

Estatística Aplicada à Metrologia
»» Curso Online / Ao Vivo ««



Professor: Paulo Couto



IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA PARA A QUALIDADE

ABORDAGEM ATUAL DA CIÊNCIA

Roberto D'Avila entrevista Paulo Artaxo físico e professor da USP

O Desmatamento Da Amazônia e do Cerrado

Exibição em 5 de Agosto de 2019. <https://globosatplay.globo.com/globonews/v/7820787>



Roberto D'Ávila entrevista o físico e professor da USP e os dois debatem a importância da ciência para o desenvolvimento social e econômico do país e o papel das universidades públicas na formação crítica do pensamento nacional.

“Fazer ciência somente com as disciplinas tradicionais já era!!!! A prática atual da ciência deve ser realizada de forma interdisciplinar e integrada envolvendo todas as áreas do conhecimento, por exemplo, física, química, psicologia, filosofia, economia, biotecnologia, ciência sociais, etc.”

PROJETO CIÊNCIA PARA O BRASIL

Academia Brasileira de Ciências (ABC)

‘Um país justo precisa de forte apoio à ciência’, diz pesquisador

<https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/um-pais-justo-precisa-de-forte-apoio-ciencia-diz-pesquisador-23200478>

Resultado da Análise preparada por 180 eminentes cientistas de todas as áreas do conhecimento e levada adiante pela Academia Brasileira de Ciências (ABC), do Projeto de Ciência para o Brasil.

Que áreas da ciência são estratégicas?

As novas tecnologias são portadoras do futuro. Entre elas estão **ciência dos dados**, inteligência artificial e cibersegurança.

Também se destacam novos materiais e dispositivos; biologia de sistemas e biotecnologia. Elas terão forte impacto na denominada Indústria 4.0, uma realidade no mundo desenvolvido.

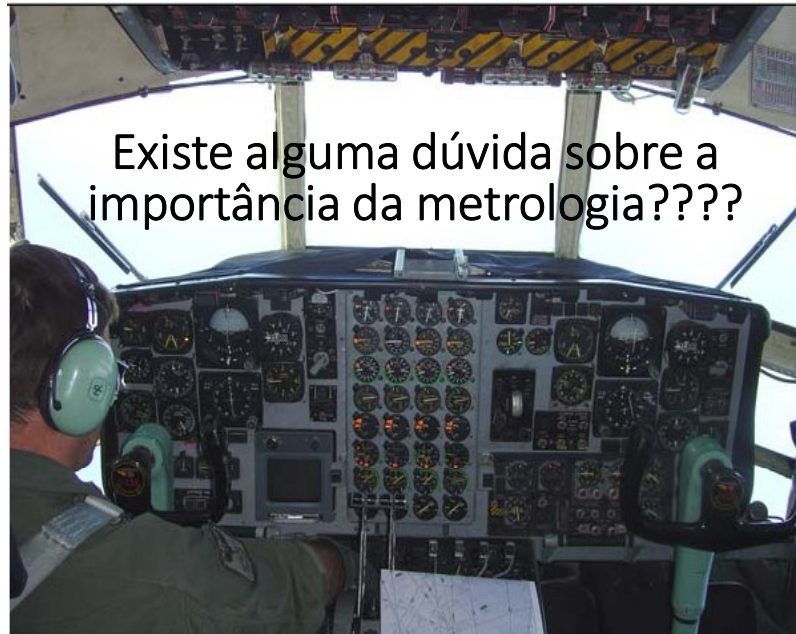


Jerson Lima Silva

LITERATURAS BÁSICAS



REFLEXÃO



25/09/2016 11h23 - Atualizado em 29/09/2016 13h23

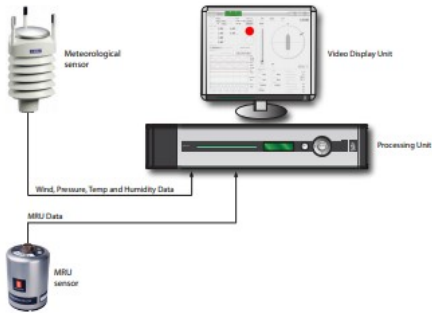
Acidente com avião da Gol que matou 154 pessoas completa 10 anos

Aeronave caiu numa região de mata fechada em Mato Grosso em 2006. Boeing se chocou no ar com um jato que seguia para os Estados Unidos.

Diferença mínima entre aerovias ~305 m

Figuras:Ref: Google

REFLEXÃO



HELIDECK MONITORING SYSTEM
HMS

Ref: Google

REFLEXÃO

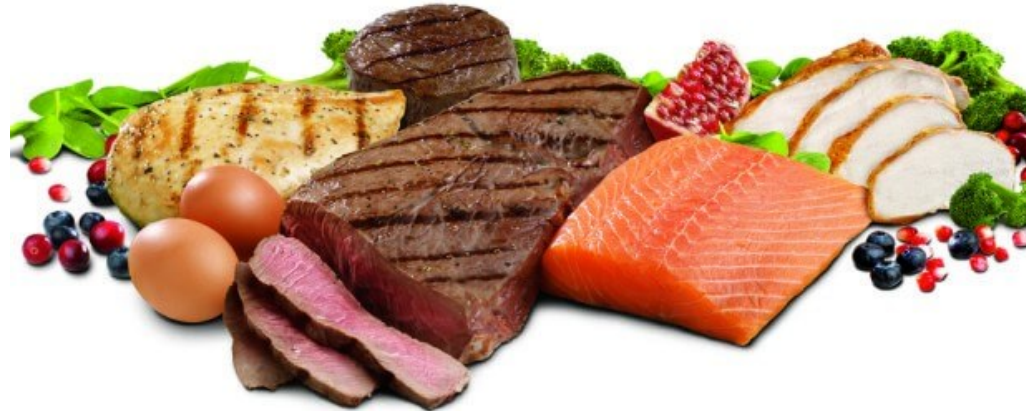


Existe alguma dúvida sobre a importância da metrologia???



Figura: Ref: Google

REFLEXÃO



Existe alguma dúvida sobre a importância da metrologia???



Figura: Ref: Google

REFLEXÃO



Concepção artística do módulo Philae descendo rumo ao cometa Churyumov-Gerasimenko

