



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## **A IMPORTÂNCIA DO ENSINO DE METROLOGIA, COM FOCO NA INCERTEZA DE MEDIÇÃO, NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS**

**Luciano Bruno Faruolo** – [lbfaruolo@inmetro.gov.br](mailto:lbfaruolo@inmetro.gov.br)

Instituto Nacional de Normalização Metrologia e Qualidade Industrial – INMETRO  
Av. Nossa senhora das Graças, 50, Duque de Caxias, Rio de Janeiro, CEP 25250-020.

**José Luiz Fernandes** – [jlfernandes@cefet-rj.br](mailto:jlfernandes@cefet-rj.br)

Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-RJ  
Campus Maracanã, 20271-110 – Rio de Janeiro – RJ.

***Resumo** Neste trabalho, é apresentada uma relação entre o ensino de engenharia e a metrologia, destacando-se os aspectos ligados à formação profissional para o mercado de trabalho. Na primeira parte, é feita uma abordagem específica sobre a área metrológica, sendo feita uma explanação sobre a história da metrologia e a criação dos órgãos governamentais responsáveis pela fiscalização e regulamentação do setor. São apresentados os conceitos de metrologia científica e industrial e metrologia legal, comentadas a aplicação da metrologia na indústria e no comércio. Na segunda parte, são apresentadas algumas considerações sobre a estatística e as principais fórmulas, normalmente, aplicadas na análise de dados das medições de grandezas físicas, tratando-as como variáveis aleatórias. A terceira parte é destinada à determinação da incerteza, conforme os procedimentos adotados pela EA (European Accreditation) destacando as fórmulas e as definições dos termos empregados no cálculo da incerteza, como: a incerteza de medição, variáveis, estimativas de entrada, estimativas de saída, incerteza expandida de medição e diferentes formas de aplicação, principalmente na calibração de instrumentos de medição. É utilizado como exemplo o cálculo da incerteza de uma célula de carga. Nas considerações finais é destacada a importância do ensino de metrologia, referindo-se aos fatores como: qualidade dos produtos disponibilizados à população, a defesa do consumidor, a prevenção de acidentes, e a influência às exportações de produtos nacionais.*

**Palavras-chaves:** Metrologia, Engenharia, Ensino, Incerteza de medição.

### **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a importância do ensino de metrologia na formação de engenheiros e a influência no mercado consumidor, destacando os aspectos ligados à incerteza de medição. Aborda os fatores que respaldaram a criação, a implantação e a implementação das instalações e das atividades do INMETRO. Evidencia-se a importância de



## **COBENGE 2005**

### **XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCEG-UFPE

profissionais que conheçam um sistema metrológico confiável e a necessidade de um planejamento gerencial que leve em conta aspectos metrológicos.

Inicialmente é feita uma abordagem específica sobre a área metrológica. Sendo feita uma explanação sobre a história da metrologia e a criação dos órgãos governamentais responsáveis pela fiscalização e regulamentação do setor. Também é comentada a metrologia na indústria e comércio.

É destinada uma seção onde são apresentadas algumas considerações sobre a estatística e as principais fórmulas, normalmente, aplicadas na análise de dados das medições de grandezas físicas tratando-as como variáveis aleatórias.

Na seqüência é abordada a expressão do cálculo de incerteza, conforme os procedimentos adotados pela EA (European Accreditation) destacando as fórmulas e as definições dos termos empregados no cálculo da incerteza, como: a incerteza de medição, variáveis, ou estimativas de entrada, estimativas de saída, incerteza expandida de medição e as diferentes formas de aplicação, principalmente na calibração de instrumentos de medida.

Nas considerações finais é destacada a importância da metrologia para a sociedade e na economia brasileira, referindo-se a fatores como: a qualidade dos produtos disponibilizados para a população, a defesa do consumidor, a prevenção de acidentes, e a influência nas exportações de produtos nacionais.

