

## **Padronização Nacional em Intensidade Luminosa**

### **Manutenção da Unidade de Base na área Óptica no Brasil e atual Cadeia de Rastreabilidade**

**Ana Valéria de Freitas Silva** – avsilva@inmetro.com.br  
INMETRO – Divisão de Metrologia Óptica (DIOPT)  
Av. N. S. das Graças, 50, Xerém - Rio de Janeiro, 25.250-020  
**Carla Thereza Coelho** – lafot@inmetro.com.br  
INMETRO – Divisão de Metrologia Óptica (DIOPT)  
Av. N. S. das Graças, 50, Xerém - Rio de Janeiro, 25.250-020

**Resumo:** *A manutenção da unidade de Intensidade Luminosa (Candela) é feita hoje através da rastreabilidade das Lâmpadas Padrão do INMETRO ao Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), sendo posteriormente disseminada para padrões de transferência e de trabalho. Nos próximos anos será implantada a área de Radiometria Criogênica na DIOPT, sendo possível assim, realizar a grandeza no Laboratório de Radiometria e transferir essa realização para padrões materializados (Lâmpadas), possibilitando a intercomparação com os padrões nacionais de outros países.*

*Este trabalho visa demonstrar as condições de estabilidade dos Padrões Nacionais correspondentes, mediante as medidas realizadas entre os Laboratórios de Fotometria do INMETRO, o Instituto Nacional de Metrologia (INM) da França, o Bureau International des Poids e Mesures (BIPM) na França e o Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (INTI) na Argentina.*

*Os parâmetros que determinam esta estabilidade vão desde o próprio processo de construção da Lâmpada, ao processo denominado “envelhecimento”, controlando os parâmetros elétricos correspondentes, e sendo a sua classificação dependente do nível de estabilidade atingido. Fatores adicionais como temperatura, umidade e uso podem gerar componentes desestabilizadoras da condição de lâmpada rastreada.*

**Palavras-chave:** *Intensidade Luminosa, Candela, Padronização, Fotometria, Lâmpada*

# 1. INTRODUÇÃO

A *Candela* é uma das unidades de Base do *Système International - SI*, e portanto a base para todas as quantidades fotométricas, figura – 1 extraída do livro “Padrões e Unidades de Medida- Referência Metrológica da França e do Brasil”.