Fonte – Folha de São Paulo



NASA HANDBOOK

Measurement Uncertainty Analysis Principles and Methods

NASA Measurement Quality Assurance Handbook – ANNEX 3

NASA-HDBK-8739.19-3
Approved: 2010-07-13
Baseline

REFLEXÃO



ú
ne



Element	Units	min	10%	25%	50%	75%	90%	max	n
pH	pH-units	6.44	6.79	7.17	7.50	7.77	8.10	39	
Ed	mV	277	306	345	394	427	474	534	35
DO	mg/l	0.0	0.4	2.6	3.9	5.2	8.3	11.2	37
SEC	µS/cm@25°C	87	165	249	402	540	599	689	39
Ca	mg/l	7.1	17.0	22.4	44.0	60.9	65.8	85.3	40
Mg	mg/l	1.7	4.2	7.9	13.7	18.3	25.7	33.8	40
Na	mg/l	4.3	5.6	7.4	10.8	15.4	19.2	25.6	40
K	mg/l	0.34	0.80	1.00	1.28	1.80	3.63	5.70	40
Cl	mg/l	5.2	8.9	10.7	10.0	31.5	45.0	75.6	40
SO ₄	mg/l	3.0	4.9	6.2	10.0	13.5	20.5	28.8	40
HCO ₃	mg/l	32.0	41.0	46	103	242	274	315	40
NO ₃ -N	mg/l	0.04	0.10	0.08	6.70	10.7	15.5	40	
NO ₂ -N	mg/l	0.00007	0.00013	0.00025	0.00033	0.00033	0.00061	39	
NH ₄ -N	mg/l	<0.00003	0.00012	0.00017	0.0006	0.0046	0.0143	0.0473	39
DOC	mg/l	0.45	0.60	0.74	1.29	1.77	2.18	3.05	28
F	mg/l	0.019	0.039	0.045	0.058	0.082	0.102	0.204	40
Bz	mg/l	0.000	0.047	0.058	0.071	0.116	0.146	0.254	40
I	mg/l	0.003	0.785	2.37	4.35	8.31	15.5	30.6	33
Si	mg/l	2.01	2.60	3.53	4.23	4.93	5.80	7.80	40
Fe	mg/l	0.0007	0.0006	0.0020	0.0031	0.0058	0.0124	0.0226	40
Mn	mg/l	0.0002	0.0003	0.0004	0.0014	0.0057	0.038	1.630	40
Se	mg/l	0.019	0.057	0.095	0.165	0.250	0.279	0.443	40
Al	mg/l	0.001	0.002	0.004	0.005	0.010	0.014	0.033	40
P	mg/l	-0.02	-0.02	-0.02	0.0245	0.0325	0.0475	0.062	35

Dados

Chefe



Figura: Ref: Google

REFLEXÃO



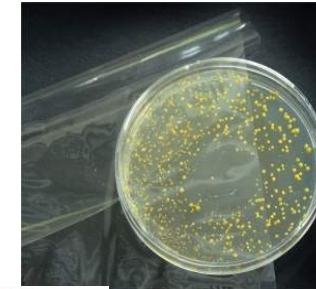
Ponto de Fulgor



Cuba de Eletroforese



Microscópio Eletrônico



Cromatógrafo



Espectrofotômetro



Espectrômetro de massa



Titulador



Citômetro de Fluxo



Absorção Atômica



Rancimat

Figura: Ref: Google

FUNDAMENTO



Sempre afirmo que se você puder medir aquilo de que estiver falando e conseguir expressá-lo em números, você conhece alguma coisa sobre o assunto – mas quando você não pode expressá-lo em número seu conhecimento é pobre e insatisfatório...”.

Lord Kelvin , físico inglês.



Figura: Ref: Google

FUNDAMENTO



“Aquello que no podemos medir, no lo entendemos correctamente y, por lo tanto, no lo podemos controlar, ni fabricar, ni procesar de una forma fiable...”

...ahora más que nunca se requieren medidas precisas y fiables para impulsar la innovación y el crecimiento económico en nuestra economía basada en el conocimiento”



Figura: Ref: Google

ETAPAS PARA A APLICAÇÃO DO FUNDAMENTO DE LORD KELVIN

- Fundamentação da Medição;
- Simbologia das variáveis utilizadas pela norma;
- Dimensional dos cálculos realizados;
- Dados de medição e validação;
- Avaliação das Incertezas com a validação de todos os cálculos;
- Elaboração do Balanços de Incertezas com dois objetivos principais:
 - i) exatidão de medição todas as variáveis de que o processo depende estão compatíveis com o seu limite de especificação/tolerância;
 - ii) identificação por ordem de prioridade das variáveis que devem melhorar a sua exatidão em função de uma eventual necessidade de modificação do limite de especificação/tolerância do processo.
- Avaliação da adequação dos certificados de calibração;
- Avaliação da conformidade do resultado de medição às necessidades do processo.

ECONOMIA E A METROLOGIA

CAN THE ECONOMY SURVIVE WITHOUT A NATIONAL MEASUREMENT SYSTEM?

Meeting of the Parliamentary and Scientific Committee on Tuesday 15th February 2011

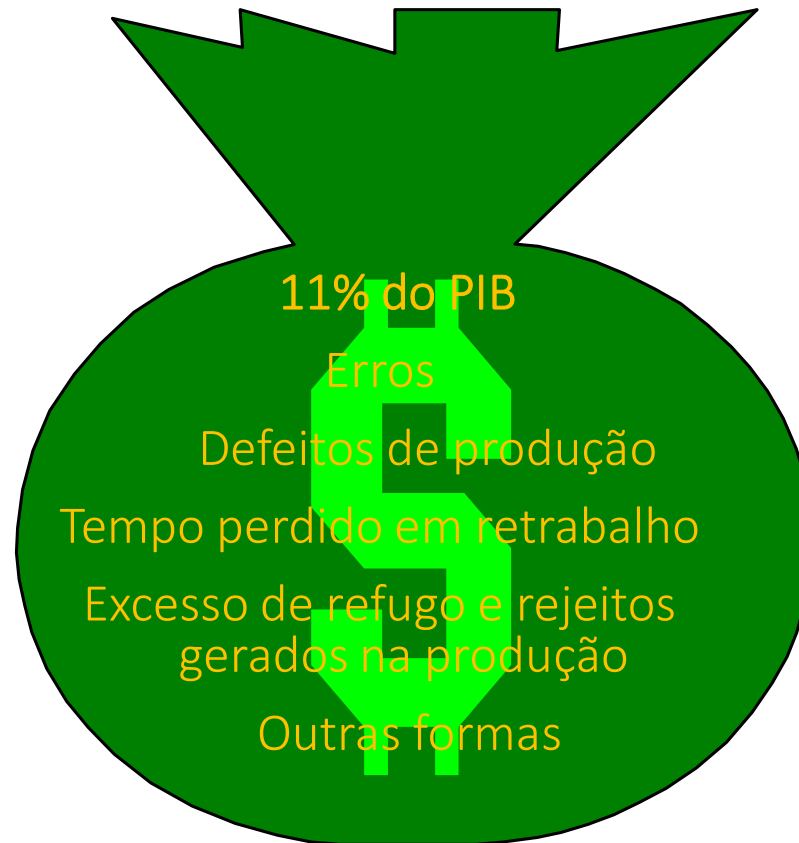
THE VALUE OF THE NATIONAL MEASUREMENT SYSTEM TO THE ECONOMY



Dr Brian R Bowsher
Managing Director of the National
Physical Laboratory, the UK's
National Measurement Institute

