos da informatização de tarefas de apoio à qualidade

A Gestão da Qualidade Assistida por Computador - CAQ, ajuda a eliminar problemas nas empresas e a reagir diante das mudanças do mercado mediante uma organização clara e estruturada. Existem alguns conceitos diferentes associados às tarefas do CAQ [2][93]:

- Função CAQ: uma seqüência de funções de gestão da qualidade apoiadas por computador (*e.g.* elaborar um plano de inspeção, coletar dados da inspeção, etc.).
- Módulo CAQ: resumo das funções de CAQ em uma unidade de aplicações. Este resumo deve ser específico para cada área da empresa ou, para tarefas de abrangência horizontal (*e.g.* avaliação de dados da qualidade, FMEA, etc.).
- Sistema CAQ: os fornecedores consideram o conjunto de módulos por ele vendidos. O usuário, por sua vez, entende como a sucessão integrada das rotinas de todas as funções CAQ que emprega, mesmo que se originem de fornecedores diferentes.

Um conceito bem abrangente diz que CAQ são sistemas informatizados de gestão e processamento de informações que dão suporte parcial ou integral a atividades, procedimentos e métodos, na gestão da qualidade de uma organização em níveis de abrangência e complexidade distintos. Um sistema CAQ ocupa uma função interprocessual/interfuncional na organização, da mesma forma que um sistema de gestão da qualidade. O objetivo maior de sistemas CAQ é coletar dados, processá-los, disponibilizá-los em formato, local e tempo adequados e armazená-los satisfatoriamente [93].

Sistemas CAQ podem ser divididos em módulos (Figura 3.6), tais como:

- Planejamento da qualidade (QFD, FMEA);
- Planejamento da avaliação da qualidade (plano de inspeção).
- Inspeção de peças (inspeção de recebimento, inspeção final).
- Controle estatístico (CEP, avaliação de capacidade).
- Gerenciamento dos meios de medição.
- Processamento dos dados de medição / inspeção / calibração.
- Tratamento de reclamações.
- Auditorias da qualidade.

Além de cumprir funções para a gestão da qualidade, os sistemas CAQ comerciais devem satisfazer as exigências dos usuários relativas a comodidade de operação do sistema e intercâmbio com seus dados. A Figura 3.6 apresenta também os benefícios alcançados com o uso de sistemas CAQ, considerando três variáveis fundamentais: qualidade, custos e tempo.

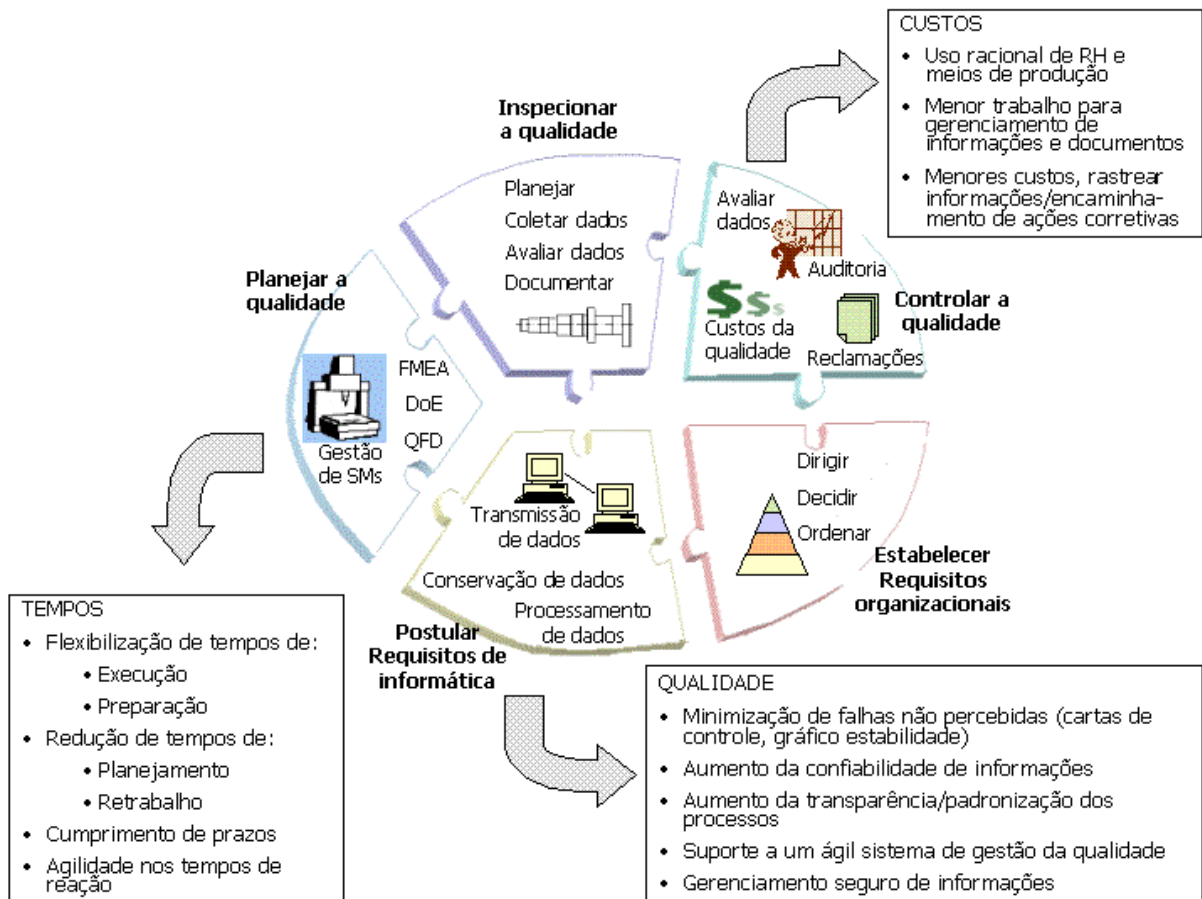


Figura 3.6 – Modelo funcional do CAQ e benefícios no uso.

De uma forma geral as empresas já possuem sistemas informatizados e uma base de dados da qualidade com um nível de desenvolvimento que depende muito das estratégias e capacidades de organização da empresa.

O LASAR-AMI, na qualidade de um sistema de apoio à tomada de decisões relacionadas à gestão da qualidade, tem um grande potencial de contribuição com a formação de um sistema CAQ da empresa, ou seja, pode ser entendido como um sistema integrado ao CAQ da empresa, através de um “ponto de presença” assim chamado por ser uma base, no cliente final, com pelo menos um computador ligado à *Internet*. Nesse sentido é fundamental a capacidade de integração e flexibilidade das funções CAQ a serem fornecidas pelo LASAR-AMI.

Tem sido divulgado em alguns trabalhos [94][95] um conceito mais específico de gerenciamento informatizado de informações, que está se difundindo entre laboratórios de ensaios, chamado de Sistema LIMS - Sistema de Gerenciamento de Informações de Laboratório (*Laboratory Information Management System*). O sistema LIMS, um *software* especializado, automatiza os procedimentos de rotina do laboratório, aumenta a qualidade dos dados e ainda reduz os custos das análises. O LIMS tornou-se uma ferramenta de

produtividade para um laboratório, dando suporte às múltiplas tarefas que a organização do laboratório realiza cotidianamente, adaptando-se conforme o tipo de laboratório (industriais, farmacêuticos, governamentais ou de serviços) ou o tipo de amostras analisadas. O LIMS é um retrato da organização do laboratório, por isso deve ser especificado antes da sua implementação de maneira a garantir a validade de suas funções [94].

As funcionalidades do LIMS necessárias pelo laboratório incluem protocolos de entrada de amostras, orçamentos, controle diário de amostras a serem analisadas, procedimentos, emissão de laudos. Em laboratórios de prestação de serviços incluem funções de emissão de fatura, visualizador de serviços (pode ser *on-line*) controle de tempos para realização dos testes e outras. Os produtos mais recentes permitem o acesso ao LIMS através da *Internet*, ou seja, cliente e fornecedores podem se comunicar via *web* a fim de agilizar a troca de informações e reduzir custos de comunicação [94][95].

3.3.2 Algumas soluções em *software*

De certa forma observa-se muita similaridade nas características e módulos contemplados pelas diferentes soluções que propõem informatização das atividades metrológicas, seja em laboratórios industriais, laboratórios prestadores de serviços, e outros ambientes. As diferenças surgem por decisões estratégicas das empresas sobre o que informatizar. Estrategicamente para um laboratório, a prioridade será a informatização dos processos técnicos (por exemplo, cálculos de incertezas e emissão de certificados), para outro, serão os processos administrativos (por exemplo, controles de orçamentos, ordens de serviços e emissão de notas fiscais). Cada um terá a sua realidade, porém a integração da empresa deve ser o objetivo comum. Além disso, a *Internet* é uma tendência natural da informática e se aplica para a área da metrologia, sendo que alguns laboratórios já possuem na *Internet* lista de produtos, solicitações e envio de orçamentos, considerados processos estáticos. No entanto há muito o que se avançar quando se trata de processos dinâmicos, tais como a disponibilização de informações dos SM a qualquer momento [96].

Com a finalidade de mapear o que têm surgido em termos de soluções de *software* para tarefas relacionadas com metrologia, fez-se um estudo de alguns produtos, trabalhos divulgados em eventos e outros materiais de referência. Uma síntese do que foi estudado é relatada nos parágrafos seguintes deste item.

A *Cali*, uma empresa desenvolvedora de soluções tecnológicas para a qualidade e produtividade, especializou-se no mercado de metrologia e ensaios, oferecendo *softwares* para o aprimoramento dessas atividades [97]. O sistema LIMS foi desenvolvido para o atendimento das necessidades dos laboratórios de ensaios de qualquer área. Houve uma

preocupação em garantir um sistema com filosofia aberta, permitindo a criação de soluções de automação de laboratório, principalmente nos seus aspectos técnicos, em que flexibilidade e liberdade de cálculo e gráfico são fatores primordiais frente a variedade de normas, ensaios e testes existentes [95][97]. Outras soluções, na forma de pacotes computacionais, desenvolvidas pela *Cali* [98] estão direcionadas para aplicações de: automação e gestão de laboratórios de metrologia, direcionado a laboratórios prestadores de serviços (*Cali Lab*); controle da qualidade, para aplicações na indústria (*Cali CQ*); gerenciamento metrológico que permite a recepção de forma eletrônica dos resultados e certificados de calibração por laboratórios externos usuários do pacote para laboratório (*Cali Lab View*); e, gerenciamento dos estudos de MSA, segundo manual da QS 9000, para aplicações na indústria do setor automotivo (*Cali MSA*).

A *Softexpert*, uma empresa desenvolvedora de soluções tecnológicas para as áreas técnicas das empresas, especializou-se no desenvolvimento de *softwares* para atividades desenvolvidas por áreas como engenharia, qualidade, manutenção, planejamento e controle da produção, produção, e outras [99]. Entre os seus produtos destaca-se um pacote (*Soluções Integradas ISOSYSTEM*) que se propõe a integrar ferramentas para a automação total de processos relacionados à qualidade dos produtos e serviços das empresas. Dentre essas ferramentas encontram-se CEP, FMEA, MSA, GSM, controle de documentos e dados, e outras. Segundo divulgado no material publicitário [99], é compatível com gerenciadores de banco de dados de mercado, o que garante facilidade de integração, e pode funcionar tanto em ambiente de rede local corporativa, quanto remotamente via *web*.

O *Fluke Metrology Software*, da *Fluke Corporation*, é destinado ao gerenciamento de informações/dados de calibração [65]. Voltado a aplicações em laboratório apresenta características que se destacam pela garantia de conformidade com os requisitos estabelecidos pela ISO/IEC 17025, requisito fundamental para laboratórios de calibração e ensaios.

O *software LightCal*, da *JonSue Informática*, tem como objetivo auxiliar no gerenciamento de sistemas de medição. Proporciona flexibilidade para adoção de terminologias próprias, definição dos critérios de aceitação, elaboração de *layouts* de planilhas e certificados de calibração, importação de resultados de calibração da planilha para o cadastro do SM, e outras funções já tradicionais de supervisão e garantia da rastreabilidade de SM [100].

A parceria formada entre LACTEC e a *Automa*, uma empresa de desenvolvimento de *software*, resultou na concepção e implantação no LACTEC do *AutoLab*, um *software* para gestão e automação de laboratórios de metrologia. O *software* possui módulos de gestão do laboratório, cadastro de instrumentos e plano de calibração, elaboração e validação de

procedimentos de calibração, calibração com aquisição manual ou automática dos dados, cálculo de incertezas de medição e emissão de certificados. O AutoLab, num processo de evolução, deve incorporar a integração com a *Internet* para melhorar a interatividade entre empresas, seus clientes e fornecedores [80].

O produto da Fundação Instituto Tecnológico do Estado do Pernambuco – ITEP - é um *software* gerenciador para laboratórios de calibração chamado de *SGM*, desenvolvido com o propósito de agilizar, simplificar e otimizar as atividades laboratoriais e aumentar a confiabilidade metrológica. Baseado nas normas NBR ISO/IEC Guia 25 [63], NBR ISO 10012 [43] e ISO GUM [56], deve atuar desde o recebimento do SM a calibrar no laboratório até a emissão de certificados, envolvendo os passos intermediários. Segundo o ITEP [101], integram o *SGM* os seguintes módulos: Gerenciador; Rastreabilidade; Controle de manutenção; Calibração; Gerenciamento de normas, Procedimentos técnicos; Cadastro e acompanhamento de serviços de clientes; Gerenciamento de funcionários.

3.4 CONTEXTO E ESTRUTURA DO SISTEMA LASAR

A nova sistemática de Assistência Metrológica Industrial (AMI) foi concebida para dar suporte às demandas prioritárias na área de metrologia industrial. No entanto, somente os aspectos técnicos não são suficientes para provocar o impacto esperado quanto à melhoria da confiabilidade metrológica e resultados econômicos relevantes nas entidades futuras usuárias do sistema. É necessário considerar aspectos de integração entre os atores e um modelo de negócio que viabilize sua sustentabilidade. É nesse sentido que a sistemática de AMI se associa ao contexto do conceito geral do LASAR – Laboratório Associado de Serviços e Assessoramento Remotos.

O conceito geral do LASAR já foi exposto no Capítulo 1, mas cabe destaque a alguns aspectos que se somam ao que já foi revelado. É um conceito de atuação de um centro tecnológico, gerador e detentor de conhecimentos específicos, prestador de serviços externo e independente que busca a integração à indústria para dar suporte através de serviços tecnológicos e trabalhos de assessoramento remoto. Esse relacionamento exige forte cooperação entre as partes. O conceito utiliza-se de meios de comunicação entre as entidades relacionadas e prevê a disponibilização de informação, sistemáticas interativas e cooperação, caracterizando o LASAR como um fornecedor de contexto [102].

O fornecedor de contexto é uma entidade encarregada de fornecer meios e métodos de comunicação entre duas outras entidades, transformando-se em canal de integração. Na Figura 3.7 o fornecedor de contexto é o LASAR Central que faz o papel do intermediador das ações entre indústria, demandante de produtos/serviços, e o centro tecnológico.

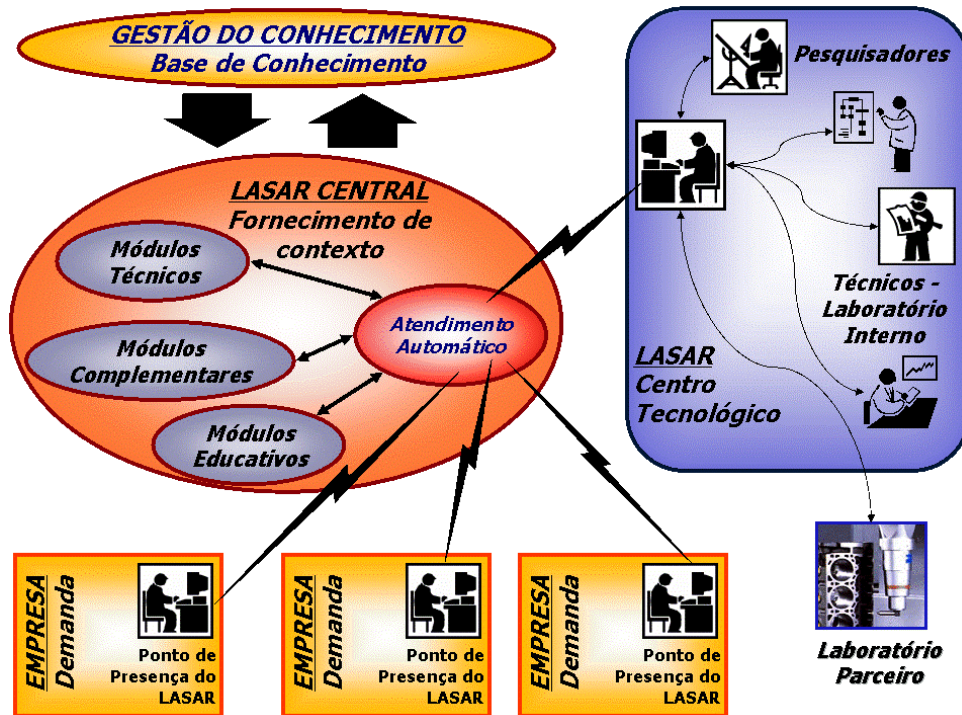


Figura 3.7 – Modelo geral do LASAR.

Na indústria deve ser viabilizada uma estrutura interna minimamente habilitada para acessar os meios de comunicação disponibilizados pelo LASAR. Essa estrutura de acesso remoto ao LASAR convencionou-se chamar de Ponto de Presença do LASAR. O modelo pressupõe uma estrutura de comunicação em rede, trabalhando com plataformas computacionais compatíveis ao tráfego de informações requerido.

O projeto piloto do LASAR para a metrologia é o LASAR-AMI, foco da tese. O LASAR-AMI refere-se à aplicação do conceito LASAR ao desenvolvimento de uma nova sistemática de Assistência Metrológica Industrial (AMI), ou seja, o LASAR faz parte do cenário em que a AMI deve operar. Neste cenário se inserem, além do Centro Tecnológico, tratado aqui como Centro Metrológico pela vocação em metrologia, também as empresas às quais o LASAR está associado, laboratórios parceiros do centro metrológico e o suporte das instituições de ensino e dos portais de gestão de conhecimento na área.

No modelo geral do LASAR existe ainda um relacionamento com uma base de Gestão do Conhecimento. Conforme já foi tratado no item 1.4.2, a complexidade do tratamento de atividades metrológicas no setor industrial somadas à necessidade da geração e gestão simultânea do conhecimento como forma de sistematização da própria metrologia, justificam a aplicação de um modelo de Gestão do Conhecimento a demandas do setor metrológico [32] - o conceito de Gestão do Conhecimento em Metrologia (GECOMETRO). O GECOMETRO

se configura como um portal com plataforma de comunicação projetada para gerir oportunidades de negócios por meio de um ambiente interativo, com canais de comunicação apropriados para oferta de produtos e serviços do setor.

A necessidade de envolver a comunidade metrológica fomentou a idéia de criar uma segmentação de equipes, viabilizada através de parcerias com abrangência adequada aos fluxos de informações/conhecimentos idealizados. O relacionamento entre os parceiros está esquematizado na Figura 3.8.

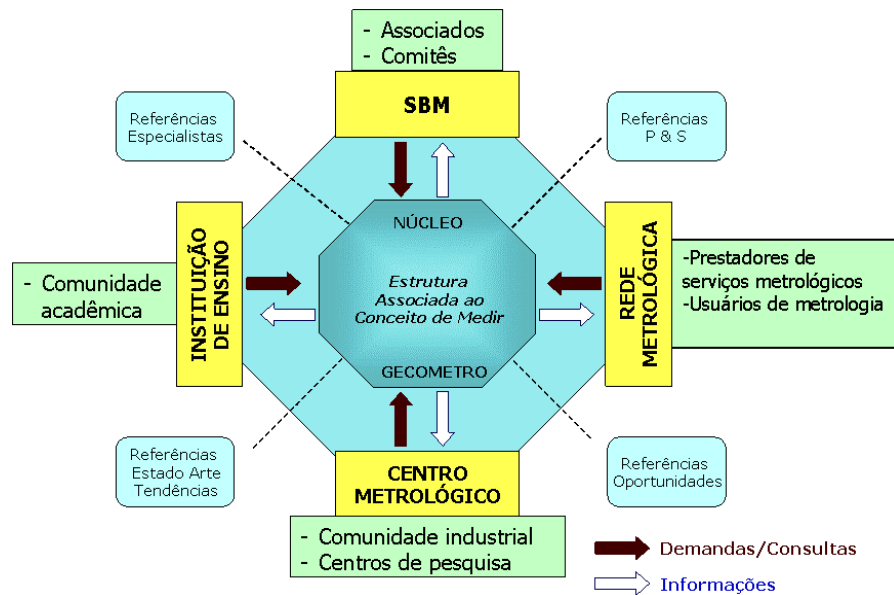


Figura 3.8 - Modelo Geral GECOMETRO. Modificado de [33].

As Redes Metrológicas Estaduais congregam as Unidades Prestadoras de Serviços Metrológicos (UPSM) e usuários de metrologia, buscando induzir demandas por serviços metrológicos, facilitar o desenvolvimento de uma matriz laboratorial coerente com as necessidades estaduais e estimular a acreditação das UPSM. As Instituições de Ensino têm papel fundamental na produção e socialização do conhecimento, com ações focadas na formação de recursos humanos e promoção de iniciativas de pesquisas, desenvolvimento e inovação, sobretudo através de programas de pós-graduação. A Sociedade Brasileira de Metrologia (SBM) representa para as ações do GECOMETRO, uma oportunidade de sistematizar informações metrológicas relevantes e integrar interesses e demandas dos seus associados, que serão estruturados sob a forma de pacotes de informação, articulação de projetos e/ou consultorias especializadas para tais necessidades [33].

O Centro Metrológico é parceiro do GECOMETRO por ser um prestador de serviços metrológicos com suas competências, gerador e detentor de conhecimentos específicos.

3.5 OS MÓDULOS DO SISTEMA LASAR E SEU DESENVOLVIMENTO

Os serviços do LASAR são desenvolvidos para implementação através de módulos. No modelo geral do LASAR (Figura 3.8) esses módulos aparecem discriminados como: módulos técnicos; módulos complementares; e módulos educativos. Nos itens a seguir serão descritos a particularização do modelo geral do LASAR para aplicações em metrologia e os módulos priorizados no projeto piloto do LASAR-AMI.

3.5.1 LASAR Central

O LASAR Central é o canal de integração entre o centro tecnológico e o cliente final. Este conceito geral focado na metrologia, mais especificamente nas demandas por AMI configura o LASAR-AMI como o fornecedor de contexto entre o centro metrológico e a indústria e seus mercados associados.

Os serviços do LASAR são sempre instalados como módulos, facilitando a integração aos outros sistemas e bases de dados dos clientes. Além disso, a modularização contribui na diferenciação entre os serviços gerais do LASAR e os serviços específicos do módulo AMI, contribuindo também na diferenciação das formas de contratação (níveis de serviço). Dentre os potenciais serviços para o LASAR Central pode-se citar [102]:

- Módulos Técnicos Automatizados (auto-atendimento em dúvidas técnicas);
- FAQ (*Frequent Asked Questions*);
- Acesso a comunidades científicas na área de atuação;
- Suporte técnico via *e-mail*;
- Suporte Técnico 8 horas x 5 dias via *Web-Chat* e/ou telefone;
- Treinamentos *on-line*;
- Treinamentos pré-agendados;
- “Converse” com o especialista (*e-mail*);
- Suporte técnico *on-site*;
- Treinamentos específicos.

Para o projeto piloto de aplicação em metrologia, o desenho dos módulos técnicos do LASAR-AMI concebido, baseia-se nas seguintes ênfases:

- Funções que envolvem um forte conteúdo de metrologia;
- Aspectos que são chave para o atendimento de exigências dos SQ;
- Funções mais requisitadas por demandantes de serviços metrológicos (na indústria);

- Necessidades de inovação da forma de atuar do centro metrológico, ou seja, reconceber e não apenas informatizar o trabalho que está sendo feito hoje;
- Necessidade de serviços com maior conteúdo de C&T.

Dentre os serviços considerados essenciais para o projeto piloto do LASAR-AMI, os módulos técnicos de metrologia foram destacados para o desenvolvimento conceitual e de métodos para validação. A priorização dos módulos técnicos baseia-se na abordagem já apresentada no item 3.1. A Figura 3.9 ilustra esses módulos técnicos desenvolvidos, os quais são apresentados sucintamente nos próximos itens (3.5.2, 3.5.3 e 3.5.4).

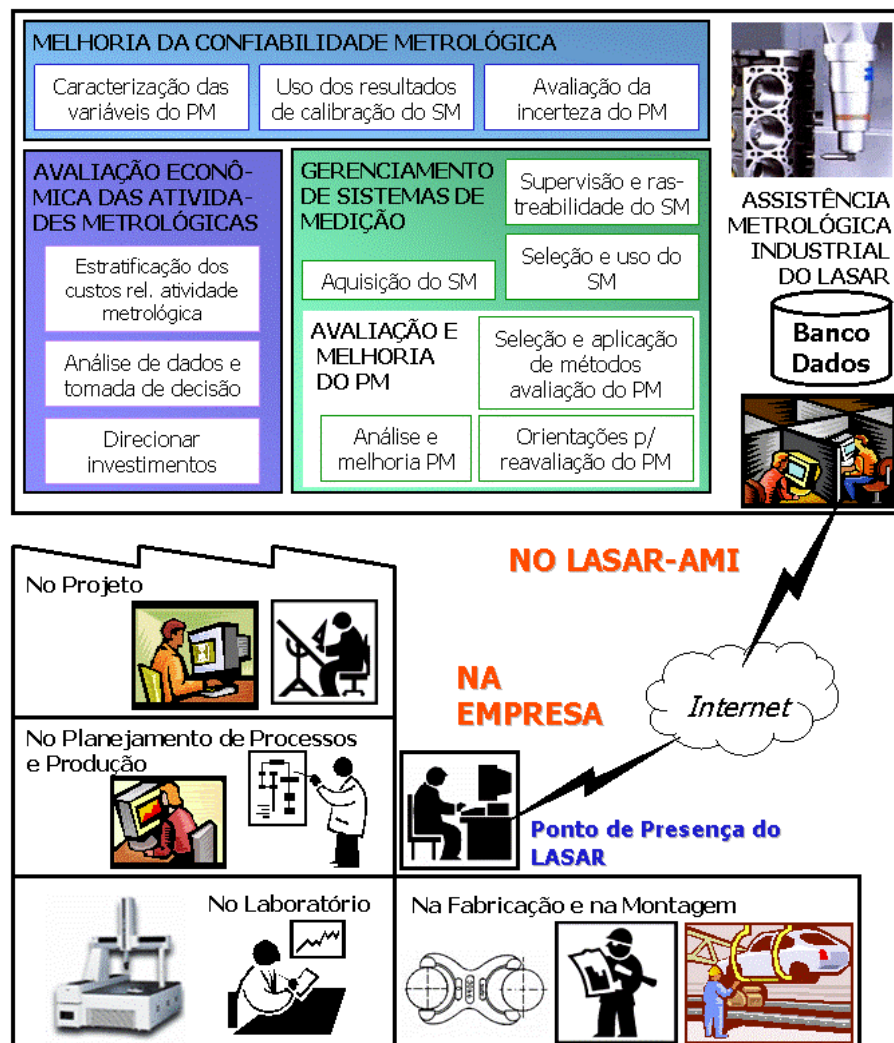


Figura 3.9 – Os módulos técnicos inseridos no sistema de AMI do LASAR [31].

3.5.2 Módulo de “Gerenciamento de Sistemas de Medição” (GSM)

O gerenciamento de sistemas de medição (GSM), ou gerenciamento de meios de medição (GMM), representa a sistematização de procedimentos para realizar o controle dos sistemas de medição e meios auxiliares e integração destes aos processos de medição,

inspeção e ensaios. Através da função de GSM são abrangidas as atividades de administração e supervisão de SM, garantia da rastreabilidade, aquisição, seleção e operacionalização dos SM e avaliação de adequabilidade de processos de medição.

O estudo do GSM deve ser trabalhado de forma integrada aos vários elementos de um SQ, tanto em ambiente industrial quanto em ambiente laboratorial. A colocação em uso (operacionalização) dos SM deve atender condições estabelecidas pelo SQ [2][93]:

- Os SM devem ser adequados ao plano de inspeção para produtos e processos;
- Deve-se disponibilizar SM para uso imediato quando requerido;
- Os SM devem ser adequados às especificações do produto.

É necessário que não só o tipo de SM seja adequado a uma dada tarefa de medição, mas que sua qualidade metrológica esteja assegurada. A seleção do SM exige conhecimento das características dos SM disponíveis. Na prática, a seleção deve ainda considerar que tais características se alteram ao longo do tempo. Além da solução destes problemas, de natureza essencialmente técnica, há necessidade de se considerar os custos diretos e indiretos relacionados aos SM, tais como calibrações e manutenções, perdas e extravios, e ociosidade. A combinação destes três fatores, em geral acaba por tornar mais freqüente a necessidade de aquisição de novos SM. Por trás desses problemas, tanto os de ordem técnica quanto os de ordem econômica, existe um elemento comum, a falta e/ou a não utilização de informações relativas aos SM [103].

De modo geral não existe preocupação em manter registradas as informações geradas durante o uso dos SM ou durante a calibração dos SM, cujos resultados têm servido unicamente para dizer se um SM está conforme ou não. A prática mostra que mesmo quando existe esta preocupação, o registro não é feito de forma adequada e permanente, dificultando, ou mesmo impossibilitando, o conhecimento da história de todos os SM.

Surge assim a necessidade das empresas/laboratórios estabelecerem mecanismos eficientes para o GSM. Neste sentido, *softwares* se constituem em ferramentas importantes, na medida em que permitem o armazenamento, a atualização e a utilização de uma grande quantidade de informações, de forma rápida, simplificada e confiável. Estabelecendo-se certas regras para a determinação das tarefas de medição e estando as informações de todos os SM armazenadas em um banco de dados, o sistema de GSM pode desempenhar diferentes funções, como as que configuram os sub-módulos do GSM ilustrado na Figura 3.9.

O GSM objetiva garantir, primordialmente, o atendimento aos diversos requisitos metrológicos das tradicionais normas de SQ, quanto à utilização dos SM. Um adequado GSM visa garantir a eficácia e mínimos custos para o atendimento aos requisitos dos SQ. Contribui para minimizar desvios, detectar erros e não-conformidades, facilitando o estabelecimento

de ações corretivas pertinentes [93]. As atividades relacionadas ao controle dos SM, podem ser classificadas nos seguintes elementos principais:

- Especificação;
- Aquisição;
- Recebimento;
- Operacionalização;
- Administração e supervisão;
- Comprovação da adequabilidade;
- Documentação.

Esses elementos estão inseridos no FAST apresentado na Figura 3.1, que faz o desdobramento da função parcial "Gerenciar Sistemas de Medição". Os sub-módulos "Supervisão & Rastreabilidade", "Seleção & Uso", "Aquisição" e "Estudos de Adequabilidade" (Figura 3.9) incluem todos esses elementos de controle de SM garantindo o gerenciamento integral de SM, sobretudo se for considerada a integração do módulo GSM com os demais módulos básicos do sistema de AMI. Esses sub-módulos que compõem o módulo GSM são os métodos desenvolvidos e detalhados nesta tese e objeto de abordagem do Capítulo 4.

A ênfase ao módulo GSM neste trabalho se fundamenta nas seguintes razões:

- Um sistema eficiente de GSM é importante para redução das não-conformidades dos processos de certificação de SQ, conforme ilustrado na Figura 2.13;
- A abrangência que um sistema de GSM alcança é grande e é indispensável em qualquer organização industrial;
- Existem demandas por GSM remoto;
- As experiências de sistemas de GSM informatizados encontrados não abrangem a totalidade de funções desejadas, ou não se enquadram nos pressupostos que caracterizam o conceito LASAR;
- É adequado aos propósitos de validação do modelo de AMI projetado para operar no LASAR e, por conseguinte, da tese de doutorado.

3.5.3 Módulo de "Melhoria da Confiabilidade Metrológica" (MCM)

O módulo "Melhoria da Confiabilidade Metrológica de Medições" [31][61] foi concebido com uma função de caráter educativo e outra de caráter executivo. A função educativa visa suprir a carência em conhecimentos metrológicos e a necessidade da correta utilização dos documentos gerados pelo setor responsável pela metrologia. A função executiva objetiva promover a utilização de alguns dados existentes nas empresas e que não

estão sendo utilizados de maneira ótima ou estão sendo utilizados com outra finalidade, além de introduzir novas ferramentas/orientações para estabelecer uma solução confiável metrologicamente. Entre as ferramentas está o ajuste do intervalo de calibração dos sistemas de medição e o cálculo e avaliação da incerteza de medição.

A aplicação do módulo de “Melhoria da Confiabilidade Metrológica” revelou alguns resultados significativos, tais como: os metrologistas passaram a perceber e caracterizar as variáveis que influenciam o resultado da medição; avanços na interpretação adequada dos certificados de calibração; melhoria no domínio de formas de adequação de intervalos de calibração dos sistemas de medição; melhoria na capacidade de avaliar e otimizar criteriosamente a incerteza de medição [31][61].

3.5.4 Módulo de “Avaliação Econômica da Atividade Metrológica” (AEAM)

O módulo de “Avaliação Econômica das Atividades Metrológicas” [31][37] disponibiliza um método de gestão de custos para evidenciar os custos das atividades metrológicas no contexto dos custos da qualidade na empresa. São utilizadas técnicas de custos baseados em atividades e se requer a formação de grupos de trabalho envolvendo metrologia, garantia da qualidade, engenharia de produto e processo e contabilidade.

A aplicação do módulo de “Avaliação Econômica das Atividades Metrológicas” revelou contribuições importantes, tais como: ajuda na estratificação dos custos das atividades metrológicas, envolvimento de pessoas com o tema e percepção da relevância do método para o processo de gestão estratégica e tomada de decisão; identificação das atividades metrológicas relevantes e custos relacionados; apresentação de indicadores para o processo de tomada de decisão para melhoria contínua e redução de custos; implementação de um sistema de controle e monitoramento do desempenho de um sistema de garantia da qualidade metrológica; implementação de um sistema de avaliação econômica das atividades metrológicas que permite a avaliação de retorno de investimentos associados; e, desenvolvimento de conceitos para a implantação de um sistema de gestão dos custos relativos à qualidade e monitoramento do desempenho do SQ [31][37].

CAPÍTULO 4

MÉTODOS ASSOCIADOS AO GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO

A configuração modular da sistemática de Assistência Metrológica Industrial (AMI) proposta permite implementação por partes, baseada na identificação de prioridades, na abrangência dos módulos, na segmentação do mercado alvo, e na disponibilidade de recursos (financeiros, tempo, humanos, físicos). Sendo assim, definiu-se uma estratégia para desenvolvimento que começa pela identificação dos módulos básicos (Item 3.5 - Figura 3.9). Dentre os módulos básicos destacou-se o Gerenciamento de Sistemas de Medição - GSM (Item 3.5.2) como objeto prioritário para validação da tese.

No presente capítulo apresentar-se-á um detalhamento dos métodos de GSM, na forma como foram concebidos, em quatro sub-módulos que devem concentrar todas as funções para prover um gerenciamento integral de sistemas de medição. Esses quatro sub-módulos foram desenvolvidos buscando atender os requisitos dos SQ relacionados ao controle de SM.

4.1 DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO

Fundamentalmente existem duas formas de classificação dos tipos de instrumentos mais usuais na indústria mecânica, pela forma de expressar o resultado da inspeção (qualitativo ou quantitativo) ou pela análise da complexidade do instrumento. No primeiro caso, os instrumentos que avaliam atributos (por exemplo, os calibradores) permitem determinar se a característica cumpre ou não cumpre certa especificação e os instrumentos que permitem medir variáveis quantitativas (chamados de medidores). No segundo caso, pela análise da complexidade, pode-se classificar em uma escala desde o instrumento manual mais simples até sistemas complexos e flexíveis (como é o caso de uma máquina de medir por coordenadas – CMM) [2].

O GSM surge de exigências internas e externas impostas à empresa, tais como [2]:

- Elevar o nível da qualidade mediante ações adequadas na produção, que só são possíveis de detectar-se e controlá-las com instrumentos adequados;
- Melhorar a imagem da empresa que é conseguida pela melhora da qualidade dos produtos assegurando assim melhora das vantagens competitivas;

- Satisfazer as exigências dos clientes, como é o caso dos sub-contratantes, que tendem a transferir responsabilidades aos fornecedores, inspecionando seus produtos e processos e incluindo a gestão dos SM como parte das auditorias da qualidade;
- Respeitar as normas legais e diretrizes vigentes que, em alguns países, promovem a gestão de SM, como é o caso, por exemplo, das Leis de Defesa do Consumidor.

