



# Metrologia, “valor” *(asset)* comum a cadeias de valor e de abastecimento?

**Metrologia Científica na I&D e Inovação**

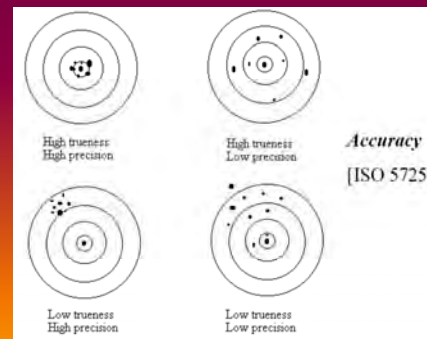
Instituto Português da Qualidade (IPQ)

*4 de Dezembro de 2012*

**José Manuel Rebordão**

**“ACCURATE MEASUREMENT IS AT THE HEART OF PHYSICS, AND IN MY EXPERIENCE NEW PHYSICS BEGINS AT THE NEXT DECIMAL PLACE”**

Steve Chu, Stanford, Nobel Prize Laureate, 1997

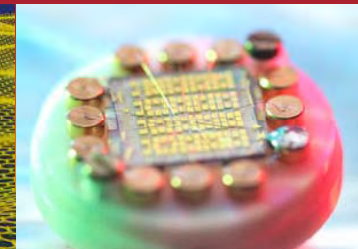
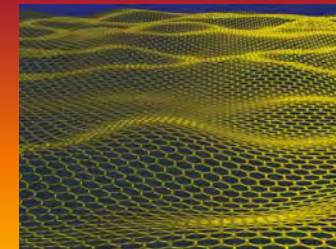
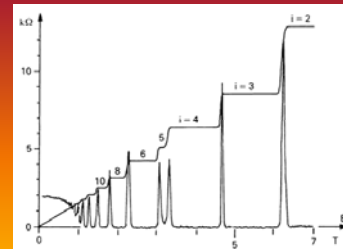
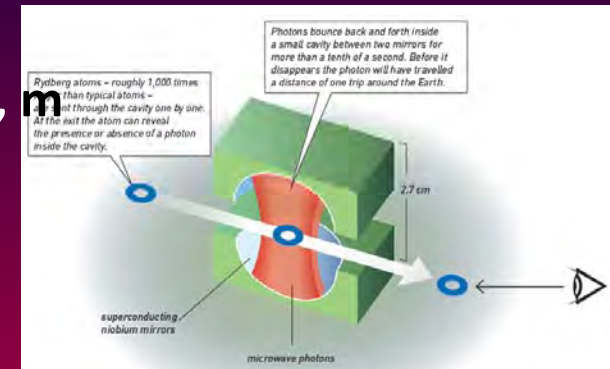
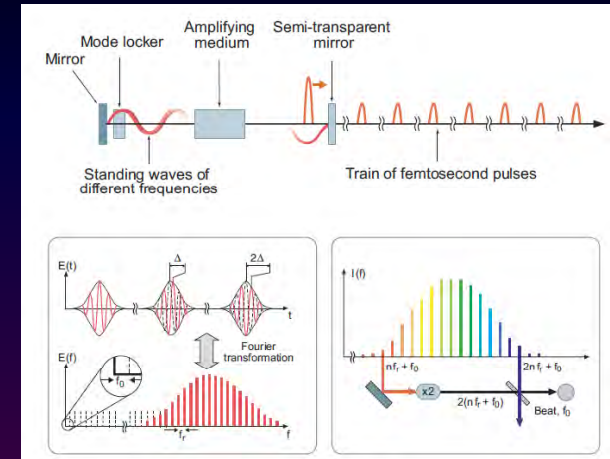


# Metrologia – factos...

- A Metrologia (pesos e medidas) representa actualmente **6%** do PIB europeu, influenciando
  - Vida pública e privada, economia, saúde, segurança, qualidade de vida...
- De um passado orientado para as grandezas **físicas** (t, m, s, kg, K, cd, A, mol) assistimos à emergência de necessidades em:
  - **Biologia, química**
  - **Biotecnologias**
  - **Nanotecnologias**
  - ...
- A sofisticação do conhecimento científico e tecnológico necessário à metrologia aumentou:
  - **A metrologia científica gera (e beneficia) de prémios Nobel** ... → ...