ECONOMIA E A METROLOGIA

Fatores metrológicos que impactam no desperdício



ECONOMIA E A METROLOGIA

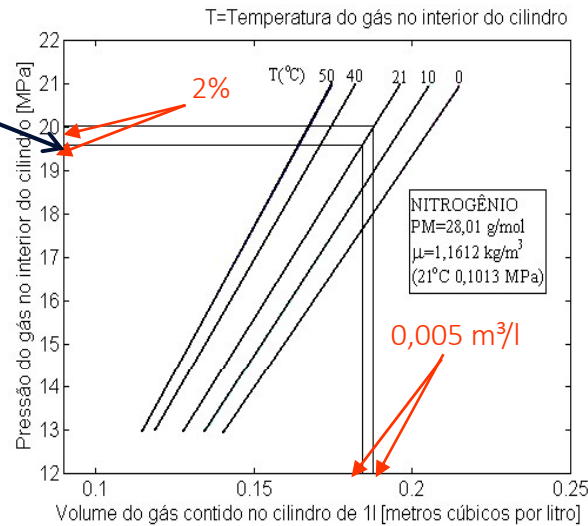
FATORES METROLÓGICOS QUE IMPACTAM NO DESPERDÍCIO

- ERRO DE MEDIÇÃO NA QUALIDADE DO PRODUTO
- INSTRUMENTAÇÃO INADEQUADA AO PROCESSO
- INCERTEZA DE MEDIÇÃO
- TOLERÂNCIA DO PROCESSO

ECONOMIA E A METROLOGIA

Fatores metrológicos que impactam no desperdício - Erro

Comercialização do gás nitrogênio



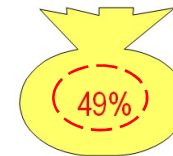
$$50 \text{ L} \times 0,005 \text{ m}^3/\text{L} = 0,25 \text{ m}^3/\text{cilindro}$$

$$0,25 \text{ m}^3/\text{cilindro} \times 1000 \text{ cilindros}/\text{dia} = 250 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$250 \text{ m}^3 \times 20 \text{ dias} = 5000 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$V(50 \text{ l}; 19 \text{ MPa}; 25^\circ\text{C}) = 10,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Número de cilindros comprometidos} = 5000 \text{ m}^3 / 10,2 \text{ m}^3 = 490 \text{ cilindros}$$

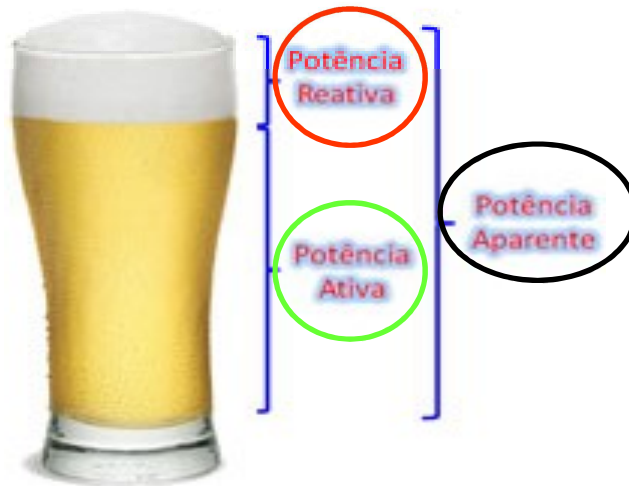


ECONOMIA E A METROLOGIA

ECONOMIA&NEGÓCIOS

Desperdício de energia chega a R\$ 16 bilhões por ano

Dos R\$ 16 bilhões de eletricidade desperdiçada, R\$ 7,3 bilhões referem-se a furtos, fraudes e **erros de medição**.



Ref: Google

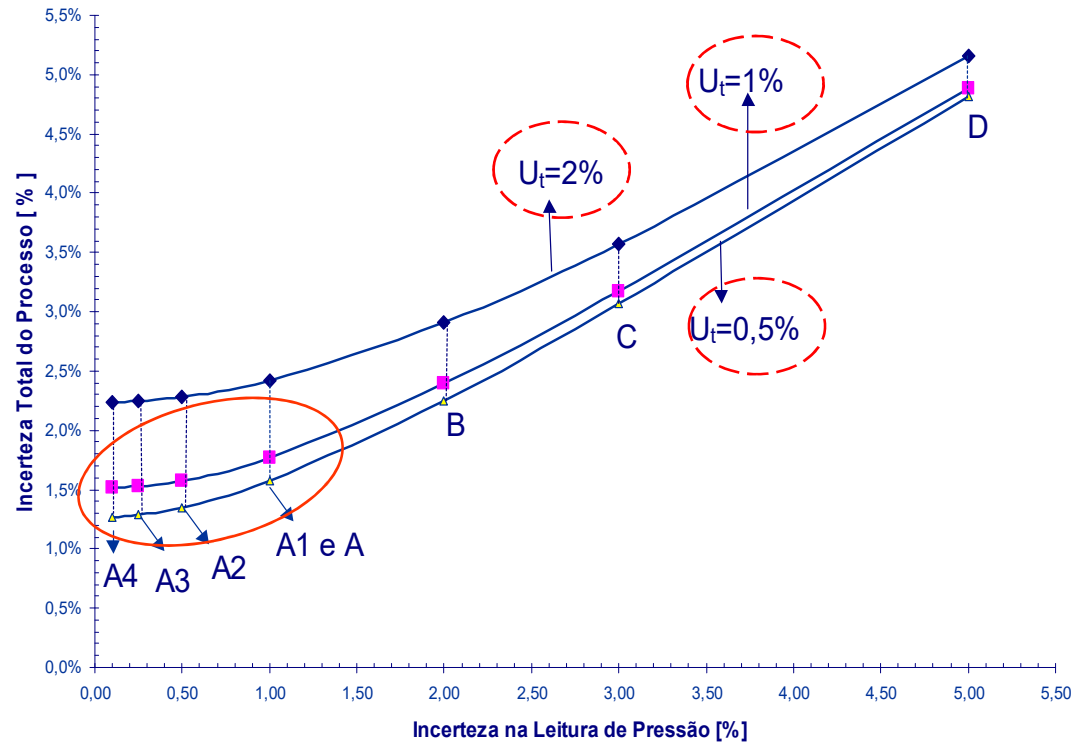
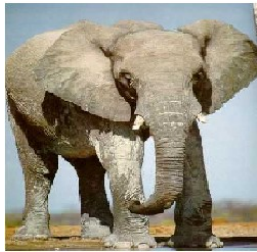


Fator de Potência	76%	
Num. Lâmpadas	200.000.000	
Num. Horas	4	h
Num. Dias	365	dias
Valor Watt/h (ANEEL 2018)	R\$ 0,564	
Valor kvarh	R\$ 0,000564	
Desperd Anual Inc	R\$ 73.410.406	
Desperd Anual Pot Reat	R\$ 394.284.397	

ECONOMIA E A METROLOGIA

Fatores metrológicos que impactam no desperdício

Instrumentação inadequada ao processo



ECONOMIA E A METROLOGIA

A importância da metrologia na Petrobrás

“..... A medição é a “caixa registradora” da Companhia, que aumenta de exatidão e exigência a cada passo que se aproxima dos pontos de entrega, onde diferenças de 0,01% são discutidas. Paulo Sérgio e Silva*; José Alberto Pinheiro da Silva Filho*; <http://www.banasqualidade.com.br/revistas/metrologianapetrobras.pdf>



Designation: D1298 – 12b

Manual of Petroleum Measurement Standards (MPMS), Chapter 9.1

Standard Test Method for Density, Relative Density, or API Gravity of Crude Petroleum and Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method¹