Uma forma de classificar as atividades de GSM é citada a seguir [2]:

- Planejamento e compra dos instrumentos: inclui o planejamento da aplicação, assim como sua aquisição ou fabricação própria, antes de planejar e controlar seu emprego.
- Administração dos instrumentos: encarrega-se da sua gestão administrativa, incluindo a identificação e descrição do instrumento, gerenciando o inventário, o estado atual do instrumento, sua utilização e a documentação das atividades do instrumento.
- Revisão e calibração dos instrumentos: engloba as tarefas e ações para assegurar sua exatidão, viabilidade e aplicabilidade técnica. Envolve a responsabilidade da inspeção periódica de supervisão, a conservação, sua calibração e manutenção.

A Figura 4.1 mostra como essas funções se relacionam entre si. Seqüencialmente após a fase de aquisição, o SM é submetido a uma inspeção de recebimento. Para determinar se são cumpridas as especificações do campo de aplicação, toma-se por base o caderno de encargos, planos, normas, diretrizes, etc. Uma vez aceito e documentadas suas características, o SM é armazenado e colocado à disposição para uso.

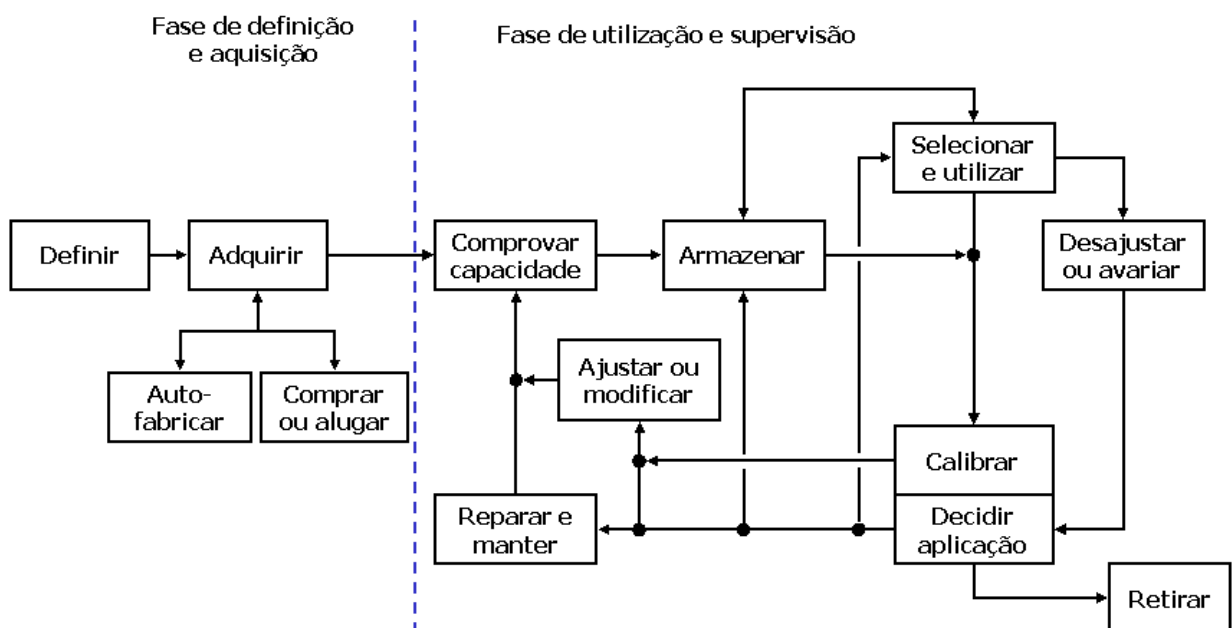


Figura 4.1 – Relação entre fases e atividades de gestão de instrumentos. Adaptado de [2].

Durante o emprego ou armazenamento, em ciclos periódicos o SM é submetido a controles, que devem garantir a exatidão, funcionalidade e aplicabilidade, seguindo um plano de controle. Um metrologista responsável pelo monitoramento decidirá pelo uso posterior ou pela retirada do SM caso demonstre defeitos inadmissíveis para sua utilização. As tarefas técnicas desta seqüência devem ser complementadas com outras administrativas, para sua correta realização, as quais se estendem do princípio ao fim.

Observando-se essa forma de organização das atividades de GSM, percebe-se que a concepção da estrutura funcional feita para o LASAR-AMI, apresentada no item 3.1 (Figura 3.1), contempla todas essas funções. Portanto, deve-se garantir que os desdobramentos das funções dos sub-módulos do GSM propostos cumpram essas tarefas.

4.2 MÉTODO DE “SUPERVISÃO E RASTREABILIDADE DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO”

O método de “Supervisão e Rastreabilidade de Sistemas de Medição” (S&RSM) é o sub-módulo da sistemática de GSM que cumpre as funções que normalmente são atendidas pela maioria dos *softwares* comerciais e “caseiros” [65][86][92][98][99][100][101][103]. Em síntese, o método objetiva cumprir duas funções estruturantes, que estão representadas no diagrama da Figura 4.2 até o nível das funções elementares:

- Supervisionar os sistemas de medição dos clientes do LASAR-AMI;
- Garantir a rastreabilidade dos sistemas de medição dos clientes do LASAR-AMI.

Intrínsecos a essas duas funções podem ser destacados os seguintes objetivos:

- Cadastrar diferentes tipos de usuários e restringir o acesso de acordo com a função do usuário garantindo assim segurança e confidencialidade adequada;

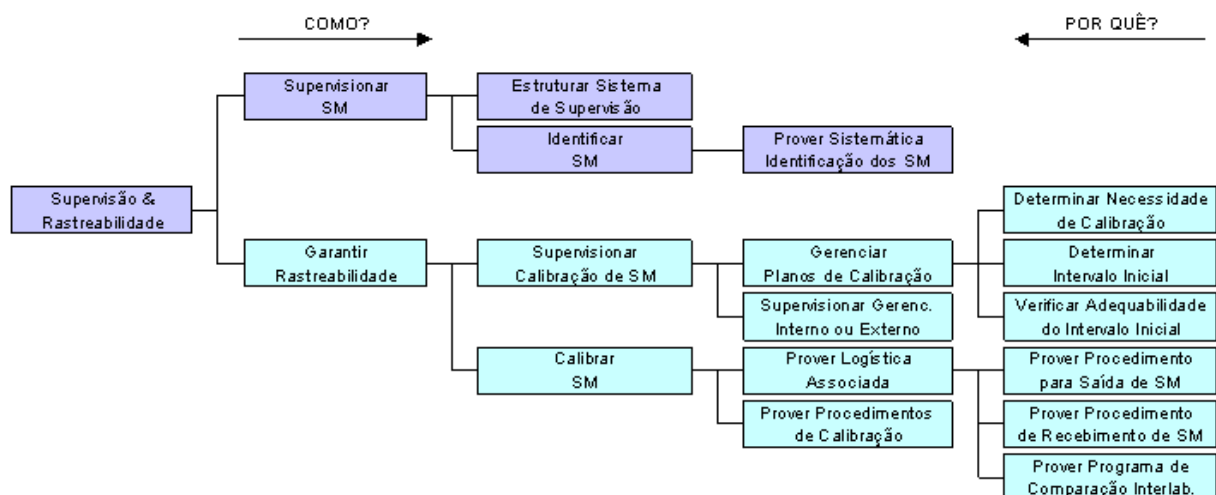


Figura 4.2 – Estrutura de funções para o sub-módulo S&RSM.

- Estruturar (dados gerais, dados de movimentação e dados históricos) e alimentar o banco de dados de SM por clientes;
- Garantir sistemática de atualização e manutenção das informações do banco de dados;
- Prover sistemática de identificação e cadastramento de sistemas de medição;
- Viabilizar consultas e emissão de relatórios de dados;
- Controlar as atividades de calibração e manutenção de sistemas de medição;
- Auxiliar na sistematização de informações relevantes para a seleção e adequação ao uso do sistema de medição (certificados de calibração, manuais, instruções, etc.);
- Prover sistema de controle de fornecedores.

A função de "supervisionar o SM" inclui todas as tarefas administrativas necessárias para gerenciar e documentar as atividades técnicas. Essa função, em geral, movimenta muitos dados e acumula muitas atividades repetitivas. Nesse caso os controles manuais têm muitas limitações e já não suportam o atendimento do conjunto de tarefas. O computador é imprescindível para o atendimento satisfatório da supervisão de SM. O inventário se mantém em dia, podendo ser detectado imediatamente as baixas. A codificação do estado dos SM facilita seu emprego no local adequado. As funções de classificação e filtro permitem recuperar informações de modo instantâneo. Através de uma rede informática, os dados introduzidos por um departamento podem ser imediatamente acessados por todos os demais. O GSM informatizado permite analisar o conjunto de SM para identificá-los, descrever suas características e classificá-los [2].

Quando se trata da função de "garantir a rastreabilidade", é fundamental perceber que a cadeia de rastreabilidade enlaça verticalmente distintos níveis de incerteza, que afetam ao projeto (por exemplo, a tolerância), a fase de produção ou a de inspeção. É recomendável que o gerenciamento dos dados de calibração seja feito baseado nos requisitos estabelecidos pela NBR ISO 17025 [62].

Pelas vantagens que a informatização traz, o uso de *software* contribui significativamente para o tratamento seguro e eficiente dos dados de supervisão da calibração dos SM. Um sistema informatizado é capaz de atender os requisitos da NBR ISO 17025 satisfatoriamente, requisitos tais como: controle de não-conformidades, controle de registros, estimativas de incertezas, controle de equipamentos, rastreabilidade das medições, registro de resultados, e outros [65].

Na supervisão das calibrações o plano de calibração aparece como um meio imprescindível para operacionalização do controle. É uma organização sistemática da

calibração dos padrões e SM. Deve ser configurado com níveis e classes de SM perfeitamente relacionados e com períodos de calibração adaptados às características e condições de uso dos SM.

Os resultados da calibração de um SM, a rigor, só são válidos no instante de sua realização, pois o comportamento metrológico de um SM não permanece invariável com o tempo de uso, e por isso a calibração deve repetir-se periodicamente. No entanto existem controvérsias a respeito do estabelecimento do intervalo de tempo entre as calibrações. Isso se deve pelo grande número de variáveis que influenciam na definição desse prazo. Em linhas gerais os critérios usuais para determinação dos prazos são: o grau de exatidão, a frequência de uso, as condições de uso, indicadores econômicos, estabilidade temporal, e outros associados ao bom senso dos operadores e administradores do sistema de GSM. Trabalhos têm sido produzidos no sentido de estabelecer ou selecionar métodos adequados para se definir e ajustar essa periodicidade entre calibrações sucessivas [103][104]. O módulo “Melhoria da Confiabilidade Metrológica” (MCM – descrito no item 3.5.3) [61], inserido no LASAR-AMI, deve estar integrado ao sub-módulo S&RSM para suprir o LASAR-AMI de informações para assessorar os usuários na adequação de intervalos de calibração.

Baseado em tudo o que já foi exposto, pode-se dizer que o sub-módulo S&RSM caracteriza-se pela configuração de um sistema de administração de uma base de dados e de um acervo de SM, que incorpora funções de controle de SM, em conformidade com os requisitos dos SQ. O sistema deve permitir a interação entre usuários das informações, usuários dos SM, administradores do sistema de supervisão e do acervo de SM. Essa interação é similar à esboçada na Figura 4.3. Além disso, deve possuir uma articulação com todas as outras funções do GSM. Quaisquer outras bases de dados relacionadas ao GSM devem ser integradas à base de dados do sub-módulo S&RSM.

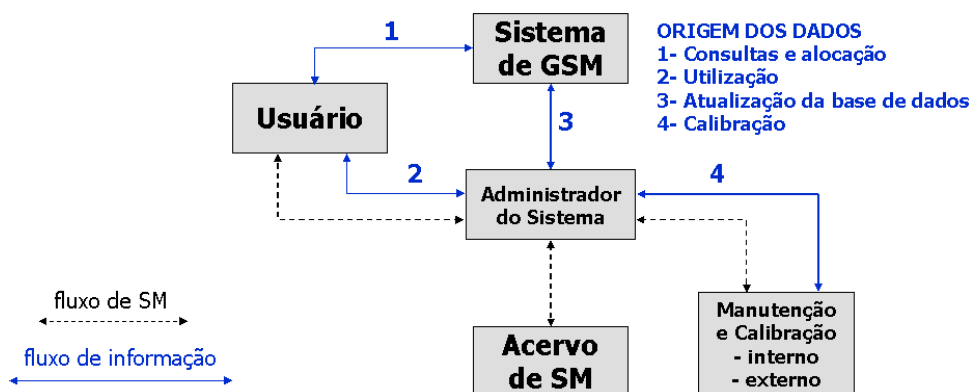


Figura 4.3 – Interação entre usuários e administradores do sistema de supervisão e do acervo de SM [103].

Na abordagem feita no item 3.2 foram apresentados alguns sistemas [86][92] que propõem o uso da *Internet* como meio para disponibilizar funções de supervisão e controle da rastreabilidade de SM, administrando uma base de dados dos seus clientes, que acessam seus dados remotamente. Tipicamente, os *softwares* para supervisão e controle de rastreabilidade de SM, incluem funções de: cadastramento, armazenamento/disponibilização de diferentes grupos de informações, sobre características dos SM, usuários do sistema, e o controle e histórico da utilização dos SM; atualização dos dados de calibração e intervalos de calibração; controle (programação) das operações de manutenção e calibração de SM; controle do fluxo (empréstimo/devolução) dos SM que são utilizados; imposição de restrições ao uso de SM; administração da documentação dos SM; controle de clientes e fornecedores.

O método S&RSM desenvolvido para o LASAR-AMI foi estruturado em cinco fases. A síntese do método pode ser vista na Figura 4.4. Os procedimentos completos associados ao método foram documentados e integram o dossiê de desenvolvimento [105]. Apresenta-se a seguir cada uma das fases e suas principais atividades.

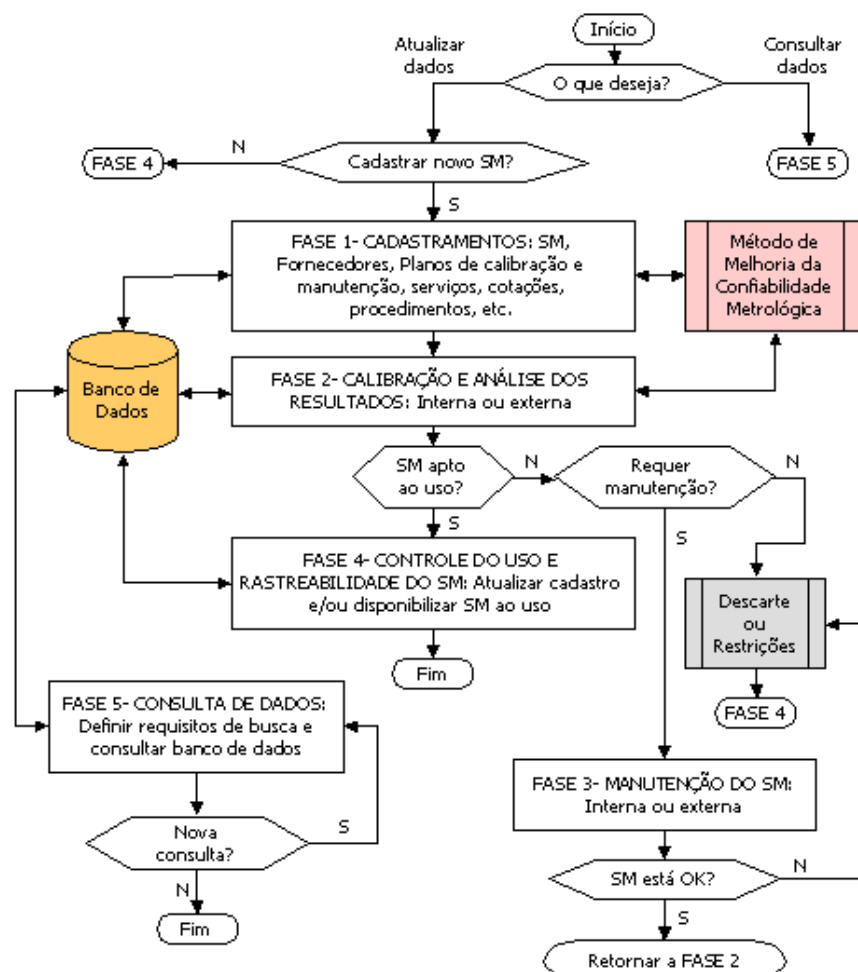


Figura 4.4 – Síntese do fluxograma do método S&RSM [105].

4.2.1 Fase 1: Cadastramentos

A aplicação do sub-módulo S&RSM ocorre em duas situações distintas: a primeira através do cadastramento de novos dados ou atualização dos dados já cadastrados de sistemas de medição e outras informações relacionadas; o segundo através da consulta às informações já cadastradas. Essas duas opções, "atualizar dados" e "consultar dados", são referenciadas no método na fase de inicialização que antecede ao acesso aos dados administrados pelo sub-módulo S&RSM. Elas aparecem no início do fluxograma da Figura 4.4.

Nesta Fase 1 de administração dos cadastros, a base de dados é alimentada com informações de: sistema de medição, família do SM, procedimento de calibração, critérios para a seleção do SM, fabricante, fornecedor, serviço prestado pelo fornecedor, cotação do fornecedor, mensurando, local para uso, histórico e plano de calibração, certificado de calibração, padrões utilizados na calibração, condições ambientais na calibração, resultados da calibração, histórico de movimentação e operador do SM. Essas informações formam a base de dados de sistemas de medição.

A maioria dos cadastros apresenta informações que são comuns aos sistemas de medição de uma mesma família ou até de famílias similares. Nesse sentido, a cada novo sistema de medição a ser cadastrado existe a opção de apenas atualizar dados de um cadastro de um sistema de medição da mesma família, reduzindo assim o tempo para preenchimento dos campos. A Figura 4.5 mostra a tabela de cadastramento de SM preenchida para um sistema de medição. Esta é a primeira tabela para entrada de dados no cadastramento do SM. A partir desta primeira tabela uma série de outras tabelas aparecem vinculadas a ela, que no conjunto constituem a totalidade de informações associadas ao gerenciamento de um sistema de medição específico.

O conjunto de tabelas projetadas resulta do estudo dos módulos técnicos do LASAR-AMI e desenvolvimento de uma proposta inicial de configuração da base de dados. Os dados resultantes desses estudos foram tratados no projeto da base de dados do LASAR-AMI para integrar os módulos técnicos entre si, através de um modelo de estrutura de relacionamentos, e aos demais módulos do LASAR Central, buscando evitar ao máximo as redundâncias de informações.

O módulo de "Melhoria da Confiabilidade Metrológica" [61] do LASAR-AMI contribui igualmente com a alimentação do banco de dados, através do sub-módulo de "Uso dos resultados de calibração" dos sistemas de medição, com funções de prover "Informações sobre o certificado de calibração" e "Determinação e adequação do intervalo de calibração do sistema de medição".

FUNDAÇÃO CERTI

Sistema de Medição

INCLUIR
 Sistema de Medição
 Certificados Calib.
 Operadores
 Locais de uso
 Fornecedores
 Família do SM

MÓDULOS
 Consultar SM
 Módulos Técnicos
 Mód. Educacionais

CONTATOS
 Webchat
 Consulta Comercial

OUTROS
 Notícias
 Forum

Protótipo: **LASAR**

Responsável: Luis Ribeiro
 Identificação: PQ 0333
 Nº Série: PQ 0333
 Unidade de Medida: milimetro
 Descrição SM: Paquímetro universal com indicação digital

Tipo Controle: Variáveis
 Atributos

Tipo Ensaios: Destrutivo
 Não Destrutivo

Faixa de Medição: de 0 mm até 150 mm
 Faixa de Indicação: de 0 mm até 150 mm
 Divisão de Escala: 0.01 mm
 Resolução Mínima: 0.01 mm
 Erro Máximo: 0.016 mm

Material do SM: Aço inox
 Grandezas: Ângulo, Batimento, Cilindricidade, Circularidade
 (Ctrl para múltiplas seleções)

Observações:

Alterar Passo1 Voltar

Figura 4.5 – Cadastro de um paquímetro digital.

4.2.2 Fase 2: Calibração e análise dos resultados

Nesta Fase 2 gerencia-se a necessidade de calibração de sistemas de medição, o envio/recebimento para calibração interna ou externa, a análise do certificado de calibração e o posterior parecer sobre adequação ao uso.

Na administração da calibração dos SM e análise dos resultados dessas calibrações a disciplina com o trato da documentação e o rigor analítico são os fatores que sustentam a lógica do processo desenvolvido nesta fase. A gestão dos dados de calibração requer o uso dos cadastros referenciados da Fase 1 para controlar os dados de calibração, desde o plano de calibração, os procedimentos até os resultados das calibrações. Os cadastros foram desenvolvidos de modo a induzir a postura crítica frente aos resultados das calibrações, quando da atualização dos cadastros do SM.

A análise e interpretação do certificado de calibração são fundamentais para avaliar aspectos operacionais e a confiabilidade metrológica do sistema de medição. Confrontar os

resultados da calibração com as especificações do sistema de medição é decisivo para dar um parecer para a questão: “O sistema de medição está conforme?”.

A Figura 4.6 representa uma parte do fluxograma do método de S&RSM que detalha a lógica do gerenciamento da calibração e análise dos resultados que constituem a Fase 2 do método. É relevante observar a preocupação de garantir a integração do método com o módulo MCM do LASAR-AMI, o qual traz orientações sobre o “uso de resultados de calibração de SM” [61], considerados relevantes para um processo de análise de certificado de calibração.

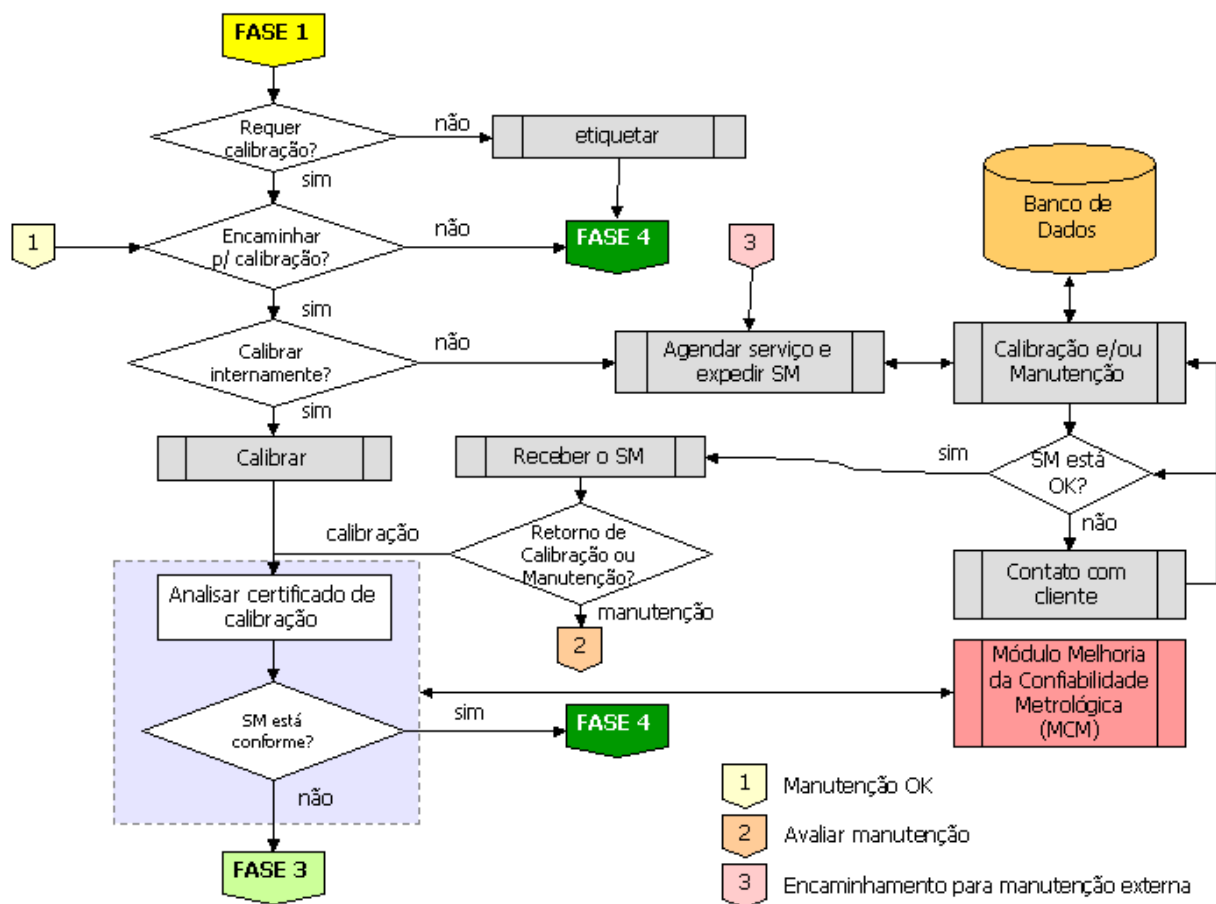


Figura 4.6 – Fluxograma da Fase 2 do sub-módulo S&RSM [105].

4.2.3 Fase 3: Manutenção e análise dos resultados

Nesta fase gerencia-se a necessidade de manutenção e encaminhamentos para sua execução. O estado do SM após a manutenção é verificado e decide-se pela calibração, restrição de uso ou descarte. A gestão dos dados de manutenção requer o uso dos cadastros referenciados da Fase 1 para avaliar os dados no sentido de identificar necessidades de manutenção e manter um cadastro de serviços, fornecedores e cotações.

Quando um SM não está conforme (isso pode ser verificado após calibração e/ou manutenção) deve-se decidir sobre a necessidade de uma manutenção. Se for requerida uma manutenção o encaminhamento deve ser feito, seja ela interna ou externa. Por outro lado, se o SM não requer manutenção ou a manutenção foi mal sucedida, ou seja, não há perspectiva de conformidade, pode-se ainda decidir pela imposição de restrições ao uso ou pelo descarte definitivo.

Se o SM requer manutenção interna, deve ser executada conforme procedimento de manutenção da empresa. Se a manutenção for realizada por um fornecedor de serviço externo devem ser seguidos os procedimentos do LASAR de agendamento e encaminhamentos (Figura 4.6).

4.2.4 Fase 4: Controle do uso e rastreabilidade

Nesta fase gerencia-se a utilização do SM através do seu histórico de movimentação. A rastreabilidade é gerenciada através do plano e histórico de calibração.

Após cada mudança do status do SM, sejam por calibração, manutenção, restrições de uso, descarte ou movimentações do mesmo, deve-se proceder a atualização do cadastramento das informações. Esse processo se dá através da atualização dos registros já descritos na Fase 1 (item 4.2.1). Essas ações devem garantir que qualquer tomada de decisão baseada em informações do cadastro de SM será confiável no que se refere à atualidade dos dados.

Uma vez garantida a credibilidade dos dados cadastrados no banco de dados, bem como a conformidade do SM sob determinadas condições, disponibiliza-se para alocação aos processos de medição para os quais tenha sido selecionado.

4.2.5 Fase 5: Consulta de dados

São várias as situações em que se quer apenas consultar uma informação específica a respeito de um sistema de medição ou um grupo de sistemas de medição com informações comuns. Nesses casos é necessário dispor de uma ferramenta de busca das informações.

As informações, que devem estar atualizadas, podem ser consultadas por meio de um mecanismo de busca como o que é apresentado na Figura 4.7. Os filtros da busca definidos pelo usuário estabelecem o seu grau de refinamento e são coerentes com os requisitos utilizados para selecionar um SM no método de seleção e uso do sistema de medição (sub-módulo S&USM) que é abordado no próximo item.

Figura 4.7 – Entrada de dados dos requisitos de busca de sistema de medição.

4.3 MÉTODO DE “SELEÇÃO E USO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO”

A seleção correta de SM é fator essencial dentro dos objetivos da garantia da qualidade metrológica de uma empresa. A tarefa de selecionar adequadamente os SM não é simples, pois exige conhecimentos sobre o processo de medição e suas variáveis de influência, aspectos econômicos (de aquisição e operacional), o grau de automatização necessário, características relevantes do processo produtivo (em série ou produção unitária), entre outros. Em função da complexidade é possível perceber na prática industrial a falta de fundamentação metrológica para os procedimentos documentados utilizados na seleção de SM.

Este quadro de dificuldades evidencia a necessidade de uma abordagem que considere os principais fatores para uma tomada de decisão relacionada à função de selecionar um SM para uma dada tarefa de medição. O LASAR-AMI, através do método de “Seleção e Uso do Sistema de Medição” (S&USM) [106] busca estabelecer um tratamento lógico e integral do processo de seleção de um SM. Em síntese, o método objetiva cumprir as seguintes funções:

- Produzir um caderno de encargos associado à tarefa de medição;
- Localizar os SM disponíveis no patrimônio da empresa que melhor solucionam a tarefa;

- Disponibilizar ferramentas que viabilizem uma tomada de decisão que considere condições de contorno relacionadas à função seleção de um SM;
- Introduzir a prática de avaliar a adequabilidade de um processo de medição antes de colocá-lo em uso;
- Conduzir o usuário para a seleção do SM para uma tarefa de medição, com fundamentação metrológica compatível com seus requisitos;
- Facilitar a identificação de necessidades de aquisição de SM;
- Auxiliar na sistematização de informações relevantes para o uso do sistema de medição selecionado (certificados de calibração, manuais, instruções, etc.) e elaboração de um plano de controle (ou plano de inspeção).

O sub-módulo S&USM, inserido na sistemática de GSM, teve sua estrutura de funções estabelecida conforme o diagrama da Figura 4.8.

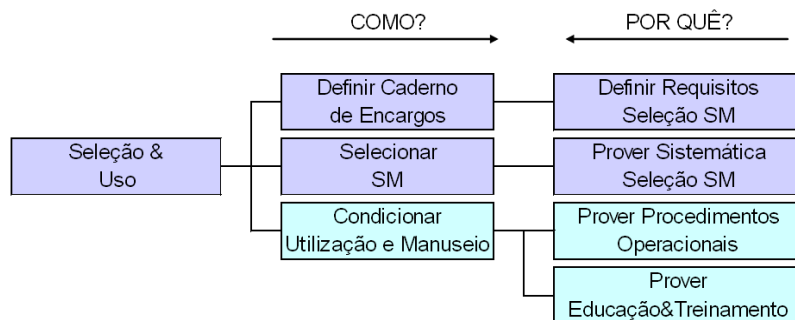


Figura 4.8 - Estrutura de funções para o módulo S&USM.

É sabido que processos de medição são empregados sob diferentes motivações, nesse sentido a especificação de um processo de medição e a seleção de um SM deve levar em consideração esses objetivos. Na metrologia industrial a maioria das medições é feita por motivações mais técnicas do que científicas, ou seja, as medições são realizadas para garantir conformidade com especificações e a qualidade de produtos ou sistemas. Classificando esses objetivos pode-se dizer que os SM são selecionados para:

- Realizar uma medição para monitorar um processo ou fenômeno físico, simplesmente para se ter uma idéia aproximada do valor do mensurando. Esse objetivo se assemelha às situações que envolvem monitoramento da produção sem exigência de ações ou decisões em relação ao processo. Nesses casos a seleção do SM requer minimamente o conhecimento da faixa de medição do SM e uma estimativa do seu erro máximo.

- Inspecionar ou controlar uma grandeza para garantir a qualidade de produtos e processos, ou seja, as medições são realizadas para garantir conformidade com especificações e a qualidade de produtos ou sistemas. Nesse caso o conhecimento das especificações (limites de especificação) orienta a seleção do SM que deve considerar minimamente a faixa de variação do mensurando e a incerteza de medição requerida para assegurar confiança nos resultados das medições.

Do ponto de vista conceitual, no contexto da qualidade, qualquer operação que possibilite a avaliação da qualidade de um produto por meio da comparação com suas especificações pode ser considerada uma inspeção [2].

O método de S&USM desenvolvido enfatiza a aplicação do SM para fins de inspeção de uma característica da qualidade de um produto físico pela sua aplicação mais freqüente. No entanto nada impede sua adoção para abordagem de uma tarefa de seleção de SM para, por exemplo, controle ou investigação de um processo, inspeção por atributos ou medição qualquer, desde que os dados de entrada sejam introduzidos de forma a representar com fidelidade as especificações que orientam a seleção.

A seleção de um SM encontra grande aplicação e relevância na atividade de planejamento de inspeções (item 2.1). No que se refere à estrutura e conteúdo de um plano de inspeção, pode-se dizer que resguardadas algumas particularidades de cada empresa, todos os planos mostram dados organizacionais no cabeçalho e dados relativos aos processos de inspeção no seu interior. Um estágio (ou fase) de inspeção contém todas as instruções necessárias para inspecionar uma característica.

No planejamento da inspeção auxiliado por computador (Figura 4.9), como é o que se propõe no âmbito do LASAR-AMI, com ajuda da base de dados do sistema de GSM é possível selecionar SM conforme os requisitos. Em casos de requisitos de seleção complexos e número de SM disponíveis elevado, a ajuda de um computador libera o planejamento da inspeção das tarefas manuais, repetitivas, demoradas e, por conseguinte onerosas.

O computador é útil em cada fase de elaboração de um plano de inspeção. No entanto a ajuda do computador diminui com o aumento do esforço criativo e de planejamento exigido do operador, ou seja, algumas tarefas no planejamento da inspeção podem possuir uma reduzida possibilidade de uso da informática, mas este não é o caso da tarefa de selecionar o SM adequado [2].

Os critérios a considerar num processo rigoroso de seleção dos SM representam uma variedade de fatores de influência, os quais revelam a complexidade do processo. A classificação de critérios e seus desdobramentos em variáveis permitem uma maior abstração da análise de requisitos.

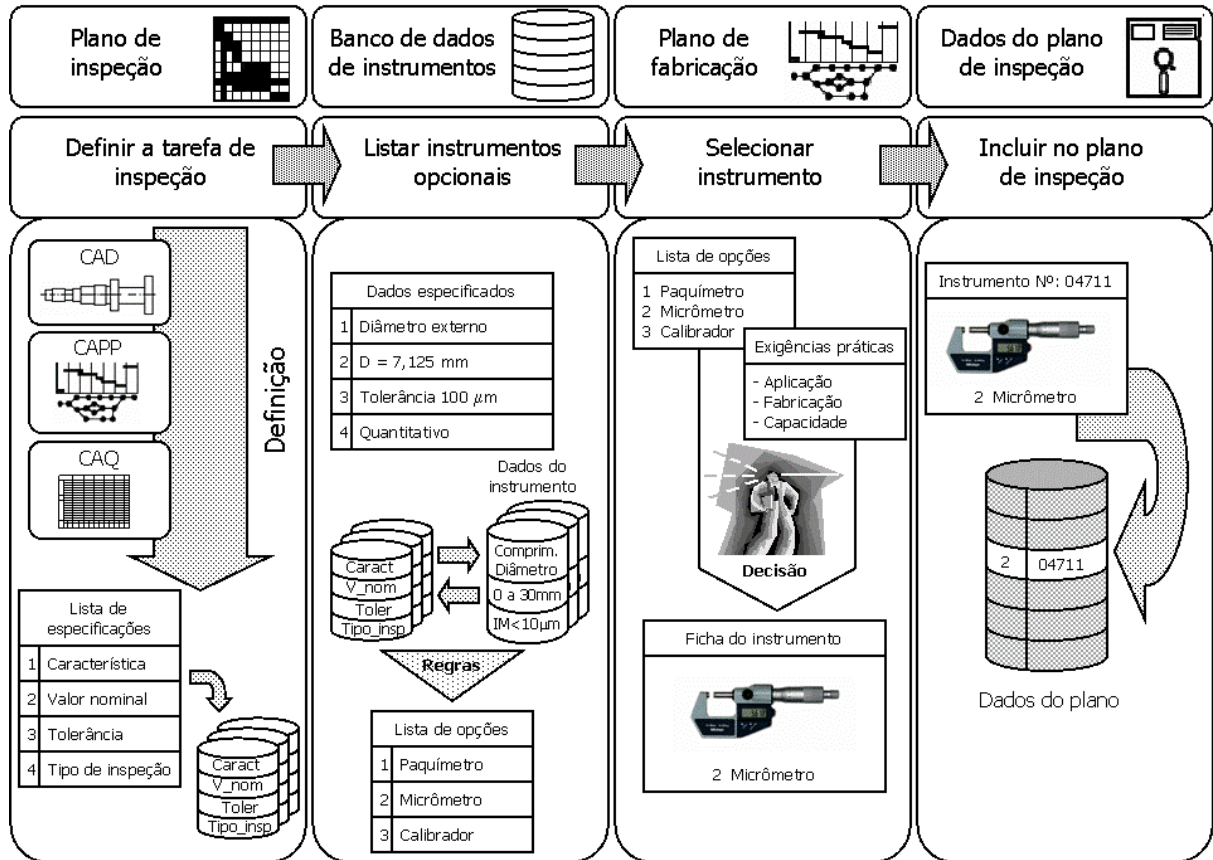


Figura 4.9 - Seleção de SM inserido no processo de elaboração do plano de inspeção [2].