# Metrologia e o Nobel

- **1972**, Bardeen, ..., **Supercondutividade**, A
- **1973**, Esaki, ..., **Efeito túnel em sólidos**, A
- **1981**, Bloembergen, ..., **Espectroscopia laser**, m
- **1985**, von Klitzing, **Efeito de Hall quântico**, A
- **1989**, Ramsey, .., **Espectroscopia atômica de precisão**, s
- **1997**, Chu, ..., **Arrefecimento de átomos**, s
- **1998**, Laughlin, Störmer, Tsui, **Efeito de Hall quântico**, A
- **2005**, Glauber, Hall (NIST), Hänsch: **Pentes de frequência**, m
- **2010** , Geim, Novoselov, **Grafeno**, ?
- **2012**, Haroche, Wineland (NIST), **Átomos individuais**, s



# A metrologia científica é uma área:

- **Multi-disciplinar**, na sua essência:
  - Alimenta-se das ciências básicas (física)
  - Aplica-se relacionando as medidas de todas as quantidades entre si
    - Cadeias de rastreabilidade
    - Relação directa com as constantes fundamentais, dispensando artefactos
- De **interface** entre conhecimento fundamental, tecnologia, engenharia, serviço
- De **cooperação** internacional (EURAMET / EMRP / NMI's, ...)
- De **responsabilização** decorrente:
  - Da necessidade de garantir necessidades operacionais, permanentes
  - Da posse do conhecimento
    - científico, tecnológico e técnico, sofisticados,
    - disperso por **UNIVERSIDADES, INSTITUTOS, EMPRESAS**
- De funcionamento em **rede**

# A metrologia científica – valores

## ➤ Materiais

- Fundamenta a pirâmide metrológica
- Está na base de 6% do PIB europeu
- Condição necessária para o comércio internacional
- Como ligação entre a ciência fundamental e as necessidades da sociedade, a rastreabilidade metrológica constitui uma infraestrutura tecnológica essencial da sociedade moderna

## ➤ Imateriais

- *Drive* para a I&D científica e tecnológica
- Estratégia e autonomia nacional (sempre confinada...)
- Factor de organização do SCTN em torno de necessidades nacionais (actuais e futuras) em torno da
  - Metrologia
  - Qualidade

# A metrologia científica – ‘dúvidas’. Será ...

- Necessária para a metrologia **aplicada e legal** em Portugal?
- Necessário manter a realização dos **padrões nacionais** das unidades de medida?
- Um elemento importante da estratégia **científica** nacional?
  - Prioridades
  - Investimento
  - Desenvolvimento de instrumentação
  - Formação de quadros
- Temática transversal / societal relevante para as **estratégias de inovação**, multi-disciplinaridade e criação de nichos / mercados de oportunidade?

# Pirâmide metrológica

(→ Supply Chain / Extended Enterprise)

➤ A **visão** que formata os espíritos em Portugal é:

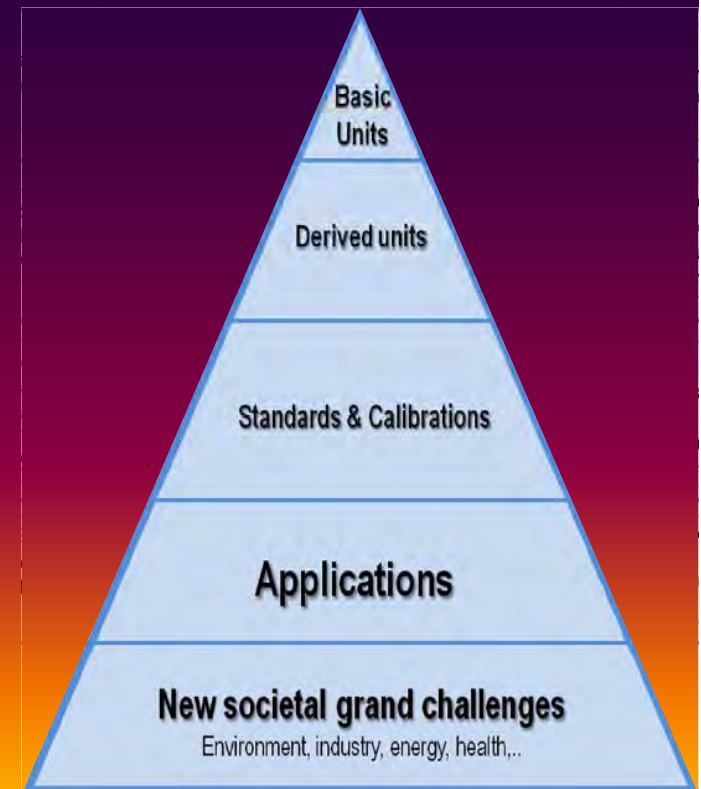
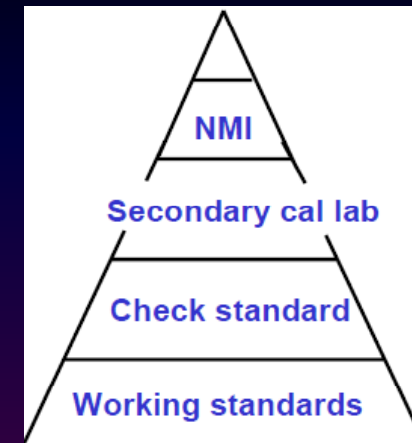
**Metrologia científica → aplicada → legal**