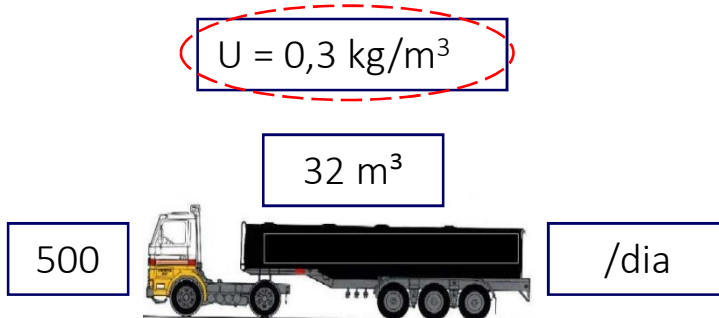


TABLE 3 Precision Values

Product: Transparent Low-viscosity Liquids

Parameter	Temperature Range, °C (°F)	Units	Repeatability	Reproducibility
Density	-2 to 24.5 (29 to 76)	kg/m ³	0.5	1.2
Relative Density	-2 to 24.5 (29 to 76)	kg/L or g/mL	0.0005	0.0012
API Gravity	(42 to 78)	°API	0.1	0.3

Product: Opaque Liquids

Parameter	Temperature Range, °C (°F)	Units	Repeatability	Reproducibility
Density	-2 to 24.5 (29 to 76)	kg/m ³	0.6	1.5
Relative Density	-2 to 24.5 (29 to 76)	kg/L or g/mL	0.0006	0.0015
API Gravity	(42 to 78)	°API	0.2	0.5

5. Significance and Use

5.1 Accurate determination of the density, relative density (specific gravity), or API gravity of petroleum and its products is necessary for the conversion of measured volumes to volumes or masses, or both, at the standard reference temperatures of 15°C or 60°F during custody transfer.



•De acordo http://pt.globalpetrolprices.com/gasoline_prices/ (14/11/2016) o preço do litro da gasolina pelo mundo é US\$ 0,98.

$$= 1\,459\,151\text{ L} \cdot 0,98 = \text{US\$ } 1\,429\,968 / \text{ano}$$

$$= \text{US\$ } 1\,429\,968 \cdot 5/3 = \text{US\$ } 2\,383\,280 / \text{ano}$$

ECONOMIA E A METROLOGIA

Laboratório deve participar das decisões dos negócios da empresa!



Ref: Google

ECONOMIA E A METROLOGIA

Fatores metrológicos que impactam no desperdício

Medição de gás natural

6.4.7. Os sistemas de medição de gás devem ser projetados, instalados e calibrados para operar dentro das seguintes incertezas de medição de vazão ou volume:

- a) Sistemas de medição fiscal incerteza máxima de **1,5%**;
- b) Sistemas de medição para transferência de custódia incerteza máxima de **1,5%**;
- c) Sistemas de medição para apropriação incerteza máxima de **2%**;
- d) Sistemas de medição para queima ou ventilação de gás natural incerteza máxima de **5%**.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural a que se refere à Resolução Conjunta ANP/INMETRO Nº. 1, de 10 de junho de 2013.

O Brasil em 2016 conforme o Boletim de Exploração de Petróleo e Gás Natural do Ministério de Minas e Energia (MME), a produção registrou 111,1 milhões de metros cúbicos por dia (MMm³/d).

$$111.100.000 \left(\frac{m^3}{\text{dia}} \right) \cdot \frac{1,5}{100} = 1.666.500 \left(\frac{m^3}{\text{dia}} \right) \cdot 30 \text{ dias} = 49.995.000 m^3$$



Região	Consumo Diário	Desperdício/Consumo
Sudeste	16.200.000	≅3
Nordeste	3.400.000	≅15
Sul	2.100.000	≅24
Norte	1.100.000	≅45,5
Centro-Oeste	892.000	≅56

Agência Brasil/Abegás - 3 de junho de 2014

ECONOMIA E A METROLOGIA



Formulário Nacional
Da Farmacopeia Brasileira

2ª edição - Revisão 02

2012

Estabilidade química

Para que um produto tenha estabilidade química, cada fármaco nele contido deve manter integridade química e potencia declarada dentro dos limites especificados. A perda da estabilidade química pode ser determinada por fatores intrínsecos e extrínsecos e levar à alteração na concentração do princípio ativo, acarretando na diminuição da dose destinada ao paciente. Adicionalmente, produtos de decomposição podem apresentar alta toxicidade, trazendo riscos ao paciente. O limite geralmente aceito para a decomposição química dos produtos farmacêuticos é de, no máximo, 10%, desde que os produtos de decomposição estejam seguramente identificados e seus efeitos sejam previamente conhecidos. Em geral, os produtos farmacêuticos devem conter de 90 a 110% do princípio ativo declarado no rótulo.



Medicamento	Quantidade Comprada (Farmácia Popular)
Losartana Potássica 50 mg	3.962.471.971

$$50 \text{ mg} \times 10/100 = 5 \text{ mg/comprimido}$$

$$5,0 \text{ mg/comprimido} \times 3.962.471.971 \text{ comprimidos} = 19.812.359.855 \text{ mg}$$

$$\text{Número de comprimidos de 50 mg} = \frac{19.812.359.855 \text{ mg}}{50 \text{ mg}} = 396.247.197 \text{ comprimidos}$$

$$\text{Número de caixas com 30 comprimidos} = 13.208.240 \text{ caixas}$$

ECONOMIA E A METROLOGIA

Definição da tolerância de uma norma!



Infraestrutura metrológica adequada a cada campo específico !



Figura: Ref: Google

METROLOGIA NA ÁREA DA SAÚDE

CHAPTER SIX

Uncertainty in Measurement: Procedures for Determining Uncertainty With Application to Clinical Laboratory Calculations

Robert B. Frenkel^{1,2,*}, Ian Farrance[†]

^{*}96 Shirley Rd, Roseville, NSW, Australia

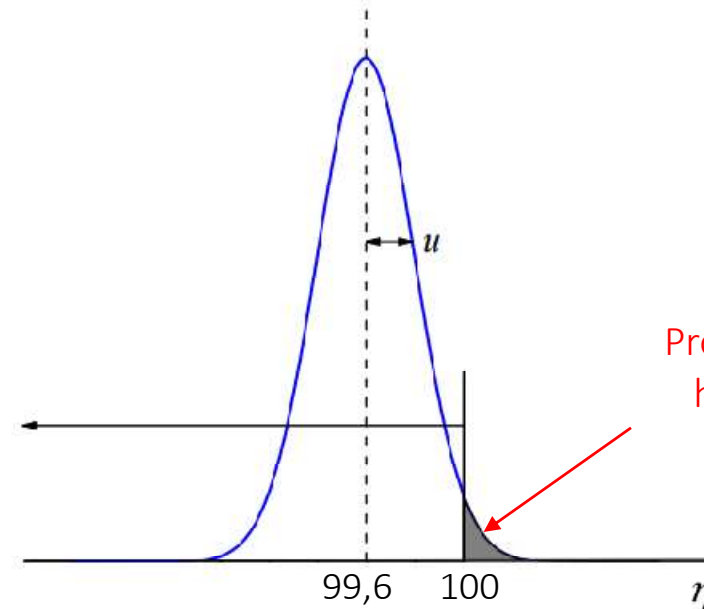
[†]Discipline of Laboratory Medicine, School of Health and Biomedical Sciences, RMIT University, Bundoora, VIC, Australia