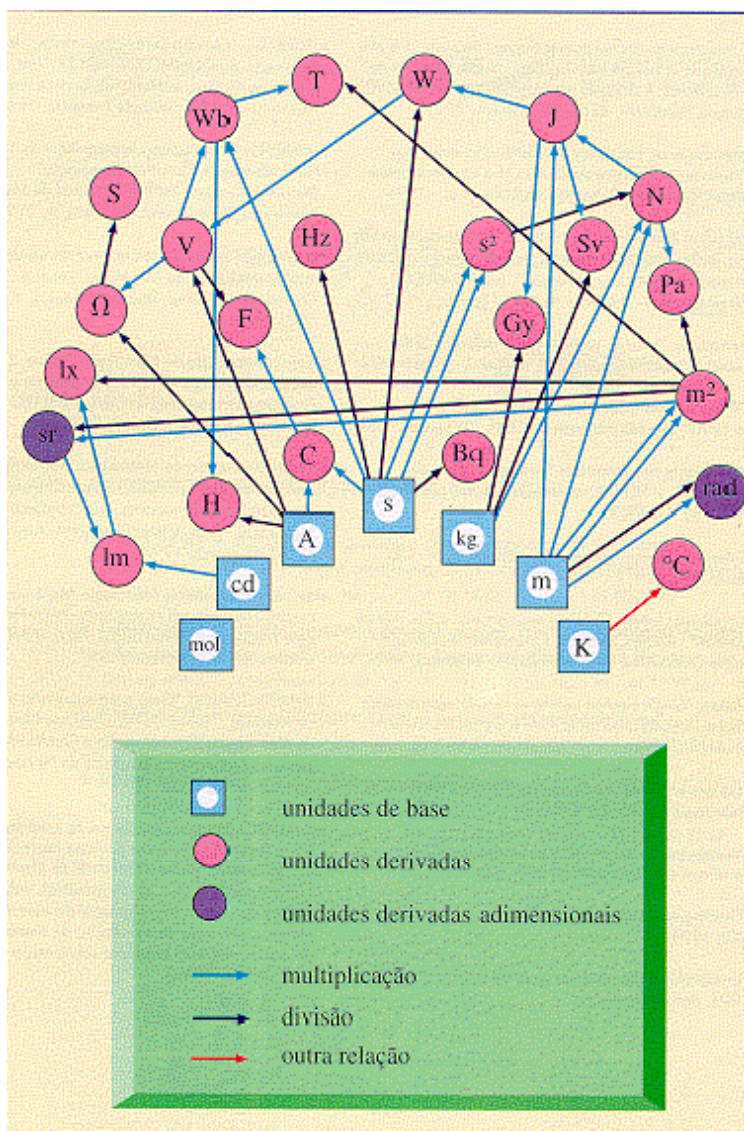


Figura 1: Sistema Internacional de Unidades

Tradicionalmente, a padronização em Fotometria foi estabelecida por fontes de luz primárias, primeiro “candles”, depois “flames”, Lâmpadas de filamento de Carbono e Lâmpadas de filamento de Tungstênio.

A candela foi definida em 1948 na *Conférence Générale des Poids et Mesures - CGPM*, e redefinida em 1979, como:

**Candela (cd) é a intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência  $540.10^{12}$  hertz e cuja intensidade energética naquela direção é 1/683 watts pôr esterradiano.**

A fim de determinar a relação entre as unidades mantidas em diferentes países e manter também unidades internacionais médias, o BIPM em Sèvres – França, recebe periodicamente padrões de vários laboratórios nacionais para intercompara-los. Em 1985, o Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) realizou a penúltima comparação de manutenção das unidades de Intensidade Luminosa e Fluxo Luminoso com o Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) atuando como “Laboratório Piloto”.

Comparações deste tipo são decididas pelo Comité International des Poids et Mesures (CIPM) e denominada como CCPR Key Comparisons. Na última CCPR Key Comparisons, em 1999, o “Laboratório Piloto” foi o Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)-Alemanha, para as unidades de Intensidade Luminosa e Fluxo Luminoso caracterizadas por CCPR-K3a e CCPR-K4, respectivamente.

## 2. PADRÃO NACIONAL

O INMETRO tem como Missão a realização e disseminação das Grandezas do SI. Na área Fotométrica a realização será implementada a partir da operacionalização do Radiometro Criogênico adquirido pelo laboratório de Radiometria (LARAD) do INMETRO. Hoje a manutenção da unidade é feita através da Rastreabilidade dos Padrões Nacionais ao BIPM, e de programas de comparações interlaboratórias com outros laboratórios de referência. Essas Intercomparações servem não só para garantir a manutenção da Padronização como também para avaliar a proficiência dos técnicos que participam desses programas.