Por exemplo, tomando-se o critério "Mensurando", a análise conduzirá a outros critérios como (na área dimensional): geometria compatível com a configuração construtiva do SM, material, condição superficial, características limitantes ao desempenho da tarefa.

Alguns estudos têm relatado práticas tradicionais das empresas para estabelecer e adotar critérios de seleção de um SM [2][24][51][54][93][103][107][108] e apresentam recomendações técnicas. Destaca-se uma questão considerada central na tomada de decisões, que é o efeito da relação incerteza de medição (IM) *versus* intervalo de tolerância (IT ou T). A tolerância (T) representa a diferença entre o Limite Superior (LS) e o Limite Inferior (LI) especificados para a característica da qualidade.

Essa relação deve ser considerada cada vez que se realiza uma medição, porque pode afetar negativamente o resultado e o custo da medição, Pode-se expressar essa relação da seguinte forma:

$$\frac{IM}{T} = \frac{U_{95\%}}{LS - LI} \quad (4.1)$$

A partir do surgimento da ISO GUM [56] a padronização do procedimento de cálculo e do nível de abrangência da incerteza de medição atualizou a forma de calcular a relação

incerteza-tolerância utilizando-se a incerteza expandida $U_{95\%}$. A incerteza de medição deve ser considerada nas condições do processo.

Tem sido recomendado o uso da chamada “regra de ouro da metrologia” para a relação IM/T , significando dizer que $U_{95\%}$ é igual à décima parte da tolerância total, ou seja:

$$IM = U_{95\%} \leq \frac{T}{10} \quad (4.2)$$

O critério da regra de ouro tem sido empregado por se considerado um ponto de equilíbrio técnico-econômico. No entanto à medida que tolerâncias de fabricação diminuem, o emprego desta regra se torna cada vez mais crítico, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. Nestes casos relações menos conservativas podem ser requeridas.

Processos de fabricação que operam com alto índice de capacidade, têm uma grande probabilidade de produzir unidades dentro da zona de aceitação, representada na parte inferior da Figura 4.10, minimizando a importância do requisito sobre a incerteza de medição para avaliação de conformidade. Por outro lado, processos com baixa capacidade apresentam uma importante fração de produto em torno dos limites de especificação (zona de dúvida), região em que o processo de medição pode produzir erros de inspeção. Nesse caso, para minimizar a probabilidade de erros na avaliação de conformidade, é necessário diminuir a incerteza de medição.

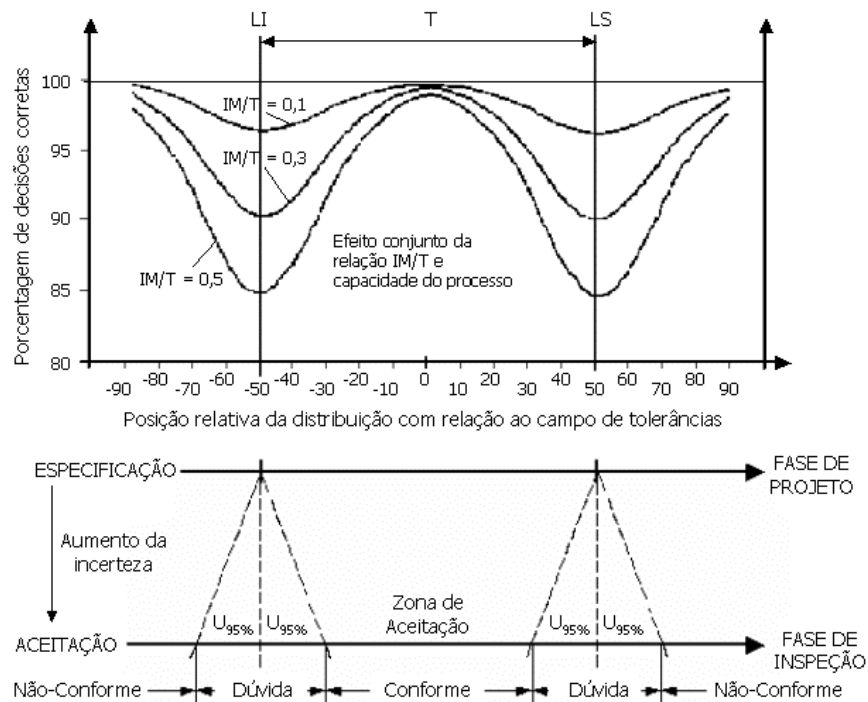


Figura 4.10 - Efeito conjunto da relação IM/T e capacidade do processo de fabricação sobre a aceitação. Adaptado de [2].

Em síntese, pode-se dizer que, com base na capacidade dos processos de fabricação e medição, pode-se às vezes ignorar a “regra de ouro” sem sacrificar a qualidade da tomada de decisão. Os valores considerados razoáveis para se trabalhar por razões técnicas (lado esquerdo) e econômicas (lado direito) são [2]:

$$\frac{1}{10} \leq \frac{IM}{T} \leq \frac{1}{3} \quad (4.3)$$

Essa análise se relaciona com as regras de decisão para provar a conformidade e a não conformidade de produtos e SM em presença de IM estabelecidas pela norma ISO 14253-1 [59]. Para eliminar as ambigüidades na avaliação de conformidade, a norma estabelece que, para demonstrar a conformidade de um produto, é necessário que o resultado da medição do mesmo se encontre dentro de um intervalo obtido deslocando os limites de especificação de um valor da incerteza de medição expandida no sentido de reduzir a zona de aceitação [108]. Ou seja, a principal influência da IM na conformidade dimensional e geométrica de peças é justamente a diminuição da zona de conformidade da peça [107]. Isso é apresentado na parte inferior da Figura 4.10, que representa o decréscimo na zona de conformidade da peça à medida que a IM aumenta.

O método proposto para o módulo de GSM do LASAR-AMI deve prover informações que condicionem o SM selecionado ao uso. Como fazer isso? Através da disseminação de informações e procedimentos associados ao bom uso do SM selecionado, podendo ser configurado na forma de ferramentas de caráter educativo como as que são propostas em um dos módulos básicos do LASAR-AMI (item 3.5). Outra forma é através da disponibilização de meios de capacitação do usuário do SM selecionado. A utilização adequada de um SM está associada à educação e capacitação dos seus usuários. Para o enfrentamento de problemas como este, experiências com *software* para o ensino de técnicas de medição têm sido desenvolvidas [109]. As conclusões indicam que o uso do recurso computacional é importante na complementação da educação técnica e disseminação de experiências associadas ao conhecimento metrológico.

O suporte em educação e treinamento, em alguns países pode ser identificado como de importância fundamental. O desenvolvimento de RH é a forma de investimento mais barata, pois se pode considerar que apresenta uma taxa de retorno em um curto prazo. O problema da falta de profissionais com conhecimento especializado representa uma obstrução para a utilização eficiente de SM. As necessidades de treinamento para a operação e manutenção de SM devem ser cuidadosamente avaliadas antes da aquisição dos SM, pois a falta de treinamento apropriado pode produzir uma sub-utilização por longos períodos ou mal uso de SM caros. Nesses casos podem ocorrer prejuízos materiais e morais aos envolvidos [71].

O método S&USM desenvolvido para o LASAR-AMI foi estruturado em quatro fases. A síntese do método pode ser visto na Figura 4.11. Os procedimentos completos associados ao método foram documentados e integram o dossiê de desenvolvimento [106]. Apresenta-se a seguir cada uma das fases e suas principais atividades. Antes, porém, ressalta-se mais uma vez que a ênfase dada no método desenvolvido considera a aplicação do SM em tarefas de inspeção de uma característica da qualidade de um produto físico, que corresponde às aplicações mais frequentes na metrologia industrial.

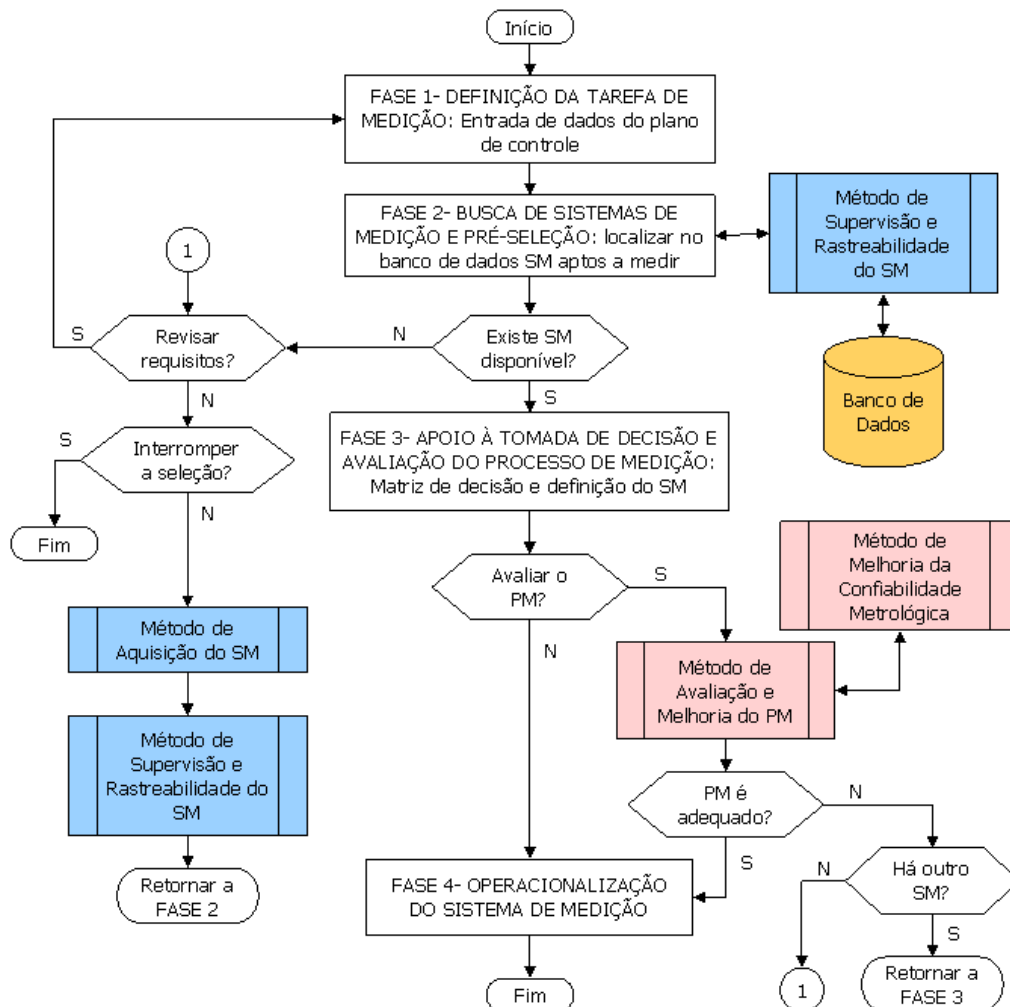


Figura 4.11 - Síntese do fluxograma do método S&USM [106].

4.3.1 Fase 1: Definição da tarefa de medição

Nesta fase são fornecidas informações que identificam o processo ao qual a tarefa de medição está vinculada e que usualmente constam no cabeçalho de um plano de inspeção (ou plano de controle). Um segundo nível de dados de entrada nesta fase é a definição dos parâmetros da medição (valor nominal, intervalo de tolerâncias, resolução mínima requerida, etc.), e que orientam a busca no banco de dados de SM aptos.

Para a funcionalidade do processo de entrada e para viabilizar os testes de desenvolvimento do método foi desenvolvida uma planilha (Figura 4.12) para entrada dos dados de caracterização da tarefa de medição. Os dados inseridos nesta planilha alimentam os ciclos de decisão que se processam na Fase 2, que é uma fase de tomada de decisões sobre a pré-seleção de SM e revisão de requisitos.

LASAR - LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SERVIÇOS E ACESSORAMENTO REMOTOS
MÓDULO S&USM - SELEÇÃO E USO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO
ENTRADA DE DADOS DA CARACTERÍSTICA A MEDIR

1	Número do Plano de Controle	Não consta	
2	Data de emissão	20/12/2004	
3	Data de revisão	3/1/2005	
4	Cliente	Peças originais	
5	Nome do Fornecedor/designação do local	Empresa B	
6	Protótipo, Pré-lançamento ou Produção	Produção	
7	Número da peça/desenho	9112307535	
8	Nome/Descrição da peça	Corpo	
9	Contato principal/telefone	Não consta	
10	Identificação do processo (1)	Usinagem	
11	Identificação do processo (2)	0	
12	Identificação do processo (3)	0	

Item	Descrição da característica	Controle	Mensurando		Valor nominal	Unidade	IT	Divisor p/ Resolução	Resolução mínima	IT/Emáx	Situação do SM	Local para uso do SM	Família do SM	Denominação do SM	Número do registro SM
			Opção 1	Opção 2											
1	Diâmetro 52 M7	variável	compr int	diâmetro int	52,000	mm	0,030	20	0,002	10	calibrado				

Figura 4.12 – Planilha de entrada de dados da característica a medir [106].

Dentre os parâmetros da característica a medir que são definidos destacam-se alguns que são chave para os testes que se sucedem: o tipo de controle, o valor nominal e o intervalo de tolerância especificado, resolução mínima e seu divisor e a relação "IT/E_{máx}" desejada. Esses parâmetros são descritos nos parágrafos seguintes.

O tipo de controle é uma das formas de classificar os tipos de SM na indústria e se caracteriza pela forma de expressar o resultado de uma medição, nesse caso os SM são classificados pela capacidade de avaliar atributos (classificação de itens qualitativamente frente a uma especificação) ou variáveis (avaliação quantitativa através medição dos característicos de qualidade). Na busca no banco de dados essa opção funciona como um filtro, já que no cadastramento dos SM essa opção é informada.

O valor nominal acompanhado do intervalo de tolerância especificado são informações fundamentais, pois permitem a definição dos limites dentro dos quais se espera que o mensurando varie, sendo assim é possível restringir a busca dentre os SM que possuem faixa de medição capaz de inspecionar o produto.

O intervalo de tolerância (IT) é fundamental para avaliar se a relação IT/E_{máx}, associada aos SM incluídos na busca, atende aos requisitos mínimos exigidos para a medição. Neste caso foi definido E_{máx} como um parâmetro baseado na incerteza de medição obtida da calibração do SM. Trata-se de uma aproximação da situação ideal, a qual deve considerar o processo de medição, ou seja, a incerteza de medição nas condições reais de

utilização do SM. Este parâmetro muitas vezes é utilizado na indústria para estabelecer o critério de aceitação do SM em um processo de seleção. O registro do SM deve prover o valor de $E_{m\acute{a}x}$. Sua forma de determinação varia entre as empresas. Em geral:

$$E_{m\acute{a}x} = |Td + Re|_{\text{m\acute{a}ximo na faixa de medi\c{c}\~{a}o}} \quad (4.4)$$

Nesta equação (4.4) "Td" é a tendência e "Re" é a repetitividade, parâmetros obtidos da calibração do SM. Embora nesta fase de entrada de dados de requisitos para seleção de um SM sejam utilizados dados de incerteza de medição obtidos da calibração, não se ignora que esse procedimento não é suficiente para a seleção de um SM para um processo de manufatura. Deve-se levar em consideração que o valor da incerteza de medição obtido da calibração não representa as condições reais de uso do SM. Nesse sentido o procedimento da avaliação do processo de medição nas condições de uso do SM é apresentado na Fase 3 do método.

O divisor para a resolução é uma informação que estabelece o fracionamento do IT para cálculo da resolução mínima. Se a resolução (R) do SM não for adequada, o processo de medição perde confiabilidade. Algumas publicações [46][47][48] trazem recomendações para a resolução do SM, relacionando-a com o IT ou a variação do processo de fabricação ($VP = 6\sigma$), quando esta última é conhecida. No método de "Avaliação e Melhoria do Processo de Medição" (sub-módulo AMPM do GSM) [46] adota-se o seguinte critério (dos dois o menor):

$$R \leq \frac{IT}{20} \quad \text{ou} \quad R \leq \frac{VP}{20} \quad (4.5)$$

O divisor 20 é o valor *default* estabelecido, podendo ser alterado pelo usuário do método, embora não recomendado. No presente método, por uma questão de simplificação do procedimento, adota-se o critério baseado na relação com o intervalo de tolerância ($R \leq IT/20$).

A Relação " $IT/E_{m\acute{a}x}$ " mínima desejada caracteriza o valor de um parâmetro "Z" que é um requisito para pré-selecionar SM capazes de realizar a tarefa de medição especificada. O valor atribuído a "Z" é utilizado para testar, na Fase 2 do método, a condição dada por:

$$Z \leq \frac{IT}{E_{m\acute{a}x}} \quad (4.6)$$

4.3.2 Fase 2: Busca de sistemas de medição e pré-seleção

As informações definidas na Fase 1 representam os requisitos para a busca dos SM com possibilidades de cumprir a tarefa de medição e que estão cadastrados no banco de

dados. A relação $IT/E_{m\acute{a}x}$ é testada para cada sistema de medição encontrado na busca ao banco de dados, confrontando com o parâmetro "Z" estabelecido como requisito na Fase 1.

Tem que se ter presente a percepção de que os dados de entrada representam filtros para a busca dos SM, ou seja, vários resultados são obtidos na busca dependendo da combinação de requisitos estabelecidos. O estabelecimento de requisitos não pode ser feito sem que se tenha convicção dos objetivos da seleção, o que envolve o conhecimento do rigor que a tarefa de medição exige e que pode esclarecer o refinamento necessário na seleção do SM. De qualquer forma é fortemente recomendável no uso deste método de S&USM que o processo seja baseado numa abordagem progressiva que parta de considerações inicialmente simples de serem processadas e que evolua em profundidade à medida que as decisões se tornem mais complexas.

A essência desta fase consiste em rodar o ciclo de decisão (Figura 4.13) que se baseia nos requisitos estabelecidos na Fase 1 e no resultado da busca no banco de dados dos SM. Em função do rigor dos requisitos e refinamento da busca, algumas iterações podem ser necessárias para adequar os requisitos até encontrar uma relação suficiente de SM capazes de realizar a medição.

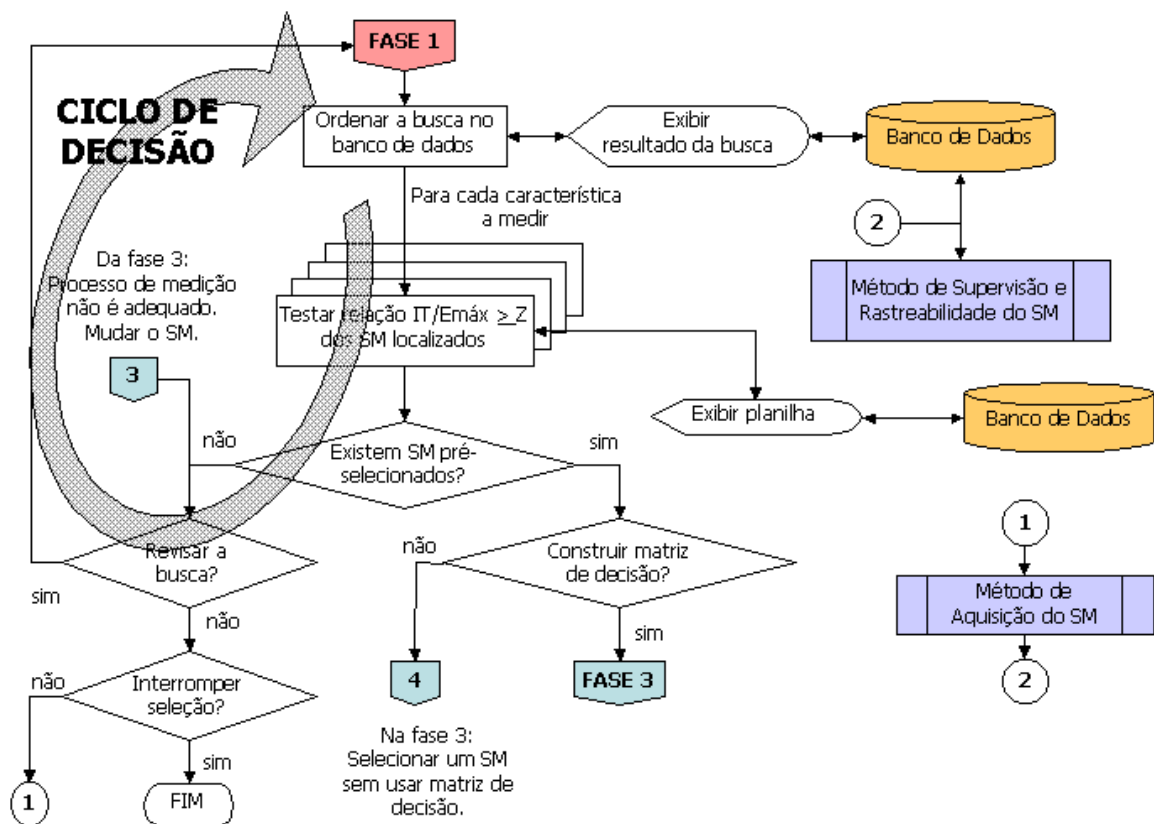


Figura 4.13 – Ciclo de decisão sobre a pré-seleção do sistema de medição [106].

Para viabilizar mais alternativas na pré-seleção o requisito “resolução mínima”, que originalmente era calculado a partir da relação “IT/20”, sendo o divisor “20” fixado, foi flexibilizado. O que se percebe na prática é que exatamente este divisor é um dos alvos de redefinição a cada iteração, o outro é a relação $IT/E_{m\acute{a}x}$. Para viabilizar esta flexibilidade estabeleceu-se o parâmetro “divisor para a resolução” na planilha da Figura 4.13 como uma variável passível de ser ajustada.

Sabe-se, no entanto que a diminuição do rigor do critério de resolução mínima deve comprometer a incerteza de medição, sendo que este comprometimento pode ser percebido na Fase 3, quando se aplica um dos métodos de avaliação de adequabilidade do processo de medição. Igualmente, a redução do rigor na definição da relação $IT/U_{m\acute{a}x}$ compromete a confiabilidade da medição, com impactos nos custos da não-conformidade.

Cabe ressaltar que a funcionalidade do método é dependente da atualização sistemática da base de dados através dos procedimentos do sub-módulo S&RSM. Essa integração entre os sub-módulos é destacada na Figura 4.13. Da mesma forma destaca-se a integração com o método de aquisição de SM, para as situações em que se converge para a decisão da aquisição como solução para uma tarefa de medição pendente. O método de aquisição do SM, um dos sub-módulos da sistemática de GSM, é tratado no item 4.4.

4.3.3 Fase 3: Apoio à tomada de decisão e avaliação do processo de medição

Quando mais de um SM é pré-selecionado como “com possibilidades de executar a tarefa de medição” (passaram pelo teste do parâmetro Z), é necessário estabelecer uma ordem de prioridade entre eles conforme critérios de decisão (reunidos em categorias) selecionados e ponderados pelo usuário. Estão ilustradas na Figura 4.14 as cinco categorias de decisão (desempenho, hardware, software, custos e fornecimento) cada qual com seu peso atribuído pelo usuário. Na mesma figura apresenta-se a subdivisão das categorias em critérios, os quais também são ponderados de acordo com a estratégia de seleção do usuário. Os pesos representados na Figura 4.14 são apenas ilustrativos.

A escolha dos critérios de decisão define o nível de detalhamento da análise de decisão. Na grande maioria das aplicações pode-se chegar a decisões satisfatórias considerando poucos critérios vitais que são definidos pelo usuário. Por exemplo, pode-se fundamentar uma escolha baseada apenas em desempenho e custo, e dentro destas categorias considerar apenas “faixa de medição”, “incerteza de medição”, “resolução”, “preço de aquisição do SM” e “custo de calibração”.

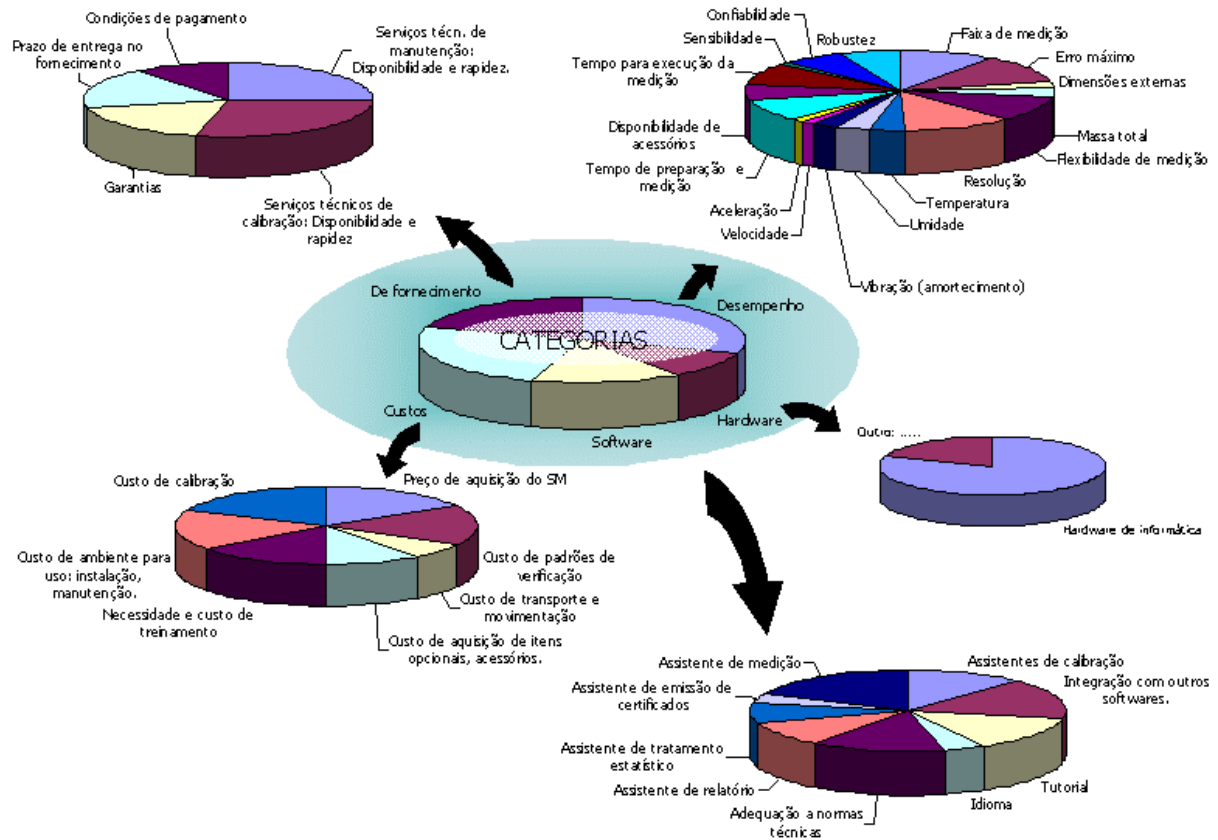


Figura 4.14 – Critérios de decisão reunidos em cinco categorias.

Nesta fase disponibiliza-se uma ferramenta de apoio configurada como uma matriz de decisão para classificação dos SM baseado nas informações cadastradas para cada um deles no cadastro de critérios de decisão (por família de SM) do sub-módulo S&RSM. Um exemplo de cadastro de critérios de decisão é mostrado na Figura 4.15.

O uso da matriz depende do nível de profundidade que se quer imprimir à análise de decisão. Já foi tratado no item 4.3.2 que o estabelecimento de requisitos não pode ser feito sem se ter convicção dos objetivos da seleção e deve ser conduzido mediante uma abordagem progressiva. A abordagem progressiva é fundamental, pois só exigirá profundidade na análise de decisão se assim o problema exigir. Parte-se de considerações inicialmente simples de serem processadas e evolui-se em profundidade à medida que as decisões se tornem mais complexas. Esse mecanismo é imprescindível para que a matriz de apoio à decisão ganhe aplicação em campo.

A seqüência lógica de construção da matriz de apoio à decisão é apresentada por meio de uma seqüência de 6 passos na Figura 4.16. À medida que o processo avança, intervenções do usuário são necessárias para configurar a matriz na sua forma final. As intervenções consistem em fazer as seleções e ponderações a respeito das categorias e critérios de decisão e ponderação a respeito do grau de atendimento dos SM aos critérios.

cad_crit_sel		
Código do cadastro de critérios: 07-1 Micrômetro interno 3 pontas		
Família: Micrômetros		[Cadastro de Família de SM]
Categoria	Critério (Selecionar)	Informação
<input checked="" type="checkbox"/> Desempenho	<input checked="" type="checkbox"/> Faixa de medição/Faixa de indicação	12 a 16 mm
	<input checked="" type="checkbox"/> Erro máximo	±0,004 mm
	<input checked="" type="checkbox"/> Dimensões externas	Pequeno.
	<input checked="" type="checkbox"/> Massa total	Leve.
	<input checked="" type="checkbox"/> Flexibilidade de medição	Medição de diâmetros internos de qualquer superfície. Adequado ao controle por variáveis com excessão do modelo digital.
	<input checked="" type="checkbox"/> Resolução	0,001 mm com interpolação visual. 0,005 mm s/ interpolação.
	<input checked="" type="checkbox"/> Temperatura	Adequado às condições normais do ambiente industrial.
	<input checked="" type="checkbox"/> Umidade	Adequado às condições normais do ambiente industrial.
	<input checked="" type="checkbox"/> Vibração (amortecimento)	Medição estática: influência insignificante.
	<input type="checkbox"/> Velocidade	
	<input type="checkbox"/> Aceleração	
	<input checked="" type="checkbox"/> Tempo de preparação da medição	Pequeno. Requer ajuste do zero, limpeza dos sensores e estabilização térmica. Posicionamento e leitura são fáceis.
	<input checked="" type="checkbox"/> Disponibilidade de acessórios	Analógicos: com anéis de calibração; Digitais: com anéis de calibração e acessórios para comunicação e processamento de dados.
	<input checked="" type="checkbox"/> Tempo para execução da medição	Muito rápido. Posicionamento e leitura são fáceis.
	<input checked="" type="checkbox"/> Sensibilidade	Depende do valor de uma divisão de escala (VD). Deslocamento de 0,005 mm/VD.
<input checked="" type="checkbox"/> Confiabilidade	Calibrado. Aprovado no critério de aceitação (Para FM até 100 mm, Emáx<±0,009 mm).	
<input checked="" type="checkbox"/> Robustez	Usualmente de boa repetitividade. Requer cuidados no manuseio, pois construtivamente pode ser considerado delicado e apresentar problemas quando sujeito a impactos e mau uso.	
<input type="checkbox"/> Outro:.....		
<input checked="" type="checkbox"/> Hardware	<input checked="" type="checkbox"/> Hardware de informática	Disponível como acessório apenas para modelos eletrônicos específicos.
	<input type="checkbox"/> Outro:.....	
<input checked="" type="checkbox"/> Software	<input checked="" type="checkbox"/> Assistentes de calibração	Depende do fabricante e do modelo do SM. Há disponibilidade de sw para CEP que viabiliza programação de calibração.
	<input checked="" type="checkbox"/> Características de integração com outros softwares.	Depende do fabricante e do modelo do SM. SM com interface padronizada permite comunicação com PC e outros softwares.
	<input checked="" type="checkbox"/> Tutorial	Consultar fornecedor.
	<input checked="" type="checkbox"/> Idioma	Depende do fabricante e do modelo do SM. Consultar fornecedor. Há disponibilidade de sw com opções de idioma português, inglês e espanhol.
	<input checked="" type="checkbox"/> Adequação a normas técnicas	Depende do fabricante e do modelo do SM. Quando disponível, atende normas internacionais.
	<input checked="" type="checkbox"/> Assistente de relatório	Depende do fabricante e do modelo do SM. Consultar fornecedor. Há disponibilidade de sw com assistente de relatório.
	<input checked="" type="checkbox"/> Assistente de tratamento estatístico	Depende do fabricante e do modelo do SM. Consultar fornecedor. Há disponibilidade de sw para CEP e tratamento de medições.
	<input checked="" type="checkbox"/> Assistente de emissão de certificados	Depende do fabricante e do modelo do SM. Consultar fornecedor. Há disponibilidade de sw com assistente de relatório.
	<input checked="" type="checkbox"/> Assistente de medição	Depende do fabricante e do modelo do SM. Consultar fornecedor. Há disponibilidade de sw para CEP e tratamento de medições.
	<input type="checkbox"/> Outro:.....	
<input checked="" type="checkbox"/> Custos	<input checked="" type="checkbox"/> Preço de aquisição do SM	Só o instrumento sem acessórios: estima-se de US\$ 400 a 600.
	<input checked="" type="checkbox"/> Custo de padrões de verificação	Dependendo das dimensões, estima-se que um anel padrão esteja entre US\$ 100 e 2000.
	<input checked="" type="checkbox"/> Custo de transporte e movimentação	Baixo
	<input checked="" type="checkbox"/> Custo de aquisição de itens opcionais e acessórios	Consultar fornecedor.
	<input checked="" type="checkbox"/> Necessidade e custo de treinamento	Baixo
	<input checked="" type="checkbox"/> Custo de ambiente para uso: instalação e manutenção	Baixo
	<input checked="" type="checkbox"/> Custo de calibração	Baixo
	<input type="checkbox"/> Outro:.....	
<input checked="" type="checkbox"/> De fornecimento	<input checked="" type="checkbox"/> Serviços técnicos de manutenção: Disponibilidade e rapidez	Realizado internamente. Atendimento imediato.
	<input checked="" type="checkbox"/> Serviços técnicos de calibração: Disponibilidade e rapidez	Realizado internamente. Atendimento imediato.
	<input checked="" type="checkbox"/> Garantias	Há garantias. Consultar fornecedor.
	<input checked="" type="checkbox"/> Prazo de entrega no fornecimento	Consultar fornecedor.
	<input checked="" type="checkbox"/> Condições de pagamento	Consultar fornecedor.
	<input type="checkbox"/> Outro:.....	

Figura 4.15 – Cadastro de critérios de decisão para seleção de um micrômetro interno.