## **2. A METROLOGIA**

### **2.1. Histórico**

A preocupação em estabelecer regras de conversão e interpretação de unidades já vem de longa data, com estudos realizados no período do Renascimento. Na história das monarquias francesa e inglesa, houve tentativas de uniformização dos pesos e medidas, como parte do esforço de centralização administrativa e fiscal. Entretanto, em maio de 1790, os sistemas de pesos e medidas associados aos feudos foram suprimidos. Em 1872, estabeleceu-se a base do Sistema Universal de Medidas, sendo escolhido um comitê permanente para o Bureau Internacional de Pesos e Medidas, referência mundial em medidas, com a participação de diversos países.

Segundo DIAS (1998), no trabalho que relata a história da metrologia no Brasil, as atividades de metrologia datam do início da colonização, em 1816, com a padronização de medidas com material proveniente de Portugal. A primeira legislação metrológica do Brasil independente, atribuída à constituição de 1828, delegava ao Poder Legislativo a competência para elaboração de leis relativas às unidades de medidas. Em 1883, foi criado o Manual de Metrologia, formalizando a adesão do Brasil ao Sistema Métrico Decimal.

Em 1934 foi criado o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), autarquia estadual. O INPM (Instituto Nacional de Pesos e Medidas) foi criado em 1961, exercendo as atividades de fiscalização sobre os instrumentos metrológicos, como balanças, tãxímetro, bombas de gasolina, em todo o país.

Em 1972, o Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico constituiu a pré-condição para a reformulação da legislação metrológica, criando em 1973 o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO), com a finalidade de formular e executar a política nacional de metrologia, normalização industrial e certificação da qualidade de



**COBENGE 2005**

## **XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

produtos industriais e o Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO), com representantes do Ministério do Planejamento, da Marinha, do Exército, dos Transportes, da Agricultura, da Saúde, das Minas e Energia, do Interior, da Comunicação e do Trabalho, além dos representantes da Confederação Nacional da Indústria e da Confederação Nacional do Comércio. Como órgão executor das políticas foi criado o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), autarquia federal ligada ao Ministério da Indústria e Comércio.

O INMETRO tem como estrutura de apoio a RBC (Rede Brasileira de Calibração), conjunto de laboratórios credenciados pelo instituto para realizar serviços de calibração, e a RBLE (Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio), conjunto de laboratórios também credenciados junto ao INMETRO para realizar ensaios.

Calibração, sendo considerada o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões, segundo a definição do VIM(2000).

Na década de 1990, o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP), representava parte da nova estratégia de desenvolvimento industrial, exigindo a adoção de novos métodos de gerenciamento e de gestão tecnológica pelas empresas. Criando o Comitê Nacional de Qualidade e Produtividade, vinculado à Secretaria Geral da Presidência da República. Esse programa era composto por cinco subprogramas gerais.

1. conscientização e motivação para a qualidade e produtividade,
2. desenvolvimento e difusão de métodos de gestão;
3. capacitação de Recursos Humanos
4. adequação dos serviços tecnológicos para a qualidade e produtividade.
5. articulação industrial, destinada a promover a conjunção de esforços de desenvolvimento da qualidade e produtividade na área do governo, na indústria, no comércio e nas entidades de ciência e tecnologia.

Dois desses subgrupos foram colocados sob a coordenação do INMETRO.

O subprograma 1 representava, sem dúvida alguma, o primeiro esforço governamental consistente para a divulgação da qualidade junto ao grande público. O subprograma 4 incluía os projetos do Instituto já formulados no início dos anos de 1980: a consolidação dos laboratórios metrológicos, a capacitação das redes brasileiras de calibração, de laboratórios de ensaios e de metrologia legal, a implantação de sistemas de qualidade nas instalações do SINMETRO, a integração com as entidades de defesa do consumidor e o estímulo à criação de entidades certificadoras, à normalização e à difusão da informação tecnológica .