[‡]Corresponding author: e-mail address: frenkelfamily@hotmail.com



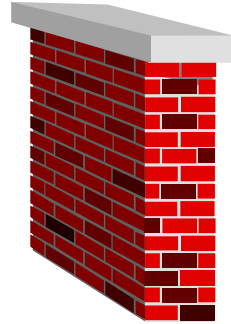
Ref: Google

99,6 mg/dL \pm 1,0 mg/dL



METROLOGIA – BARREIRA COMERCIAL

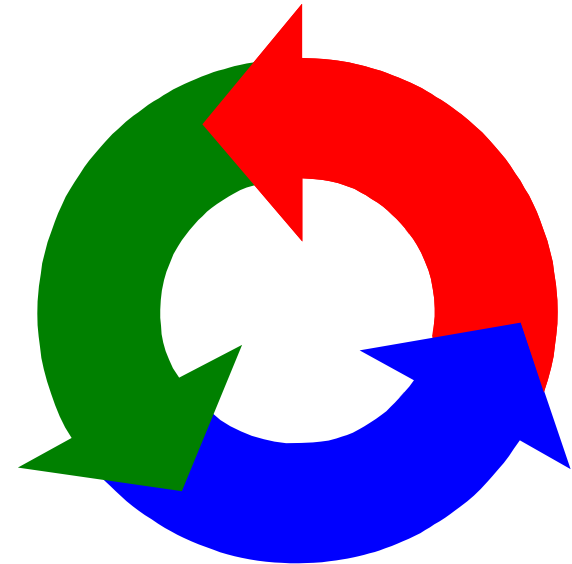
- A METROLOGIA COMO UMA



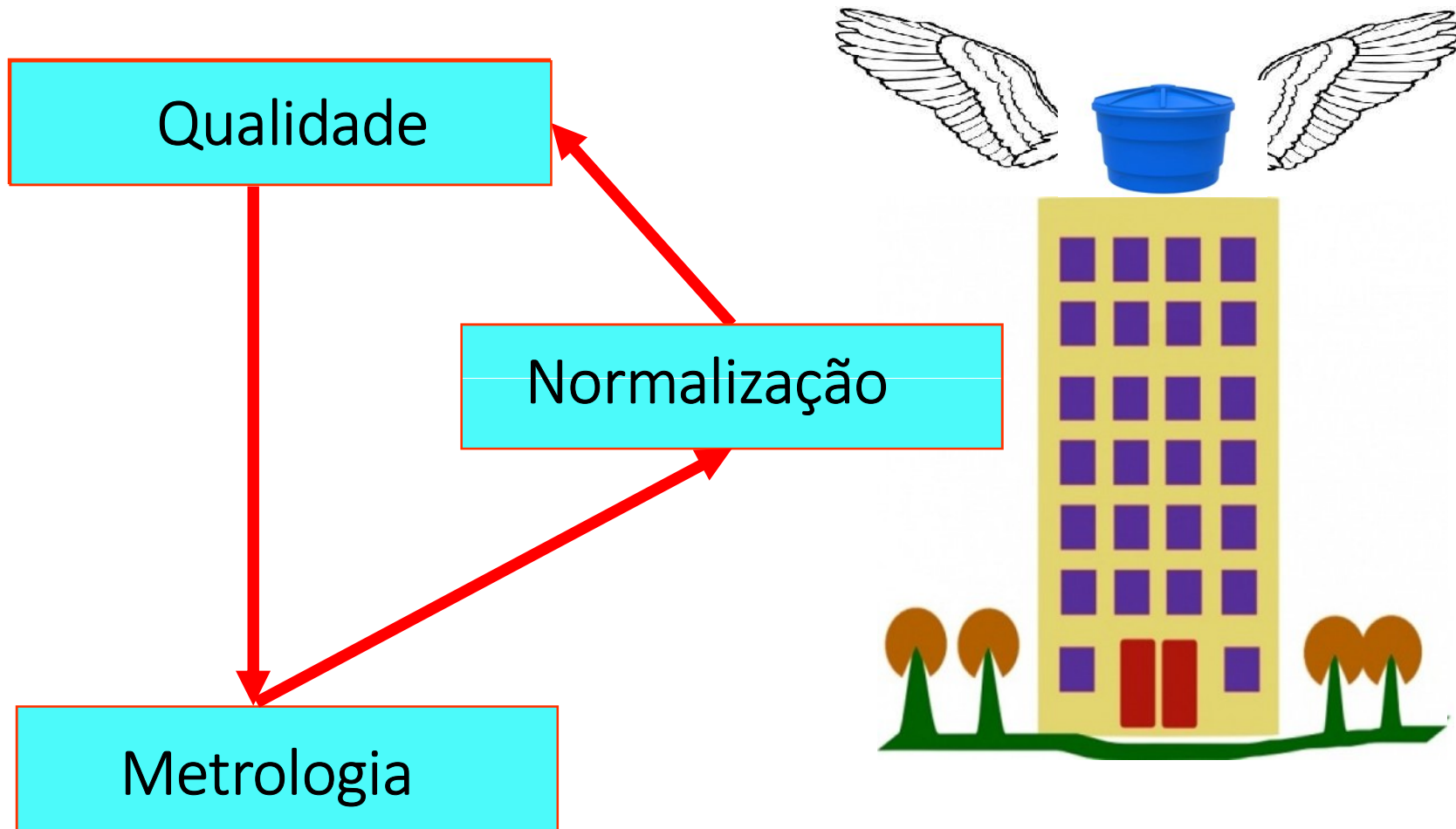
BARREIRA COMERCIAL

- A METROLOGIA NO CICLO DA ISO 9000

- Aquisição e controle da matéria prima.
- Controle de processo.
- Características do produto final.



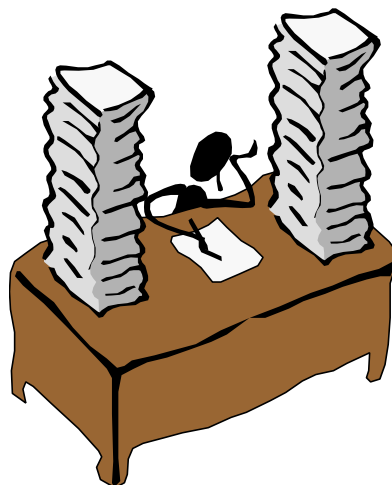
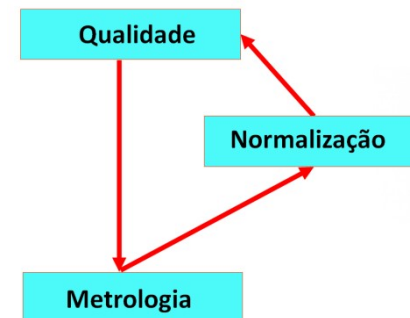
METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE