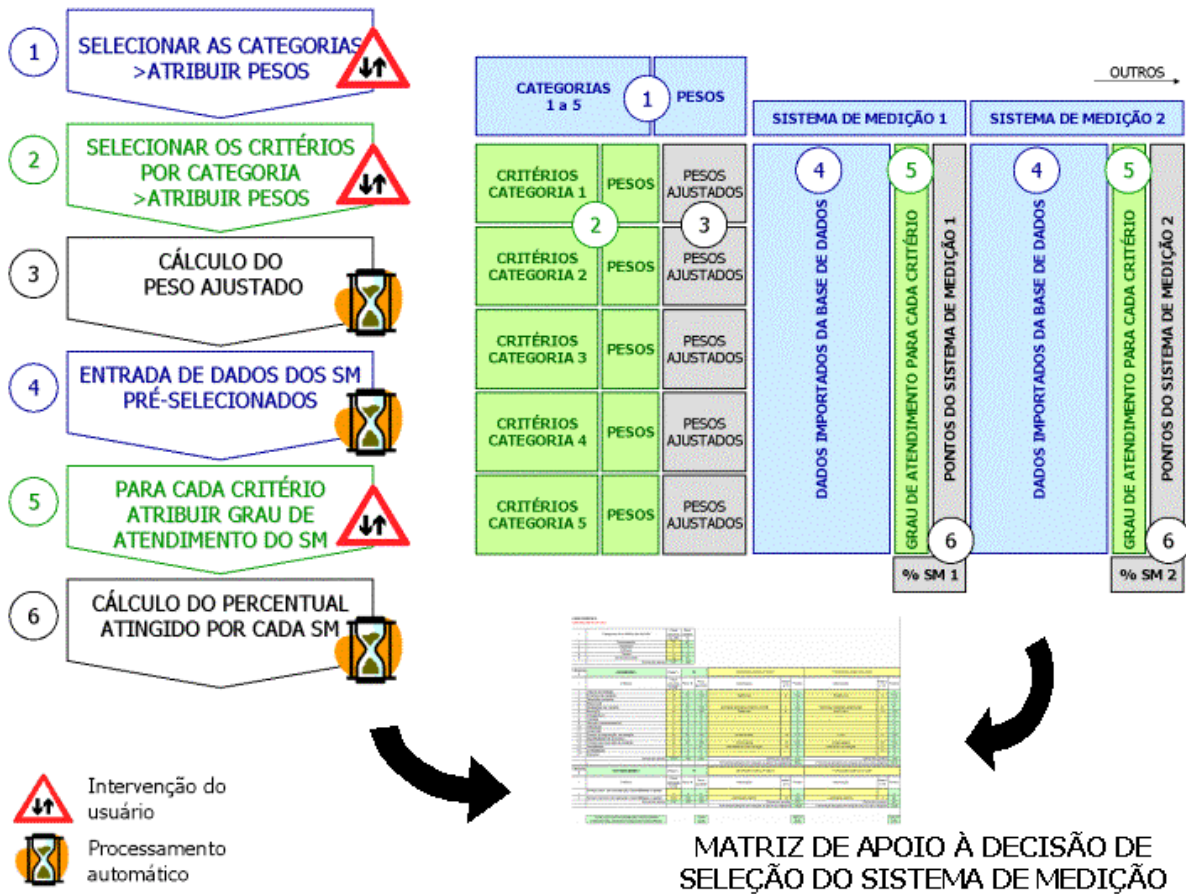


Figura 4.16 – Processo lógico de construção da matriz de apoio à decisão de seleção do SM.

Nas linhas da matriz são definidos os “critérios” de decisão (com uma escala de “pesos p_i ”) classificados em diferentes “categorias” (também com uma escala de “pesos P_j ”) selecionados e priorizados pelo usuário. As “categorias” e a forma de atribuir os “pesos P_j ” é mostrada na Figura 4.17. As “categorias” de classificação e os “critérios” de apoio à decisão podem ter seus “pesos” alterados pelo usuário, conforme as conveniências e prioridades. Essa característica confere flexibilidade à ferramenta, podendo ser complexa em situações críticas ou muito simples para situações menos rigorosas.

As colunas da matriz são ocupadas pelos SM pré-selecionados na Fase 2, os quais devem ser comparados através desta ferramenta. Para todos os SM existe uma coluna em que são inseridas as “informações” relativas a cada “critério” e uma outra coluna em que o usuário atribui um “grau q_i ” de 0 a 10 para cada “critério”, conforme sua avaliação técnica.

Na Figura 4.17 estão destacados os principais campos que compõe a matriz, sendo que num processo informatizado interativo ela pode ser construída gradativamente através de uma sucessão de etapas que intercalam intervenções do usuário e processamento automático. Pode-se perceber nessa figura a estrutura de informações e ponderações que configuram a matriz de apoio à decisão.

Categ. 1	DESEMPENHO	Peso %	85		Micrômetro interno AI-4546			Comparador de diâmetros internos C-4056				
Item	Critérios	Peso absoluto	Peso %	Peso ajustado	Informação	Grau 0 a 10	Pontos	Informação	Grau 0 a 10	Pontos		
		0-100										
2	Erro máximo (na calibração)	15	15	128	±0,004 mm	8	102	±0,0037 mm	9	115		
5	Flexibilidade de medição	15	15	128	Medição de diâmetros internos de qualquer superfície. Adequado ao controle por variáveis com exceção do modelo digital.	7	89	Medição diferencial de diâmetros internos de superfície lisa. Pode ser difícil a medição em furos de pequena profundidade. Controle: variáveis ou atributos.	6	77		
6	Resolução	15	15	128	0,001 com interpolação visual. 0,005 mm sem interpolação.	6	77	Depende da resolução do relógio comparador. Neste SM é 0,001 mm (millesimal).	10	128		
12	Tempo de preparação e medição	20	20	170	Pequeno. Requer ajuste do zero, limpeza dos sensores e estabilização térmica. Posicionamento e leitura são fáceis.	10	170	Pequeno. Selecionar batente fixo, profundidade do relógio comparador e ajuste do zero com um padrão. Requer cuidados quanto à inclinação.	8	136		
14	Tempo para execução da medição	30	30	255	Muito rápido. Posicionamento e leitura são fáceis.	10	255	Muito rápido. Posicionamento e leitura são fáceis.	10	255		
15	Sensibilidade	5	5	43	Depende do valor de uma divisão de escala (VD). Deslocamento de 0,005 mm/VD.	10	43	Depende do valor de uma divisão de escala (VD). Deslocamento de 0,001 mm/VD.	8	34		
Soma dos pesos		100	100	850	Soma dos pontos		735	Soma dos pontos		744		
		Percentual atingido em relação ao peso da categoria					86,5	Percentual atingido em relação ao peso da categoria				87,5
Categ. 2	HARDWARE	Peso %	0		Micrômetro interno AI-4546			Comparador de diâmetros internos C-4056				
Categ. 3	SOFTWARE	Peso %	0		Micrômetro interno AI-4546			Comparador de diâmetros internos C-4056				
Categ. 4	CUSTOS	Peso %	0		Micrômetro interno AI-4546			Comparador de diâmetros internos C-4056				
Categ. 5	DE FORNECIMENTO	Peso %	15		Micrômetro interno AI-4546			Comparador de diâmetros internos C-4056				
2	Serviços técnicos de calibração: Disponibilidade e rapidez	100	100	150	Realizado internamente. Atendimento imediato.	10	150	Realizado externamente. Há rede de assistência técnica. Consultar fabricante sobre disponibilidade e fornecedores sobre prazos.	3	45		
Soma dos pesos		100	100	150	Soma dos pontos		150	Soma dos pontos		45		
		Percentual atingido em rel. ao peso da categoria					100,0	Percentual atingido em rel. ao peso da categoria				30,0
TOTAL DE PONTOS (SOMA DAS CATEGORIAS)				1000			885,3			788,8		
PERCENTUAL ATINGIDO (SOMA DAS CATEGORIAS)				100%			89%			79%		

Figura 4.17 – Matriz de apoio à decisão de seleção do SM para medição de uma característica [106].

O "peso ajustado pa_i " de cada critério é calculado por:

$$pa_i = \frac{\%p_i \times \%P_j}{10} \quad (4.7)$$

Na equação 4.7 " $\%p_i$ " é o "peso relativo do critério" e " $\%P_j$ " é o "peso relativo da categoria" à qual o critério pertence.

Os "pontos do SM", designados por " Q_i ", para cada critério são determinados por:

$$Q_i = q_i \times pa_i \quad (4.8)$$

Na equação 4.8 " q_i " é o "grau de atendimento" (de 0 a 10) atribuído pelo usuário para cada "critério" individualmente.

A rigor os critérios de decisão deveriam ser flexíveis. No entanto com a expectativa de induzir uma disciplina de considerar critérios usualmente negligenciados e muitas vezes determinantes de uma escolha bem sucedida, desenvolveu-se uma relação classificada em categorias que podem atender às diferentes demandas de seleção de SM, seja qual for o porte, o princípio de funcionamento, e outros fatores particulares. A permissão de inclusão ou exclusão de critérios ou alterações de classificação é considerada uma flexibilidade fortemente recomendada para a implementação de uma ferramenta de análise como a que se está propondo neste estudo.

Ainda nesta fase, após a seleção de um SM, seja usando a matriz de decisão ou não, sugere-se o uso de um método de avaliação da adequabilidade do processo de medição especificado. O LASAR-AMI promove dois métodos de avaliação do processo de medição, um apresentado no módulo de "Melhoria da Confiabilidade Metrológica" (MCM) [61], baseado no método PUMA (descrito no item 2.3.3), e o outro apresentado no sub-módulo de "Avaliação e Melhoria do Processo de Medição" (AMPM) [46], baseado no manual de MSA da QS 9000 [47][48]. O sub-módulo AMPM será abordado no item 4.5.

4.3.4 Fase 4: Operacionalização do sistema de medição

Nesta fase, fundamentalmente faz-se o registro da seleção do SM através da sistematização de informações conclusivas sobre o processo de seleção. No entanto, se ocorrem situações que provocam indefinições no processo de seleção, há necessidade do usuário tomar uma decisão para evitar a interrupção prolongada do processo de seleção. Para tanto se deve relatar a pendência e promover uma análise para solução desta.

Situações típicas que provocam indefinições no processo de seleção são:

- Quando não existe SM que atenda os requisitos da tarefa de medição;
- Quando não há processo de medição adequado;

- Quando não há SM pré-selecionado.

O processo é encerrado nesta fase viabilizando-se alternativas de saída de dados e emissão de relatórios de informações selecionadas. A seleção da forma de saída dos resultados deve ser feita conforme as conveniências da empresa. As informações sistematizadas podem ser usadas para alimentar o plano de controle do produto ou, até mesmo um caderno de encargos vinculado a uma sistemática de aquisição de SM, que será abordado no item seguinte.

4.4 MÉTODO DE “AQUISIÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO”

A aquisição de um SM pode ser realizada por compra, terceirização ou por desenvolvimento e fabricação própria (ou por sub-contratação). A opção de desenvolvimento próprio de um SM ocorre quando se tem demandas por SM especiais que não são atendidas por meio da instrumentação de uso geral disponível no mercado [71]. Esta opção de desenvolvimento de SM está muito relacionada ao porte e estrutura disponível para produção de instrumentos, pois, em geral, exige uma oficina de protótipos e laboratório de eletrônica que permitam criar a instrumentação mais adequada às necessidades em um curto prazo [2]. Em casos de demandas por curtos períodos de tempo e que os investimentos em compra indicam que se configuraria uma ociosidade após o uso, serviços de aluguel de SM poderiam ser soluções atraentes [71].

Estudos têm abordado e testado o que seria uma seqüência lógica para a função de adquirir um SM [2][93][110] e, em linhas gerais, existe uma relativa concordância nas propostas. Para o desenvolvimento de um método que se incorpore ao módulo de GSM do LASAR-AMI e que seja integrado aos demais métodos já referenciados, foram consideradas, em síntese, duas funções estruturantes como objetivos [111]:

- Prover sistemática de aquisição de sistemas de medição dos clientes do LASAR-AMI;
- Selecionar fornecedores dos SM dos clientes do LASAR-AMI.

A estrutura de funções do método de “Aquisição do Sistema de Medição” (sub-módulo AqSM) para o LASAR-AMI deve ser analisada. Essas funções aparecem no diagrama da Figura 4.18 até o nível das funções elementares.

Intrínsecos às duas funções estruturantes destacam-se os seguintes objetivos:

- Caracterizar de forma inequívoca o problema de medição;
- Elaborar um caderno de encargos com especificações definidas a partir de necessidades e requisitos estabelecidos pelo usuário;
- Prover cadastro de fornecedores de SM;

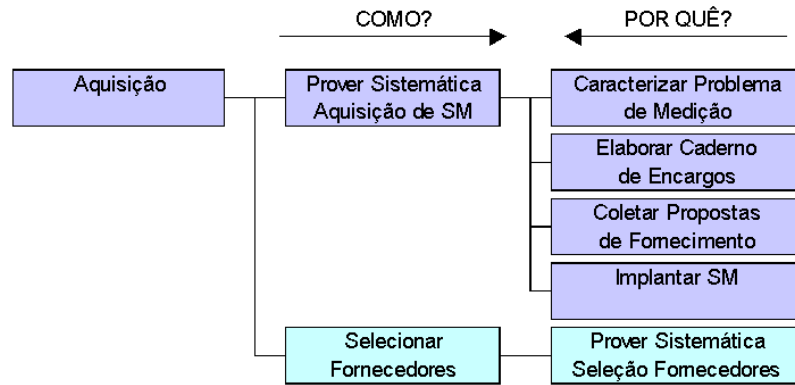


Figura 4.18 – Estrutura de funções para o método de aquisição do SM [111].

- Coletar propostas de fornecimento de SM;
- Prover sistema de decisão e sistemática de contratação de serviços de fornecimento;
- Prover sistemática de implantação dos SM adquiridos e fornecimento de informações ao método de supervisão e controle da rastreabilidade (S&RSM);
- Auxiliar na solução de problemas de interrupção de processos de seleção de sistemas de medição, os quais demandam aquisição;
- Garantir sistemática de atualização e manutenção das informações do banco de dados;
- Viabilizar consultas e emissão de relatórios de dados.

O FAST da Figura 4.18 induz entendimento de certa simplicidade do sub-módulo AqSM, no entanto a integração com outros sub-módulos e uso de alguns recursos de TI se constituem em desafios para a concepção e implementação do método. Além disso, a responsabilidade de prover uma sistemática confiável e adequada para aquisição de SM torna-se fundamental, sobretudo em função do nível de investimentos que envolvem certas decisões de aquisição e a necessidade de prover informações para um estudo de sustentabilidade econômica. SM mais complexos e caros exigem obviamente uma sistemática mais rigorosa de aquisição aumentando também as exigências de conhecimento técnico das aplicações a que se destinam e das disponibilidades do mercado.

O processo de aquisição exige domínio dos aspectos metrológicos dos SM. A tarefa pode ser complexa, e em algumas situações a assessoria externa à indústria pode ser necessária para solucionar mais efetivamente o problema de aquisição de SM. Essas razões por si só justificam o desenvolvimento de uma sistemática confiável, a ser inserida no módulo de GSM do LASAR-AMI, garantindo uma característica pouco comum em sistemas comerciais.

A aquisição do SM possui uma forte relação de dependência com o processo de seleção do SM. Pode-se dizer que a sistemática de aquisição começa com a análise e comprovação da necessidade de medição/inspeção, que desencadeia um processo de caracterização do mensurando e condições de contorno. Essa definição de especificações e requisitos somada a constatação da inexistência de SM adequados para a tarefa de medição deve acionar o processo de aquisição propriamente dito.

Em síntese, o método AqSM desenvolvido para o LASAR-AMI, foi estruturado em cinco fases para sistematizar de forma coerente e lógica essas atividades associadas à aquisição. A síntese do método pode ser visto na Figura 4.19. Os procedimentos completos associados ao método foram documentados e integram o dossiê de desenvolvimento [111].

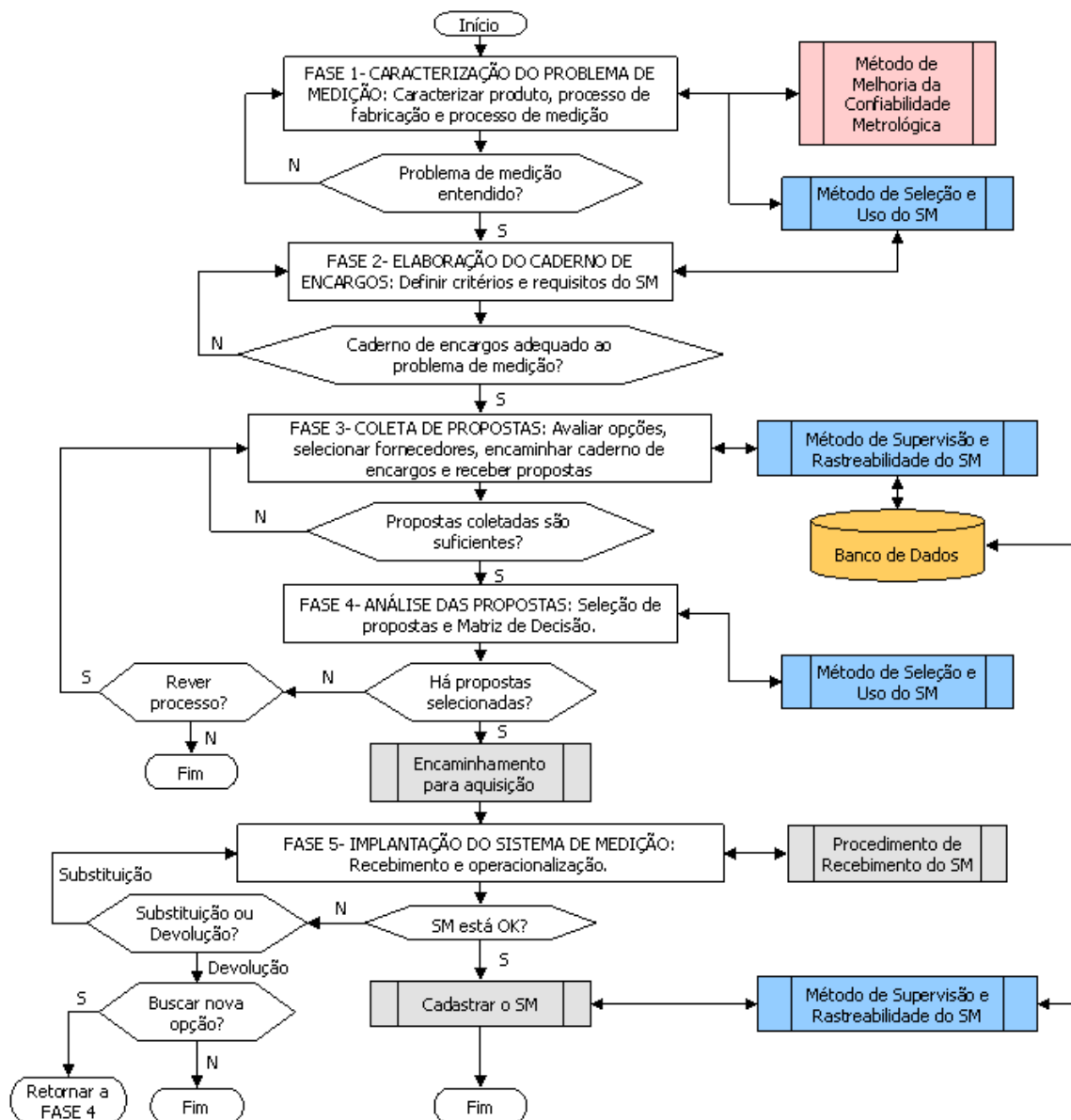


Figura 4.19 – Síntese do fluxograma do método AqSM [111].

Dentre as etapas representadas no fluxograma da Figura 4.19 a elaboração do caderno de encargos demonstra uma importância estratégica em função da sistematização que faz de um conjunto de informações que traduzem a necessidade de medição. O conteúdo do caderno de encargos é organizado de forma a facilitar a escolha do SM e é estruturado em grupos de requisitos e critérios relacionados como o produto, com o SM e com o fornecedor. Também para a seleção do fornecedor é fundamental que hajam critérios bem definidos.

É possível prover o LASAR-AMI com uma metodologia de aquisição de SM objetiva, simples e adequada. É fundamental que o método tenha flexibilidade suficiente para ser aplicado a diferentes tipos de SM, para se enquadrar dentro dos propósitos do sub-módulo AqSM.

Constatações práticas de sistemáticas de especificação adotadas na indústria demonstram que os requisitos de desempenho do SM, via de regra, são estabelecidos pelos próprios fornecedores procurando ressaltar aspectos positivos de seu produto deixando de esclarecer as condições operacionais que deveriam ser observadas para garantir o desempenho previsto em catálogos. Além disso, são estabelecidos "critérios", muitas vezes empíricos e sem abordar os aspectos técnicos e econômicos relevantes ao processo, ao qual o SM será incorporado [110].

A aplicação da TI através de uma ferramenta chamada de *e-procurement* para compra através da *web* tem se difundido no ambiente do *e-business*. O *e-procurement* é o processo de aplicação da tecnologia da *Internet* para ajudar a gerenciar a cadeia de fornecedores de uma empresa. É essencial uma estrutura de *hardware* de rede segura protegida por senha que permita acesso restrito a certas áreas da empresa para fornecedores e distribuidores autorizados [112]. Em outras palavras, caracteriza-se pelo processo de compras pela *Internet*, a partir de um portal próprio para fornecedores credenciados ou solicitação de cotação a fornecedores autorizados interligado diretamente à sua plataforma de gestão ERP. As vantagens do *e-procurement* tem feito com que seu uso venha se difundindo rapidamente [12][113][114][115].

Alguns portais de metrologia analisados [89][91][92] já apresentam um *e-marketplace*, que é um ambiente na *Internet* para negociações de compra e venda, como um serviço adicional para usuários interessados em negociar com fornecedores. Pelos ganhos anunciados de tempo, alcance e relacionamento comercial, pela potencialidade de aplicação nas transações com fornecedores de SM e pela percepção de que já estão ocorrendo iniciativas desse tipo no Brasil, pode-se afirmar que é extremamente desejável que um *e-marketplace* esteja contemplado na implementação futura do método de aquisição de SM na sistemática de GSM do LASAR-AMI.

Apresenta-se a seguir cada uma das fases do sub-módulo AqSM e um descritivo das principais atividades que compõem cada fase. A ordem das atividades segue a lógica do fluxograma da Figura 4.19.

4.4.1 Fase 1: Caracterização do problema de medição

Envolve a formulação do problema de medição, considerando aspectos técnicos e econômicos, e estudo do problema com análise de aspectos críticos do produto e do processo. Fundamentalmente as etapas necessárias para a caracterização do problema de medição envolvem:

- Caracterização do produto e do processo de fabricação;
- Caracterização do mensurando;
- Análise da necessidade de automatização da medição;
- Domínio das variáveis de influência no processo de medição (no local da medição).

A maior parte das informações, que caracterizam o produto, o processo de fabricação e o processo de medição/inspeção, estão sistematizadas no plano de controle ou plano de inspeção (conforme já abordado no item 4.3.1 do sub-módulo S&USM). Nesse sentido, quando o processo de aquisição está relacionado a uma demanda resultante do processo de seleção de SM, as informações resultantes da documentação do método de seleção são relevantes.

Pressupostos sobre as especificações, tais como problemas e impacto funcional e econômico e outros riscos decorrentes de peças fora das especificações, devem ser avaliados. A partir dessas considerações pode-se considerar alguma característica da peça com sendo mais crítica. Se houver estudos de FMEA, estes devem ser analisados para o domínio das especificações e características a serem controladas.

Detalhes sobre as condições de fabricação, tais como produção seriada ou pequenos lotes, número de peças por hora, faixa de temperatura ambiente, faixa de temperatura da peça, número de operadores são significativos para o entendimento do processo de medição e as influências relacionadas com o processo de fabricação. Dados de CEP e indicadores de desempenho de produção e qualidade são registros importantes a serem analisados.

Um recurso útil para a análise de aspectos de processo, mensurando, chão de fábrica e de custos envolvidos pode ser o uso de um "questionário para subsidiar especificação de sistema de medição incorporado ao chão de fábrica" [110].

A caracterização do mensurando reúne parâmetros operacionais e metrológicos que representam os requisitos iniciais para definição dos SM aptos para a tarefa de medição. Esses parâmetros já foram tratados na Fase 1 do sub-módulo S&USM (item 4.3.1) e a

ferramenta proposta no sub-módulo AqSM para entrada de dados é similar à daquele sub-módulo (Figura 4.12).

A análise da necessidade de automatização da medição é uma reflexão sobre os requisitos de automatização da medição. Dependendo das características do processo de medição deve-se avaliar a viabilidade de recorrer a processos automáticos de medição/inspeção. Em processos de medição que requerem interfaces para comunicação de dados com sistemas computadorizados, especificações adicionais de *hardware* e *software* podem ser requeridas. Essas informações devem ser registradas nas planilhas de caracterização dos processos de fabricação e medição requeridos, pois orientam as etapas seguintes do método de aquisição do SM.

Quanto ao domínio das variáveis de influência do processo de medição só é possível mediante uma criteriosa análise no local em que o processo de medição ocorre. Orientações podem ser acessadas através de recursos do módulo "Melhoria da Confiabilidade Metrológica" (MCM) do LASAR-AMI através do sub-módulo "Caracterização das Variáveis do Processo de Medição" [61].

4.4.2 Fase 2: Elaboração do caderno de encargos

Nesta fase ocorre a definição dos requisitos a serem cumpridos e da especificação detalhada do SM. Estima-se que após o cumprimento criterioso das etapas descritas na Fase 1 (item 4.4.1) tem-se uma suficiente caracterização do problema de medição que subsidie a sistematização dos requisitos para aquisição do SM. Se isso for verdadeiro, pode-se iniciar a Fase 2. As etapas necessárias para a elaboração do caderno de encargos envolvem:

- Identificação de critérios de decisão para seleção do SM; e,
- Definição dos requisitos do SM.

O caderno de encargos é um documento que sistematiza os critérios a serem considerados no processo de aquisição do SM e, por isso, orientar os fornecedores na elaboração da proposta de fornecimento. É configurado na forma de uma matriz construída com "critérios" (com uma escala de pesos) classificados em diferentes "categorias" (com escala de pesos também) selecionados e priorizados pelo usuário. As "categorias" e os "critérios" e a forma de atribuir seus pesos são idênticos ao concebido para a matriz de apoio a decisão do método S&USM (já abordado no item 4.3.3).

Quanto à definição dos requisitos do SM, no caderno de encargos há uma coluna em que são apresentadas as características desejadas para o SM dentro de cada critério. São esses requisitos que devem orientar a elaboração das propostas dos fornecedores.

Após a definição dos requisitos tem-se o caderno de encargo completo. Recomenda-se ainda uma análise crítica do documento e formatação adequada para que possa ser encaminhado aos fornecedores a serem selecionados na fase seguinte. Fica a critério dos usuários a decisão de tornar "transparente" a apresentação dos pesos dos "critérios" e "categorias" aos fornecedores, pois se estima que a priorização de critérios possa induzir a manipulação indevida de dados técnicos por parte de fornecedores na busca de tornar as propostas mais competitivas.

4.4.3 Fase 3: Coleta das propostas

A seleção de fornecedores e coleta de propostas de fornecimento envolve o estudo de opções existentes para o provimento de um SM que atenda ao caderno de encargos. As etapas necessárias para concretizar satisfatoriamente uma coleta de propostas envolvem:

- Avaliação da capacidade de desenvolvimento interno;
- Avaliação das opções de terceirização do SM;
- Avaliação das opções de compra do SM; e,
- Recebimento das propostas.

A avaliação da capacidade de desenvolvimento interno deve ser feita em situações em que a empresa dispõe de recursos capazes de desenvolver um produto que atenda de forma confiável os requisitos especificados no caderno de encargos. Esta decisão deve ser fundamentada através de análise de viabilidade econômica e técnica. Em determinados casos pode ser interessante avaliar a capacidade interna de desenvolver sua própria solução ou até mesmo desenvolver a capacidade de projetar, fabricar e montar seus meios de medição ou aperfeiçoar os já disponíveis na empresa. Em caso de uma avaliação positiva, deve-se documentar o projeto, cuja equipe deverá assumir o status de "fornecedor" e como tal estar cadastrada de acordo com procedimentos explicitados no sub-módulo S&RSM (Figura 4.20).

A avaliação das opções de terceirização do SM envolve as possibilidades de locação, empréstimo e/ou contratação de um prestador de serviço de medição em situações em que a empresa não deseja investir em uma solução permanente e que atenda de forma confiável os requisitos especificados. Esta decisão também deve ser fundamentada através de análise de viabilidade econômica e técnica. No caso de uma avaliação positiva da terceirização, deve-se identificar um fornecedor cadastrado (Figura 4.20) de acordo com procedimentos explicitados no sub-módulo S&RSM.

INCLUIR
Sistema de Medição
Certificados Calib.
Operadores
Locais de uso
Fornecedores
Família do SM

MÓDULOS
Consultar SM
Módulos Técnicos
Mód. Educacionais

CONTATOS
Webchat
Consulta Comercial

OUTROS
Notícias
Fórum

Protótipo:
LASAR

Cadastro de Fornecedor

Nome (ou Razão Social):

CNPJ:

Telefone:

Homepage:

Pessoa de Contato:

e-mail:

Inserir Voltar

Fornecedores

Razão Social	Telefone	Contato	Opções
Faction	(11) 546-9856	Sr. Oliveira	
Gehaca	(11) 1254-6598	Sr. Yoshida	
Mitutoyo	(11) 265-8956	Sr. Tanaka	
Romer	(11) 6549-2215	Sr. Holmer	

Incluir Fornecedor

Figura 4.20 – Cadastro de fornecedores.

A possibilidade da compra do sistema de medição deve ser analisada em situações em que a empresa deseja investir em uma solução permanente e que atenda de forma confiável os requisitos especificados. Assim como nas duas alternativas anteriores, um estudo de viabilidade técnica e econômica é desejável, bem como a manutenção de um cadastro de fornecedores para encaminhamentos da solicitação de proposta.

A continuidade do processo ocorre com o encaminhamento do caderno de encargos e solicitação formal de proposta de fornecimento a todos os fornecedores identificados, sejam eles externos ou internos. Deve-se avaliar se há interesse de confrontar simultaneamente fornecedores que representem as três situações possíveis de aquisição: desenvolvimento interno, terceirização e compra.

No recebimento das propostas enviadas pelos fornecedores inseridos no processo de aquisição, deve-se avaliar se são em número suficiente que permitam uma seleção baseada em alternativas (o mínimo de propostas depende da norma interna de compra da empresa) pode-se entrar na quarta fase do método de aquisição, a fase de análise das propostas.

4.4.4 Fase 4: Análise das propostas

Consiste em utilizar uma matriz de decisão com a mesma estrutura do caderno de encargos, pois se baseia nos "critérios" e "requisitos" já definidos na etapa de elaboração do

caderno de encargos (item 4.4.2). Os pesos dos "critérios" e o peso das suas "categorias" são levados em consideração na análise das propostas. Nessa matriz de decisão as colunas são ocupadas pelos "sistemas de medição propostos" de cada fornecedor, os quais deverão ser comparados através da análise ponderada, da mesma forma como é feito no uso da matriz de decisão do sub-módulo S&USM (item 4.3.3).

Cada característica do SM é cruzada com os critérios de decisão e a ela é atribuído um "grau de atendimento" que junto com os pesos definidos por "critério" e por "categoria" irão compor o percentual total atingido pelo SM proposto. Esse indicador é comparado com o das demais propostas e aquele com melhor desempenho deverá ser priorizado no processo de aquisição.

Conforme o resultado da análise das propostas pode-se requerer algumas revisões recorrentes às etapas anteriores. Isso pode ocorrer se nenhuma das propostas coletadas é satisfatória, ou seja, não atende a algum ou alguns dos requisitos considerados obrigatórios pelo usuário. Outra alternativa neste caso é a interrupção do processo de aquisição.

Após a análise e decisão sobre a melhor opção para aquisição, deve-se proceder aos encaminhamentos para formalizar o pedido de aquisição aos setores habilitados para esse fim. O encaminhamento pode requerer dados que sistematizem parcial ou totalmente o processo de aquisição já descrito. Nesses casos a documentação gerada pode ser reunida para gerar um relatório executivo referente ao processo. A fase seguinte só inicia após a concretização da aquisição e chegada do SM na empresa.

4.4.5 Fase 5: Implementação do sistema de medição

Na chegada do SM adquirido devem ser realizados os testes de recebimento necessários e definidos pelos processos internos da empresa. Os resultados dos testes devem acusar se o SM adquirido está apto para a tarefa ao qual foi selecionado. Se o SM é aprovado o seu cadastramento deverá ocorrer, conforme os procedimentos do sub-módulo S&RSM (item 4.2.1), devendo convergir para a sua disponibilização ao uso e finalização do processo de aquisição.

Cabe destacar que no processo de recebimento de um SM, a disponibilização de uma documentação fundamentada, como a que é proposta através do caderno de encargos, facilita a identificação dos parâmetros que orientam a avaliação técnica de recebimento.

Embora não apresentadas aqui, planilhas para registros de cada fase da aquisição foram desenvolvidas e integram o dossiê de desenvolvimento do sub-módulo AqSM [111].

4.5 SÍNTESE DO MÉTODO DE “AVALIAÇÃO E MELHORIA DE PROCESSOS DE MEDIÇÃO”

Após as atividades de seleção e/ou aquisição de um SM e antes de inseri-lo nos processos fabris, deve-se demonstrar que o mesmo serve para inspecionar a característica desejada e satisfaz os requisitos de seleção/aquisição. Esse é o processo que configura o método de “Avaliação e Melhoria do Processo de Medição” (Sub-módulo AMPM) já referenciado como um método essencial na Fase 3 do sub-módulo S&USM (item 4.3.3).

Foi feita uma comparação [51] entre os métodos tradicionais de seleção e verificação de adequabilidade de processos de medição aplicados pelas indústrias, levando em consideração um conjunto de parâmetros considerados relevantes. Foram avaliadas as vantagens e desvantagens dos vários métodos, indicando como os mais robustos, em ordem decrescente, o MSA [47], a norma ISO 14253 [59][60] e o método da incerteza de medição (nas condições do processo de medição). Este último considera adequado o uso de processos de medição com incerteza entre 10% a 33% da tolerância, sendo que a incerteza se obtém a partir do balanço de incertezas que inclui a IM do SM e as grandezas de influência presentes durante a medição [51].

Para o desenvolvimento de um método para o módulo de GSM do LASAR-AMI, a estrutura de funções apontava pode incorporar uma solução híbrida com introdução de tratamentos diferenciados aos propostos pelos métodos tradicionais, mesmo os mais robustos.

As propriedades metrológicas de um SM devem ser avaliadas sob condições reais de utilização [116][117]. Nesse sentido, além da exatidão sob condições ideais, são importantes as seguintes características, que influenciam o comportamento do processo de medição [2][47][48][51][52]: Tendência; Repetitividade; Reprodutibilidade; Repetitividade e Reprodutibilidade (R&R); Linearidade; Estabilidade.

O método de “Avaliação e Melhoria do Processo de Medição”, está inserido dentro da estrutura de funções do módulo de GSM, no entanto foi abordado como um módulo específico pela abrangência e especificidade requerida no tratamento teórico e experimental. Nesse sentido, o desenvolvimento foi feito e testado através de estudos de casos em indústrias, com seus resultados já publicados [31][46] e validado para fins de implementação e testes piloto como um módulo técnico integrado à sistemática de GSM do LASAR-AMI.

O método desenvolvido [46] buscou a estruturação de uma sistemática de trabalho relacionada à utilização e entendimento de ferramentas de análise de processos de medição (e.g. manual de MSA da QS9000), a partir da determinação do(s) método(s) de avaliação

mais indicado(s) para um processo de medição, orientação para análise crítica dos resultados e otimização do processo de medição. A Figura 4.21 ilustra a estrutura lógica de integração das funções que orientam o método AMPM.

Com a aplicação do sub-módulo AMPM foi possível perceber melhorias nos processos de seleção e aplicação (com detalhes e cuidados pertinentes) dos métodos de avaliação mais adequados para um determinado processo de medição no ambiente industrial. Além disso, a introdução de análise crítica dos resultados e identificação de possíveis causas de variação do processo de medição e fornecimento de orientações e ferramentas para implementar ações de melhoria foi conseguida [31][46].

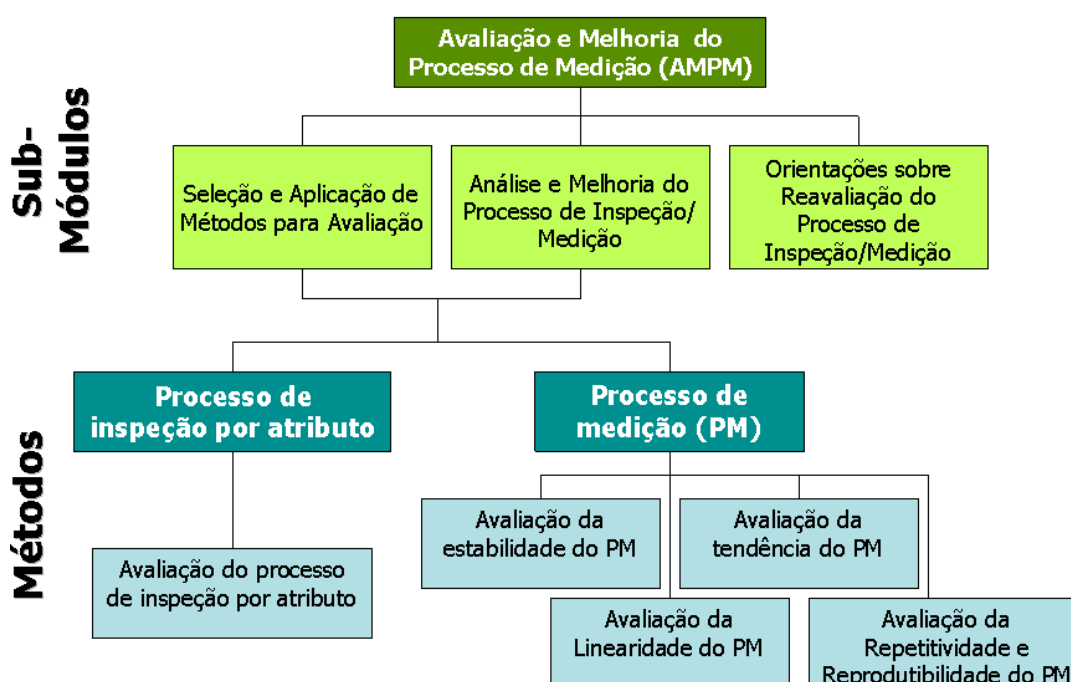


Figura 4.21 – Estrutura do método de “Avaliação e Melhoria do Processo de Medição” [46].