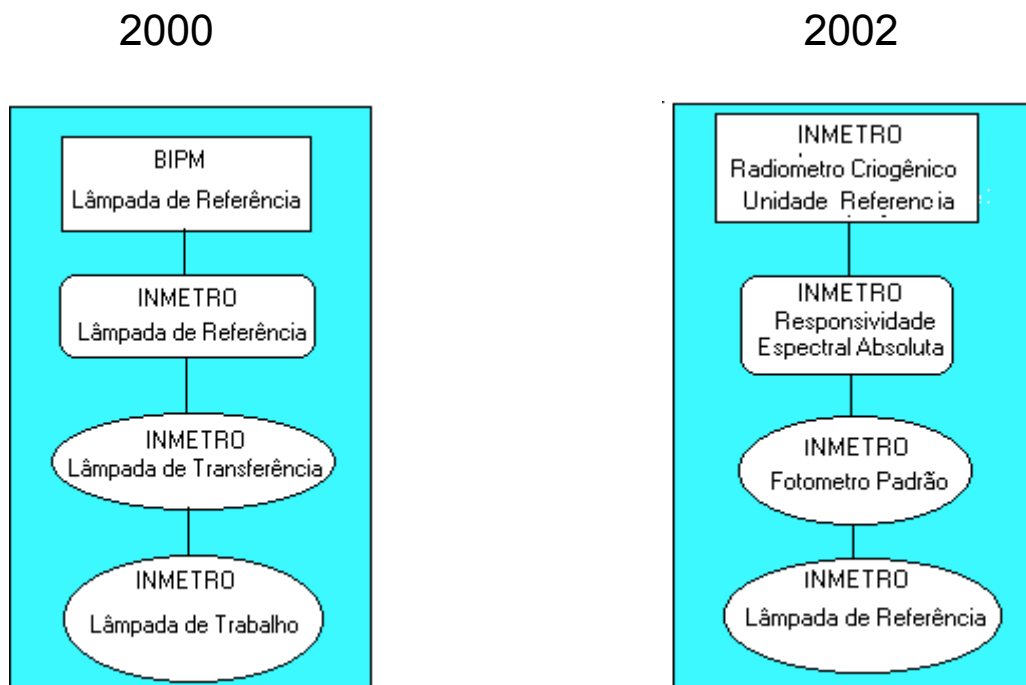


Figura.2 – Cadeia de rastreabilidade do INMETRO

Hoje, como ainda não realizamos a unidade de Intensidade Luminosa, o Laboratório de Fotometria – LAFOT, é o responsável pela realização da Rastreabilidade, das Intercomparações e pela disseminação dessa padronização - Figura 2.

Porém a manutenção da unidade passa também pela guarda desses padrões em condições adequadas e pelo controle dos parâmetros elétricos, que também influenciam nos resultados das medições, e podem ser decisivos na classificação desses padrões, pois podem vir a comprometer sua estabilidade .

## 2.1. Classificação de Padrões

Apesar dos grandes avanços conquistados com relação a realização da grandeza Fotométrica, a manutenção da unidade continua sendo feita através de Padrões materializados e apesar dos especialistas necessitarem cada vez mais de fontes luminosas de alta estabilidade, a fonte perfeita ainda não foi descoberta.

Para que seja estabelecida a cadeia de rastreabilidade é necessária a classificação de padrões em: Padrão de Referência; Padrão de Transferência; Padrão de Trabalho. Porém o parâmetro decisivo para o padrão ser classificado como um padrão de referência é o nível de estabilidade que este atinge durante o processo de “envelhecimento”. Alguns parâmetros não mutáveis podem contribuir, como: alinhamento do filamento, uniformidade do bulbo, alinhamento da mascara, (Figura - 3).



Figura 3 - Alinhamento do Filamento

### 3- REFERÊNCIA NACIONAL

Os resultados que vamos agora analisar, foram obtidos ao longo dos últimos anos e correspondem a medidas realizadas nos Laboratórios de Fotometria do INMETRO, do Instituto Nacional de Metrologia (INM) da França, do Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (INTI) da Argentina e do Bureau International des Poids e Mesures (BIPM), com diferentes infra-estruturas.

Até mesmo as medidas realizadas no INMETRO, a princípio com a mesma infra-estrutura, vem passando pôr aprimoramentos, com o objetivo de melhorar o alinhamento do detector e do filamento da lâmpada com relação aos seus seis graus de liberdade.

Na Figura 3, é possível exemplificar quão crítico é o alinhamento do filamento para a repetitividade das medidas de Intensidade luminosa.

Já os valores de Intensidade Luminosa, Figura 4, são diretamente afetados pôr outros parâmetros externos ao padrão, que podem ser: alinhamento do padrão (figura 3), referência (nova realização da grandeza), alinhamento do detector. Os pontos graficados correspondem as medias durante cada ano de todas as medidas realizadas para cada padrão.

Os resultados de 1993, correspondem aos valores da 1º Rastreabilidade ao BIPM mais as medidas realizadas no INM.