GRUPOS DE USUÁRIOS DE UM LABORATÓRIO DE METROLOGIA



METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE

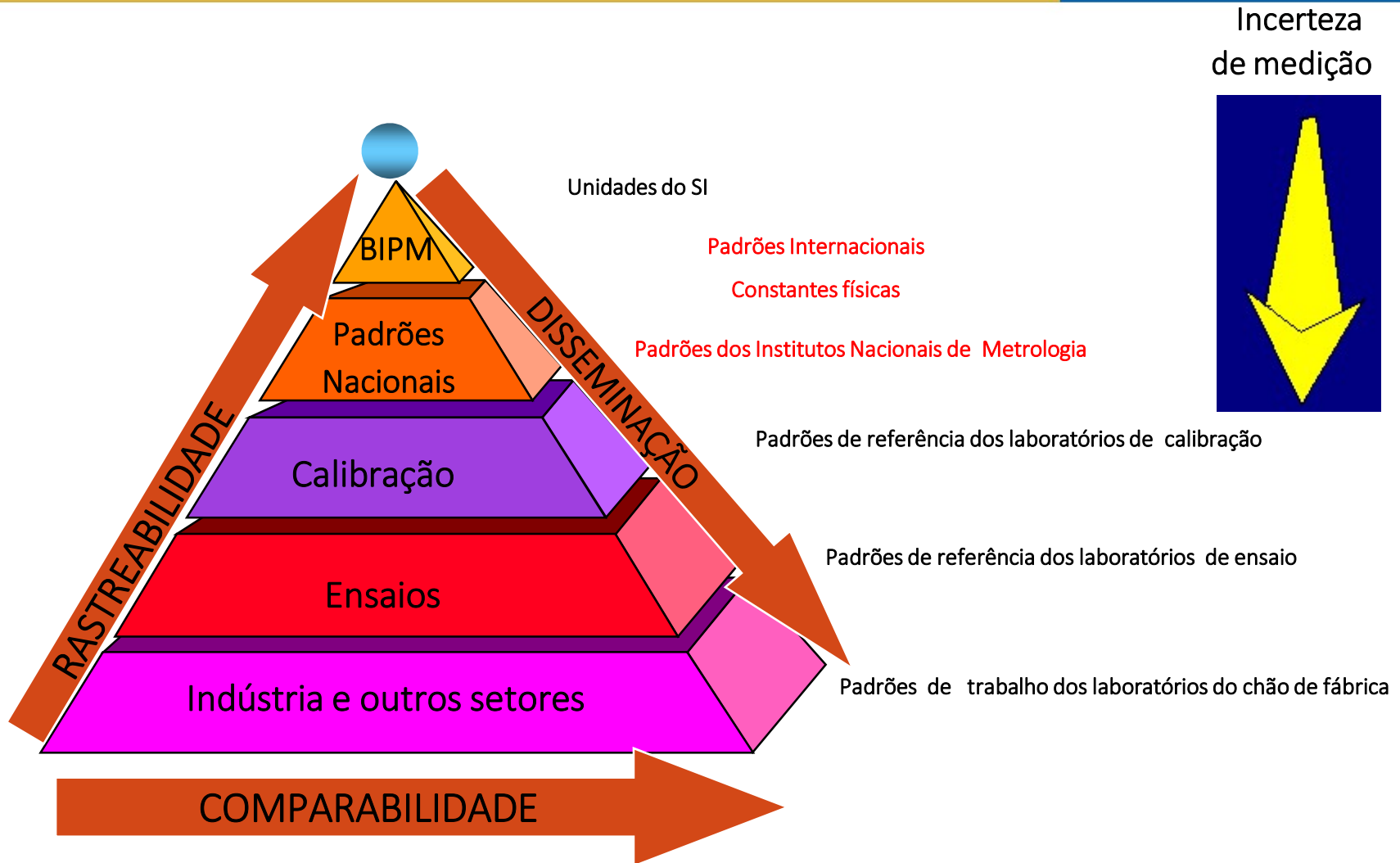


CERTIFICADOS PARA O AUDITOR



METROLOGIA ???

HIERARQUIA DO SISTEMA METROLÓGICO



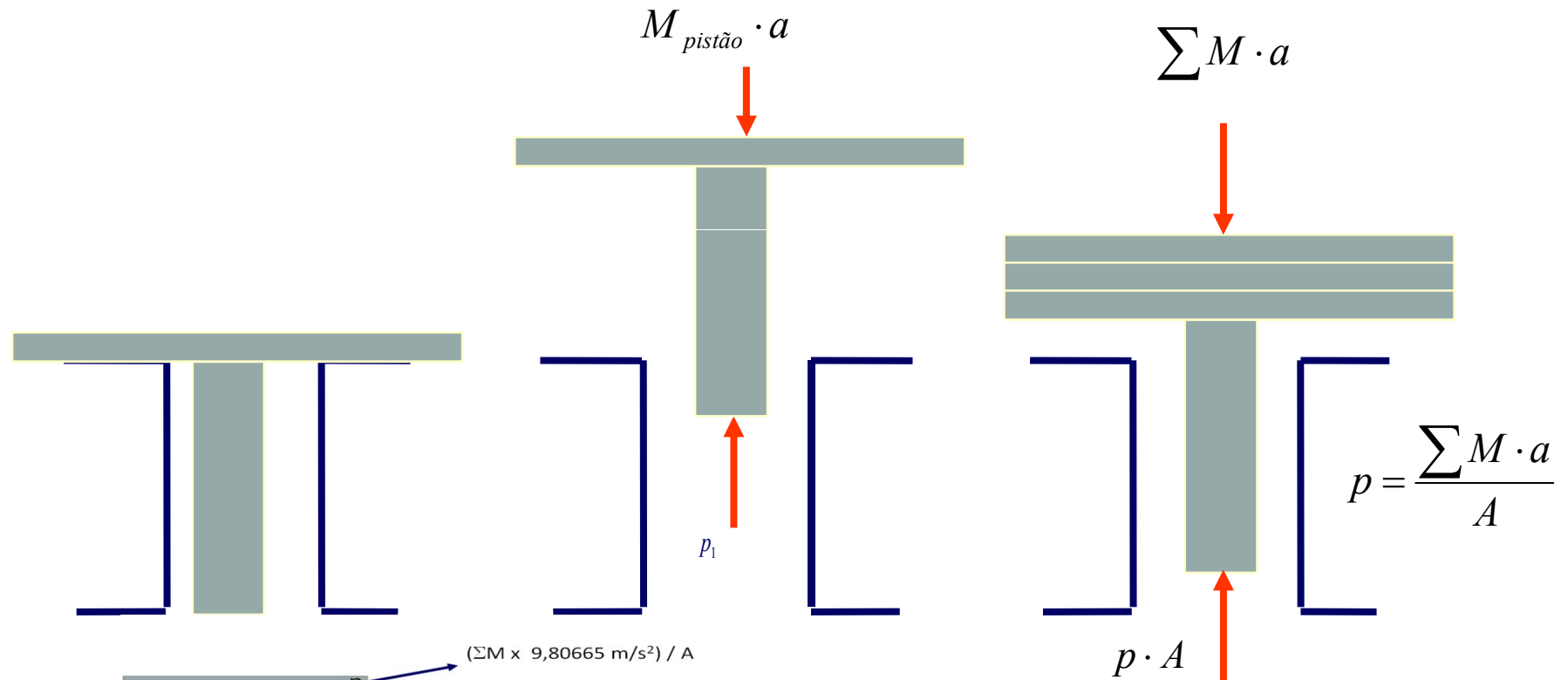
REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC)

2.41 (6.10)

VIM -2012

rastreabilidade metrológica

Propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode estar relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.