CAPÍTULO 5

ESTUDOS DE CASOS PARA AVALIAÇÃO DA SISTEMÁTICA PROPOSTA

A forma escolhida para validação do trabalho foi o estudo de casos. Avaliar aspectos relacionados às demandas de Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM) e a aplicação de métodos que envolvem volumes grandes de informação e variáveis de influência que muitas vezes estão relacionadas com aspectos comportamentais e culturais, através de estudos de casos exige um planejamento rigoroso das ações em todas as suas etapas. Para isso os estudos de casos são divididos em três rodadas, baseadas em fases do desenvolvimento dos módulos técnicos do LASAR-AMI, em especial o GSM, foco da tese (item 1.4.5).

Neste capítulo são abordados aspectos do planejamento dos estudos de casos e a execução desses estudos na fase de desenvolvimento dos métodos de "Supervisão e Rastreabilidade do SM" (S&RSM) e "Seleção e Uso do SM" (S&USM) em empresas industriais do ramo metal-mecânico. Estudos de casos para avaliação do método de "Aquisição do SM" (AqSM) exigem a operacionalização de um *marketplace* e, portanto, são fortemente dependentes da implementação computacional do LASAR-AMI, que ainda está nas suas fases iniciais, e da parceria de fornecedores de SM, instrumentação, prestadores de serviços de metrologia, e outros atores relacionados ao ambiente de negócios metrológicos. Os estudos de casos do método de "Avaliação e Melhoria do Processo de Medição" já foram abordados e publicados [46], e não serão tratados aqui.

5.1 FASES DO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA SISTEMÁTICA

O processo de avaliação da sistemática de GSM proposta como um módulo essencial para o LASAR-AMI foi dividido em três fases: diagnóstico, desenvolvimento e aplicação piloto. Cada fase deve avaliar diferentes etapas do projeto LASAR, motivando ajustes e decisões que contribuem para o refinamento do modelo do LASAR. O planejamento de cada rodada deve contemplar aspectos como: identificação dos problemas a abordar; delimitação da pesquisa; objetivos; seleção das empresas parceiras e contatos preliminares; estratégias da abordagem da pesquisa; implementação; e, documentação.

A primeira rodada de estudos de casos [118], classificada como estudos de "diagnóstico e sensibilização", foi desenvolvida em três empresas de Santa Catarina e objetivava estreitar o contato com a realidade industrial diagnosticando aspectos da prática

metrológica industrial para fundamentar o desenvolvimento do LASAR-AMI. Através da observação da rotina de profissionais que trabalham em atividades metrológicas, buscou-se estreitar o relacionamento consolidando os canais de comunicação entre empresa e centro metrológico.

A metodologia de abordagem da primeira rodada envolveu: a apresentação geral do projeto de desenvolvimento do sistema de AMI e de seus módulos básicos aos diretores da empresa e outros tomadores de decisão; visita às instalações da empresa com foco voltado aos processos que possuem relações com a prática metrológica; questionário aberto estruturado a ser respondido através de entrevista com responsáveis capacitados; *brainstorming* com representantes da empresa para o levantamento de características a serem incorporadas ao sistema de AMI; e, documentação [118].

Como resultado obteve-se um mapeamento de oportunidades para o LASAR, tais como: análise e interpretação de estudos de adequabilidade de processos de medição; educação e assessoramento à distância; sistemática interativa para auxílio à aquisição de meios de medição; otimizações no controle de rastreabilidade de sistemas de medição para redução de custos, e outras. Em síntese, construiu-se uma visão do LASAR como uma estrutura com possibilidades de crescimento em termos tecnológicos, capacitação de pessoal, sistemática de trabalho e práticas inseridas no contexto da empresa [31].

A segunda rodada de estudos de casos [119], classificada como estudos de “desenvolvimento dos métodos”, foi desenvolvida em duas empresas do Rio Grande do Sul e objetivou testar a funcionalidade e aplicabilidade dos métodos relacionados ao módulo de GSM do LASAR-AMI, em fase de desenvolvimento.

A metodologia de abordagem da segunda rodada envolveu: a apresentação geral do projeto à empresa, pois foram incorporadas empresas diferentes daquelas da primeira rodada; visita às instalações da empresa com foco voltado aos processos que possuem relações com os métodos de GSM; reunião com equipe da empresa que domina os processos relacionados aos métodos a serem avaliados; seleção de processos produtivos que são fontes para a coleta de dados; coleta (dados de entrada dos métodos) e processamento de dados (decisões, formas de saída dos e destino dos dados) segundo o método proposto; *check list* de informações coletadas para os trabalhos de desenvolvimento do módulo de GSM do LASAR-AMI; e, documentação [119][120][121].

É essa segunda rodada de estudos de casos que é abordada neste capítulo, nos itens que se seguem. Os resultados e análises são descritos para cada uma das empresas estudadas e a documentação completa dos estudos integra o dossiê individual do estudo de caso de cada empresa [120][121].

A terceira rodada de estudos de casos, classificada como estudos de “aplicação piloto”, objetiva testar a integração, informatização e uso dos módulos do LASAR-AMI desenvolvidos. Essa fase não foi concluída, pois é dependente do trabalho de implementação computacional e publicação na *web*. São esperados resultados que demonstrem o grau de flexibilidade, operacionalidade e viabilidade com base nas observações e avaliações dos usuários da indústria, e, ainda, a manutenção de parcerias com empresas viabilizando trabalhos de avaliação do LASAR-AMI e especificações para melhoria dos módulos. Resultados parciais previstos para a aplicação piloto são abordados em outro trabalho [122].

5.2 O PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS DE CASOS

O objetivo geral estabelecido foi, através do contato com a realidade empresarial, testar métodos relacionados ao módulo GSM do LASAR-AMI, diagnosticando aspectos da prática metrológica industrial que fundamentem o desenvolvimento dos métodos. Os objetivos do estudo devem estar vinculados à solução do problema de investigação definido. Lista-se a seguir objetivos específicos definidos para a segunda rodada de estudo de caso que se vinculam ao módulo GSM:

- Diagnosticar mecanismos de disseminação (adequabilidade ao uso) do LASAR-AMI na cultura da empresa;
- Diagnosticar características que podem trazer vantagens competitivas para o LASAR-AMI, diferenciando-o positivamente em relação às demais soluções do mercado;
- Detectar e analisar a sistemática atual adotada pela empresa para cumprimento das funções de Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM);
- Prover treinamento de usuários na empresa para a operação dos recursos de simulação dos métodos em desenvolvimento;
- Aplicar o sub-módulo Seleção e Uso do Sistema de Medição (S&USM);
- Aplicar o sub-módulo Supervisão e Rastreabilidade do Sistema de Medição (S&RSM);
- Coletar dados que sistematize a avaliação crítica, feita pela empresa, referente ao desempenho dos métodos propostos;
- Divulgar o projeto LASAR disseminando o conceito como uma estratégia para a melhoria da competitividade empresarial;
- Estimular o diálogo como forma de incentivar os interesses pela pesquisa aplicada e identificar oportunidades de cooperação.

Os critérios considerados na identificação e seleção de empresas para a realização dos estudos de casos foram tratados em parte no item 1.4.4, no entanto cabe ressaltar que

aspectos de localização da empresa precisaram ser considerados como forma de viabilizar uma presença física freqüente nas empresas estudadas. Além disso, embora o LASAR-AMI possa ser direcionado a empresas de qualquer porte, a contribuição das grandes empresas é mais relevante na fase de desenvolvimento, pois as experiências metrológicas dessas são mais abrangentes tornando o estudo mais produtivo.

Os estudos de casos planejados servem de instrumento para praticar as soluções propostas e realimentar o desenvolvimento da solução com dados e avaliações feitas em campo. No entanto, no sentido de avaliar criticamente a proposta de solução é necessário que se estabeleçam aspectos formais que permitam uma análise objetiva e conclusiva a respeito da validade da solução. Esses dados são coletados ao longo do processo de estudo de casos. Instrumentos, tais como questionários de avaliação de satisfação e planilhas de entrada e processamento de dados, foram preparados para a adequada coleta de informações e indicadores tecnicamente aceitáveis para a validação da solução.

Na abordagem de cada uma das empresas estudadas (itens 5.3 e 5.4) serão apresentados os aspectos técnicos considerados na avaliação dos métodos S&RSM e S&USM. Os aspectos técnicos de cada método são avaliados quanto ao grau de importância, ao grau de atendimento da sistemática atual da empresa e, finalmente, quanto ao grau de atendimento da sistemática proposta pelo LASAR, segundo uma escala balanceada com seis níveis de valores (0%, 20%; 40%, 60%, 80% e 100%).

5.3 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA A

Foram testados os sub-módulos S&RSM e S&USM. Os resultados obtidos apontam para um atendimento adequado dos métodos aos critérios previamente estabelecidos e traz informações que permitem constatações como a de que a empresa estudada tem um bom desempenho nos critérios relativos ao método de S&RSM o mesmo não ocorrendo no método de S&USM. As explicações para esse resultado e outros são abordadas neste estudo. Os memoriais do estudo integram o dossiê do estudo de caso [120].

A empresa parceira no estudo, tratada aqui como "Empresa A", é uma empresa de grande porte, com cerca de 2100 funcionários e 38000 m² de área construída, que atua no ramo metal-mecânico com o desenvolvimento, fabricação e venda de peças e conjuntos e ferramental. Seu sistema produtivo inclui operações de estamperia, usinagem, solda, tratamento de superfície e logística, para aplicações tais como: máquinas agrícolas e veículos de transporte de carga e pessoas. A empresa A possui certificações ISO 9001:2000 (todos os segmentos), ISO/TS 16949:2002 (segmento automotivo e rodoviário) e ISO 14001.

5.3.1 Características associadas ao produto

A empresa utiliza com frequência os chamados “aferidores para inspeção” que são dispositivos de inspeção especialmente desenvolvidos para controle de tolerâncias em diferentes estágios do processo de fabricação. Tais dispositivos agilizam a classificação das peças. Os requisitos de avaliação de conformidade mais complexos identificados na empresa são inspecionados por atributos com dispositivos dedicados ou medição por coordenadas.

Para testar a funcionalidade do método de S&USM buscou-se identificar peças com características que exigissem o controle por variáveis e apresentassem tolerâncias dimensionais relativamente críticas para o contexto da empresa. Embora a peça selecionada possa ser caracterizada como de geometria simples, a equipe julgou adequada aos propósitos do estudo. Dentre as opções apresentadas, optou-se por estudar a seguinte peça:

- Nome da peça: CUBO.
- Código da peça: 5166318.
- Diâmetro nominal interno do cubo: 15,700 mm.
- Tolerância: +0,016 a +0,059 mm. IT = 43 μ m.
- Não há dados de FMEA de projeto.

A Figura 5.1 ilustra o conjunto de solda da alavanca externa do comando em que o CUBO é montado. O conjunto montado é parte da caixa de transmissão (marchas) de um trator.



Figura 5.1 - Vista inferior do conjunto em que o CUBO é montado.

5.3.2 Características associadas ao processo de fabricação

O roteiro do processo de produção do CUBO envolve fundamentalmente operações de corte, torneamento e furação. A etapa de inspeção do diâmetro interno do CUBO é destacada no roteiro do processo de produção representado na Figura 5.2.

A produção é feita em pequenos lotes (cerca de 290 peças por mês) e uma peça é produzida em 2,5 horas aproximadamente, envolvendo quatro operadores. Não há dados de CEP e estudos de capacidade do processo. Não há dados de índice de rejeição de peças.

A peça depois de usinada passa por um estágio de soldagem na alavanca, conforme ilustrado na Figura 5.1. Esse processo provoca deformações esse desvio de forma torna difícil o cumprimento da especificação do diâmetro interno do CUBO. Essa é uma das justificativas para uma seleção rigorosa do SM para controle desta característica.

2		DELIXAR A FC.15MM P/FOKA DAS CASTANHAS			
3		*****OBS.:FAZER UMA PECA A MAIS QUE			1,0
3	3317	3 SOLICITADO NA OF.P/CORPO DE PROVA)			
4		*****INSPECAO 3317/3319*****			1,0
4		MEDIR C/PAQ. RESOL.0.01 COTA 29(+0.2) E			
4		C/MICROMETRO RESOLUCAO 0.005 DIAMETRO			
4		15.7(+0.016 +0.059)NA PRIMEIRA PECA E			
4		APOS 1 A CADA 5 PECAS			
4	3324	1 CHANFRAR O FURO 1 LADO C/BROCA	5		12,0
		1 (OBS.: FAZER UMA PECA A MAIS QUE O			
		1 SOLICITADO NA OF.P/CORPO DE PROVA(P/L-4)			20,0

Figura 5.2 – Parte do roteiro do processo de produção do CUBO.

5.3.3 Características associadas ao processo de medição/inspeção

A frequência de inspeção do diâmetro interno do CUBO é de uma a cada cinco peças. O SM empregado no controle das características sob estudo é um micrômetro interno (AI-4546) com faixa de medição de 12 a 16 mm e valor de uma divisão de escala de 0,005 mm.

Segundo o registro da calibração (realizada internamente) emitido em 02/08/2004, válido até dezembro de 2004, o erro máximo na calibração é de $\pm 0,004$ mm. Os padrões utilizados na calibração são anéis padrão de 11,999 mm e 15,998 mm. A resolução adotada na calibração é de 0,001 mm.

Não há registros de estimativas da incerteza de medição no chão de fábrica. Não há também registros de MSA. O critério geral de avaliação de adequabilidade do SM é baseado na relação entre intervalo de tolerância (IT) e a menor unidade de medição do SM (SUM). Pode-se interpretar que a SUM representa a resolução (R) do SM.

Segundo um “Boletim Técnico de Especificação” da empresa, são adotadas as seguintes relações:

- Para características comuns: $IT/SUM \geq 3$ a 7.
- Para características S/L (Segurança/Legislação) e F/F (Fixação/Função): $IT/SUM \geq 7$.

O SM adotado pela empresa para controle do diâmetro interno do CUBO atende um critério de IT/R igual a 8,6 (considerando R igual ao valor de uma divisão de escala).

Não há um plano de controle associado à peça, no entanto há um plano de reação padronizado na empresa. Quando constatado problema na inspeção, faz-se uma inspeção em um número maior de peças para avaliar a abrangência do problema. Se o problema é isolado o processo não para. Por outro lado, se o problema tem maior abrangência, a produção é interrompida, identifica-se a causa, soluciona-se o problema e na retomada da produção faz-se nova checagem com frequência maior de inspeção para consolidar a remoção do problema. Após a nova checagem libera-se a produção com a frequência normal de inspeção. O tratamento do problema é acompanhado pelo supervisor da área e o supervisor da qualidade.

5.3.4 Avaliação do sub-módulo de supervisão e rastreabilidade do SM

Feito o detalhamento dos processos de medição sob estudo, apresenta-se uma análise crítica das sistemáticas de GSM propostas pelo LASAR-AMI, iniciando-se pela avaliação do sub-módulo S&RSM – e posteriormente (item 5.3.5) descreve-se a avaliação do sub-módulo S&USM. Antes de avaliar cada um dos métodos faz-se uma avaliação das sistemáticas adotadas atualmente pela empresa, atribuindo-se índice de importância e desempenho sobre diversos aspectos técnicos.

➤ Avaliação da sistemática atual da Empresa A para supervisão e rastreabilidade de SM

A Figura 5.3 apresenta a tabela com os oito aspectos relacionados com a função de “supervisão e rastreabilidade do SM”. Esses aspectos a avaliar foram definidos a partir das especificações de funções para o sub-módulo S&RSM, ou seja, podem ser consideradas metas do sub-módulo. Os resultados da avaliação, feita pela equipe da Empresa A envolvida no estudo, estão sistematizados no gráfico radar da Figura 5.3.

O gráfico radar que registra os dados da avaliação da sistemática atual da empresa apresenta oito eixos com escala de 0 a 100%, sendo que cada um representa um dos oito aspectos avaliados. As duas linhas desenhadas no gráfico demonstram os resultados da avaliação feita pela empresa quanto ao “grau de importância” e “grau de atendimento da sistemática da empresa” para cada um dos oito aspectos avaliados.

Número	Aspectos a avaliar	Escala de avaliação	Qual o grau de importância associado a este aspecto?						Qual o grau de atendimento da sistemática disponível na empresa?					
			Fundamental	Muito importante	Importante	Pouco importante	Quase sem importância	Irrelevante	Atende plenamente	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Não atende
			100%	80%	60%	40%	20%	0%	100%	80%	60%	40%	20%	0%
1	Cadastrar o sistema de medição em um banco de dados informatizado, provendo informações de identificação, aplicação, calibração, manutenção e dados históricos (calibração, manutenção e uso).		X							X				
2	Avaliar (durante o cadastro) a família do sistema de medição quanto aos critérios considerados no método de seleção do sistema de medição.		X							X				
3	Cadastrar fornecedores, serviços, cotações associadas às necessidades de calibração e manutenção do sistema de medição.	X							X					
4	Prover assistência à calibração interna do sistema de medição com cadastramento de procedimento de calibração, padrões usados e resultados da calibração, incluso certificado de calibração.	X							X					
5	Analisar certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração com auxílio de um assistente para interpretação e uso dos resultados de calibração do sistema de medição.			X								X		
6	Controlar empréstimo ou reserva do sistema de medição com funções de registro da aplicação, usuário responsável, recebimento e verificação no retorno do sistema de medição.			X								X		
7	Controlar periodicidade de calibração e manutenção com funções de tomada de decisão sobre chamada do sistema de medição e encaminhamentos para agendamento, execução e recebimento no retorno do serviço.		X							X				
8	Prover procedimento de busca de um sistema de medição no banco de dados informatizado.		X							X				

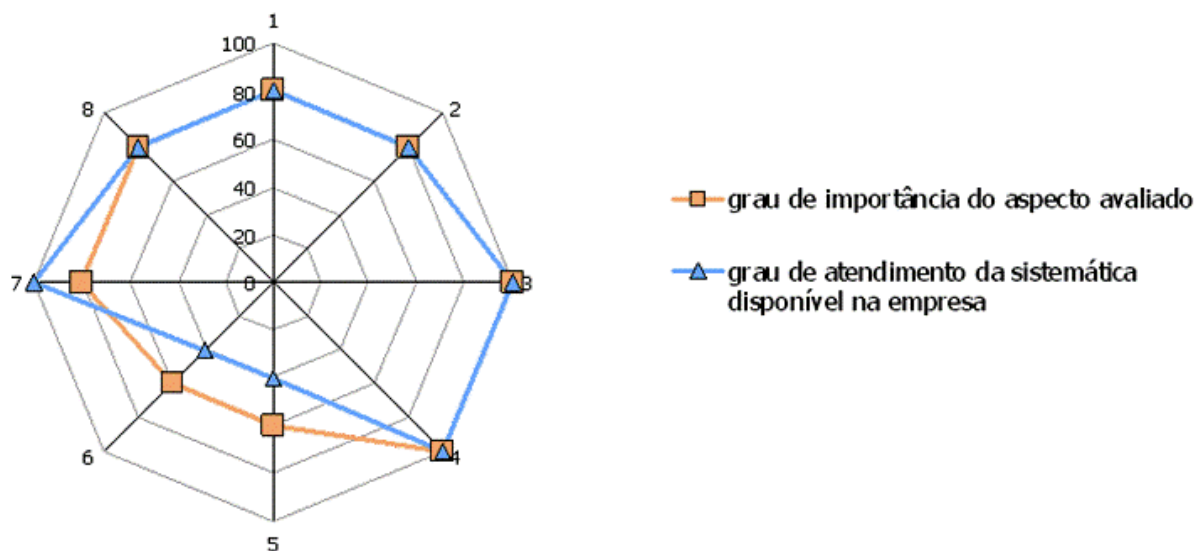


Figura 5.3 - Avaliação da sistemática atual de S&RSM adotada pela Empresa A.

Observa-se que o grau de atendimento da sistemática da empresa é compatível com o grau de importância atribuído. Há apenas uma pequena insuficiência nos aspectos que tratam da análise do certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração (aspecto 5) e controle de empréstimo ou reserva do SM (aspecto 6).

Em linhas gerais pode-se dizer que o desempenho da empresa na função “supervisão e rastreabilidade do SM” é compatível com as exigências das normas de SQ, o que já era esperado, pois essas funções são tarefas muito comuns na rotina de empresas que têm laboratórios de metrologia montados, como é o caso da Empresa A. No entanto há um aspecto diferenciador que é o nível de automatização da base de dados de GSM da empresa e que na maioria dos aspectos avaliados, afasta a empresa do nível de desempenho 100%.

É importante destacar que o grau de importância atribuído pelos entrevistados está fortemente influenciado pelo nível de maturidade da metrologia da empresa, pela capacitação para a interpretação das funções especificadas para o método avaliado e pela exigência percebida a partir dos requisitos para certificação do sistema da qualidade.

➤ Aplicação na Empresa A do módulo de S&RSM proposto pelo LASAR-AMI

Após a conclusão da análise do status atual da empresa, apresentou-se o estudo feito aplicando-se o método de S&RSM proposto pelo LASAR-AMI (método descrito no item 4.2). Faz-se isso destacando algumas das atividades que envolveram a sua aplicação.

A aplicação do sub-módulo ocorreu em dois momentos distintos: o primeiro através do cadastramento de dois SM que foram pré-selecionados através da aplicação do sub-módulo S&USM para o CUBO; o segundo através da consulta de informações já cadastradas. Essas duas alternativas, "atualizar dados" e "consultar dados", são as alternativas que antecedem a aplicação da Fase 1 do sub-módulo S&RSM.

Foram cadastrados pelo metrologista da empresa um comparador de diâmetros internos (identificado pela empresa com o código C-4056) e um micrômetro interno (identificado pela empresa com o código AI-4546), caracterizado na Figura 5.4. O cadastramento foi feito pelo metrologista sem acompanhamento do pesquisador, pois se desejava identificar nas tabelas dos cadastros (17 tabelas no total) obstáculos para uma entrada de dados eficaz. Sendo assim pôde-se efetivamente avaliar a funcionalidade dos mecanismos para alimentação do banco de dados projetado além de identificar não-conformidades nos cadastros desenvolvidos.

A Figura 5.4 mostra a tabela de cadastramento de SM preenchida para o micrômetro interno AI-4546. Esta é a primeira tabela para entrada de dados no cadastramento do SM. A partir desta primeira tabela uma série de outras tabelas aparecem vinculadas a ela, que no conjunto constituem a totalidade de informações associadas ao GSM específico [120].

A partir da análise de cada tabela uma série de observações puderam ser feitas. Nos parágrafos seguintes são sistematizadas algumas dessas observações.

O entendimento do conceito de "erro máximo", que aparece na Figura 5.4, e a sua forma de determinação não ficou claro para o responsável pelo cadastramento. O conceito adotado nos métodos de S&RSM e S&USM já foi abordado no item 4.3.1 e pode ser determinado conforme a equação (4.4).

cad_sm			
Dados gerais			
Número do registro: AI - 4546			
Número de série: Não consta número de série.			
Responsável pelo registro: Valdeci			
Data do registro: 26/11/2004			
Denominação: Micrômetro interno			
Família: 07	[Cadastro de Família de SM]		
Fabricante: 01	[Cadastro de Fabricantes de SM]		
Fornecedor: 01	[Cadastro de Fornecedor.]		
Unidade de medida (todos os parâmetros numéricos expressos nesse registro devem adotar esta unidade): mm			
Faixa de medição inicial: 12			
Faixa de medição final: 16			
Resolução: 0,001			
Valor de uma divisão de escala (ou incremento digital): 0,005			
Erro máximo: ±0,004			
Tipo de controle: () por atributos (x) por variáveis			
Mensurando: Diâmetro interno	[Cadastro de Mensurando]		
Local para uso: Produção	[Cadastro de Local para Uso de SM]		
Dados de controle da rastreabilidade do sistema de medição			
Histórico e Plano de Calibração [Cadastro de Histórico e Plano de Calibração de SM]			
Dados de controle do uso			
Histórico de movimentação [Cadastro de Histórico de Movimentação de SM]			
Situação atual (quanto ao uso e status de calibração):			
(X) Apto ao uso	(X) Calibrado	() Em calibração	() Aguardando calibração
() Não necessita calibração	() Reservado	() Em manutenção	() Aguardando manutenção
() Alocado	() Fora de uso	() Descartado	()

Figura 5.4 - Cadastro do micrômetro interno AI-4546.

Quanto ao tipo de controle, por variáveis ou atributos, e definição do mensurando, nem sempre o metrologista avalia todas as potencialidades do SM. Uma seleção criteriosa dos tipos de controle e caracterização das grandezas que o SM é capaz de medir/inspecionar ajuda o metrologista a explorar essas potencialidades e conhecer melhor o SM.

No cadastramento da família do SM constatou-se uma prática de classificar os SM em famílias que às vezes são muito abrangentes, como é o caso da família "micrômetros" e da família "paquímetros". É sabido que essas famílias englobam SM muito distintos entre si. Se por um lado este procedimento simplifica a classificação por outro lado dificulta algumas práticas como a de gerar um cadastro genérico por família em que apenas alguns registros deveriam ser atualizados conforme as especificidades do SM.

Na Empresa A o procedimento de calibração é um documento único, que reúne todos os procedimentos dos SM que são calibrados internamente e referencia os que são calibrados por prestadores de serviços. Este tratamento atende os requisitos normativos.

No cadastro da família a referência ao cadastro de critérios de decisão para seleção de SM foi omitida porque esses critérios não foram cadastrados. No entanto, as informações do cadastro de critérios de seleção foram preenchidas na aplicação do sub-módulo S&USM. Tal fato foi tratado, os critérios de seleção foram revisados e o cadastro foi preenchido e codificado conforme o exemplo da Figura 4.15.

Não se pode abrir mão do cadastramento dos critérios de decisão simplesmente pelos argumentos da complexidade ou restrições de tempo para tal. Essas informações são fundamentais para a funcionalidade do método de S&USM (ver item 4.3.3). Para contornar as dificuldades do cadastramento adotou-se uma estratégia de gerar cadastros (por família) já preenchidos e que servem de informação *default* para o usuário. O usuário se restringe então a atualizar informações ou adequar algumas delas às especificidades do SM. Dessa forma foi gerado o cadastro da Figura 4.15 para o micrômetro interno AI-4546. Para viabilizar esta estratégia sugere-se a sistematização de informações por famílias não tão abrangentes. Ou seja, ao invés de se ter o cadastro da família "micrômetros", tem-se famílias "micrômetros externos", "micrômetros internos de 3 pontas", etc.

Os cadastros de fabricante, fornecedores, cotações, são cadastros genéricos e que embora aparentem não ser relevantes tornam-se importantes para um bom sistema de GSM, pois viabilizam agilidade na busca de informações e fonte de dados para tomadas de decisão sobre as necessidades de suprimentos de materiais e serviços.

As funções de controle da rastreabilidade do SM foram testadas através dos cadastros de: procedimento de calibração; histórico e plano de calibração (Figura 5.5); certificado de calibração; padrões utilizados; ambiente da calibração; e, resultados da calibração. Sobre esses cadastros evidenciou-se a dificuldade de garantir a rastreabilidade se as informações são incompletas ou de origem duvidosa. Quando a calibração é feita internamente os procedimentos tendem a ser simplificados por questões de produtividade em detrimento da completeza do experimento e rigor metroológico do procedimento.

cad_plan_calibr				
Sistema de Medição: AI - 4546			[Cadastro de Sistema de Medição]	
Histórico de calibração			Plano de calibração	
Data da última	Fornecedor [Cadastro de Fornecedor]	Certificado de Calibração [Cadastro de Certificado de Calibração de SM]	Periodicidade (meses)	Data da próxima
08/08/2002	02	AI-4546 de 08/08/2002	4	08/12/2002
11/12/2002	02	AI-4546 de 11/12/2002	4	11/04/2003
16/04/2003	02	AI-4546 de 16/04/2003	4	16/08/2003
07/08/2003	02	AI-4546 de 07/08/2003	4	07/12/2003
03/12/2003	02	AI-4546 de 03/12/2003	4	03/04/2004
14/04/2004	02	AI-4546 de 14/04/2004	4	14/08/2004
02/08/2004	02	AI-4546 de 02/08/2004	4	02/12/2004

Figura 5.5 – Cadastro de histórico e plano de calibração do micrômetro interno AI-4546.

Para SM calibrado por um laboratório externo, os cadastros demonstraram ser um importante instrumento para avaliação do certificado de calibração e análise dos resultados. Embora existam dificuldades de cadastramento de informações, não se pode negar que os mecanismos projetados exigem uma inspeção minuciosa do certificado de calibração. O bom uso dos cadastros pode contribuir para identificar não conformidades e corrigir problemas tanto do SM quanto do serviço prestado pelo laboratório externo.

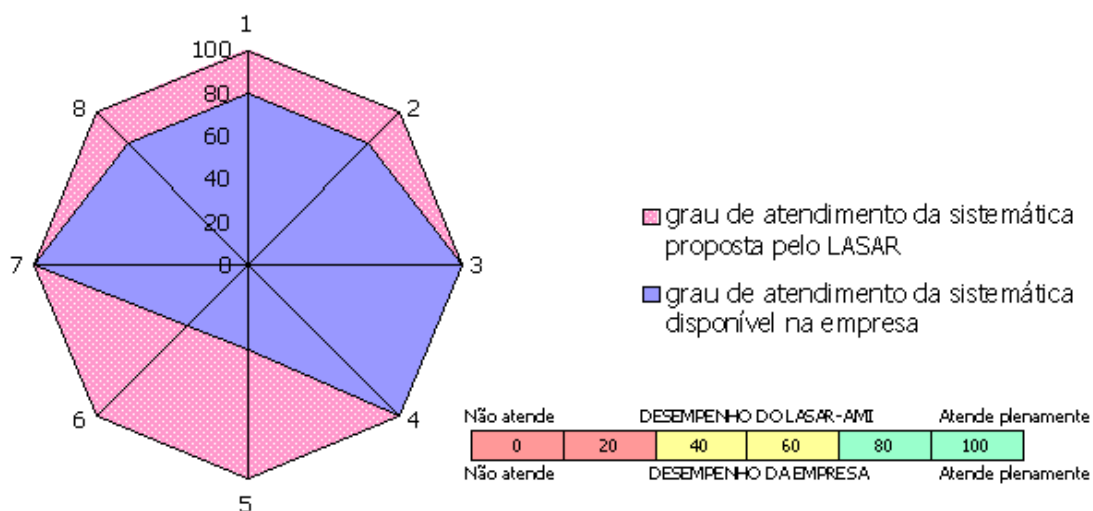
No estudo dos dois SM, o micrômetro interno e o comparador de diâmetros internos, os cadastros foram utilizados para:

- Administrar/supervisionar os dados do SM, mantendo-os atualizados e disponibilizando-os para consultas e tomadas de decisão (Fase 1 do método);
- Controlar os dados de calibração, desde o plano de calibração e procedimentos até os resultados das calibrações (Fase 2 do método);
- Avaliar os dados no sentido de identificar necessidades de manutenção e mantendo um cadastro de serviços, fornecedores e cotações (Fase 3 do método);
- Administrar os dados de rastreabilidade, local para uso, histórico de movimentações e operadores habilitados (Fase 4 do método).
- Disponibilizar registros com informações estruturadas no sentido de facilitar consultas ao banco de dados (Fase 5 do método). Este recurso foi testado através do uso dos *hiperlinks* e na busca das informações quando da simulação do método de S&USM, que será descrito no item 5.3.5.

➤ Avaliação na Empresa A do sub-módulo S&RSM após a aplicação do método

Após a aplicação do método apresenta-se uma análise crítica, segundo metrologistas da empresa, do desempenho do método. Os resultados da avaliação estão sistematizados no gráfico radar da Figura 5.6. Esses resultados demonstram que os aspectos avaliados são atendidos pelo método proposto para o LASAR-AMI. A princípio pode-se imaginar que o questionário é tendencioso, no entanto a análise crítica demonstra um resultado já esperado, pois os aspectos avaliados coincidem com metas do projeto do método. São essas metas que precisam ser consolidadas. Não se deve afastar a hipótese de haver desvios na avaliação em função de sua natureza subjetiva, no entanto eles são indicadores obtidos de uma reunião de consenso entre os avaliadores.

Uma importante consideração sobre o resultado alcançado é de que 100% de atendimento dos critérios não significam 100% de desempenho. Desempenho só poderá ser avaliado com o método implementado através do *site* do LASAR e testes planejados sob a forma de aplicações piloto da sistemática de AMI do LASAR.



- 1- Cadastrar o sistema de medição em um banco de dados informatizado, provendo informações de identificação, aplicação, calibração, manutenção e dados históricos (calibração, manutenção e uso).
- 2- Avaliar (durante o cadastro) a família do sistema de medição quanto aos critérios considerados no método de seleção do sistema de medição.
- 3- Cadastrar fornecedores, serviços, cotações associadas às necessidades de calibração e manutenção do sistema de medição.
- 4- Prover assistência à calibração interna do sistema de medição com cadastramento de procedimento de calibração, padrões usados e resultados da calibração, incluso certificado de calibração.
- 5- Analisar certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração com auxílio de um assistente para interpretação e uso dos resultados de calibração do sistema de medição.
- 6- Controlar empréstimo ou reserva do sistema de medição com funções de registro da aplicação, usuário responsável, recebimento e verificação no retorno do sistema de medição.
- 7- Controlar periodicidade de calibração e manutenção com funções de tomada de decisão sobre chamada do sistema de medição e encaminhamentos para agendamento, execução e recebimento no retorno do serviço.
- 8- Prover procedimento de busca de um sistema de medição no banco de dados informatizado.

Figura 5.6 – Avaliação da sistemática de S&RSM proposta pelo LASAR-AMI.

5.3.5 Avaliação do sub-módulo de seleção e uso do sistema de medição

A segunda parte da análise crítica das sistemáticas de GSM propostas pelo LASAR, envolve a avaliação do método de Seleção e Uso do Sistema de Medição – S&USM. Antes de avaliar o método proposto faz-se uma avaliação da sistemática adotada atualmente pela Empresa A, atribuindo-se índice de importância e desempenho sobre diversos aspectos técnicos.

➤ Avaliação da sistemática atual da Empresa A para seleção e uso de SM

A Figura 5.7 apresenta a tabela com os oito aspectos relacionados com a função de “seleção e uso do SM”. Esses aspectos também foram definidos a partir das especificações de funções para o sub-módulo S&USM, ou seja, são metas do sub-módulo. Os resultados da avaliação, feita por metrologistas da empresa, estão sistematizados no gráfico radar da Figura 5.7.