### **2.2 A Metrologia na Indústria e Comércio.**

A metrologia tem sido utilizada na pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos, assim como na comercialização de mercadorias, serviços, e processos de industrialização e no controle de processos como elemento importante para o aprimoramento de produtos. Destacando-se a medição de produtos em: transações comerciais, dosagem de ingredientes químicos na indústria farmacêutica, na fiscalização FARUOLO (2005) e FARUOLO et all (2005) e venda direta ao público.



**COBENGE 2005**

## XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCG-UFPE

Segundo BRAGA, et all (2003) em acordos internacionais, no exemplo do mercosul, são destacados os seguintes temas relativos à metrologia:

- Tipificação de conteúdo em alimentos embalados
- Reconhecimentos de certificados de calibração
- Não restringir a comercialização de produtos por motivos de conteúdo líquido
- Controle de conteúdo em mercadorias pré-medidas
- Peso líquido de produtos cárneos, procedimentos de amostragem e tolerância de produtos pré-medidos

No INMETRO pode-se verificar a divisão da metrologia em duas áreas conforme o site [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) em 24/5/2004.

### 2.2.1 A Metrologia Científica e Industrial.

A metrologia é a ciência que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza em qualquer campo da ciência ou tecnologia.

A metrologia científica e industrial é uma ferramenta no crescimento e inovação tecnológica, promovendo a competitividade e criando um ambiente favorável ao desenvolvimento científico em todo país.

### 2.2.2 A Metrologia Legal

A metrologia legal tem como objetivo principal proteger o consumidor tratando das unidades de medida, métodos e instrumentos de medição, de acordo com as exigências técnicas e legais obrigatórias, criando regulamentos metrológicos.

Os regulamentos técnicos metrológicos estabelecem os parâmetros necessários para definir as formas de controle metrológicos, realizados através de:

- Aprovação de modelo junto à autoridade competente, conjunto de operações técnicas e administrativas que tem por fim verificar se o modelo do instrumento de medir ou medida materializada está de acordo com as exigências regulamentares;
- Verificação inicial, verificação de um instrumento de medir ou medida materializada logo após sua construção e antes de sua instalação;
- Verificação periódica, verificação de um instrumento de medir ou medida materializada efetuada em intervalos de tempo pré-determinados, segundo procedimentos fixados por regulamentos;
- Verificação eventual, verificação de um instrumento de medir ou medida materializada, realizada a pedido do usuário, ou quando as autoridades competentes julgarem necessária.

Conforme definições do Vocabulário de Metrologia Legal, versão 2000.



## COBENGE 2005

### XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCEG-UFPE

Com a supervisão do governo, o controle metrológico estabelece adequada transparência e confiança com base em ensaios imparciais. A exatidão dos instrumentos de medição garante a credibilidade nos campos econômicos, saúde, segurança e meio ambiente.

No Brasil as atividades da Metrologia Legal são uma atribuição do INMETRO, que também colabora para a uniformidade da sua aplicação no mundo, pela sua ativa participação no Mercosul e na OIML- Organização Internacional de Metrologia Legal.

### 3. ESTATÍSTICA

A importância da estatística é representada pelas diferentes utilizações nos estudos para a atuação da metrologia, em diferentes campos da atividade de medição pode-se verificar o uso de estatística, bem como na formação de profissionais da área. Como destaques na utilização pode-se exemplificar:

- Estudos para o cálculo de incertezas de medição.
- Verificação de equipamentos metrológicos
- Pesquisas em geral, onde são utilizadas unidades de medida, na consideração de espaço amostral e população com o devido tratamento das unidades por meio das fórmulas estatísticas.

Como principais fórmulas aplicadas à estatística nas medições pode-se citar, média descrita na equação (1) variância na equação (2) e desvio padrão na equação (3), de acordo com MEYER (1983) e ALBERTAZZI (2003).

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

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2} \quad (3)$$

A estatística é utilizada para avaliação de equipamentos, conforme a variação das medições e os parâmetros de exatidão previamente estabelecidos nos regulamentos técnicos metrológicos ou em exigências contratuais.