Os resultados correspondentes a 1999, receberam a colaboração da rastreabilidade ao BIPM e da comparação bilateral INMETRO-INM.

Os resultados de 2000, correspondem aos valores da comparação bilateral INMETRO-INTI.

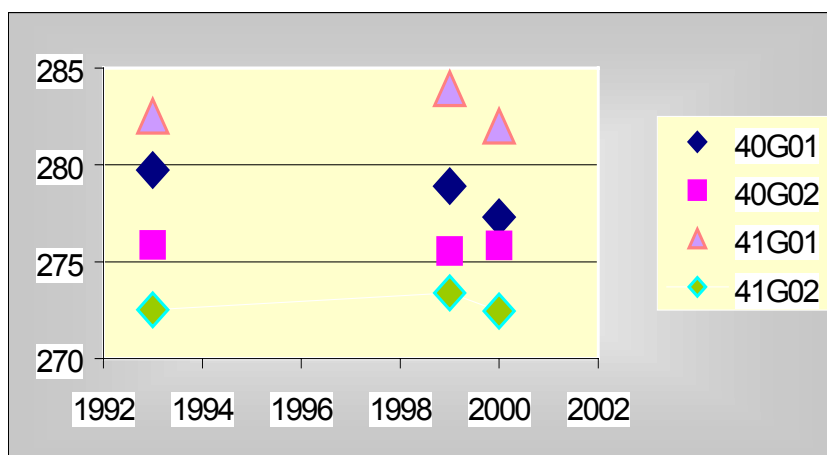


Figura 4 – Estabilidade dos Padrões Nacionais

Na Tabela 1, são mostrados os resultados de estabilidade para alguns padrões, para a Temperatura de Cor de 2856K. É possível observar que a estabilidade do filamento, que em uma análise mais simplificada, é uma resistência pela qual circula sempre a mesma corrente, é mantida, mesmo quando as medidas são realizadas em sistemas diferentes (Colunas correspondentes a Tensão).

Tabela 1 – Histórico dos Padrões Nacionais para 2856K

| Lâmpada<br>Corrente<br>(A) | Data              | Tensão<br>(V) |               |               |       | Intensidade Luminosa<br>(cd) |                |       |       | Diferença*                          |
|----------------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|-------|------------------------------|----------------|-------|-------|-------------------------------------|
|                            |                   | INMETRO       | BIPM          | INM           | INTI  | INMETRO                      | BIPM           | INM   | INTI  |                                     |
| 40G 01<br>5.694            | 1993              |               | 30.50         | 30.68         |       |                              | 278.16         | 281.3 |       | $5,60 \times 10^{-3}$               |
|                            | 1999              | 30.44         | 30.48         |               |       | 276.8                        | 281.0          |       |       | $7,50 \times 10^{-3}$               |
|                            | 2000              | 30.45         |               |               |       | 277.3                        |                |       |       |                                     |
|                            | Média<br>$\Delta$ | 30.45<br>0.00 | 30.49<br>0.01 |               |       | 277.05<br>0.25               | 279.59<br>1.42 | 281.3 |       | 279.32                              |
| 40G 02<br>5.680            | 1993              |               | 30.49         | 30.53         |       |                              | 274.02         | 277.7 |       | $6,67 \times 10^{-3}$               |
|                            | 1999              | 30.51         | 30.48#        |               |       | 274.3                        | 276.8#         |       |       | $4,53 \times 10^{-3}$               |
|                            | 2000              | 30.49         |               |               | 30.49 | 275.9                        |                | 275.8 |       | $1,81 \times 10^{-4} \blacklozenge$ |
|                            | Média<br>$\Delta$ | 30.48<br>0.01 | 30.49<br>0.00 |               |       | 275.10<br>0.80               | 275.41<br>1.39 | 277.7 | 275.8 | 276,0                               |
| 41G 01<br>5.761            | 1993              |               | 30.89         | 31.08         |       |                              | 281.05         | 284.0 |       | $5,30 \times 10^{-3}$               |
|                            | 1999              | 30.88         | 30.88         | 30.11         |       | 281.4                        | 283.9          | 286.5 |       | $9,16 \times 10^{-3} \clubsuit$     |
|                            | 2000              | 30.88         |               |               |       | 282.0                        |                |       |       |                                     |
|                            | Média<br>$\Delta$ | 30.88<br>0.00 | 30.89<br>0.00 | 30.6<br>0.05  |       | 281.7<br>0.30                | 282.48<br>1.43 | 285.3 |       | 283,06                              |
| 41G 02<br>5.700            | 1993              |               | 30.73         | 31.13         |       |                              | 271.24         | 273.4 |       | $3,96 \times 10^{-3}$               |
|                            | 1999              | 30.67         | 30.70         | 31.13         |       | 270.7                        | 273.8          | 275.7 |       | $8,41 \times 10^{-3} \clubsuit$     |
|                            | 2000              | 30.69         |               |               | 30.68 | 272.1                        |                |       | 272.8 | $1,28 \times 10^{-3} \blacklozenge$ |
|                            | Média<br>$\Delta$ | 30.68<br>0.01 | 30.72<br>0.01 | 31.13<br>0.00 |       | 271.4<br>0.70                | 272.52<br>1.28 | 274.6 | 272.8 | 272,83                              |