Número	Aspectos a avaliar	Escala de avaliação	Qual o grau de importância associado a este aspecto?					Qual o grau de atendimento da sistemática disponível na empresa?						
			Fundamental	Muito importante	Importante	Pouco importante	Quase sem importância	Irrelevante	Atende plenamente	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Atende parcialmente	Não atende	
			100%	80%	60%	40%	20%	0%	100%	80%	60%	40%	20%	0%
1	Definir requisitos baseados na tarefa de medição para busca (no banco de dados informatizado) de SM capazes de realizar a medição.				X									X
2	Prover mecanismo de busca dos SM capazes de realizar a medição, que avalie a relação entre IT e o erro máximo de cada SM encontrado (pré-selecionados).		X											X
3	Classificar os SM pré-selecionados através de uma matriz de decisão construída com base em requisitos de desempenho, custo, hardware, software e de fornecimento, cada qual com seu peso definido pelo usuário.			X										X
4	Avaliar adequabilidade do processo de medição baseado em métodos que considerem as fontes de IM em condições reais de uso do SM (ambiente, operador, método de medição, sistema de medição, mensurando).		X						X					
5	Fornecer alternativas de ações, quando um SM (capaz de realizar a medição) não é localizado, que possibilitem dispor sobre pendências.			X							X			
6	Prover registro da seleção, forma de saída dos resultados e documentação do SM que contribuam para adequação do uso e detalhamento do plano de controle.			X										X
7	Identificar sem ambigüidades os dados de cabeçalho do plano de controle ao qual o processo de seleção do SM está associado.			X							X			
8	Fornecer informações que contribuam com a caracterização do problema de medição e elaboração de um caderno de encargos para aquisição de SM.			X								X		

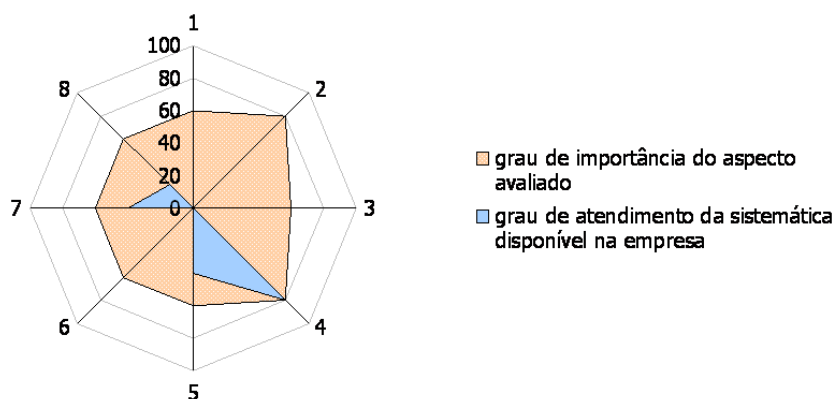


Figura 5.7 – Avaliação da sistemática atual de S&USM adotada pela Empresa A.

Diferentemente da análise do sub-módulo S&RSM, observa-se que o grau de atendimento da sistemática da empresa é deficiente se comparado com o grau de importância por ela atribuído. Observa-se que a empresa não atende (indicador 0%) quatro dos oito aspectos avaliados, sendo que um deles, a busca automatizada de SM capazes de realizar uma dada tarefa de medição (aspecto 2), é classificado como “muito importante” e os demais como “importante”. Outro aspecto classificado como “muito importante” é o de avaliação dos processos de medição (aspecto 4). Neste aspecto a empresa considera que atende quase que plenamente através de seus processos já implementados, embora isso não tenha sido evidenciado para o caso do CUBO.

Chama atenção ainda o fato de que em termos gerais a importância atribuída aos aspectos do sub-módulo S&USM tem indicadores mais baixos que os do sub-módulo S&RSM. Estima-se que tal avaliação decorre mais uma vez da ênfase dos sistemas da qualidade, sobretudo a ISO 9001, nos aspectos de supervisão dos SM e garantia da rastreabilidade.

Outro fator que pode estar influenciando esta avaliação diz respeito ao nível de envolvimento de metrologistas na tarefa de seleção de um SM na indústria. Frequentemente a seleção é feita por pessoas não capacitadas em metrologia. Pode-se dizer que se a tarefa é desempenhada por alguém menos capacitado em metrologia e não é requerido o suporte dos metrologistas, o fato pode conduzir a uma conclusão errônea de que metrologicamente esta tarefa não é crítica.

Associado a essa análise pode-se somar as considerações usuais sobre a existência de “fórmulas práticas” para orientar a escolha de SM sem adotar critérios diferenciados. Esses critérios diferenciados são propostos pelo método S&USM do LASAR-AMI (item 4.3.3).

➤ Aplicação na Empresa A do módulo de S&USM proposto pelo LASAR-AMI

Após a conclusão da análise do status atual da empresa nos aspectos referentes ao módulo S&USM, apresenta-se o estudo feito aplicando-se as sistemáticas propostas pelo LASAR-AMI. Para avaliação da funcionalidade do sub-módulo S&USM selecionou-se o “diâmetro interno do CUBO” como tarefa de medição.

Seguindo a lógica do método, na Fase 1 (4.3.1) a característica a ser medida foi caracterizada e os requisitos para busca de SM na base de dados da empresa foram definidos. Esses dados de entrada aparecem sistematizados na planilha ilustrada na Figura 5.8.

O uso da planilha da Figura 5.8 efetivamente funcionou como ferramenta para entrada dos requisitos para busca de SM. No entanto, em função do rigor e refinamento da busca, várias iterações foram necessárias para adequar os requisitos até encontrar SM capazes de realizar a medição. Dentro da estratégia da abordagem progressiva não foram estabelecidos requisitos muito rigorosos para viabilizar alternativas de SM diferentes. Para que isto ocorresse utilizou-se simultaneamente a planilha que sistematiza o resultado da busca de SM no banco de dados (Figura 5.9), pois a cada iteração os requisitos eram redefinidos e se ordenava a busca de SM e teste do parâmetro Z, conforme a Fase 2 do método (ver item 4.3.2).

A necessidade de rever a busca e proceder a sucessivas iterações demonstrou a necessidade de flexibilizar a planilha de entrada de dados (Figura 5.8) quanto à definição da resolução mínima.

LASAR - LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SERVIÇOS E ACESSORAMENTO REMOTOS
MÓDULO S&USM - SELEÇÃO E USO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO
ENTRADA DE DADOS DA CARACTERÍSTICA A MEDIR

1	Número do Plano de Controle	Não consta
2	Data de emissão	Não consta
3	Data de revisão	Não consta
4	Cliente	**sigilo**
5	Nome do Fornecedor/designação do local	Empresa A
6	Protótipo, Pré-lançamento ou Produção	produção
7	Número da peça/desenho	5166318
8	Nome/Descrição da peça	cubo
9	Contato principal/telefone	Não consta
10	Identificação do processo (1)	Usinagem
11	Identificação do processo (2)	Soldagem no conjunto
12	Identificação do processo (3)	Produção seriada não contínua

Item	Descrição da característica	Controle	Mensurando		Valor nominal	Unidade	Lim sup Lim inf	IT	Divisor p/ Resolução	Resolução mínima	IT/Emáx	Situação do SM	Local para uso do SM
			Opção 1	Opção 2									
1	Diâmetro interno do cubo	variável	compr int	diâmetro int	15,700	mm	15,759 15,716	0,043	20	0,002	10	apto ao uso	

Figura 5.8 – Entrada de dados da característica a medir do CUBO.

Para localizar os SM que aparecem na Figura 5.9 adotou-se o divisor 20. Na definição do “divisor da resolução” e da “relação $IT/E_{máx}$ ” deve-se considerar que a redução do rigor compromete a capacidade de detecção do processo de medição e a sua confiabilidade. A Figura 5.9 revela os três SM pré-selecionados para a medição do CUBO. Esse foi o resultado da Fase 2.

Na Fase 3 os SM são classificados segundo critérios de seleção. A matriz de decisão foi utilizada conforme recomendações abordadas no item 4.3.3. Na análise dos três SM pré-selecionados, a MMC foi excluída devido ao elevado valor da relação “ $IT/E_{máx}$ ” que se afastou muito da melhor relação custo-benefício. Sendo assim entraram na matriz de decisão somente o micrômetro interno e o comparador de diâmetros internos. A matriz de decisão já foi apresentada na Figura 4.17, como exemplo na abordagem do método S&USM.

LASAR - LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SERVIÇOS E ACESSORAMENTO REMOTOS
MÓDULO S&USM - SELEÇÃO E USO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO
TESTE DO PARÂMETRO Z DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO LOCALIZADOS NO BANCO DE DADOS

Número do Plano de Controle	Não consta
Data de emissão	Não consta
Data de revisão	Não consta
Cliente	**sigilo**
Nome do Fornecedor/designação do local	Empresa A
Protótipo, Pré-lançamento ou Produção	produção
Número da peça/desenho	5166318
Nome/Descrição da peça	cubo
Contato principal/telefone	Não consta
Identificação do processo (1)	Usinagem
Identificação do processo (2)	Soldagem no conjunto
Identificação do processo (3)	Produção seriada não contínua

Item	Descrição da característica	Núm do re-gistro SM	Denominação do SM	IT	Resolução	Emáx	Z	IT/Emáx	Resultado do teste	Contagem
1	Diâmetro interno do cubo	AI-4546	Micrômetro interno	0,043	0,001	0,004	10	10,8	OK	1
		C-4056	Comparador diâm int		0,001	0,0037		11,6	OK	1
		AI 5312	MMC		0,0001	0,0012		35,8	OK	1
										0
SÍNTESE DOS RESULTADOS DO TESTE: Existem sistemas de medição pré-selecionados.										3

Figura 5.9 – SM pré-selecionados para medir o diâmetro interno do CUBO.

Observa-se na Figura 4.17 que algumas das categorias de decisão foram desprezadas (peso 0%) e isso ocorre também com alguns critérios de decisão mesmo daquelas categorias que foram consideradas. Os critérios com peso 0% foram ocultados da planilha, pois não influenciam na formação do total de pontos de cada SM. O resultado demonstra que o micrômetro interno (89%) deve ser priorizado em relação ao comparador de diâmetros internos (79%). Para se chegar a esta conclusão, os usuários da empresa tiveram dificuldades, sobretudo na sistematização dos dados dos SM para cada um dos critérios. Essa dificuldade motivou a formação do cadastro de critérios de decisão por família (Figura 4.15), que servissem de referência para o usuário na entrada de dados na matriz de decisão.

Foram feitas algumas verificações nos dados inseridos pelo usuário na matriz a partir das melhorias implementadas na ferramenta durante os testes. O resultado apresentado na Figura 4.17 foi obtido após algumas repetições e revisões no uso da matriz. Com as melhorias introduzidas na entrada de dados o processo tornou-se mais rápido e simplificado.

Outras dificuldades que se pode relatar diz respeito à atribuição de pesos para cada categoria e cada critério de decisão e o grau de atendimento para os SM mediante análise das informações frente aos critérios (conforme processo abordado no item 4.3.3). Nesse processo ficou evidenciado que a estratégia de eliminar critérios pouco relevantes na comparação contribui para simplificar a análise. Além disso, estima-se que o trabalho feito em equipe torna o resultado mais confiável e a repetição da análise consolida a decisão.

O resultado da análise conduzida pela empresa até esta fase do processo revela uma decisão que não pode ser vista como definitiva, pois deixa dúvidas quanto à confiabilidade do processo de medição. O critério de seleção de um SM com resolução mínima de 5% da tolerância (IT) não seria atendido se fosse considerada a resolução sem interpolação do valor de uma divisão de escala. Conforme a lógica do método de S&USM dentro da Fase 3 (item 4.3.3), a decisão só pode ser efetivamente validada se for realizada uma avaliação do processo de medição, como os que são propostos pelo LASAR-AMI (método de "Avaliação e Melhoria do Processo de Medição" [46] ou método de "Melhoria da Confiabilidade Metrológica" [61]).

Por razões operacionais a equipe da empresa optou por não realizar a validação do processo de medição. A complexidade dos métodos de análise dos processos de medição e o tempo requerido para tal continuam sendo obstáculos a serem superados. A não avaliação do processo de medição deixa dúvidas sobre a confiabilidade do processo de medição e sua capacidade para controlar a característica da peça.

Frente à incerteza da confiabilidade metrológica do resultado da seleção decidiu-se por simular a seleção considerando apenas aqueles requisitos que influenciam diretamente na adequabilidade do processo de medição (Figura 5.10).

Cate- goria 1	DESEMPENHO	Peso %			85			Micrômetro interno AI-4546			Comparador diâmetros int C-4056		
Item	Critérios	Peso abs.	Peso %	Peso ajusta- do	Informação	Grau 0 a 10	Pontos	Informação	Grau 0 a 10	Pontos			
		0-100											
2	Erro máximo (na calibração)	15	50	425	±0,004 mm	8	340	±0,0037 mm	9	383			
6	Resolução	15	50	425	0,001 mm com interpolação visual. 0,005 mm s/ interpolação.	6	255	Depende da resolução do relógio comparador. Neste SM é 0,001 mm.	10	425			
Soma dos pesos		30	100	850	Soma dos pontos		595	Soma dos pontos		808			
					% do peso da categoria		70,0	% do peso da categoria		95,0			
Cate- goria 5	DE FORNECIMENTO	Peso %			15			Micrômetro interno AI-4546			Comparador diâmetros int C-4056		
2	Serviços técnicos de calibração: Disponibilidade e rapidez	100	100	150	Realizado internamente. Atendimento imediato.	10	150	Realizado externamente. Há rede de assistência técnica.	3	45			
Soma dos pesos		100	100	150	Soma dos pontos		150	Soma dos pontos		45			
					% do peso da categoria		100,0	% do peso da categoria		30,0			
TOTAL DE PONTOS (SOMA DAS CATEGORIAS)				1000	745,0				852,5				
PERCENTUAL ATINGIDO (SOMA DAS CATEGORIAS)				100%	75%				85%				

Figura 5.10 – Simulação da matriz de seleção para o CUBO, com critérios críticos.

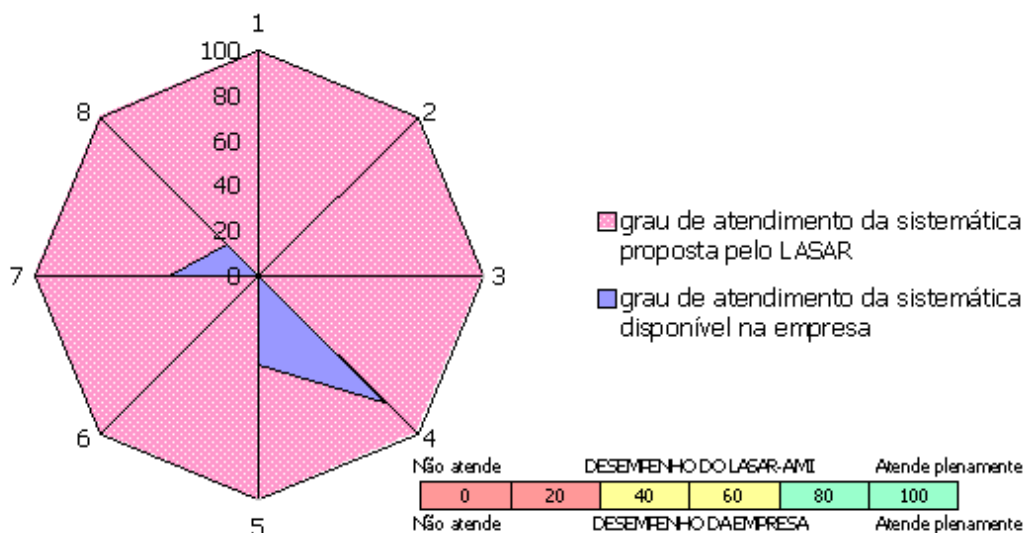
Nessa simulação o peso atribuído aos requisitos que entraram na análise e o grau de atendimento dos SM a cada critério não foram alterados. O resultado dessa nova iteração da matriz de decisão sugere uma decisão diferente, apontando para a seleção do comparador de diâmetros internos (C-4056), sob o enfoque da garantia da confiabilidade metrológica. Esse SM atende aos requisitos da relação "IT/E_{máx}" e resolução (mínimo 5% de IT) satisfatoriamente.

➤ Avaliação na Empresa A do sub-módulo S&USM após a aplicação do método

Os resultados da avaliação, feita por metrologistas da empresa, estão sistematizados no gráfico radar da Figura 5.11. Da mesma forma que aconteceu na análise crítica do sub-módulo S&RSM, o resultado demonstra que os aspectos avaliados são atendidos pelo método de S&USM.

Pode-se mais uma vez imaginar que o questionário é tendencioso, no entanto as mesmas considerações são válidas também para esta análise, ou seja, os aspectos avaliados são metas do projeto gerando uma previsibilidade de indicadores próximos de 100%. A hipótese de haver desvios em função da subjetividade da avaliação não pode ser ignorada.

Da mesma forma deve-se observar que 100% de atendimento dos critérios não significam 100% de desempenho. Desempenho só poderá ser avaliado com o método implementado através do *site* do LASAR e testes planejados sob a forma de aplicações piloto do módulo GSM do LASAR-AMI.



- 1- Definir requisitos baseados na tarefa de medição para busca (no banco de dados informatizado) de sistemas de medição capazes de realizar a medição.
- 2- Prover mecanismo de busca dos sistemas de medição capazes de realizar a medição, que avalie simultaneamente a relação entre intervalo de tolerância da característica a medir e o erro máximo de cada sistema de medição encontrado (pré-selecionados).
- 3- Classificar os sistemas de medição pré-selecionados através de uma matriz de decisão construída com base em requisitos de desempenho, custo, hardware, software e de fornecimento, cada qual com seu peso definido pelo usuário.
- 4- Avaliar adequabilidade do processo de medição baseado em métodos que considerem as fontes de incerteza na medição em condições reais de uso do sistema de medição (ambiente, operador, método de medição, sistema de medição, mensurando).
- 5- Fornecer alternativas de ações, quando um sistema de medição (capaz de realizar a medição) não é localizado, que possibilitem dispor sobre pendências.
- 6- Prover registro da seleção, forma de saída dos resultados e documentação do sistema de medição que contribuam para adequação do uso e detalhamento do plano de controle.
- 7- Identificar sem ambigüidades os dados de cabeçalho do plano de controle ao qual o processo de seleção do sistema de medição está associado.
- 8- Fornecer informações que contribuam com a caracterização do problema de medição e elaboração de um caderno de encargos numa sistemática de aquisição de sistema de medição.

Figura 5.11 – Avaliação da Empresa A sobre a sistemática e S&USM proposta pelo LASAR.

A aplicação do sub-módulo S&USM se revelou também um instrumento bastante eficiente para identificar necessidades de aquisição de SM. À medida que o usuário percebe as influências sobre o processo de seleção de um SM e busca ser rigoroso metrologicamente, evidencia-se as fragilidades de processos de medição já implementados. Pode-se inclusive imaginar que a difusão de métodos como estes poderiam ser estimulados ou até mesmo patrocinados por fabricantes de SM como instrumento de indução à aquisição de SM e atualização tecnológica. Nesse contexto um *e-marketplace* seria uma alternativa desejável para agregar valor à sistemática de seleção e/ou aquisição de SM.

5.4 ESTUDO DE CASO NA EMPRESA B

Foram testados os mesmos métodos, S&RSM e S&USM. Os resultados obtidos apontam para um atendimento adequado dos métodos aos propósitos do estudo de caso revelando dados similares aos apresentados no estudo anterior (item 5.3). A empresa

estudada tem um desempenho mais significativo nos critérios relativos ao método de S&RSM do que nos aspectos do método de S&USM. As explicações para esse resultado e outros são abordadas neste item. Os memoriais do estudo integram o dossiê do estudo de caso [121].

A empresa parceira no estudo, tratada aqui como “Empresa B”, é de grande porte, com cerca de 2500 funcionários e 55000 m² de área construída e possui certificação ISO 9001:2000. É formada por quatro unidades de negócio, que produzem uma variedade considerável de máquinas e equipamentos, oferecem os serviços de assistência técnica e vendem peças originais da indústria. Caracteriza-se pela diversificação de produtos e a vocação para desenvolvimento de soluções completas de grandes instalações de armazenagem, portuárias, maltarias e cervejarias, estruturas metálicas para sistemas elétricos e de telecomunicações, e outras. Em linhas gerais, pode-se dizer que atua no ramo metal-mecânico e seu sistema produtivo inclui operações de corte, estamparia, usinagem, solda, tratamento de superfície e logística de transporte e montagem de instalações.

5.4.1 Características associadas ao produto

Diante da diversidade de produtos da empresa, foi observado que a produção é programada de acordo com as vendas de instalações completas. Não há uma rotina de produção de grandes lotes de peças seriadas. A predominância é de produção de peças sob encomenda e produção de pequenos lotes de peças seriadas para alimentar o mercado de peças originais de reposição e atendimento de solicitações de assistência técnica.

A empresa não utiliza o FMEA. A definição das características a inspecionar é feita pela área de projeto do produto sem se basear em métodos de análise de características críticas. No entanto, para testar a funcionalidade do método de S&USM buscou-se identificar peças usinadas, com características que exigissem o controle por variáveis e apresentassem tolerâncias dimensionais relativamente críticas para o contexto da empresa. Dentre as opções apresentadas selecionou-se duas peças diferentes de produtos diferentes: o EIXO de um conjunto de transmissão e o CORPO do rolete guia, que são partes do sistema de transporte de cereais. As especificações dessas duas peças são apresentadas a seguir.

Especificações do EIXO:

- Nome da peça: eixo D70 x D50 x D40 x 637 cabeça tp
- Código da peça: 7113606238.
- Características para análise:
 - Diâmetro D40 k6

Diâmetro nominal externo do eixo: 40,000 mm.

Tolerância k6: +0,002 mm a +0,018 mm. IT = 20 µm.

- Largura do rasgo de chaveta 20 N9

Comprimento nominal interno do rasgo: 20,000 mm.

Tolerância N9: -0,052 mm a +0,000 mm. IT = 52 μ m.

Especificações do CORPO:

- Nome da peça: corpo
- Código da peça: 9112307535.
- Característica selecionada para análise:

- Diâmetro 52 M7

Diâmetro nominal interno do corpo: 52,000 mm.

Tolerância M7: -0,030 mm a +0,000 mm. IT = 30 μ m

5.4.2 Características associadas ao processo de fabricação

O roteiro do processo de produção do EIXO envolve fundamentalmente operações de corte, torneamento, fresamento e furação seguida de rosqueamento. A inspeção do diâmetro externo é feita após o torneamento e a inspeção da largura do rasgo de chaveta é feita após o fresamento. A produção é feita em pequenos lotes e uma peça é produzida em 45 minutos aproximadamente, envolvendo quatro operadores. Não há dados de CEP e estudos de capacidade do processo. O índice de aprovação de peças é de 98%, sendo que os 2% de peças reprovadas estão associados a problemas de desenho ou problemas dimensionais, conforme registros da empresa.

A peça, de aço SAE 1045 laminado, tem um porte relativamente grande (comprimento final é de 637 mm e a massa é cerca de 20 kg). O rigor no controle geométrico está associado ao custo de material, custo de homem-hora e custo de hora-máquina, pois a produção se concentra em um setor que possui gargalos pela grande demanda de peças usinadas e a diversidade dessas peças. Não-conformidades que conduzem a retrabalhos na usinagem têm um impacto significativo tanto do ponto de vista do custo da peça quanto da reprogramação das máquinas. Em termos gerais, não raros são os casos de custos de falhas externas que obrigam a empresa a produzir peças de reposição e mobilizar equipes de montagem para assistência em instalações em campo.

Foi destacado o roteiro de produção do EIXO, pois não se tem informações muito acessíveis sobre a produção do CORPO. A aplicação dos métodos de GSM foi feita para as duas peças e os memoriais dessas aplicações são documentos anexos ao dossiê do estudo de caso [121]. As conclusões dos estudos feitos para o EIXO são válidas para o estudo do CORPO. Nesse sentido o relato se concentra na abordagem do EIXO.

5.4.3 Características associadas ao processo de medição/inspeção

A frequência de inspeção tanto para o diâmetro externo, quanto para a largura do rasgo de chaveta do EIXO é de 100%. Segundo a empresa, essa inspeção é considerada viável, pois a produção é de pequenos lotes (cerca de 100 eixos por mês). O SM usado para controle do diâmetro do EIXO é um micrômetro externo com resolução de 0,001 mm, e para o controle do rasgo de chaveta, é usado de um paquímetro digital de resolução de 0,01 mm.

Segundo registros da empresa, os micrômetros são calibrados externamente e o erro máximo é de $\pm 0,003$ mm. Quanto ao paquímetro digital, é calibrado internamente e o erro máximo identificado é de $\pm 0,016$ mm (dados das últimas calibrações). Os padrões utilizados na calibração do micrômetro são blocos padrão e do paquímetro, para medidas internas, é um padrão escalonado.

Não há registros de estimativas da incerteza de medição no chão de fábrica. A empresa não faz estudos de MSA ou qualquer outro método de avaliação de capacidade do processo de medição.

O critério geral de avaliação de adequabilidade do SM é variável, em algumas situações é baseado na relação entre intervalo de tolerância (IT) e a resolução, em outras situações a incerteza expandida dada pelo certificado de calibração do SM é considerada. Os critérios para seleção do SM são estabelecidos por um procedimento interno da empresa, a "Tabela de Tolerância e D.M.M. Apropriados". DMM significa Dispositivos de Medição ou Monitoramento, conforme a terminologia da NBR ISO 9001:2000. O objetivo deste documento é "definir procedimento para especificar e interpretar as medidas nos desenhos, apresentando também os DMM adequados para executar as medições".

Para as características em análise: o micrômetro externo atende um critério de $IT/E_{m\acute{a}x}$ igual a 5; o paquímetro digital atende um critério de $IT/E_{m\acute{a}x}$ igual a 3. A estimativa do erro máximo é baseada nas condições de calibração. Para a definição da relação $IT/E_{m\acute{a}x}$ utilizou-se o conceito do erro máximo abordado no item 4.3.1 para a estimativa de $E_{m\acute{a}x}$.

Não há um plano de controle associado à peça, no entanto há um plano de reação padronizado na empresa. Quando constatado problema na inspeção, os supervisores, da usinagem e do controle da qualidade, são envolvidos para proceder aos registros de não-conformidade, análise e ações para bloquear os efeitos e remover as causas. O tratamento de não-conformidades é documentado na Empresa B.

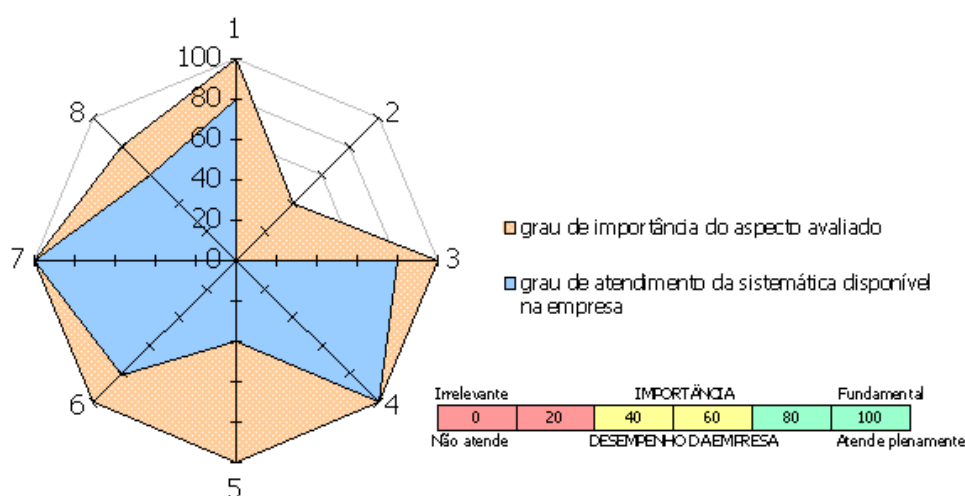
5.4.4 Avaliação do sub-módulo de supervisão e rastreabilidade do SM

Inicia-se a apresentação da avaliação das sistemáticas de GSM propostas pelo LASAR-AMI, na Empresa B, pela simulação do sub-módulo S&RSM e, posteriormente, descreve-se a avaliação do sub-módulo S&USM (item 5.4.5). Antes de avaliar cada um dos métodos faz-se uma avaliação das sistemáticas adotadas atualmente pela empresa, atribuindo-se índice de importância e desempenho sobre diversos aspectos técnicos.

➤ Avaliação da sistemática atual da Empresa B para supervisão e rastreabilidade de SM

Os oito aspectos relacionados com o sub-módulo S&RSM, os quais podem ser considerados metas para esse sub-módulo, são os mesmos considerados na avaliação do método S&RSM na Empresa A (Figura 5.3). Os resultados da avaliação, feita por metrologistas da Empresa B, estão sistematizados no gráfico radar da Figura 5.12.

Observa-se que, com exceção dos aspectos 4 e 7 que tratam respectivamente da assistência à calibração interna dos SM e do controle da periodicidade de calibração dos SM, o grau de atendimento da sistemática da empresa não é compatível com o grau de importância por ela atribuído.



- 1- Cadastrar o sistema de medição em um banco de dados informatizado, provendo informações de identificação, aplicação, calibração, manutenção e dados históricos (calibração, manutenção e uso).
- 2- Avaliar (durante o cadastro) a família do sistema de medição quanto aos critérios considerados no método de seleção do sistema de medição.
- 3- Cadastrar fornecedores, serviços, cotações associadas às necessidades de calibração e manutenção do sistema de medição.
- 4- Prover assistência à calibração interna do sistema de medição com cadastramento de procedimento de calibração, padrões usados e resultados da calibração, incluso certificado de calibração.
- 5- Analisar certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração com auxílio de um assistente para interpretação e uso dos resultados de calibração do sistema de medição.
- 6- Controlar empréstimo ou reserva do sistema de medição com funções de registro da aplicação, usuário responsável, recebimento e verificação no retorno do sistema de medição.
- 7- Controlar periodicidade de calibração e manutenção com funções de tomada de decisão sobre chamada do sistema de medição e encaminhamentos para agendamento, execução e recebimento no retorno do serviço.
- 8- Prover procedimento de busca de um sistema de medição no banco de dados informatizado.

Figura 5.12 - Avaliação da sistemática atual de S&RSM adotada pela empresa.

Seis dos oito aspectos avaliados são considerados fundamentais, um muito importante e o aspecto 2, que trata da avaliação das famílias dos SM quanto aos critérios para seleção do SM, foi considerado pouco importante. A insuficiência mais significativa diz respeito aos aspectos que tratam da análise do certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração (aspecto 5) e o aspecto 2 que foi considerado “pouco importante” pela empresa.

Chama atenção a pouca importância atribuída aos aspectos da avaliação da família do SM quanto aos critérios considerados num processo de seleção do SM. Estima-se que tal avaliação decorre da ênfase dos sistemas da qualidade, sobretudo a ISO 9001, nos aspectos de supervisão dos SM e garantia da rastreabilidade. A ISO não exige tratamento analítico e o método concorre com “fórmulas práticas” muito populares entre os metrologistas que simplificam o processo de seleção de um SM.

Como ocorreu no estudo de caso da Empresa A, o desempenho da empresa na função “supervisão e rastreabilidade do SM” é adequado às exigências das normas de sistemas da qualidade, pois a disponibilização de um laboratório de metrologia interno na empresa contribui para suprir as necessidades de certificação do SQ. O nível de automatização da base de dados de GSM da empresa e as funções de análise inseridas nos aspectos de avaliação afastam a empresa do nível de desempenho 100%.

➤ Aplicação na Empresa B do módulo de S&RSM proposto pelo LASAR-AMI

Através do cadastramento dos SM pré-selecionados na aplicação do sub-módulo S&USM para o EIXO e para o CORPO estudados foram testadas as funções de alimentação e atualização de dados. Foram cadastrados pelos metrologistas da empresa dois micrômetros externos (identificados pela empresa com os códigos MC 0068 e MC 0117), um paquímetro digital (identificado pela empresa com o código PQ 0333) e dois comparadores de diâmetros internos (identificados pela empresa com os códigos CD 0048 e MC 0049). O cadastramento foi feito pelo metrologista sem acompanhamento do pesquisador, pois se desejava identificar nas tabelas dos cadastros (17 tabelas no total) obstáculos para uma entrada de dados eficaz. A etapa de cadastramento de um SM representa a Fase 1 da sistemática de S&RSM.

A Figura 5.13 mostra a tabela de cadastramento de SM preenchida para o paquímetro digital PQ 0333 (ver também Figura 4.5). Esta é a primeira tabela para entrada de dados no cadastramento do SM. Outras tabelas aparecem vinculadas a ela, que no conjunto constituem a totalidade de informações associadas ao gerenciamento de um SM específico [121].

cad_sm			
Dados gerais			
Número do registro: PQ 0333			
Número de série: Nº de série não identificado.			
Modelo: 500-144 B.			
Responsável pelo registro: Eleson			
Data do registro: 24/11/2003			
Denominação: Paquímetro universal com indicação digital			
Família: PQ	[Cadastro de Família de SM]		
Fabricante: 01	[Cadastro de Fabricantes de SM]		
Fornecedor: Não identificado	[Cadastro de Fornecedor]		
Unidade de medida (todos os parâmetros numéricos expressos nesse registro devem adotar esta unidade): mm			
Faixa de medição inicial: 0			
Faixa de medição final: 150			
Resolução: 0,01			
Valor de uma divisão de escala (ou incremento digital): 0,01			
Erro máximo: ±0,016			
Tipo de controle: <input checked="" type="checkbox"/> por atributos <input checked="" type="checkbox"/> por variáveis			
Mensurando: 03	[Cadastro de Mensurando]		
Local para uso: FR	[Cadastro de Local para Uso de SM]		
Dados de controle da rastreabilidade do sistema de medição			
Histórico e Plano de Calibração [Cadastro de Histórico e Plano de Calibração de SM]			
Dados de controle do uso			
Histórico de movimentação [Cadastro de Histórico de Movimentação de SM]			
Situação atual (quanto ao uso e status de calibração):			
<input checked="" type="checkbox"/> Apto ao uso	<input checked="" type="checkbox"/> Calibrado	<input type="checkbox"/> Em calibração	<input type="checkbox"/> Aguardando calibração
<input type="checkbox"/> Não necessita calibração	<input type="checkbox"/> Reservado	<input type="checkbox"/> Em manutenção	<input type="checkbox"/> Aguardando manutenção
<input checked="" type="checkbox"/> Alocado	<input type="checkbox"/> Fora de uso	<input type="checkbox"/> Descartado	<input type="checkbox"/>

Figura 5.13 - Cadastro do paquímetro digital PQ 0333.

Muitas das dificuldades observadas na Empresa A se repetiram neste estudo para a Empresa B. Mais uma vez o entendimento do conceito de "erro máximo", que aparece na Figura 5.13, não ficou claro para o responsável pelo cadastramento.

Quanto ao tipo de controle (variáveis ou atributos) e definição do mensurando, o metrologista não faz uma seleção criteriosa e caracteriza superficialmente as grandezas que o SM é capaz de medir/inspecionar, deixando de explorar as potencialidades do SM.

No cadastramento da família do SM constatou-se mais uma vez a prática de classificar os SM em famílias muito abrangentes. Por um lado este procedimento simplifica a classificação por outro lado dificulta algumas práticas como a de gerar um cadastro genérico por família em que apenas alguns registros deveriam ser atualizados conforme as especificidades do SM.

Na Empresa B os procedimentos de calibração disponíveis são aqueles relativos aos SM calibrados internamente. Aqueles que são calibrados externamente, a empresa registrou no cadastro a codificação dada pelo prestador de serviço para o procedimento.

Como ocorreu na Empresa A, ficou evidente a dificuldade e complexidade de preenchimento do cadastro de critérios de decisão para seleção de SM (exemplo mostrado na Figura 4.15). No entanto os usuários fizeram um esforço no sentido de interpretar esses critérios e fornecer as informações. A entrada de dados exige um conhecimento especializado para interpretação dos critérios e informações do SM. No entanto a maior dificuldade é o tempo requerido para uma alimentação minuciosa de dados. Muitas das informações requerem consultas a fornecedores, manuais e literatura técnica.

A estratégia de gerar cadastros (por família) já preenchidos e que servem de informação *default* para o usuário facilitou a operação na Empresa B, pois o usuário apenas atualizou informações adequando-as às especificidades do SM. Dessa forma os cadastros de critérios de decisão para seleção dos SM foram testados com o paquímetro digital PQ 0333, preenchido a partir do cadastro de critérios de decisão da família "paquímetro universal". O mesmo foi feito para os micrômetros externos (códigos MC 0068 e MC 0117) e os comparadores de diâmetros internos (códigos CD 0048 e MC 0049).

As funções de controle da rastreabilidade do SM foram testadas através dos cadastros de procedimentos, histórico e plano de calibração, ambiente, padrões utilizados, certificado e resultados da calibração (Figura 5.14).