#### 4. INCERTEZA DE MEDIÇÃO

Segundo o GUIA DE EXPRESSÃO DE INCERTEZA, 2003 a declaração do resultado de uma medição somente é completa se ela contiver tanto o valor atribuído ao mensurando quanto à incerteza de medição associada a este valor. As grandezas que não são conhecidas exatamente são tratadas como variáveis aleatórias, incluindo as grandezas de influência que podem afetar o valor medido.

A incerteza de medição é um parâmetro associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando. A incerteza de medição reflete a falta de conhecimento completo do valor do mensurando. O conhecimento completo requer uma infinita quantidade de informações. Fenômenos que contribuem para a incerteza e desta maneira para o fato de que o resultado de uma medição não possa ser caracterizado por um único valor, são denominados de fatores de incertezas. Existem muitas possíveis fontes de incertezas em uma medição, como:

- Definição incompleta do mensurando
- Realização imperfeita da definição do mensurando
- Amostragem não representativa, não representando o mensurando definitivo.
- Conhecimento inadequado de efeitos das condições ambientais ou medições imperfeitas destas
- Tendências pessoais na leitura de instrumentos analógicos
- Resolução finita do instrumento ou limiar de mobilidade
- Valores inexatos dos padrões de medição e dos materiais de referência
- Valores inexatos de constantes e outros parâmetros obtidos de fontes externas e utilizados no algoritmo de redução de dados;
- Aproximações e suposições incorporadas ao método e ao procedimento de medição
- Variações nas observações repetidas do mensurando sob condições aparentes idênticas

Obs: Estes fatores podem muitas das vezes estar relacionados entre si, e influenciarem de forma conjunta a medição.

Os valores de incertezas também podem estar associados à medição fornecidos por fontes externas como padrão de medição calibrado, materiais de referência ou obtidos através de manuais. Ou podem ser obtidos através de medições e pela experiência. Podem sofrer correções pelas indicações e correções devido à influência dos fatores ambientais, PARAGUASSU (2003).

Uma grandeza de saída  $Y$  depende de uma série de grandezas de entrada  $x_i$  ( $i=1, 2,3...N$ ) de acordo com a relação funcional, equação (4):

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (4)$$

A função modelo  $f$  representa o procedimento de medição e o método de avaliação. Esta função descreve como os valores da grandeza de saída  $Y$  são obtidos a partir dos valores das grandezas de entrada  $X_i$ . Na maioria dos casos é uma expressão analítica, mas também pode haver



## COBENGE 2005

### XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

casos em que será descrita por um grupo de expressões que incluem correções e fatores de correção para efeitos sistemáticos, levando assim a uma equação mais complexa que não pode ser representada por uma função analítica explícita. Entretanto,  $f$  pode ser determinada experimentalmente, ou existir somente como um algoritmo de computação que deve ser avaliado numericamente.

Para uma variável aleatória, a variância de sua distribuição ou a raiz quadrada positiva da variância, chamada de desvio padrão, é utilizada como uma medida de dispersão de valores. A incerteza padrão de medição associada à estimativa de saída ou resultado de medição  $y$ , designada por  $u(y)$ , é o desvio padrão do mensurando  $Y$ . Ela deve ser determinada a partir das estimativas  $x_i$  das grandezas de entrada  $X_i$ , e suas incertezas padrão associadas  $u(x_i)$ . A incerteza padrão associada a uma estimativa, tem a mesma dimensão de estimativa. Existem casos onde se utiliza a incerteza padrão relativa de medição, que é a incerteza padrão de medição associada a uma estimativa dividida pelo módulo desta estimativa e que é, portanto adimensional. Este conceito não pode ser utilizado se a estimativa for igual a zero.