- É apenas a parte funcional / institucional da cadeia
- Não responde facilmente às dúvidas (Será ...?)
- Não integra facilmente os **desafios** decorrentes da nova pirâmide metrológica, ... →

➤ **Uma cadeia de abastecimento** envolvendo:

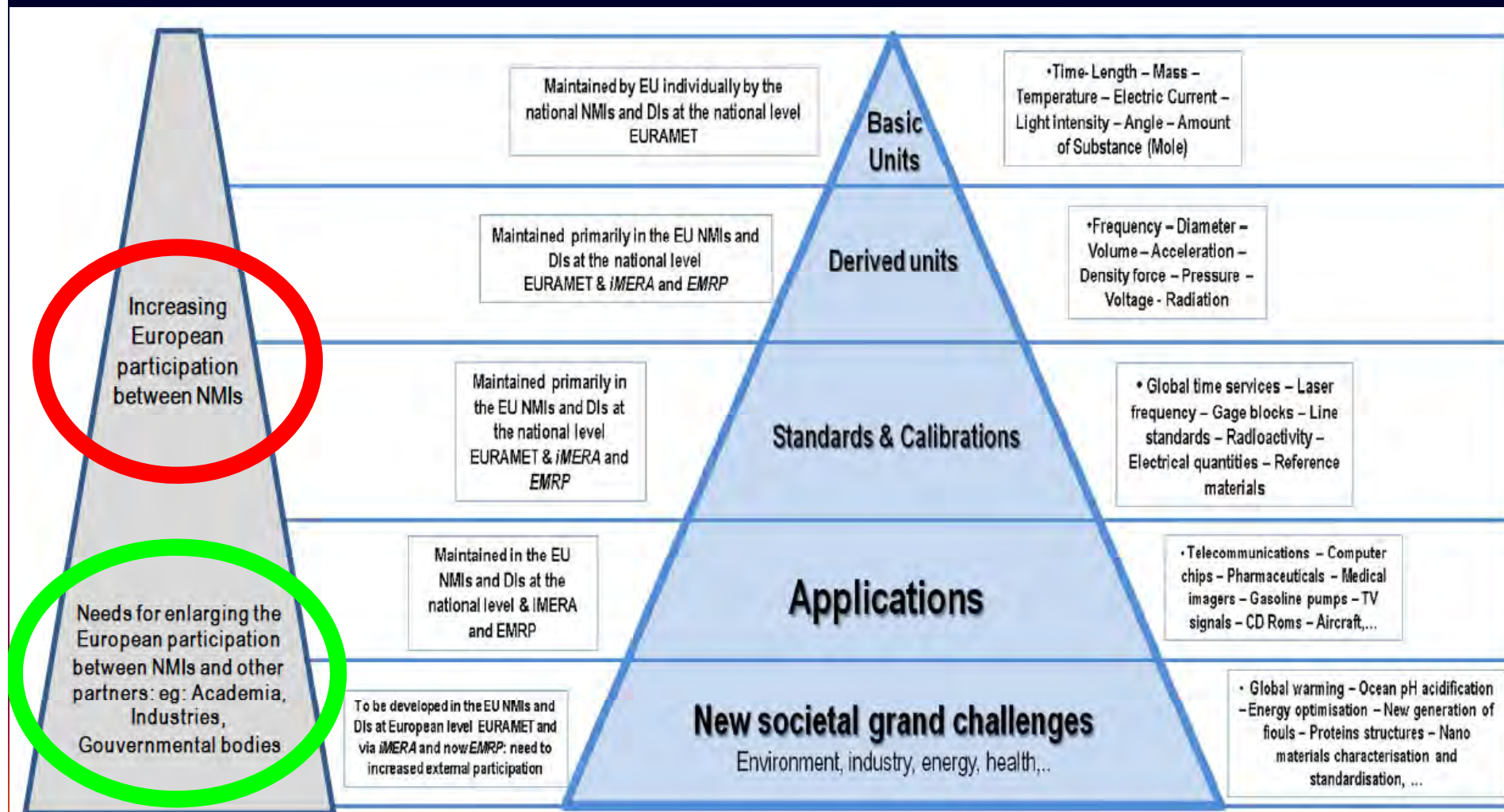
- Sectores da economia, clientes
- Uma **indústria de instrumentação** ancorada no conhecimento científico e em instituições de I&D
- O sentido de resolução de desafios sociais do século XXI
- Uma cultura sólida da comunidade científica na “arte de bem medir”:

- Rastreabilidade, calibração
- Validação dos procedimentos e estimativas metrológicas





# Metrologia actual – hierarquia de actividades



**Interim Evaluation of the European Metrology Research Programme (ERMP), 2012**

Dos padrões primários (física) e métodos de calibração, às **aplicações** em benefício da indústria, comércio e da sociedade

**Metrologia:**  
*enabling technology*  
para necessidades sociais emergentes: **transcendem as capacidades dos NMI's !**

### Basic Units

- Time - Length - Mass - Temperature - Electric Current - Light intensity - Angle - Amount of Substance (Mole)

### Derived units

- Frequency - Diameter - Volume - Acceleration - Density force - Pressure - Voltage - Radiation

### Standards & Calibrations

- Global time services - Laser frequency - Gage blocks - Line standards - Radioactivity - Electrical quantities - Reference materials

### Applications

- Telecommunications - Computer chips - Pharmaceuticals - Medical imagers - Gasoline pumps - TV signals - CD Roms - Aircraft,...

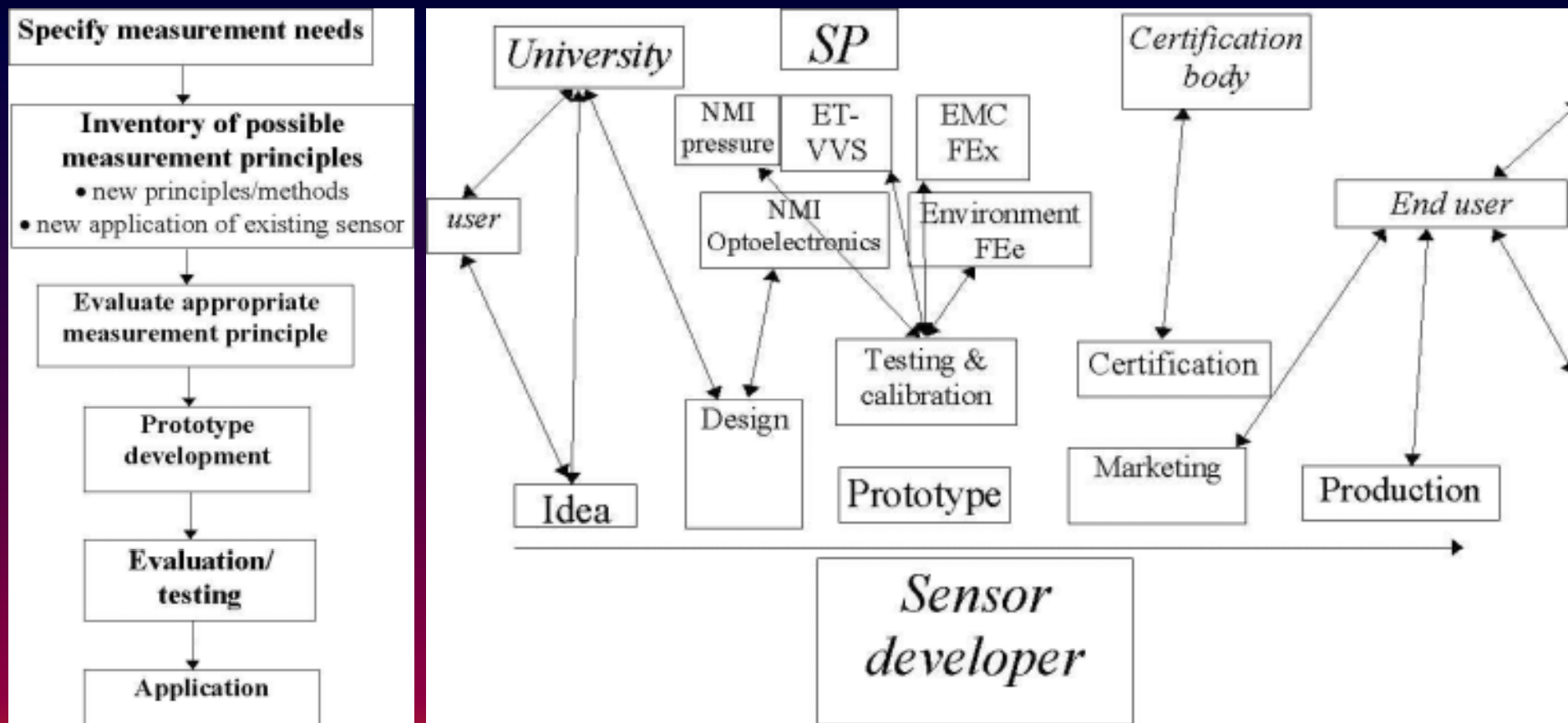
### New societal grand challenges

Environment, industry, energy, health,...

- Global warming - Ocean pH acidification - Energy optimisation - New generation of fiouls - Proteins structures - Nano materials characterisation and standardisation, ...