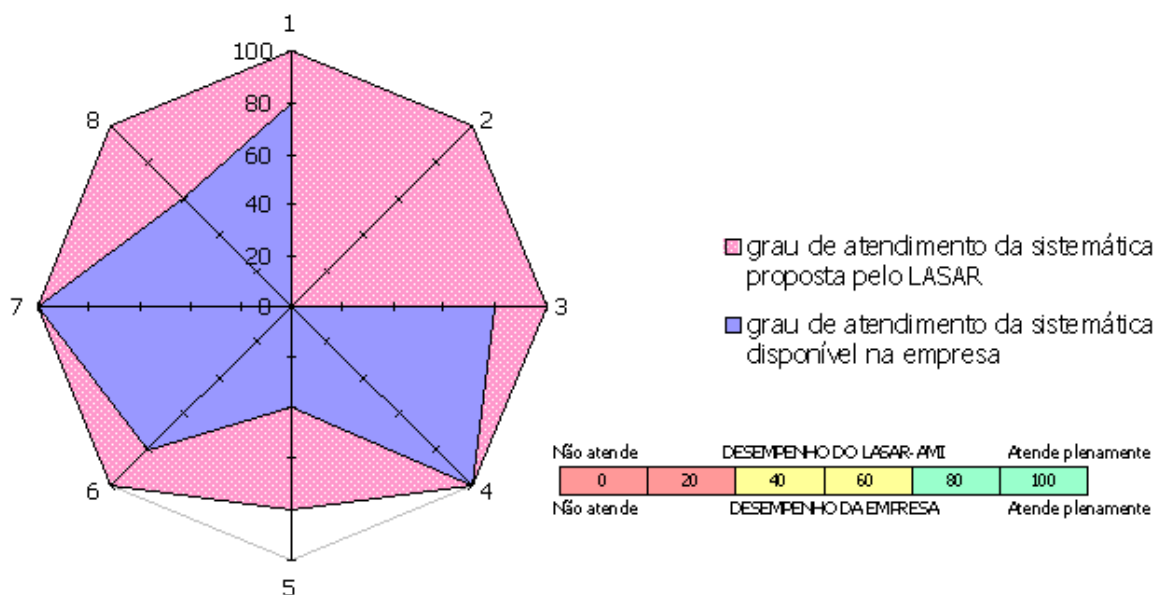
cad_result_calibr						
Certificado de Calibração [Cadastro de Certificado de Calibração de SM]: 11 129/04						
Valor Verdadeiro Convencional	Indicação (ou Média das Indicações) no Sistema de Medição a Calibrar	Correção	Incerteza expandida	Fator de abrangência	Graus de liberdade efetivo	Histerese
Unidade: mm	Unidade: mm	Unidade: mm	Unidade: mm			Unidade: mm
0,0	0	0	±0,0016	2	>1500	-----
0,02	0,0201	-0,0001	±0,0016	2	>1500	-----
0,04	0,04	0,0000	±0,0016	2	>1500	
0,06	0,0596	0,0004	±0,0016	2	>1500	
0,08	0,0793	0,0007	±0,0016	2	>1500	
0,1	0,0998	0,0002	±0,0016	2	>1500	
0,12	0,1198	0,0002	±0,0016	2	>1500	
0,14	0,1397	0,0003	±0,0016	2	>1500	
0,16	0,1596	0,0004	±0,0016	2	>1500	
0,18	0,1796	0,0004	±0,0016	2	>1500	
0,2	0,1998	0,0002	±0,0016	2	>1500	
0,22	0,22	0,0000	±0,0016	2	>1500	
0,24	0,2399	0,0001	±0,0016	2	>1500	
Outros resultados						
Erro máximo (nas condições de calibração) = ±0,0023 mm						
Segundo JISB 7515 de 1982:						
Erro de indicação total no avanço: (0,0008 ±0,0016) mm						
Erro adjacente (entre 0,9 e 1 mm): (0,0005 ±0,0007) mm						
Erro de repetitividade: (0,0004 ±0,0001) mm						

Figura 5.14 – Cadastro de resultados da calibração do comparador de diâmetros internos (CD 0049).

Sobre esses cadastros evidenciou-se a dificuldade de garantir a rastreabilidade se as informações são incompletas ou de origem duvidosa. Para as calibrações realizadas internamente na Empresa B observou-se que o certificado de calibração tem um bom nível de detalhamento, com boa fundamentação teórica e rigor prático. A empresa buscou desenvolver seus procedimentos de calibração baseados no conhecimento de práticas laboratoriais consistentes.

➤ Avaliação na Empresa B do sub-módulo S&RSM após a aplicação do método

Após a aplicação do método de S&RSM apresenta-se uma análise crítica, segundo opinião dos metrologistas da empresa. Os resultados da avaliação estão sistematizados no gráfico radar da Figura 5.15 e os oito aspectos relacionados com a função de “supervisão e rastreabilidade do SM” avaliados aparecem relacionados abaixo do gráfico.



- 1- Cadastrar o sistema de medição em um banco de dados informatizado, provendo informações de identificação, aplicação, calibração, manutenção e dados históricos (calibração, manutenção e uso).
- 2- Avaliar (durante o cadastro) a família do sistema de medição quanto aos critérios considerados no método de seleção do sistema de medição.
- 3- Cadastrar fornecedores, serviços, cotações associadas às necessidades de calibração e manutenção do sistema de medição.
- 4- Prover assistência à calibração interna do sistema de medição com cadastramento de procedimento de calibração, padrões usados e resultados da calibração, incluso certificado de calibração.
- 5- Analisar certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração com auxílio de um assistente para interpretação e uso dos resultados de calibração do sistema de medição.
- 6- Controlar empréstimo ou reserva do sistema de medição com funções de registro da aplicação, usuário responsável, recebimento e verificação no retorno do sistema de medição.
- 7- Controlar periodicidade de calibração e manutenção com funções de tomada de decisão sobre chamada do sistema de medição e encaminhamentos para agendamento, execução e recebimento no retorno do serviço.
- 8- Prover procedimento de busca de um sistema de medição no banco de dados informatizado.

Figura 5.15 – Avaliação na Empresa B do método de S&RSM proposto pelo LASAR-AMI.

O resultado demonstra que sete dos oito aspectos avaliados são atendidos plenamente pelo método proposto para o LASAR-AMI. O aspecto 5 atende parcialmente com nível de 80% na escala. Esse aspecto avalia a função “analisar certificado de calibração e adequabilidade do intervalo de calibração com auxílio de um assistente para interpretação e uso dos resultados de calibração do sistema de medição”. A avaliação da Empresa B sobre essa função procede, pois o método de S&RSM remete o usuário a um outro método [61] ao qual está integrado (Método de Melhoria da Confiabilidade Metrológica – MCM) que aborda a análise crítica de um certificado de calibração e o intervalo. O método MCM, em processo de implantação, requer estudo e treinamento para seu uso, o que de certa forma frustra o usuário e torna o processo demorado. O método MCM carece de customização.

Os aspectos 7 e 8 embora tenham indicador 100% revelaram dificuldades para os usuários. O método foi avaliado como satisfatório, porém como a funcionalidade é dependente da implantação do LASAR para viabilizar o processo de comunicação entre a empresa e o centro metrológico, operando as funções de consulta aos dados, agendamento, execução e envio/recebimento do SM, não pode ser avaliado de forma integral.

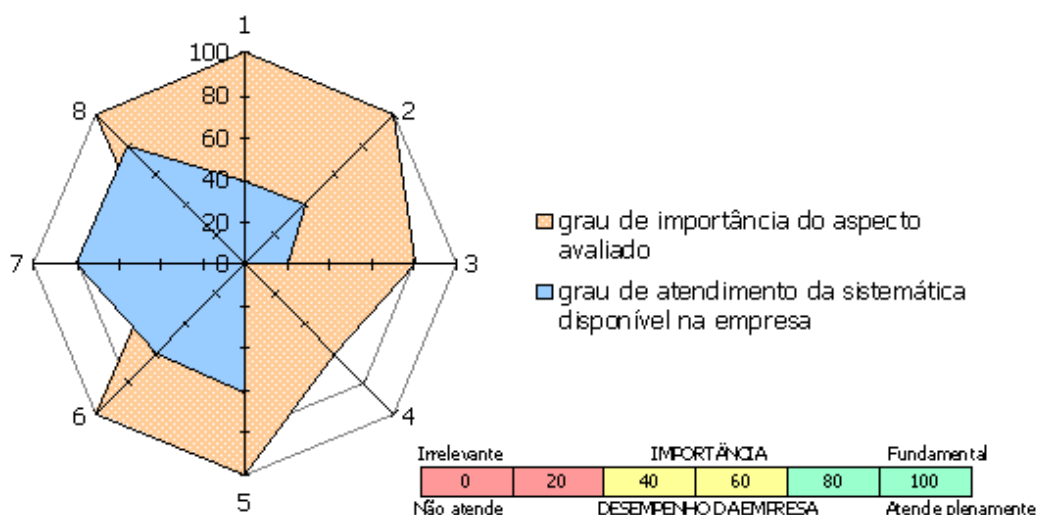
5.4.5 Avaliação do sub-módulo de seleção e uso do sistema de medição

A segunda parte da análise crítica na Empresa B, das sistemáticas de GSM propostas pelo LASAR, trata da avaliação do sub-módulo de Seleção e Uso do Sistema de Medição – S&USM. Antes de avaliar o método proposto faz-se uma avaliação da sistemática adotada atualmente pela empresa, atribuindo-se índice de importância e desempenho sobre diversos aspectos técnicos.

➤ Avaliação da sistemática atual da Empresa B para seleção e uso de SM

A Figura 5.16 apresenta os resultados da avaliação, feita por metrologistas da empresa, com os oito aspectos relacionados com a função de “seleção e uso do SM”. Esses aspectos também foram definidos a partir das especificações de funções para o sub-módulo, neste caso o sub-módulo S&USM, ou seja, podem ser consideradas metas do sub-módulo.

Diferentemente da análise do sub-módulo S&RSM, observa-se que o grau de atendimento da sistemática da empresa é um pouco mais deficiente se comparado com o grau de importância por ela atribuído. Observa-se que a empresa não atende (indicador 0%) um dos aspectos avaliados (aspecto 4) que trata do uso de método para avaliar adequabilidade do processo de medição nas condições do chão de fábrica.



- 1- Definir requisitos baseados na tarefa de medição para busca (no banco de dados informatizado) de sistemas de medição capazes de realizar a medição.
- 2- Prover mecanismo de busca dos sistemas de medição capazes de realizar a medição, que avalie simultaneamente a relação entre intervalo de tolerância da característica a medir e o erro máximo de cada sistema de medição encontrado (pré-selecionados).
- 3- Classificar os sistemas de medição pré-selecionados através de uma matriz de decisão construída com base em requisitos de desempenho, custo, hardware, software e de fornecimento, cada qual com seu peso definido pelo usuário.
- 4- Avaliar adequabilidade do processo de medição baseado em métodos que considerem as fontes de incerteza na medição em condições reais de uso do sistema de medição (ambiente, operador, método de medição, sistema de medição, mensurando).
- 5- Fornecer alternativas de ações, quando um sistema de medição (capaz de realizar a medição) não é localizado, que possibilitem dispor sobre pendências.
- 6- Prover registro da seleção, forma de saída dos resultados e documentação do sistema de medição que contribuam para adequação do uso e detalhamento do plano de controle.
- 7- Identificar sem ambigüidades os dados de cabeçalho do plano de controle ao qual o processo de seleção do sistema de medição está associado.
- 8- Fornecer informações que contribuam com a caracterização do problema de medição e elaboração de um caderno de encargos numa sistemática de aquisição de sistema de medição.

Figura 5.16 – Avaliação da sistemática atual de S&USM adotada pela Empresa B.

Em cinco aspectos avaliados a empresa atribuiu importância “fundamental” (100%). Em um desses (aspecto 3), que trata do uso da matriz de decisão para seleção crítica de um SM, a prática atual da empresa foi considerada ruim (20%). Em outros dois aspectos (1 e 2), que tratam respectivamente da definição de requisitos para seleção do SM e busca no banco de dados dos SM capazes, o desempenho da empresa também deixou a desejar (40%).

Chama atenção ainda o fato de que em termos gerais a importância atribuída aos aspectos do sub-módulo S&USM tem indicadores mais baixos que os do sub-módulo S&RSM. Estima-se que tal avaliação decorre mais uma vez da ênfase dos sistemas da qualidade, sobretudo a ISO 9001, nos aspectos de supervisão dos SM e garantia da rastreabilidade.

Outro fator que pode estar influenciando esta avaliação diz respeito ao nível de envolvimento de metrologistas na tarefa de seleção de um SM na indústria. Frequentemente a seleção é feita por pessoas não capacitadas em metrologia. Pode-se inferir que se a tarefa é desempenhada por alguém menos capacitado em metrologia e não é requerido o suporte

dos metrologistas, o fato pode conduzir a uma conclusão errônea de que metrologicamente esta tarefa não é crítica.

Associado a essa análise pode-se somar as considerações usuais sobre a existência de “fórmulas práticas” para orientar a escolha de SM sem adotar critérios diferenciados. Esses critérios diferenciados são propostos pelo método S&USM do LASAR-AMI.

➤ Aplicação na Empresa B do módulo de S&USM proposto pelo LASAR-AMI

Para avaliação da funcionalidade do sub-módulo S&USM selecionou-se características das peças sob estudo, o “EIXO” e o “CORPO”. A caracterização das peças foi descrita no item 5.4.1. Aborda-se aqui a aplicação do método para o EIXO, no entanto nos memoriais do estudo de caso [121] estão documentados os estudos para o CORPO.

Seguindo a lógica do método, na Fase 1 as características a serem medidas foram caracterizadas e os requisitos para busca de SM na base de dados da empresa foram definidos. Esses dados de entrada aparecem sistematizados na planilha da Figura 5.17. Dentro da estratégia da abordagem progressiva não foram estabelecidos requisitos muito rigorosos para viabilizar alternativas de SM diferentes.

O uso da planilha da Figura 5.17 efetivamente funcionou como ferramenta para entrada dos requisitos para busca de SM. No entanto, em função do rigor e refinamento da busca, várias iterações foram necessárias para adequar os requisitos até encontrar SM capazes de realizar a medição. Para que isto ocorresse utilizou-se simultaneamente a planilha da Figura 5.18 da Fase 2 do método, pois a cada iteração os requisitos eram redefinidos e se ordenava a busca de SM e teste do parâmetro Z (ver item 4.3.2).

LASAR - LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SERVIÇOS E ACESSORAMENTO REMOTOS
MÓDULO S&USM - SELEÇÃO E USO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO
ENTRADA DE DADOS DA CARACTERÍSTICA A MEDIR

1	Número do Plano de Controle	Não consta										
2	Data de emissão	Não consta										
3	Data de revisão	Não consta										
4	Cliente	**sigilo**										
5	Nome do Fornecedor/designação do local	Empresa B										
6	Protótipo, Pré-lançamento ou Produção	Produção										
7	Número da peça/desenho	7113606238										
8	Nome/Descrição da peça	eixo D70 x D50 xD40 x 637 cabeça tp										
9	Contato principal/telefone	Não consta										
10	Identificação do processo (1)	Usinagem										
11	Identificação do processo (2)	Operação 10 Torno 37										
12	Identificação do processo (3)	Operação 20 Fresadora 03										
Item	Descrição da característica	Controle	Mensurando	Valor nominal	Unidade	Lim sup	IT	Divisor p/ Resolução	Resolução mínima	IT/Emáx	Situação do SM	Local para uso do SM
1	Diâmetro D40 k6	variável	compr ext diâmetro ext	40,000	mm	40,018	0,016	20	0,001	5	apto ao uso	
2	Largura do rasgo de chaveta 20 N9	variável	compr int	20,000	mm	20,000	0,052	5	0,010	3	apto ao uso	

Figura 5.17 – Entrada de dados da característica a medir do EIXO.

Item	Descrição da característica	Núm do registro SM	Denominação do SM	IT	Resolução	Emáx	Z	IT/Emáx	Resultado do teste	Contagem
1	Diâmetro D40 k6	MC0068	Micrômetro ext 25-50	0,016	0,001	0,003	5	5,3	OK	1
		MC0117	Micrômetro ext 25-50			0,003		5,3	OK	1
SÍNTESE DOS RESULTADOS DO TESTE: Existem sistemas de medição pré-selecionados. Número de SMs pré-selecionados:										2
Item	Descrição da característica	Núm do registro SM	Denominação do SM	IT	Resolução	Emáx	Z	IT/Emáx	Resultado do teste	Contagem
2	Largura do rasgo de chaveta 20 N9	PQ0333	Paquímetro digital 150x0,01	0,052	0,010	0,016	3	3,3	OK	1
SÍNTESE DOS RESULTADOS DO TESTE: Existem sistemas de medição pré-selecionados. Número de SMs pré-selecionados:										1

Figura 5.18 – SM pré-selecionados para as características críticas do EIXO.

Como já havia ocorrido no estudo de caso da Empresa A, a necessidade de rever a busca e proceder a sucessivas iterações demonstrou a necessidade de flexibilizar a definição do requisito resolução mínima. Este parâmetro originalmente era calculado a partir da relação "IT/20", sendo o divisor "20" fixado. No entanto é exatamente este divisor um dos alvos de redefinição a cada iteração, o outro é a relação "IT/E_{máx}". Para viabilizar esta flexibilidade estabeleceu-se o parâmetro "divisor para a resolução" na planilha da Figura 5.17 como uma variável passível de ser ajustada.

Com a adoção do divisor 20, nenhum SM foi localizado na base de dados da empresa para a característica "largura do rasgo de chaveta 20 N9". Para localizar o SM que aparece na Figura 5.18 redefiniu-se o divisor para 5. Sabe-se, no entanto que a diminuição do rigor do critério resolução deve comprometer no requisito "incerteza de medição", sendo que este comprometimento pode ser percebido na Fase 3, quando se aplica um dos métodos de avaliação de adequabilidade do processo de medição.

Igualmente, a redução do rigor na definição da relação "IT/E_{máx}" compromete a incerteza de medição e consequentemente a confiabilidade da medição. A Figura 5.18 revela dois micrômetros externos pré-selecionados para a medição do "diâmetro D 40 k6" e um paquímetro digital pré-selecionado para a medição da "largura do rasgo de chaveta 20 N9". Nenhum desses SM passou no filtro do parâmetro Z igual 10. Os micrômetros foram selecionados com Z=5 e o paquímetro com Z=3.

Os resultados obtidos revelam uma situação preocupante, pois numa análise de requisitos mínimos fica evidente a limitação da empresa para a avaliação da conformidade dos produtos em estudo. Agrava-se ainda mais pelo fato da empresa não fazer estudos de capacidade de processo. A rigor não foram localizados SM capazes de serem pré-selecionados, fato que exigiria o acionamento de um método de aquisição (Sub-módulo AqSM, tratado no item 4.4). No entanto, com o objetivo de dar continuidade na avaliação

das fases seguintes do método S&USM os SM revelados nas buscas foram considerados “pré-selecionados”, ainda que em caráter precário. Este foi o resultado da Fase 2.

Na Fase 3 os SM são classificados segundo critérios de seleção. Isto é feito por meio da matriz de apoio a decisão, similar à planilha Figura 4.17. Nesta planilha os SM são colocados lado a lado e comparados através dos seus dados cadastrados frente aos critérios de decisão.

Na análise dos SM pré-selecionados, para a medição do “diâmetro D 40 k6” foram encontrados na base de dados da empresa dois micrômetros com características praticamente iguais. Para a medição da “largura do rasgo de chaveta 20 N9” foi localizado apenas um paquímetro. Em situações como essa aparentemente o uso de uma matriz de decisão perde importância. No entanto, com o objetivo de testar a ferramenta projetada (a planilha da matriz de decisão e o referencial dos critérios de decisão das famílias dos SM cadastrados) utilizou-se a matriz de apoio à decisão para os SM pré-selecionados para avaliar a pontuação atingida pelos SM [121].

No uso da matriz de decisão algumas das categorias de decisão foram desprezadas (peso 0%) e isso ocorre também com alguns critérios de decisão mesmo daquelas categorias que foram consideradas. O resultado demonstrou que o micrômetro externo atingiu um percentual de 74% dos pontos dentro das categorias avaliadas (desempenho, custos e fornecimento). Para se chegar a esta conclusão, os usuários da empresa tiveram dificuldades, sobretudo na sistematização dos dados dos SM para cada um dos critérios. Essa dificuldade confirmou a necessidade de formação do cadastro de critérios de decisão por família (como o da Figura 4.15), que servissem de referência para o usuário no procedimento de entrada de dados na matriz de decisão.

Os usuários devem realizar uma avaliação dos processos de medição, sobretudo para a medição das características do EIXO, pois a relação $IT/E_{m\acute{a}x}$ dos SM selecionados foi baixa (5 para os micrômetros externos e 3 para o paquímetro digital). Este deveria ser o passo seguinte conforme a lógica do método dentro da Fase 3. Buscando evidenciar melhor o impacto da decisão de seleção dos SM na confiabilidade metrológica, utilizando a matriz de decisão, fez-se uma simulação com um número reduzido de requisitos considerados críticos, similar ao que foi feito na Empresa A (Figura 5.10). Como nesse caso não há diferenças entre SM a comparar, analisou-se o reflexo na pontuação resultante. Para o paquímetro a pontuação cai de 70% para 66%, revelando ainda mais a fragilidade da escolha. Para o micrômetro sobe de 74% para 80%, revelando ser um pouco melhor, mas como indicador pode ser considerado baixo.

Para a medição do “diâmetro 52 M7” do CORPO, foram pré-selecionados dois comparadores de diâmetros internos (CD 0048 e CD 0049) que atenderam os requisitos de resolução ($\leq IT/20$) e relação $IT/E_{m\acute{a}x}$ (≥ 10).

A complexidade dos métodos de análise dos processos de medição e o tempo requerido para tal continuam sendo obstáculos a serem superados. Fica comprovado isso ao se observar o gráfico da Figura 5.16, pois é exatamente o aspecto 4, que trata do uso de método para avaliar adequabilidade do processo de medição nas condições do chão de fábrica, que não é praticado pela empresa. A não avaliação do processo de medição deixa dúvidas sobre a confiabilidade do processo de medição e sua capacidade para controlar a característica da peça. O LASAR-AMI tem condições de suprir essa deficiência.

Com esse resultado encerrou-se a aplicação do módulo S&USM. Todas as planilhas foram arquivadas para viabilizar a emissão de relatórios e outros documentos de sistematização do processo, conforme sugere a Fase 4 do método.

➤ Avaliação na Empresa B do sub-módulo S&USM após a aplicação do método

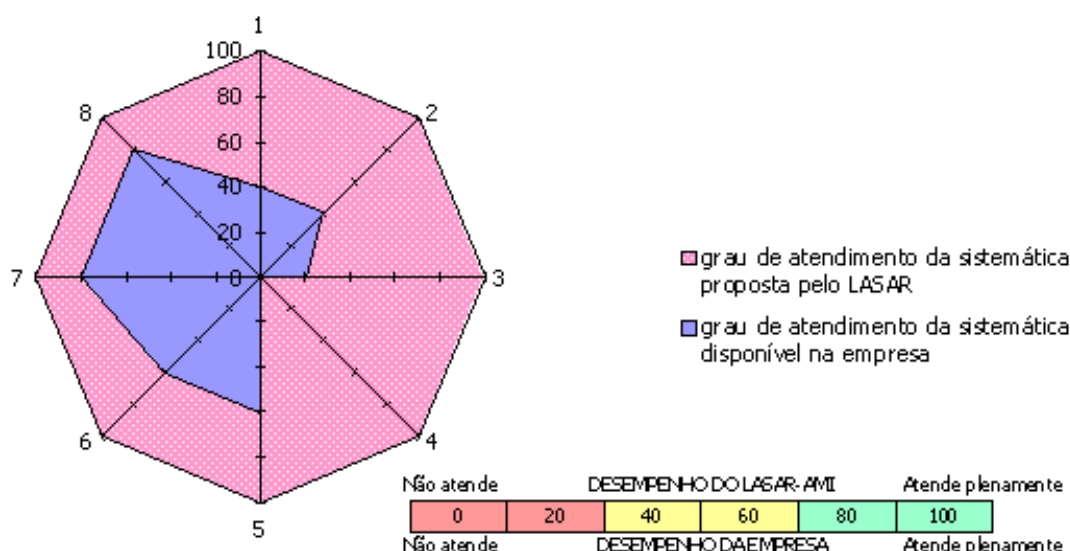
Os oito aspectos relacionados com a função de “seleção e uso do SM” avaliados são relacionados abaixo do gráfico radar (Figura 5.19) que revela os resultados da avaliação, feita por metrologistas da empresa.

Repete-se o que foi observado na Empresa A, o resultado demonstra que os aspectos avaliados são atendidos integralmente pelo método proposto para o LASAR-AMI. Embora todos os indicadores tenham sido considerados 100%, algumas dificuldades foram percebidas na operacionalidade. Alguns desses aspectos são destacados a seguir.

Quanto aos aspectos 1 e 2 o método S&USM tem os mecanismos e puderam ser simulados, no entanto a busca informatizada não pode ser avaliada plenamente, pois carece de implementação.

Quanto ao aspecto 3, a proposta do método foi avaliada satisfatoriamente, porém a matriz é complexa e, embora a operação tenha sido simplificada pelas informações *default*, ainda é de difícil aplicação e muito dependente das informações do cadastro de SM. Requer treinamento específico.

Quanto ao aspecto 4, a proposta do método foi avaliada satisfatoriamente, porém a avaliação da adequabilidade do processo de medição depende da integração com outros métodos (MCM [61] e AMPM [46]) que exigem treinamento e domínio de conhecimentos nem sempre acessíveis aos metrologistas da indústria e requerem tempo demasiado para conclusão da análise.



- 1- Definir requisitos baseados na tarefa de medição para busca (no banco de dados informatizado) de sistemas de medição capazes de realizar a medição.
- 2- Prover mecanismo de busca dos sistemas de medição capazes de realizar a medição, que avalie simultaneamente a relação entre intervalo de tolerância da característica a medir e o erro máximo de cada sistema de medição encontrado (pré-selecionados).
- 3- Classificar os sistemas de medição pré-selecionados através de uma matriz de decisão construída com base em requisitos de desempenho, custo, hardware, software e de fornecimento, cada qual com seu peso definido pelo usuário.
- 4- Avaliar adequabilidade do processo de medição baseado em métodos que considerem as fontes de incerteza na medição em condições reais de uso do sistema de medição (ambiente, operador, método de medição, sistema de medição, mensurando).
- 5- Fornecer alternativas de ações, quando um sistema de medição (capaz de realizar a medição) não é localizado, que possibilitem dispor sobre pendências.
- 6- Prover registro da seleção, forma de saída dos resultados e documentação do sistema de medição que contribuam para adequação do uso e detalhamento do plano de controle.
- 7- Identificar sem ambigüidades os dados de cabeçalho do plano de controle ao qual o processo de seleção do sistema de medição está associado.
- 8- Fornecer informações que contribuam com a caracterização do problema de medição e elaboração de um caderno de encargos numa sistemática de aquisição de sistema de medição.

Figura 5.19 – Avaliação da Empresa B sobre a sistemática e S&USM proposta pelo LASAR.

Quanto ao aspecto 6, o método é capaz de emitir relatórios, no entanto ainda dependente de *softwares* diferentes dos previstos para implementação. Além disso, se espera a implementação para poder avaliar os mecanismos de integração dos relatórios à documentação dos processos da empresa.

Como ocorreu no estudo de caso da Empresa A, a aplicação do método se revelou também um instrumento bastante eficiente para identificar necessidades de aquisição de SM. A implementação do *e-marketplace* é desejável para criar um ambiente estimulante para suprir a empresa de alternativas de soluções para as carências percebidas no uso dos métodos de GSM do LASAR-AMI.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido revela questões que estão relacionadas com um cenário bastante turbulento – o cenário das relações entre um centro metrológico e um segmento industrial. A indústria preocupada com questões determinantes do grau de competitividade e consolidação dos seus mercados e sobrevivência, enquanto que o centro metrológico, dependendo de sua natureza, envolvido igualmente em buscar melhores condições de auto-sustentabilidade, e para tanto explora alternativas gerenciais e técnicas de se posicionar mais confortavelmente no seu segmento de atuação. Neste cenário inegavelmente a empresa precisa ter clareza de que a metrologia tem seu potencial de contribuição e o centro metrológico precisa perceber quais são as oportunidades de contribuição. A interação entre as partes configura um espaço pouco explorado e, em geral, fonte de dúvidas e desencontros, sinal de “ruídos” de comunicação e relacionamento. Espaço propício para avaliações e proposições de melhorias. A introdução mais “agressiva” de recursos da tecnologia da informação como a que se configura com o modelo proposto nesta tese tem capacidade de trazer benefícios consideráveis nos meios de interação entre centro metrológico e indústria.

Neste capítulo, que conclui a abordagem do desenvolvimento de um sistema para “inovação da assistência metrológica industrial através de serviços e assessoramento remotos”, são destacados os argumentos finais para demonstração de uma solução para o problema do “tratamento deficiente que é dado às atividades metrológicas numa parcela considerável das indústrias” e que pode vir a ser solucionada/facilitada pela solução LASAR-AMI. A argumentação é subdividida em itens visando tornar a abordagem mais pontual e eficiente.

6.1 SOBRE OS OBJETIVOS DA TESE

Do objetivo geral de “estreitar o contato com a realidade empresarial diagnosticando aspectos da prática metrológica industrial que fundamentem o desenvolvimento de uma sistemática de AMI com ênfase em Gerenciamento de Sistemas de Medição (GSM)”, apresentado no item 1.4.5, pode-se destacar que sua clara definição contribuiu para a adoção de uma metodologia de enfrentamento do problema de investigação. A forma sistemática de abordar o problema revelou-se adequada, pois viabilizou:

- A delimitação do tema em torno do GSM como ênfase para a AMI;

- A segmentação do mercado, com destaque à indústria metal-mecânica, sobretudo nas empresas com certificação ou em processo de certificação;
- A exploração do ambiente industrial e suas práticas cotidianas de metrologia e compreensão dos requisitos impostos pelos critérios formais de certificação;
- O projeto conceitual da sistemática de AMI adequada para os desafios de inovação de métodos na rotina da metrologia industrial que permitem assessoramento remoto com uso de TI;
- O desenvolvimento de métodos de GSM direcionados à realidade constatada e, capazes de serem praticados por usuários com limitações de formação e capacitação, sem descuidar da orientação para garantia da confiança nos resultados;
- O teste da aplicabilidade e funcionalidade em ambiente industrial, através da simulação do uso dos métodos desenvolvidos, adequações no projeto e registro de resultados decorrentes da aplicação;
- A documentação dos estudos e especificações para implementação de um protótipo para ambiente *web*;
- O domínio do tema em nível suficiente para avançar no desenvolvimento do protótipo para aplicação piloto, análise crítica e melhoria da funcionalidade do sistema, convergindo para um sistema comercial que vise agregar valor aos atores envolvidos no modelo de negócio.

Dos objetivos específicos da tese, também apresentados no item 1.4.5, pode-se fazer as seguintes ponderações sob a ótica da reflexão crítica dos resultados alcançados:

- O mapeamento das atividades metrológicas no ambiente industrial através do estudo dos requisitos metrológicos de SQ foi feito e é apresentado no Capítulo 2. Buscou-se nesse mesmo capítulo indicar as oportunidades de suporte metrológico.
- Foi explorado o cenário da prestação de serviços em metrologia, buscando informações e identificando fragilidades atualmente encontradas no processo de interação com a indústria. Buscou-se relatar esses estudos, também no Capítulo 2, de uma forma objetiva com elementos suficientes para delinear um quadro de requisitos para a concepção do modelo de AMI adequado aos propósitos da tese. Nesse sentido as potencialidades da TI foram focadas para a formação do conceito LASAR de interação entre centro metrológico e indústria.
- Uma nova sistemática de AMI foi concebida como parte do LASAR através de uma estrutura composta por módulos técnicos – o LASAR-AMI – tema do Capítulo 3. Os módulos técnicos resultam da estratégia de priorização de funções e projeção de avanços no desenvolvimento e adequação à dinâmica do mercado de serviços de

metrologia. Dentre as funções do LASAR-AMI o GSM foi adotado como piloto. A integração com as demais funções priorizadas foi tratada no Capítulo 4, sobretudo naqueles aspectos de maior vínculo com o GSM.

- A implementação de um *software* foi parcial e utilizou-se de aplicativos alternativos com funções suficientemente implementadas para fins de simulação da lógica dos métodos e avaliações de funcionalidade e aplicabilidade, desenvolvimento de conteúdo, e outros aspectos associados. Os testes foram abordados no Capítulo 5. O nível de detalhamento dos métodos demonstrou ser eficaz como meio de especificação para o desenvolvimento de um protótipo de *software* e integração ao sistema de informática do LASAR, como o que já pôde ser visto nos desenvolvimentos implementados até o momento.
- Os resultados dos estudos de casos desenvolvidos no ambiente industrial foram tratados no Capítulo 5 e os memoriais desses estudos [120][121] revelam detalhes de todo o processo, desde a preparação até documentação. Com o tratamento dos dados coletados em campo foi possível organizar um conjunto de informações que permitem estimar o nível de contribuição da sistemática proposta para o usuário. Os estudos de casos permitiram desenvolver a percepção das dificuldades de disseminação de práticas metrológicas adequadas ao chão-de-fábrica e propor ajustes para a introdução das ferramentas desenvolvidas. A adoção de mecanismos eficientes de introdução do conceito LASAR no ambiente industrial precisa ser cientificamente investigada, pois está fortemente relacionada com aspectos de educação, cultura e capacitação, que exigem uma abordagem específica para lograr êxito.

6.2 SOBRE O CONCEITO LASAR

À medida que o ambiente de negócios entre centro metrológico e indústria foi sendo mais bem desenhado, o conceito LASAR foi sofrendo adequações para se constituir num modelo informatizado de integração entre vários atores que potencializa os recursos envolvidos, sejam eles materiais, humanos, C&T ou informações.

A carência de investimentos no início do projeto exigiu adaptações ao modelo original proposto, no sentido de configurar parcerias que viabilizassem recursos para consolidação do projeto. Essas adaptações resultaram na configuração apresentada no item 3.5, o que se mostrou produtivo e viabilizou os trabalhos de desenvolvimento do protótipo. No entanto sobre o protótipo até agora configurado, é importante destacar que suas funções não estão

completas, mas representam um avanço do ponto de vista das perspectivas que se pode perceber a partir dessa iniciativa inicial de implementação.

O conceito do LASAR, como um fornecedor de contexto, exige flexibilidade, pois as demandas metrológicas devem ocorrer de forma bem diversificada pela natureza multidisciplinar da metrologia. Essa diversidade reforça a necessidade de consolidação dos canais de comunicação e compartilhamento de bases de conhecimento com os parceiros. A ampliação de módulos técnicos deve ser incentivada na universidade e seus grupos de pesquisa. O portal de gestão do conhecimento deve efetivamente operar como um ambiente interativo com capacidade de gerir oportunidades de negócios. O centro metrológico deve adequar seu *back office* para conferir agilidade no assessoramento remoto, manter a base de dados atualizada e prover confiança nos serviços oferecidos. Os usuários precisam estar educados e capacitados para explorar as potencialidades do LASAR e contribuir com a ampliação da base de conhecimento.

É importante destacar que embora o conceito proponha "serviços e assessoramento remotos", deve-se distinguir no desenvolvimento dos sistemas o que pode ser remoto e o que não pode. Essa distinção é um princípio presente em todas as etapas do desenvolvimento do LASAR-AMI.

Os módulos técnicos do LASAR-AMI foram desenvolvidos para serem operados remotamente pelo próprio usuário através do ponto de presença do LASAR na indústria, no entanto há funções que podem requerer a interação do usuário com os técnicos e/ou especialistas do centro metrológico remotamente ou requerer deslocamento de SM para serviços o que envolve uma logística de atendimento tradicional. Algumas funções relacionadas à atualização do banco de dados podem ter a intervenção do usuário do centro metrológico. No trabalho de implementação do protótipo, desenvolvido em um dos trabalhos associados ao LASAR [122], os módulos técnicos são classificados como "módulos automáticos", sendo alguns para auto atendimento e outros com atendimento semi-automático. O atendimento semi-automático caracteriza-se pelo suporte técnico *on-line*. Essas características representam a capacidade de assessoramento remoto configurada no protótipo do LASAR-AMI.

6.3 SOBRE OS IMPACTOS NA AMI

A sistemática de AMI desenvolvida se destaca pela sistematização de funções referenciadas nas normas tradicionais de sistemas da qualidade, incorporando ainda funções que viabilizam um fluxo de informações e relacionamento otimizado com um centro metrológico prestador de serviços. O compromisso era de extrapolar os aspectos formais das

normas e viabilizar o tratamento analítico de ações cotidianas da metrologia. Nesse sentido o suporte *on-line* de técnicos e especialistas é fundamental para a complementação dos métodos e superação de deficiências de formação e capacitação dos usuários.

O uso repetitivo do LASAR-AMI tem capacidade de promover a capacitação dos usuários. A superação de dificuldades conceituais e a interação "a qualquer tempo" com *experts* comprometidos com o assessoramento remoto produzem um ambiente propício para a capacitação e aprendizado continuado.