#### 4.1. Avaliação da Incerteza.

A avaliação da incerteza de medição pode ser verificada de duas formas, a saber:

- Tipo A, onde é utilizado o método através da análise estatística de uma série de medições, sendo o desvio padrão experimental da média caracterizada como incerteza padrão de medição, obtida através da média aritmética ou por meio de uma análise de regressão correta.
- Tipo B, a fórmula qual a incerteza padrão é obtida por outros meios (conhecimento científico). Podendo ser obtida a partir de dados anteriores, manuais, dados provenientes de calibração e de outros certificados, especificações de fabricantes, experiência ou conhecimento do comportamento de materiais e instrumentos relevantes.

#### 4.2. Cálculo da Incerteza.

O cálculo da incerteza é dado pela equação(5), no caso de grandezas independentes, representando o somatório das parcelas de diferentes estimativas de saída:

$$\mu^2(y) = \sum_{i=1}^N \mu^2_i(y) \quad (5)$$

As contribuições das diversas grandezas de saída  $y$  proveniente da associação das grandezas de entrada  $x$ , pela expressão (6):

$$\mu_i(y) = c_i \mu(x_i) \quad (6)$$

Para  $(i=1,2,\dots,N)$



**COBENGE 2005**  
**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**  
 "Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

Onde  $c_i$  é o coeficiente de sensibilidade associado à estimativa de saída  $x_i$  associado com a estimativa de entrada, considerada a derivada parcial da função modelo  $f$  com relação à variável  $X_i$ , para as variáveis de entrada  $x_i$ . O coeficiente de sensibilidade representa a influência das variações das estimativas de entrada em relação à estimativa de saída, equação (7).

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \tag{7}$$

Para  $(i=1, 2, \dots, N)$

A demonstração das grandezas, estimativas, incertezas padrão, coeficiente de sensibilidade e contribuições de incertezas integrantes da análise de incerteza de uma medição, é representada pelo quadro da tabela 1:

Grandeza $X_i$	Estimativa $x_i$	Distribuição de probabilidade	Incerteza padrão $U(x_i)$	Coeficiente de sensibilidade $c_i$	Contribuição para a incerteza padrão $U(Y_i)$	Graus de liberdade $V_i$
$X_1$	$x_1$		$U(x_1)$	$C_1$	$U(Y_1)$	$V_1$
$X_n$	$x_n$		$U(x_n)$	$C_n$	$U(Y_n)$	$V_n$
$Y$	$y$	$K=$	----- -	----- --	$U(y)$	$V_{eff}$

Tabela 1 – quadro padrão de expressão de incertezas( guia de expressão de incertezas)

A incerteza expandida de medição é calculada pela multiplicação do valor relacionado da grandeza de saída pelo valor do fator de abrangência  $K$ . Na maioria dos casos de calibração são aceitas as expressões de incerteza padrão de medição com fator de abrangência  $K = 2$ , de aproximadamente 95%, em casos onde a distribuição é normal. Incerteza expandida de medição, equação (8).

$$U = ku(y) \tag{8}$$

Quando a distribuição normal não representa a expressão real das medições outras distribuições podem ser utilizadas, tais como a retangular para as outras contribuições para a incerteza do mensurando. Entretanto, a confiabilidade das medições é determinada pelo grau de liberdade efetivo. Porém, se as medições forem provenientes de medições do tipo A em número maior que 10 o critério da confiabilidade, é normalmente, satisfeito.





**COBENGE 2005**  
**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**  
"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande - Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

Devem ser utilizados no máximo dois algarismos significativos no resultado da avaliação da incerteza de medição, escrevendo conforme a expressão<sup>9</sup>):

$$y \pm U \quad (9)$$

Procedimento, resumido, para o cálculo da incerteza de medição:

1. Expressar matematicamente a dependência da grandeza de saída em relação às grandezas de entrada;
2. Identificar e aplicar as correções significativas;
3. Relacionar todas as fontes de incerteza na forma de uma análise de incertezas;
4. Calcular a incerteza padrão para as grandezas obtidas através de estatísticas;
5. Para valores individuais, ou fontes externas, adotar os valores fornecidos, caso seja satisfatório utilizar recomendações com base científica.
6. Identificar os valores de cada parcela das contribuições individuais ou correlacionadas
7. Calcular a incerteza expandida
8. Relatar o resultado, com o valor da estimativa de saída  $y$  e a expressão da incerteza expandida associada  $U$ , com o fator de abrangência  $K$ .