# Sensores → Sistemas de sensores → Instrumentação

## Cadeia de desenvolvimento & Rede de desenvolvimento



Pendrill L., Research network for applied sensor development and measurement, SP Report, 2000 :12 (Sweden) →...



# Desafios para a rastreabilidade metrológica

## A. Implementation of measurement systems

- Extended measurement areas and measurement quality
- Extended scales (pico, ( $10^{-12}$ ) to tera ( $10^{12}$ )) ←
- On-line, dynamic measurements ←
- Several simultaneous parameters ←

## B. Development of measurement systems

- Sensor development
- Fundamental science (nanophysics, microwave photonics, surface chemistry, etc) ←
- Networking of measurement sensors ←

## C. Measurement knowledge transfer

- Industrial metrology training
- Industrial measurement needs and applications
- University measurement education
- Mobility of national metrologists

# Os “Grandes Desafios” (EMRP, ...)

**Energia, Ambiente, Saúde, Novas Tecnologias (bio-, nano-)**

- **Ambiente e química da atmosfera**
  - Quantidades ínfimas
  - Coerência dos dados ao longo do tempo
- **Alimentar**
  - Segurança Alimentar
  - OGM
- **Nano-ciências / tecnologias**
  - Nanoelectrónica
  - Química à escala nano
  - Nanopartículas
  - Nano-dosimetria
- **Grandezas biológicas** (não há ainda grandezas no SI...)
  - Materiais de referência
  - Doping
  - Quantidades fisiológicas