$$(\sum M \times 9,80665 \text{ m/s}^2) / A$$

$$(\sum M \times 9,787487 \text{ m/s}^2) / A$$

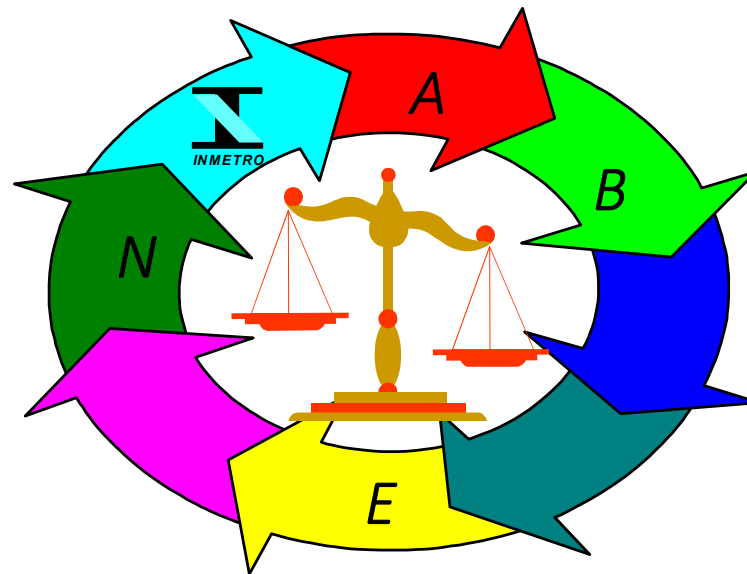
local

$$\Delta P\% = (1 - 9,787487 / 9,80665) \times 100 \cong 0,2\%$$

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC) E DE ENSAIOS (RBLE)

Exigências para a acreditação

- Visitas periódicas de avaliação.
- Participação nas intercomparações laboratoriais.



REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC) E DE ENSAIOS (RBLE)

Exigências para a acreditação

Importância das intercomparações

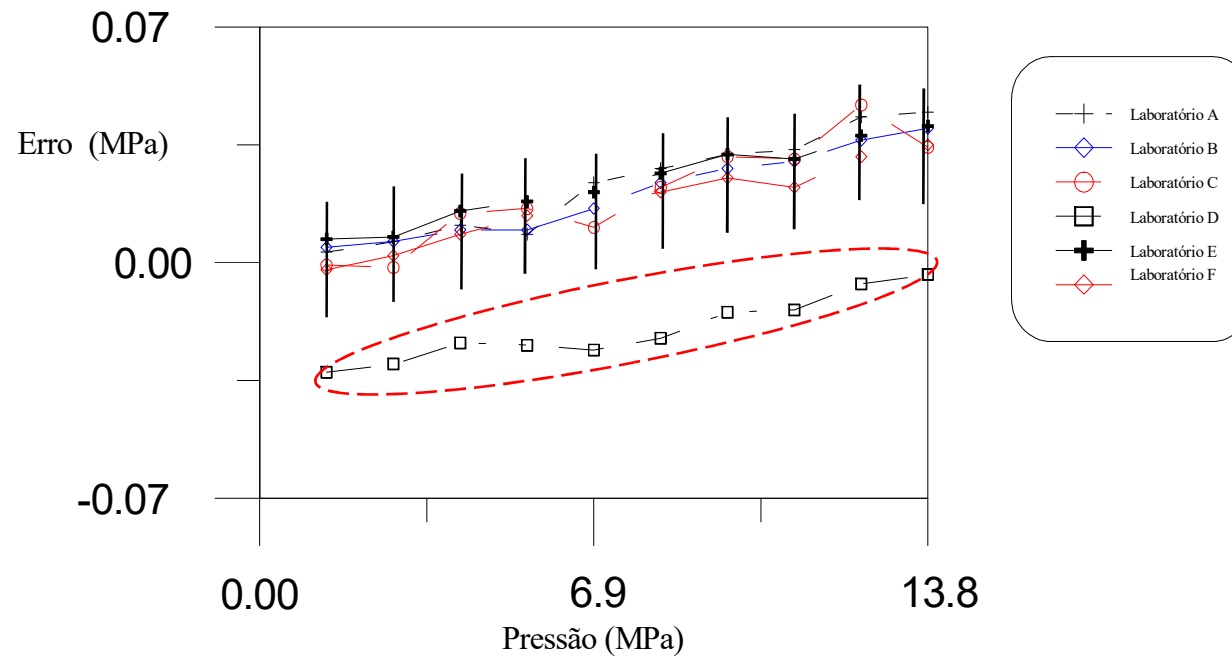


Gráfico A : Erro x Pressão (MPa)

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO (RBC) E DE ENSAIOS (RBLE)

Exigências para a acreditação

Importância das intercomparações

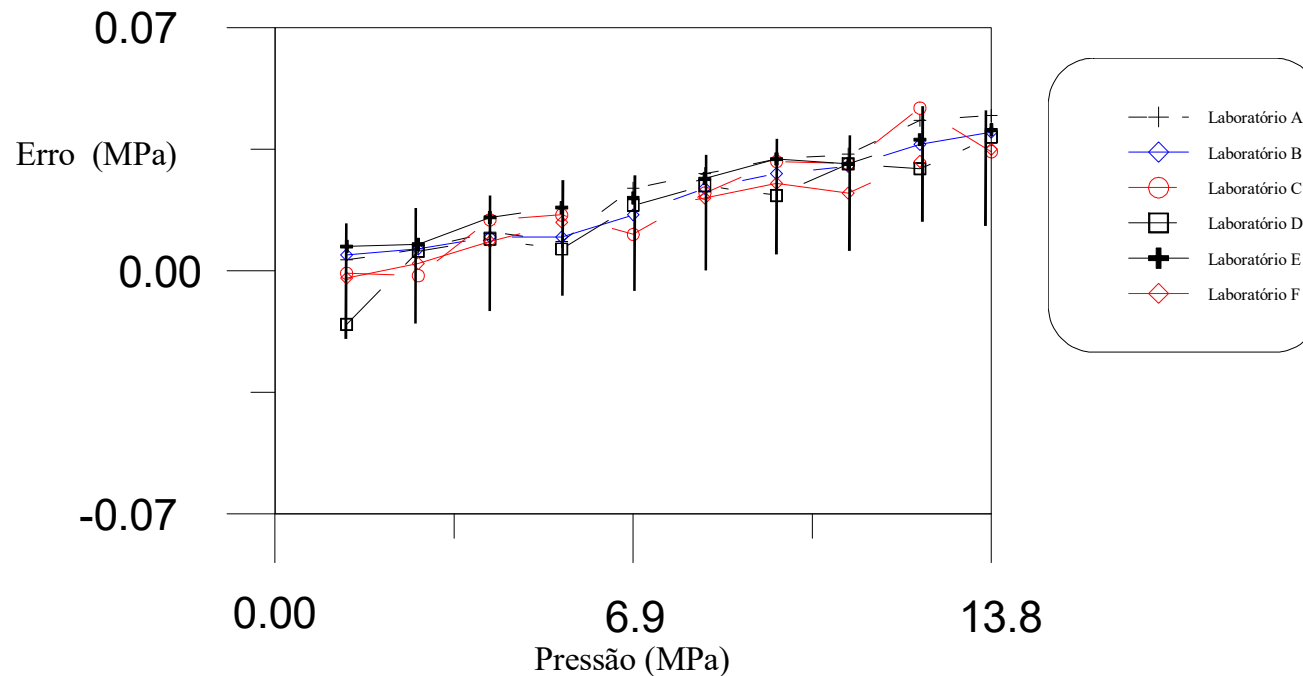


Gráfico B : Erro x Pressão (MPa)

O VALOR SOCIAL DA METROLOGIA

Metodologia utilizada

O estudo de caso apresentado é o valor social de um laboratório público de calibração que englobou as seguintes atividades:

- rastreabilidade;
- suporte metrológico às Redes Brasileiras de Calibração e de Ensaios (RBC e RBLE);
- disseminação do conhecimento.