A expressão da incerteza de medição é fundamental no processo de calibração, de forma a contribuir para a verificação metrológica atuando nas atividades comerciais, como:

- Venda de produtos através do peso;
- Comercialização de líquidos, com a medição em vazão;
- Procedimentos médicos, através do peso de pacientes, raio laser, etc;
- Segurança, no caso de etilômetros, extintores de incêndio, etc;
- Meio ambiente, em medidores de emissão de gases.

Como exemplo numérico do uso de incerteza de medição pode-se citar a aplicação na medição de força aplicada sobre uma célula de carga utilizada em ensaios de compressão no laboratório de medição de força do campus do INMETRO em Xerém, Duque de Caxias, RJ, conforme demonstrado na tabela 2.



## COBENGE 2005

### XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCEG-UFPE

Planilha de cálculo de incerteza						
Comparação entre o transdutor e a máquina de referência do INMETRO						
Valores em (kN)						
Nível de força	Incerteza de ajuste	Desvios Padrão	Incerteza de referência	Incerteza relativa expandida		
10	0,12	0,00116	0,00002	2,40E-01		
20	0,12	0,00083	0,00002	2,40E-01		
30	0,12	0,00106	0,00002	2,40E-01		
40	0,12	0,00106	0,00002	2,40E-01		
50	0,12	0,00133	0,00002	2,40E-01		
60	0,12	0,00050	0,00002	3,43E-04		
70	0,12	0,00069	0,00002	2,40E-01		
80	0,12	0,00038	0,00002	2,40E-01		
90	0,12	0,00038	0,00002	2,40E-01		
100	0,12	0,00019	0,00002	2,40E-01		
Menor divisão do transdutor (mV/V) 1,00E-05		Menor divisão da referência (mV/V) 1,00E-05		Número de séries 5		
Fontes de incerteza	estimativa	Incerteza padronizada	Distribuição de probabilidade	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para incerteza	Grau de liberdade
$X_i$	$x_i$	$i(x_i)$	distribuição	$C_i$	$y$	$v_{eff}$
Incerteza padrão	10,00000	1,00E-05	Normal	1,00E+00	1,00E-05	Infinito
DP transdutor de teste	.....	5,78E-04	Normal	1,00E+00	5,78E-04	4
Menor divis. Transf.	.....	5,77E-06	retangular	8,10E-04	4,68E-09	infinito
Menor div. de referência	.....	5,77E-06	Retangular	8,00E-05	4,62E-10	infinito
Incerteza de ajuste	.....	1,20E-01	retangular	1,00E+00	1,20E-01	infinito
$i(y)$			2,000E+00		1,200E-01	7,437E+09
			2,000E+00		2,400E-01	

Tabela 2 – expressão da incerteza de medição, para o ensaio de compressão no INMETRO, PEREIRA(2000).



## COBENGE 2005

### XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação de engenheiros com conhecimentos metrológicos representa um avanço no desenvolvimento da atividade de metrologia, sendo fundamental para o desenvolvimento e para a confiabilidade tecnológica de um país. A prática da calibração é utilizada em modernas companhias e funciona como requisito para o credenciamento de empresas e obtenção de certificados, importantes para o acesso a mercados cada vez mais exigentes e consumidores mais bem informados.

Contratos de exportação, com alto valor agregado, foram possíveis devido ao padrão de qualidade dos produtos aqui fabricados, assegurados pela certificação junto ao organismo reconhecido internacionalmente (INMETRO). O produto brasileiro ganha credibilidade e apresenta maior aceitação em mercados mais exigentes.