# Cadeias ... Conceitos úteis ?

## ➤ Value chain

## ➤ Supply chain

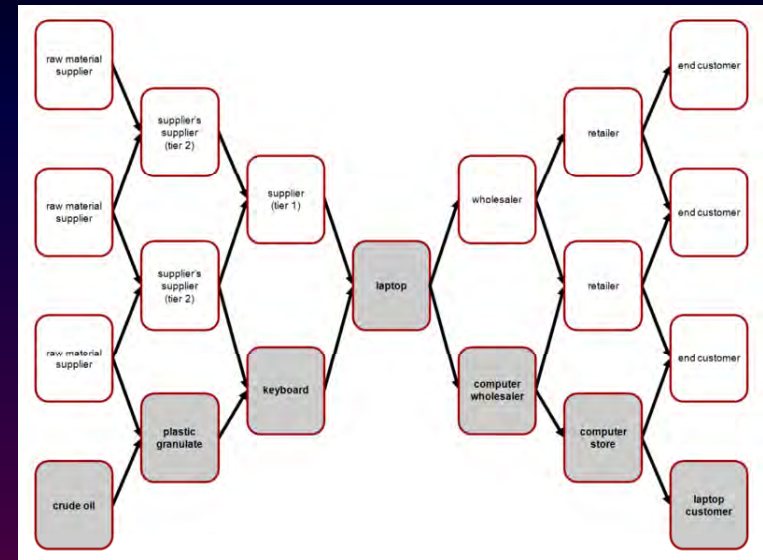
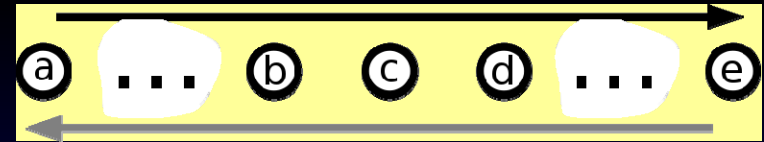
- Link value chains.
- Manages & coordinates the movement of materials, information and funds across the supply chain. Bi-directional flows.
- System of organizations, people, technology, activities, information and resources involved in moving a product or service from suppliers to costumers.
- Transform natural resources, raw materials and components into a finished product that is delivered to the end customer.

## ➤ Questões relevantes:

- **Distribution Network Configuration**
- **Distribution Strategy:** Questions of operating control (centralized, decentralized or shared);
- **Trade-Offs in Logistical Activities:** Good coordination to minimize the lowest total logistics cost.
- **Information:** Integration of processes through the supply chain to share valuable information;
- **Inventory Management:** Quantity and location of inventory → capacities, reference materials, ...
- **Cash-Flow:** Methodologies for exchanging funds within the chain.

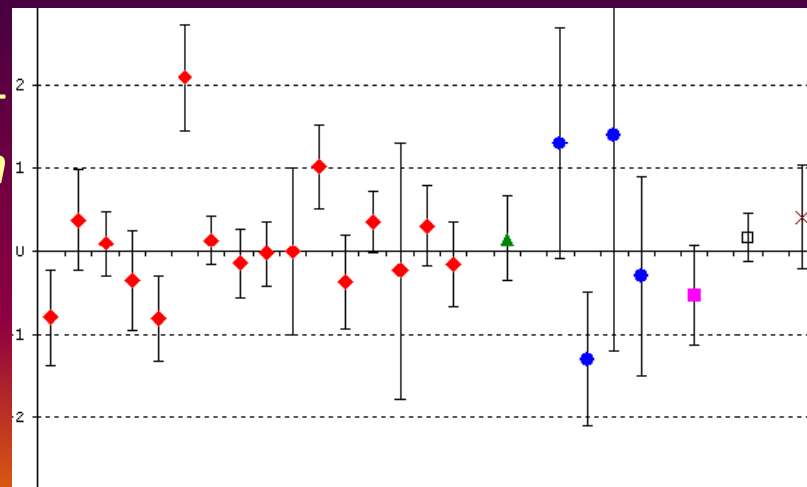
## ➤ Extended enterprise

Loosely coupled, self-organizing network of firms that combine their economic output to provide products and services to the market. Members may operate independently (market mechanisms) or cooperatively (agreements and contracts).



# Portanto, não esquecendo que:

- A metrologia cria / melhora / determina as condições do comércio internacional e representa **~6%** do PIB europeu
- Os padrões que ainda não existem ... **virão a existir...**
  - Os países (empresas) que se sintam à vontade com os novos padrões terão vantagens competitivas, não tendo de suportar os custos (e o tempo) de adaptação ou transformação de processos.
- A inserção de uma medida feita por um laboratório nacional em *Key Comparisons* – sobre os quais os MRA (*Mutual Recognition Agreement*) estão constituídos - **é um sinal de maturidade tecnológica e de alinhamento da indústria nacional com os padrões de qualidade mais exigentes.**



# É necessário fazer:

- Redefinir o **Sistema** ... conceptualizá-lo e quantificá-lo como uma **cadeia**
    - Identificar os intervenientes nacionais e dar-lhes **o estatuto de pertença a uma rede** / cadeia / *extended enterprise*
      - **Oportunidade perdida:** *Consórcios de I&D, 2009 – recuperar o tempo !*
    - Dar liderança efectiva a tal rede / cadeia
    - Transparência, visibilidade, circuitos de informação útil
  - Evidenciar a **metrologia** no relacionamento entre Ciência e Economia:
    - Polarizar áreas de formação avançada ...
    - “Vender” a área da “Metrologia”
      - **Investigadores** - perspectiva do empreendedorismo de base científica
      - **Sociedade** - fazer emergir necessidades, desafios e oportunidades de negócio
  - Seguir o que está a acontecer no âmbito do **Horizon 2020**, no contexto EURAMET / EMRP → **EMPIR** (European Metrology Programme for Innovation and Research)
  - Reflectir, à escala **nacional**, nas recomendações do painel de avaliação do EMRP
- .... → ....