A partir dos testes realizados estima-se que o LASAR-AMI tem a capacidade de causar maior impacto quando utilizado por pequenas e médias empresas. A explicação para isso está relacionada ao nível de maturidade da metrologia da empresa. Em geral, as pequenas e médias empresas não têm a mesma capacidade de investimento em metrologia incluso desenvolvimento de pessoal. Nesse sentido o LASAR-AMI pode ser uma alternativa rápida e segura para a superação de problemas metrológicos.

O LASAR-AMI trata de funções da metrologia com profundidade nos seus aspectos gerenciais, ou seja, otimiza os aspectos de interpretação dos requisitos metrológicos e sua vinculação com o ambiente de produção. Por isso nas grandes empresas que desenvolveram uma capacidade interna de superar a maioria de seus desafios de metrologia tendem a buscar assessoramentos mais pontuais e menos padronizados como os que são propostos pelos módulos técnicos do LASAR-AMI.

6.4 SOBRE OS MÉTODOS DESENVOLVIDOS

A partir das análises feitas percebeu-se que os métodos desenvolvidos e testados têm um grande potencial de aplicação para a melhoria da confiabilidade metrológica de empresas da área metal-mecânica. Buscou-se desenvolver ferramentas que fossem flexíveis e objetivas, embora requeiram treinamento dos usuários. A implementação na *internet* deve representar um grande "atalho" de acesso de empresas às práticas de GSM e assessoria metrológica especializada.

Buscou-se atestar a validade dos métodos desenvolvidos em estudos de casos em empresas que possuem uma relativa maturidade em metrologia, pois têm seus sistemas da qualidade certificados e laboratórios internos operando com medições, testes, ensaios, calibrações e outras práticas que exigem bom conhecimento metrológico. A aplicação dos métodos se mostrou coerente com as necessidades de flexibilidade e agilidade do setor industrial metal-mecânico, embora testado somente para a área dimensional.

Como pontos fortes dos métodos podem ser destacados:

- A preocupação de operar com uma linguagem correta e conceitos atualizados;

- A sistematização de informações que orientam a gestão integral dos SM sem descuidar das interfaces com as demais áreas de produção;
- A facilidade de acessar informações específicas dos SM;
- O projeto da estrutura de dados que viabiliza a informatização;
- A capacidade de induzir análise e tomada de decisão baseada no conhecimento;
- Domínio das variáveis que afetam um processo de medição;
- Disponibilização de ferramentas de análise de processos de medição;
- Sistematização dos procedimentos de abordagem de problemas de medição.

Por outro lado, alguns pontos têm limitações e representam necessidades de evolução. Entre eles destacam-se:

- Necessidade de redução do tempo para cadastramento de um SM;
- Alguns registros da base de dados exigem informações que não são de domínio da empresa e, em geral, requerem apoio dos fornecedores;
- Necessidade de criar vínculo de atualização de dados com os fornecedores de SM e serviços metrológicos;
- Viabilizar o uso de ferramentas de entrada de dados que não gerem ambigüidades, como por exemplo: caixas de seleção e campos de formulário suspenso;
- Criar instruções que auxiliem no processo de entrada de dados;
- Viabilizar canais rápidos de esclarecimento de dúvidas;
- Implementar um assistente para geração de relatórios executivos.

Embora as ferramentas auxiliares de execução do método tenham sido testadas em um formato para fins restritos de simulação foi possível perceber que o sistema não requer muito tempo de treinamento para utilização. As sistemáticas são fáceis de dominar e utilizar. Essa análise não significa, no entanto que a utilização possa ser feita por leigos absolutos em metrologia. O suporte de um metrologista no ponto de presença em que a sistemática será disponibilizada é recomendável.

Ficou evidenciado que o cuidado com a utilização de conceitos bem fundamentados para a execução dos métodos ajuda no desenvolvimento analítico do usuário, ou seja, desenvolve a capacidade de operação dos conceitos e fundamentos da metrologia e a postura crítica diante dos procedimentos do cotidiano no ambiente industrial. Os métodos são capazes de induzir práticas metrológicas adequadas, desde que a postura do usuário seja aberta e receptiva à prática de uma metrologia mais rigorosa e crítica.

Comparando as avaliações feitas nas empresas estudadas pode-se ainda fazer algumas considerações finais sobre os métodos desenvolvidos:

- Os indicadores de importância dos métodos S&RSM e S&USM avaliados são elevados, sobretudo na opinião dos metrologistas da empresa (Empresa B) que possui apenas a certificação ISO 9001. A empresa que possui a certificação pela ISO/TS 16949 (Empresa A) tem sido submetida a exigências mais rigorosas o que produziu um desenvolvimento mais elevado nas suas atividades metrológicas e senso crítico mais exigente sobre os métodos.
- A prática de GSM existente atualmente nas empresas se concentra fundamentalmente nas funções de supervisão de SM e controle da rastreabilidade. Nas funções de seleção de SM as práticas são deficientes.
- O método de aquisição do SM (sub-módulo AqSM), embora não avaliado nos estudos de casos, tem grande aplicação e é fundamental sua utilização integrada aos demais métodos. Em muitas situações os resultados dos demais métodos convergem para a necessidade de alternativas de aquisição de SM. Sua funcionalidade é dependente da viabilização da parceria com fornecedores de sistemas de medição no âmbito do projeto LASAR.
- O método de avaliação e melhoria do processo de medição (sub-módulo AMPM) foi avaliado (em duas empresas diferentes) e publicado em um dos trabalhos associados ao LASAR [46]. Os resultados foram similares aos expostos para os métodos de S&RSM e S&USM. Em síntese:
 - O método desenvolvido mostrou-se eficiente (com indicadores entre 80 a 100%) nos aspectos avaliados;
 - A sistemática atual das empresas não envolve todos os aspectos relevantes por elas identificadas, sendo que a empresa que possui maior maturidade em metrologia teve os melhores indicadores de desempenho, embora tenha avaliado a importância do método com indicadores mais baixos;
 - Os maiores benefícios apontados pelas empresas, no uso desta sistemática estão relacionados à “clareza nas informações e resultados” e “confiabilidade nos resultados obtidos”, demonstrando a praticidade e viabilidade do método;
 - Infere-se que o método tenha maior aplicabilidade em pequenas e médias empresas.

6.5 SOBRE A CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSOLIDAÇÃO DE PRÁTICAS METROLÓGICAS RELACIONADAS A REQUISITOS DE SQ

O desenvolvimento dos métodos foi feito à luz dos estudos de priorização das funções para atender a função principal de “gerenciar requisitos do sistema da qualidade”,

conforme exposto no item 3.1. Nesse sentido uma análise dos métodos de GSM aponta para uma grande contribuição no cumprimento dos requisitos metrológicos de SQ e incorpora funções que extrapolam essas exigências.

Uma abordagem específica sobre o nível de atendimento dos métodos propostos pontualmente aos requisitos de uma norma não parece muito produtivo. Na realidade a diversidade de normas exigiria uma análise individualizada de cada uma, sendo que dependendo da certificação adotada pela empresa pode haver ainda variações e exigências diferentes. Além disso, sabe-se que os requisitos das normas não representam um guia de como organizar a metrologia na empresa e, portanto, não se deve limitar a cumprir cegamente os deveres ali estabelecidos. Os requisitos devem ser assimilados e incorporados ao estilo de gerenciamento mais adequado às especificidades da organização.

A interpretação dos requisitos de normas e a construção de uma sistemática lógica compatível com esses requisitos é que foi considerada no módulo GSM do LASAR-AMI. Portanto, para cada empresa estima-se que a adoção dos métodos propostos deva contribuir para as atividades para garantia da confiabilidade metrológica da empresa, o que não dispensa a existência de um SQ em que os métodos do LASAR-AMI se vinculem.

6.6 AVANÇOS NA PROMOÇÃO DA CULTURA METROLÓGICA NA INDÚSTRIA

Tem-se a convicção de que a continuidade do trabalho é relevante para a área da metrologia. Diz-se isso por todas as considerações já expostas neste capítulo, mas destaca-se, sobretudo: a capacidade de promoção da cultura metrológica que o LASAR-AMI pode concretizar; a potencialidade como referência sobre o tema "Assistência Metrológica Industrial" para metrologistas; e, a geração de uma solução informatizada que deve apresentar facilidade de acesso e uso.

O caminho encontrado para contribuir com a cultura metrológica no ambiente industrial passa pela implementação dos métodos e suas ferramentas que garantem a possibilidade de auto-atendimento "automático" ou "semi-automático" que motive o uso dos métodos e garanta facilidade de uso. Além disso, a existência de um canal aberto com o centro metrológico deve garantir altos índices de satisfação dos usuários dos módulos técnicos, como foi percebido nos testes desenvolvidos e relatados em um dos trabalhos associados ao LASAR e que trata da implementação do protótipo [122].

A contratação do LASAR pela empresa e o relacionamento de seus mecanismos de assistência metrológica industrial com o SQ desta exigirá a capacitação de RH para operação dos métodos. No entanto, já foi comentado no item 6.2 que o uso continuado dos métodos deve ser o caminho para garantir o amadurecimento do conhecimento e, por conseguinte o

fortalecimento da cultura. De certa forma infere-se que é possível criar uma dependência das ferramentas e seus conhecimentos agregados se elas efetivamente se tornarem rotineiras.

A garantia da difusão do uso dos métodos através da negociação do acesso e promoção da manutenção do conteúdo e atendimento para a comunidade de usuários é imprescindível para a socialização dos conhecimentos e disponibilização do contato de *experts* com usuários menos qualificados. O sucesso do modelo de negócio do LASAR e a capacidade de inserção no mercado de serviços são determinantes neste processo.

6.7 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do LASAR e seus módulos técnicos vêm sendo tratados pela equipe do projeto LASAR. Esse é o grande desafio de continuidade dos trabalhos deste tema de investigação nos programas de pós-graduação em metrologia da UFSC. Consolidou-se o conceito, desenvolveu-se a estrutura modular dos métodos e um modelo de negócio para avançar no campo da viabilidade de implementação. Já se tem um protótipo que, no que se refere aos módulos técnicos, tem muito que avançar.

Algumas das funções de GSM desenvolvidos neste trabalho já foram implementadas e demonstram razoavelmente as facilidades que a inserção das metodologias na *web* é capaz de produzir além dos aspectos de rompimento das barreiras geográficas. No entanto, há muitas melhorias a serem implementadas, sobretudo para a operacionalização do método de S&USM e AqSM. Associado a isso a integração entre módulos ainda aparece disponibilizada em caráter precário como módulos individuais sem a vinculação referenciada no desenvolvimento descrito no Capítulo 4.

São esses aspectos de melhoria e atualizações do que já foi desenvolvido e os avanços nas implementações que se fazem mais urgentes para garantir a continuidade do LASAR. Esses desafios justificam o planejamento de novos trabalhos no âmbito deste campo de investigação, que se destaca mais pela capacidade de penetração no ambiente industrial do que pela profundidade teórica dos procedimentos metrológicos. Essas novas abordagens são sugeridas no item a seguir.

6.8 OUTRAS ABORDAGENS ASSOCIADAS NO CAMPO DA METROLOGIA

Além dos aspectos de implementação e melhoria dos módulos já desenvolvidos referenciados, a imersão nos detalhes do tema tem demonstrado perspectivas de produção de novos módulos para o sistema de assistência metrológica industrial focado nesse trabalho. Alguns temas são de caráter geral da metrologia industrial, tais como:

- Especificação de tolerâncias em produtos integrados;

- Sistematização do planejamento da inspeção – da definição da característica a inspecionar a documentação do plano de inspeção;
- Sistematização da análise para utilização dos resultados de inspeção (ciclos de realimentação dos resultados de inspeções);
- Introdução de ferramentas de caráter educativo para promoção de práticas metrológicas adequadas.

Outros temas de caráter mais específico ao contexto do LASAR são:

- Expansão da abrangência do LASAR-AMI para outras áreas da metrologia e novos setores da economia;
- Implementação do LASAR-AMI até o nível de uso comercial com seus métodos atualizados e integrados plenamente e com a demonstração da consistência do relacionamento com um portal de gestão do conhecimento em metrologia;
- Avaliação e implementação do método de “aquisição do SM” (sub-módulo AqSM) por meio da integração com o mercado fornecedor de SM e desenvolvimento do *e-marketplace*;
- Desenvolvimento de novos módulos técnicos relacionados com temas como: custos e apoio na decisão de investimentos; educação e treinamento (*e-learning*); certificação de metrologistas; controle estatístico de processo; auditorias; medição e monitoramento remotos de SM; e outros fortemente vinculados às novas pesquisas de demandas dos setores selecionados;
- Integração do LASAR às atividades de análise de retro-alimentação e ações corretivas segundo modelo do “Planejamento Avançado da Qualidade do Produto” com perspectivas de estimular a participação de metrologistas em diferentes fases do desenvolvimento de produtos e processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MICT; CBM Plano Nacional de Metrologia: sumário executivo. Novembro de 1999.
- [2] PFEIFER, Tilo Manual de gestión e ingeniería de la calidad. 1.ed. espanhola. Zaragoza: Mira Editores. ISBN: 84-89859-43-4. 586p. 1999.
- [3] PFEIFFER, Gunther Uma metodologia para determinação da necessidade de inspeção na manufatura. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 70p. Florianópolis, Julho de 1999.
- [4] ABREU, Aline Acesso à informação – promovendo competitividade em P&D com o uso de tecnologia de informação. Ciência da Informação, v.28, n.3, p.322-332. Set./Dez. 1999
- [5] TAKAHASHI, T. (Org.) Sociedade da informação no Brasil: livro verde. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia. 195p. ISBN 85-88063-01-8. 2000.
- [6] LEMOS, Paulo Economia e gestão das TI. Disponível em: <<http://www.revista.unicamp.br/infotec/economia/economia.html>>. Data de acesso: 23/01/2005.
- [7] MAZZALI, Rubens Comércio eletrônico setorial, do conceito ao relato de caso. Disponível em: <<http://www.revista.unicamp.br/infotec/artigos/mazzali.html>> 09/1999. Data de acesso: 23/01/2005.
- [8] DIAS, Cláudio Hipertexto: evolução histórica e efeitos sociais. Ciência da Informação, v.28, n.3, p.269-277. Set./Dez. 1999.
- [9] GENESINI, Silvio O céu e o inferno da tecnologia da informação. Informática Exame Especial, p.12-13. Agosto, 1994.
- [10] IBM <<http://www.br.ibm.com/e-business/portugues/index.html>>. Data de acesso: 16/09/2002.
- [11] LUZ NETO, Oscar P. Fim dos mitos no *e-commerce*. Gazeta Mercantil. Ano III, n.595, p.2. 08/06/2000.
- [12] WYLLIE, Eduardo A curva de aprendizagem do e-business no Brasil, novas e antigas tendências. WideBiz, Janeiro/2002. Disponível em: <<http://www.widebiz.com.br/gente/eduardo/>>.

- Data de acesso: 23/01/2005.
- [13] KOVALEVSKY, Jean **The evolution of tasks within the metre convention.** Measurement 26, p.143–149, (1999).
- [14] BACHMAIR, Hans **The impact of globalization on today's metrology.** Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congresso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.485-497. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [15] GOMES, Gilberto
FROTA, Maurício N.
MIEKELEY, Norbert
BODE, Peter **Desenvolvimento das práticas da qualidade no meio acadêmico.** Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congresso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.470-484. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [16] NEMEROFF, Ed **The role of metrology, accreditation, standards and quality on global competitiveness.** Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congresso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.447-450. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001
- [17] SEILER, Eberhard **The world trade system and metrology.** Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 1: Generalist papers, p.493-503. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [18] MCT **Programa tecnologia industrial básica e serviços tecnológicos para a inovação e competitividade.** Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia / Secretaria de Política Tecnológica Industrial. 60p. 2001.
- [19] FROTA, Maurício N.
VALCOV, Luiz
CALDAS, Ruy **Programa rh-metrologia: documento básico.** Programa Interministerial (INMETRO/MICT, CAPES/MEC e CNPq/MCT). Rio de Janeiro, 92p. ISBN: 85-86768-06-5. Janeiro de 1999.
- [20] DIAS, José L. M.
FROTA, Maurício N. **O impacto econômico da metrologia.** Revista Metrologia & Instrumentação, Ano I, n.2. Caderno especial na Revista Banas Qualidade, p.136-148. Setembro/2000.
- [21] SCHNEIDER, Carlos A. **Metrologia integrada ao processo de manufatura.** Conferência Temática apresentada no Congresso SAE Brasil 2001. São Paulo, Brasil, 20 de novembro de 2001.
- [22] SILVA, Alexandre C. **Desenvolvimento de uma metodologia para reduzir os custos da qualidade através de atividades metrológicas.**

- Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 80p. Florianópolis, abril de 2001.
- [23] THEISEN, Álvaro M. F. **A contribuição da calibração dos equipamentos de medição para a qualidade do produto.** Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 1: Generalist papers, p.412-416. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [24] SOARES JÚNIOR, Luiz **Confiabilidade metrológica no contexto da garantia da qualidade industrial: diagnóstico e sistematização de procedimentos.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 111p. Florianópolis, Abril de 1999.
- [25] THEISEN, Álvaro M. F.
MENTZ, Átila
LERCH, João C. G.
JORNADA, João A. H. **Limitações metrológicas para a certificação ISO 9000.** Anais do Seminário Internacional de Metrologia para o Controle da Qualidade – SI-MpCQ 96. Florianópolis, Brasil, 12 a 16 de Agosto de 1996.
- [26] GIÁGIO, Marco A. **Gerenciamento técnico e econômico de laboratório de calibração credenciado.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. Florianópolis, 94p. Maio/2001.
- [27] WLOKA, Monika **The connection of measurement traceability in testing in view of the accreditation process.** Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 3: II ENLAB, p.270-280. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [28] MAAS, Gláucio A. **A tecnologia de medição por coordenadas na solução de problemas da indústria: sistematização de informações e do processo metrológico do laboratório prestador de serviços.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 103p. Florianópolis, Março de 2001.
- [29] BECKERT, Sueli F.
TRAPP, Sandra R. B. **Competência técnica: requisito básico para quem controla os meios de medição calibrados por laboratórios terceirizados.** Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 3: II ENLAB, p.133-

142. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [30] GOMIDE, Tania M. M.
FRANÇA, Laura R. G.
BARBOSA, Eber P.
SAFFAR, José M. E. Laboratórios, essas organizações peculiares. Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 3: II ENLAB, p.49-58. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [31] RIBEIRO, Luis F. M.
SCHNEIDER, Carlos A.
NEIVA, Frederico M.
SALGADO, João V. F.
LEAL, José G. M. Concepção de um sistema de assistência metrológica industrial através de serviços e assessoramento remotos. Anais do III Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2003. Anais em CD. Recife, Brasil, 1 a 5 de setembro de 2003.
- [32] SCHNEIDER, Carlos A.
UENO, Alexandre T.
ANGELONI, Maria T. Projeto de consolidação do modelo de gestão do conhecimento aplicado ao setor metrológico. Anais do III Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2003. Anais em CD. Recife, Brasil, 1 a 5 de setembro de 2003.
- [33] SCHNEIDER, Carlos A. Portais corporativos como fonte de informações e soluções para problemas de metrologia. Conferência no IV Congresso Latino-Americano de Metrologia – Metrosul IV. Foz do Iguaçu, Brasil, 9 a 12 de setembro de 2004.
- [34] NBR ISO 9000:2000 Sistema de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT. 26p. 2000.
- [35] OLIVEIRA, André D. Aspectos do planejamento e avaliação da qualidade no contexto do desenvolvimento rápido de produtos tecnológicos. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 77p. Florianópolis, Outubro de 2001.
- [36] JURAN, Joseph M.
GRYNA, Frank M. Controle da qualidade: conceitos, políticas e filosofia da qualidade. Handbook, volume I. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.
- [37] LEAL, José G. M. Avaliação econômica das atividades metrológicas influenciada pela contratação de serviços e assessoramento remotos. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. Florianópolis, 2003.
- [38] CAMPANELLA, J. Principles of quality costs. 3. Ed. Milwaukee (USA): Editora ASQ – American Society for Quality, 1999.
- [39] NBR ISO 9001:1994 Sistema da qualidade – modelo para garantia da

- qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados. Rio de Janeiro: ABNT. 11p. 1994.
- [40] NBR ISO 9001:2000 Sistema de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT. 17p. 2001.
- [41] DONATELLI, Gustavo D. Capability of measurement systems for 100% inspection tasks. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC. 125 p. Florianópolis, 1999.
- [42] NBR ISO 10012 Sistemas de gestão de medição - Requisitos para o processo de medição e equipamento de medição. Rio de Janeiro: ABNT. 2004.
- [43] NBR ISO 10012-1 Requisitos de garantia da qualidade para equipamentos de medição. Parte 1: sistema de comprovação metrológica para equipamento de medição. Rio de Janeiro: ABNT. 14p. 1993.
- [44] NBR ISO 10012-2 Garantia da qualidade para equipamentos de medição. Parte 2: diretrizes para controle de processo de medição. Rio de Janeiro: ABNT. 15p. 1999.
- [45] QS 9000 Requisitos do Sistema da qualidade. 2ª. ed. brasileira. Tradução da 3ª. ed. americana. São Paulo: IQA – Instituto de Qualidade Automotiva. 113p. Março de 1998.
- [46] SALGADO, João V. F. Sistemática de avaliação e melhoria do processo de medição com suporte de um laboratório de serviços e assessoramento remoto. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 135p. Florianópolis, 2004.
- [47] QS 9000 / MSA Análise dos sistemas de medição: manual de referência. 1ª. ed. brasileira. Tradução da 2ª. ed. americana. São Paulo: IQA – Instituto de Qualidade Automotiva. 126p. Junho de 1994.
- [48] QS 9000 / MSA Measurement systems analysis: reference manual. 3. Ed. USA: DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation. 225p. Março de 2002.
- [49] INMETRO Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia. 3. ed. Rio de Janeiro:

- INMETRO/DIMCI. 75p. 2003. ISBN 85-87090-90-9.
- [50] ALBERTAZZI, Armando **Metrologia – parte 1.** Apostila de curso. Florianópolis: UFSC / EMC / LABMETRO. 2001.
- [51] URRUTIA, José I. D. **Avaliação dos processos de medição na indústria, baseada no impacto econômico da operação de controle geométrico.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 87p. Florianópolis, Agosto de 2000.
- [52] SILVA, Welbert **Experiência na implantação da rotina de análise de sistemas de medição em uma indústria de auto peças.** Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congreso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.500-509. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [53] QS 9000 / CEP **Fundamentos de controle estatístico do processo (CEP): manual de referência.** 1ª. ed. brasileira. Tradução da 2ª. ed. americana. São Paulo: IQA – Instituto de Qualidade Automotiva. 168p. Junho de 1995.
- [54] LISKA, Augusto F. **Controle estatístico das componentes da incerteza em processos de medição de parâmetros geométricos.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 85p. Florianópolis, Dezembro de 1999.
- [55] DONATELLI, Gustavo D. **Controle estatístico do processo.** Apostila de curso. GMAC / Fundação CERTI, Florianópolis, 2001.
- [56] ISO GUM **Guia para expressão da incerteza de medição – ISO GUM.** 2ª. ed. brasileira. Rio de Janeiro: BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, ABNT, SBM e Programa RH-Metrologia. 120p. 1998.
- [57] EA –4/02 **Expressão da incerteza de medição na calibração.** 1ª. ed. brasileira do documento de referência EA4/02. Rio de Janeiro: INMETRO, ABNT, SBM e Programa RH-Metrologia. 35p. ISBN: 85-86768-04-9. 1999.
- [58] EA –4/02-S1 **Suplemento 1 ao EA-4/02: Expressão da incerteza de medição na calibração - Exemplos.** 1ª. ed. brasileira do documento de referência EA4/02-S1. Rio de Janeiro: INMETRO, ABNT, SBM e Programa RH-Metrologia. 36p. ISBN: 85-86768-

- 02-2. 1999.
- [59] ISO 14253-1 Geometrical product specifications (GPS) - inspection by measurement of workpieces and measuring equipment - Part 1: decision rules for proving conformance or non-conformance with specification. Genève, Switzerland: ISO, 15p. 1998.
- [60] ISO/TS 14253-2 Geometrical Product Specifications (GPS) -Inspection by measurement of workpieces and measuring equipments – Part 2: Guide to the estimation of uncertainty of measurement in calibration of measuring equipment and product verification. Genève, Switzerland: ISO, 73p. 1999.
- [61] NEIVA, Frederico M. Concepção do módulo de melhoria da confiabilidade metrológica, inserido no âmbito de serviços e assessoramento remoto. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 99p. Florianópolis, 2002.
- [62] NBR ISO/IEC 17025 Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 20p. 2001.
- [63] NBR ISO/IEC GUIA 25 Requisitos gerais para capacitação de laboratórios de calibração e de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 20p. 1993.
- [64] CHAUVET, Susana
CORREA, Carlos Control de los equipos de medición en PYMEs con sistemas de calidad. Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congreso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.556-560. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [65] MASON, Nicholas Calibration data management: meeting the reporting requirements of ISO/IEC FDIS 17025. Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congreso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.458-469. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [66] CINTRA FILHO, O. A. Credenciamento de laboratório segundo a ISO 17025 - uma questão de sobrevivência. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2001. p.230-240. São Paulo, Brasil, 24 a 26 de julho de 2001.
- [67] SILVA, Maria F. A. Relação da ISO 9000:2000 com a ISO 17025:2001.

- NASCIMENTO, Heliara L. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2001. p.241-254. São Paulo, Brasil, 24 a 26 de julho de 2001.
- [68] ISO/TS 16949:2002(E) Quality management systems – particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations. 2. ed. ISO, 34p. 2002.
- [69] NBS Consulting Group ISO/TS 16949:2002(E) - sistema de gestão da qualidade para fornecedores automotivos. Tradução da NBS. Documento NIP 85 – Rev. 01, 31p. 2002.
- [70] HEINLOTH, Stefan Good-bye QS 9000? Quality Magazine. 5p. March/2000.
- [71] KISS, Joseph Measurement services for quality. Measurement, 26, p.191-197. (1999).
- MENYHARD, Alfred
- [72] DUARTE, Luiz C. S. Desdobramento da função qualidade em serviços: caso dos laboratórios de metrologia e ensaios da UNIJUÍ. Dissertação de mestrado profissionalizante. Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia – Ênfase em Qualidade e Gerência de Serviços, Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre. 85p. 2001.
- [73] SLACK, Nigel Administração da produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.
- CHAMBERS, Stuart
- JOHNSTON, Robert
- [74] KERZNER, H. Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling. 6. Ed. New York (USA): John Wiley & Sons, 1998.
- [75] NETO, Vicente M. Metodologia para garantia da confiabilidade no desenvolvimento de produtos mecatrônicos. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC. 194p. Florianópolis, Maio de 2002.
- [76] CERTI Programa de gestão para a auto-sustentabilidade laboratorial do SENAI. Apostila de curso. 422p. Sorocaba, Brasil, 8 a 12 de maio de 2000.
- [77] VICENTE, Claudio R. Programa de capacitação de coordenações de laboratórios do sistema SENAI sob o enfoque da gestão do negócio. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2002. p.12-24. São Paulo, Brasil, 30
- DINIZ, Fabian C.
- PFEIFFER, G.

- de julho a 01 de agosto de 2002.
- [78] BACK, Nelson
FORCELLINI, Fernando Projeto de produtos. Apostila do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis: UFSC / EMC / NEDIP. 166 p. Março/2000.
- [79] CALVA, Efraín
JARAMILLO, José Desarrollo de un sistema de calidad para la optimización en la recepción y programación de servicios de calibración en el laboratorio de metrología dimensional del CIDESI. Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congreso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.544-547. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [80] MAFTOUM, Wilson R. E.
MELO, Celso F.
LANDGRAF, Wagner R.
STEMPINIAK, Charles R. Autolab – um software para gestão e automação de laboratórios de metrologia. Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 2: IV SEMETRO, p.525-534. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [81] CSILLAG, J. M. Análise de Valor. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas. 1985.
- [82] NIST MEASUREnet-gov. <<http://www.nist.gov/measurenet-gov>>. Data de acesso: 25/1/2005.
- [83] SCHNEEMAN, Richard D. NISTIR 6452 SIMnet design and internet deployment guide. USA: NIST, Manufacturing and Engineering Laboratory. 33p. December, 1999.
- [84] NMP <<http://www.nmpuk.co.uk>>. Data de acesso: 25/1/2005.
- [85] PTB Development of an internet based infrastructure for the remote monitoring of stationary measuring devices in industry. Germany: PTB / Division 5 / Department 5.3 / Dr. Raimund Kreis (contact). Disponível em: <<http://www.ptb.de/en/org/5/53/researchproject/>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [86] UNIMETRIK <<http://www.unimetrik.es>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [87] PEÑAILILLO, Marcelo
FARRÁN, Yussef
CARRANZA, Jorge Portal red nacional de metrología. Anais do Metrocal 2001 - Segundo Congreso Internacional de Metrología para la Productividad y la Calidad. p.534-543. Universidad de Concepción, Chile, 25 al 27 de abril de 2001.
- [88] QUALITY MAGAZINE Quality on line home page. <<http://www.qualitymag.com>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [89] METROLOGY WORLD Metrology World.com: Digital marketplace for quality in

- manufacturing. <<http://www.metrologyworld.com>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [90] METROLÓGICA <<http://www.metrologica.com.br>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [91] HELP-TEMPERATURA <<http://www.help-temperatura.com.br>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [92] CTM Centro tecnológico de metrologia. <<http://www.calibracao.com.br>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [93] SCHOELER, Nelson
URRUTIA, José I. D. Gerenciamento de instrumentos de medição segundo a ISO 9000 e QS 9000. Florianópolis: Fundação CERTI, Apostila do curso CM-113, 185 p. 09 e 10/11/1999.
- [94] SZLAK, Alda M.
FREIER, Heinz H. LIMS sistema de gerenciamento de informações de laboratório. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2001. p.97-102. São Paulo, Brasil, 24 a 26 de julho de 2001.
- [95] NASCIMENTO, Georgio
GOMES, Márcio M. Automação de laboratórios de ensaios e testes de controle da qualidade. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2001. p.130-135. São Paulo, Brasil, 24 a 26 de julho de 2001.
- [96] OLIVEIRA, Paulo A. Informatização de laboratórios de metrologia. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2001. p.136-143. São Paulo, Brasil, 24 a 26 de julho de 2001.
- [97] REDE METROLÓGICA RS Cali especializou-se em softwares para a automação de laboratórios de metrologia e ensaios. Jornal da Metrologia, Ano 3, Nº. 35, p.3-5. Novembro/Dezembro 2001.
- [98] CALI <<http://www.cali.com.br>>. Data de acesso: 25/1/2005.
- [99] SOFTEXPERT <<http://www.softexpert.com>>. Data de acesso: 25/1/2005.
- [100] BECKERT, Sueli F.
BECKERT, Jonny I. Agilidade e flexibilidade no gerenciamento dos instrumentos de medição. Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 1: Generalist papers, p.197-207. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [101] OLIVEIRA, José E. F.
SOUSA, Glauber
NETO, José V. M. F.
MELO, Cláudio P.
RAPHAEL, Alexandre Desenvolvimento de um software de controle para laboratório de metrologia. Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 1: Generalist papers, p.124-130. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.

- [102] OLIVEIRA, André L. M. LASAR – laboratório associado de serviços e SCHNEIDER, Carlos A. assessoramento remotos, aplicado à assistência metrológica industrial. Artigo submetido ao COBEF 2005. 6 p. Setembro, 2004.
- [103] FRANÇA, Laura R. G. Sistema de gerenciamento de instrumentos de controle geométrico: caracterização e desenvolvimento de um protótipo. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC. 117 p. Florianópolis, Março de 1993.
- [104] NOVASKY, Olívio FRANCO, Samuel M. Comparação entre métodos para estabelecimentos e ajuste de intervalos de calibração. Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 3: II ENLAB, p.39-48. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.
- [105] RIBEIRO, Luis F. M. Método de supervisão e rastreabilidade do sistema de medição por meio de laboratório de assessoramento remoto (sub-módulo S&RSM). Relatório descritivo do sub-módulo S&RSM do módulo de GSM do sistema LASAR-AMI, Labmetro/UFSC. Florianópolis, Novembro de 2004.
- [106] RIBEIRO, Luis F. M. Método de seleção e uso do sistema de medição por meio de laboratório de assessoramento remoto (sub-módulo S&USM). Relatório descritivo do sub-módulo S&USM do módulo de GSM do sistema LASAR-AMI, Labmetro/UFSC. Florianópolis, Novembro de 2004.
- [107] OLIVEIRA, Ademir L. SOUZA, André R. NETO, Antônio A. B. Influências da incerteza da medição por coordenadas na conformidade de peças seriadas. Anais do Encontro para a Qualidade de Laboratórios - ENQUALAB 2002. p.123-137. São Paulo, Brasil, 30 de julho a 01 de agosto de 2002.
- [108] SILVA, Janaína H. C. A influência da incerteza de medição na carta de controle de valores individuais. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 99p. Florianópolis, Setembro de 2003.
- [109] NOGUEIRA, César A. MACHADO, Cláudio FRANÇA, Laura R. G. LACERDA, Juarez M. Desenvolvimento de um programa computacional para ensino de técnicas de medição com paquímetros. Anais do II Congresso Brasileiro de Metrologia - Metrologia 2000. Volume 1: Generalist papers, p.551-559. São Paulo, Brasil, 4 a 7 de dezembro de 2000.

- [110] GIGO, Luiz G. Estação de medição por coordenadas na produção de peças complexas – metodologia de especificação. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 87p. Florianópolis, Março de 1999.
- [111] RIBEIRO, Luis F. M. Método de aquisição do sistema de medição por meio de laboratório de assessoramento remoto (sub-módulo AqSM). Relatório descritivo do sub-módulo AqSM do módulo de GSM do sistema LASAR-AMI, Labmetro/UFSC. Florianópolis, Novembro de 2004.
- [112] KOTY, William E-definitions. Disponível em: <<http://www.highlatitude.com>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [113] VIEIRA, Eduardo A volks só compra na web. Info Exame. Maio 2000.
- [114] CIMM 87% das indústrias nacionais têm site na web. Computerworld, 10/01/2002. Disponível em: <www.computerworld.com.br>. Data de acesso: 22/1/2005. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/noticia/cur727.htm>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [115] CIMM Setor siderúrgico aposta no sistema de compras pela web. Fonte: Valor - 01/11/2001. Disponível em: <<http://www.cimm.com.br/noticia/cur650.htm>>. Data de acesso: 22/1/2005.
- [116] BOSCH Capability of measurement and test processes. Quality Assurance in the Bosch Group. Technical Statistics. Vol.10. Robert Bosch GmbH. Edition 09.2000.
- [117] WECKENMANN, A. RINNAGL, M. Acceptance of processes: do we need decision rules? Precision Engineering, 24, p.264-269. (2000).
- [118] NEIVA, Frederico M. LEAL, José G. M. SALGADO, João V. F. RIBEIRO, Luis F. M. Visitas de estudos em empresas: plano de trabalho e dossiê das atividades. Documento interno de planejamento de estudos de casos do Projeto LASAR-AMI. Florianópolis: Labmetro/UFSC, revisão feita em Janeiro de 2003.
- [119] RIBEIRO, Luis F. M. Visitas de estudos em empresas: plano de trabalho para a 2ª rodada de estudos de casos (Desenvolvimento). Documento interno de planejamento de estudos de casos do Projeto LASAR-AMI. Florianópolis: Labmetro/UFSC e UNIJUÍ,

- Outubro de 2004.
- [120] RIBEIRO, Luis F. M. **Processo de fabricação do cubo do conjunto de solda da alavanca externa de comando: estudo de caso de gerenciamento de sistemas de medição.** Relatório de estudo de caso do Projeto LASAR-AMI, Labmetro/UFSC e UNIJUÍ. Florianópolis, Dezembro de 2004.
- [121] RIBEIRO, Luis F. M. **Estudo de caso de gerenciamento de sistemas de medição numa empresa do ramo metal-mecânico: aplicação no controle da qualidade de peças usinadas.** Relatório de estudo de caso do Projeto LASAR-AMI, Labmetro/UFSC e UNIJUÍ. Florianópolis, Dezembro de 2004.
- [122] OLIVEIRA, André L. M. **A implantação de um laboratório associado de serviços e assessoramento remotos como ferramenta de disseminação e orientação metrológica.** Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial, UFSC. 85p. Florianópolis, Janeiro de 2005.