A fiscalização metrológica, através do controle metrológico, realizada por entidade governamental, e o incentivo ao uso da metrologia científica, por meio de campanhas de esclarecimentos e exigências contratuais, contribuem para o desenvolvimento tecnológico do país, impedindo o uso de equipamentos danosos à população e divulgando a utilização de técnicas avançadas de precisão, contribuindo para a produção de equipamentos de maior qualidade.

Universidades como a PUC-RJ e UFSC já estabeleceram programas de pós-graduação em metrologia, inclusive em Santa Catarina o programa de doutorado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTAZZI, ARMANDO: *Estatística Voltada Para a Metrologia*, Rio de Janeiro, Rio Metrologia, 2003.

BRAGA, ADRIANO DE MELO; GOULART, FERNANDO. P. *A eliminação de Barreiras técnicas no mercosul : o papel do INMETRO no SGT N 3*, Fevereiro de 2003.

DIAS, JOSÉ LUCIANO DE MATTOS. *Medida Normalização e Qualidade; aspectos da historia da metrologia do brasil*, 1ª ed Rio de Janeiro, Ilustrações, 1998.

FARUOLO, L. B. E FERNANDES, J. L. *Medição de Massa em Movimento Utilizando Extensômetros*, 8 COTEQ, Salvador, 2005

FARUOLO, LUCIANO BRUNO, *Avaliação do Sistema de Medição de Massa em Veículos em Movimento nas Estradas*, ENQUALAB, São Paulo, 2005.

MEYER, L. PAUL, *Probabilidade: Aplicações À Estatística*, tradução de Ruy C. B. Lourenço Filho, Rio de Janeiro, editora Livros Técnicos Científicos, 1983.

**Guia de Expressão da Incerteza de Medição**, EAL-R2, INMETRO, 1999.

PARAGUASSÚ, LUIZ HENRIQUE: *Curso de Metrologia em Massa*, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCEG-UFPE

PEREIRA, JORGE AUGUSTO SALLES: *Desenvolvimento de Uma Célula de Carga Para Medições Dinâmica*. Dissertação de mestrado, PUC-RJ, 2000.

SITE, INMETRO, [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br). em 24 de maio de 2004.

VOCABULÁRIO DE METROLOGIA LEGAL, Portaria nº 102 de 10 de junho de 1988.

VOCABULÁRIO INTERNACIONAL DE TERMOS FUNDAMENTAIS E GERAIS DE METROLOGIA, Brasília, 2000.

## THE IMPORTANCE OF THE TEACHING OF METROLOGY, WITH FOCUS IN THE UNCERTAINTY OF MEASUREMENT, IN THE FORMATION OF ENGINEERS

**Abstract:** *In this work a relationship is presented between the engineering teaching and the metrology detaching the linked aspects to the professional formation for the job market. In the first part it is made a specific approach on the metrology field, being made an explanation about the history of the metrology and the creation of the metrological national institute for the segment checking and regulation. The concepts of scientific and industrial metrology as well as legal metrology are presented, commented on the application of the metrology in the industry and in trade. In the second part are presented considerations on the statistics and the main formulas usually applied in the analysis of data from the measurements of physical quantity treating them as random variables. The third part is destined to the expression of the uncertainty evaluation according to the procedures adopted by EA (European Accreditation) detaching the formulas and the definitions of the employed terms in the evaluation of the uncertainty, such as: the measurement uncertainty, variables, or input entrance estimates, output, estimates, expanded uncertainty of measurement and the different kinds of application forms, mainly in the calibration of measurement instruments. It is used as example the evaluation of the uncertainty of a load cell. Considerations it is outstanding the importance of the metrology teaching, referring to the factors such as: products quality of the made available for the population, the consumer's defense, the prevention of accidents, and the influence to the national products exportation.*

**Key-words:** *Metrology, Engineering, Instruction, Measurement uncertainty.*