# EURAMET – EMRP – Avaliação 2012

## European Metrology Research Programme

- O Relatório é claro, nas **vantagens** e nas **dificuldades**. Para os membros de menor recursos é particularmente relevante:
  - Interação com a comunidade científica, sobretudo nos Grandes Desafios
    - Energia, Ambiente, Saúde, Novas Tecnologias (bio, nano-)
    - Muitos NMI's estão ainda muito mais orientados para a Física...
  - Integração científica à escala nacional: falta de evidência
  - Crescimento: serviços à indústria
  - Crescimento: suporte a sectores emergentes
  - Percepção: o EMRP é demasiado fechado para os NMI e DI's (controlo)
  - Percepção: demasiado enfoque nas actividades de I&D básica
  - Dificuldades: integração financeira
  - Relação com a actividade regulamentar: REACH, Directiva Quadro da Água ...
  - Acentua-se a divergência entre grandes (PTB, NPL) e os pequenos...
- **Porque não, preencher uma última coluna, com os impactos do EMRP em Portugal?**

.... → ....

# Impactos qualitativos do EMRP (2 anos)

Impact on:	Ex-ante Expectations	Panel Conclusions
Efficiency of coordination, integration of NMI and national programmes	Very High	High
Effectiveness of coordination, integration of NMI and national programmes	High	High
Grand Challenges	High	Medium/High
New MS: capacity building	Medium/High	Low
Open access to infrastructures	Medium/High	Medium
Interaction with science community	Medium/High	Low
Modernisation of metrology system	High	Medium/High
Mobility and human resource development	Medium	Very Low/Low
Global cooperation and position of Europe	High	High
Support to EU regulation	High	Medium
Growth: Service to industry	Medium	Low/Medium
Growth: Support to emerging sectors	High	Medium/High

Portugal ?



# Para concluir

- A Ciência gera indivíduos com uma arte especial: a arte de bem medir...
  - Todavia a metrologia tem uma imagem negativa na universidade e na sociedade portuguesa!
- O SCTN pode vir a lançar doutorados no desemprego...
  - Mas a realidade económica da metrologia como cadeia de abastecimento, suas oportunidades e nichos, não são conhecidos!
- Qualquer governo pugna por políticas de inovação e de aproximação entre o SCTN e as empresas...
  - E a metrologia é exactamente uma das **poucas** áreas de maior intersecção entre os diversos interesses – mesmo a **curto e médio** prazo – desde que encarada no **novo conceito**, sobretudo nos domínios dos **Grandes Desafios**, e no **paradigma de uma cadeia!**
- Para mim, num país como Portugal a Metrologia é uma **AEIOU!**

AEIOU

Área

Estratégica de

Intervenção e de

Oportunidades

Ultra-específicas

# AEIOUU

- ✓ Carácter estratégico
- ✓ Dimensão ou impacto financeiro
- ✓ Internacionalização
  - (Re-)Engenharias financeira, administrativa e logística
- ✓ Mudança de paradigma na gestão da res publica
- ✓ Necessidade de iniciativa / clarificação do papel do Estado
- ✓ Cumplicidade e transparência
- ✓ Intervenção (pró-)activa e empenhada das empresas e/ou instituições, sem o que ... o Estado tem problemas ...

# AEIOUU

- Sinergias inter-sectoriais e/ou inter-institucionais
- Forte intensidade científica e tecnológica, multi-disciplinaridade
- Dimensão e/ou continuidade temporal
  - Possibilidade de investimento estrangeiro
- Sistemas de especificações externas (internacionais) de enorme impacto no funcionamento das instituições e nas funções de representação do Estado
- Pilotagem empenhada, esclarecida, persistente e eficaz

*Obrigado*