Síntese do valor social do laboratório (05 técnicos) no período de 03 anos.

Indicador	Valor Social	
	US\$	%
Rastreabilidade dos padrões	210 657,86	15
Suporte metrológico RBC/RBLE	1 132 698,87	83
Disseminação do conhecimento	26 925,09	2
Total	1 370 281,82	

Em todos os cálculos apresentados considerou-se 1 US\$ = R\$ 3,314, cuja cotação é de 20 de junho de 2017.

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

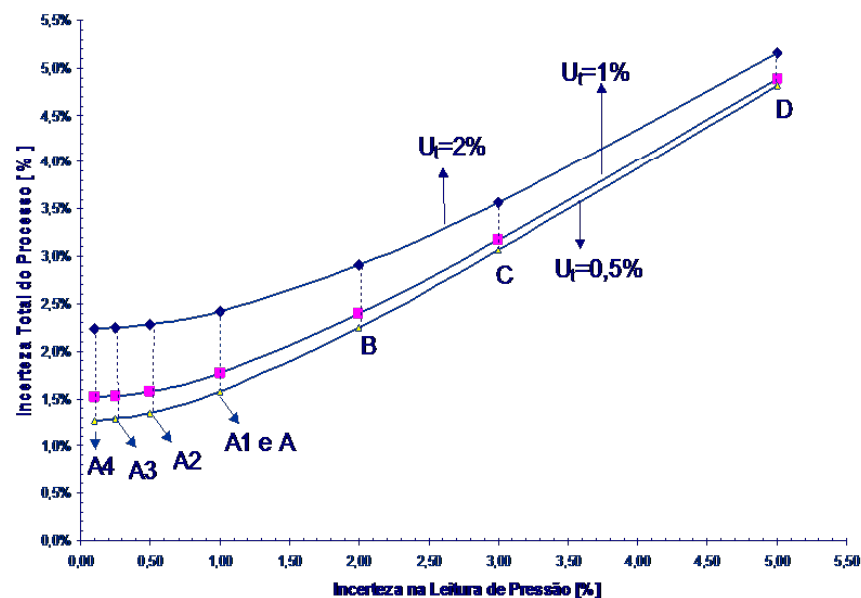
- A Metrologia é a base para a Normalização e a Qualidade.
- A Metrologia é uma das ferramentas para o exercício da cidadania.
- As missões desenvolvidas pela Metrologia são importantes para apoiar as decisões técnicas das agências reguladoras.
- De acordo com as discussões apresentadas, o fator metrológico é responsável por grande parte dos prejuízos ocasionados pelo desperdício.
- Os fatores metrológicos que impactam no desperdício do produto interno bruto (PIB) são:
 - a) Erro x Produto;
 - b) Instrumentação inadequada a processo de medição;
 - c) Qualidade do produto;
 - d) Incerteza de Medição e tolerância de uma norma.

CONCLUSÕES

- A maioria das normas são obsoletas em relação ao ISO GUM 2008, deste modo muitas delas deverão ser revisadas baseadas no ISO GUM 2008, retratando a realidade da competência laboratorial instalada em um campo específico.
- O desperdício ocasionado pela incerteza do resultado de medição ou a tolerância da norma ASTM D 1298-2b na medição da densidade de uma gasolina justifica:
 - a) o investimento de recursos para o desenvolvimento de um densímetro de melhor qualidade metrológica;
 - b) a revisão da norma ASTM D 1298-2b tendo como base as informações do ISO GUM 2008.

CONCLUSÕES

- O ISO GUM 2008 além de harmonizar o cálculo da avaliação da incerteza de um resultado de medição, se estabelece também como um gerenciador técnico de um processo de medição.



CONCLUSÕES

- Após a avaliação de uma incerteza de medição deve-se sempre interpretar o seu valor objetivando analisar :
 - a) o aspecto custo/benefício;
 - b) a adequação à tolerância de uma norma específica;
 - c) as prioridades de um processo específico de medição.
- Somente a Rastreabilidade de uma medição não garante a sua Confiabilidade Metrológica.

CONCLUSÕES

- A Metrologia Científica é a base para a existência do mútuo reconhecimento entre sistemas metrológicos, ferramenta indispensável para existência do mercado globalizado sem barreiras técnicas.
- Os blocos econômicos devem exercer esforços para a harmonização de seus sistemas metrológicos, em atendimento à dinâmica de um mercado cada vez globalizado.
- *A metrologia avançou muito nas áreas científica e industrial, mas, apesar da óbvia importância, sua aplicação é ainda incipiente na área da saúde.*
- A participação frequente de um laboratório em comparações é importante, porque é a forma continuada do laboratório ratificar a qualidade dos seus resultados de medição.

CONCLUSÕES

- Um Laboratório Nacional de Metrologia é uma das necessidades básicas para a sobrevivência da economia de um país, seja ele desenvolvido, em desenvolvimento ou subdesenvolvido.
- São justificados os recursos financeiros aplicados por um país, objetivando a criação e manutenção de um laboratório nacional de metrologia;
- Todas as instituições públicas/empresas privadas devem ter como política a contabilização de seus Valores Sociais, de forma que, com isso, sejam justificadas suas respectivas importâncias para a sociedade/negócio, assim como o aporte financeiro para o cumprimento de suas missões;
- A formação profissional alinhada aos diferenciais de empregabilidade e com os conceitos de Metrologia, Normalização e Qualidade, certamente são as bases para a implantação/implementação da Ciência, Tecnologia e Inovação do País.

CONCLUSÕES

“UM LABORATÓRIO DE METROLOGIA DINÂMICO, É UMA CÉLULA IMPORTANTE (VITAL) PARA QUALQUER INDÚSTRIA QUE QUEIRA PRODUZIR COM UMA QUALIDADE ADEQUADA.

O LABORATÓRIO QUE AGE DESSA FORMA, CERTAMENTE TORNA-SE UMA FERRAMENTA MUITO PODEROSA PARA A TOMADA DECISÃO DOS NEGÓCIOS DE QUALQUER EMPRESA ”

Paulo R. G. Couto

TEOREMA DAS INCERTEZAS

“ Sempre há o que aprender...Ouvindo...Vivendo ...e sobretudo Trabalhando.
Mas só aprende, quem se dispõe a rever suas CERTEZAS”.

Darcy Ribeiro

Contato:

- Paulo Roberto Guimarães Couto – plrcouto@yahoo.com.br
- Jailton C Damasceno - jcdamasceno@outlook.com