♣ e  $\blacklozenge$  correspondem a comparações bilaterais, \* -  $\{I - I_{\text{médio}}\} / I_{\text{médio}}$

Na figura 5, pretendemos mostrar a estabilidade dos padrões analisados durante os últimos anos, mostrando a consonância que existe entre as medidas realizadas no INMETRO e as medidas realizadas em outros Institutos Nacionais de Metrologia.

Na figura 6, é mostrada a estabilidade para cada padrão analisado durante esse período.

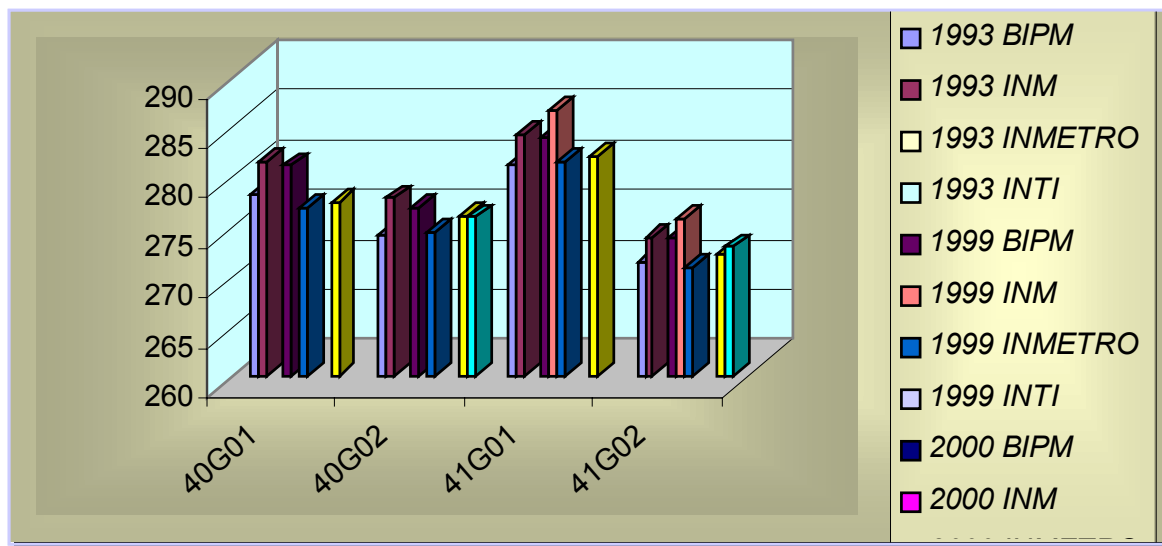


Figura 5 - Gráfico comparativo de Intensidade Luminosa dos valores da Tabela 1

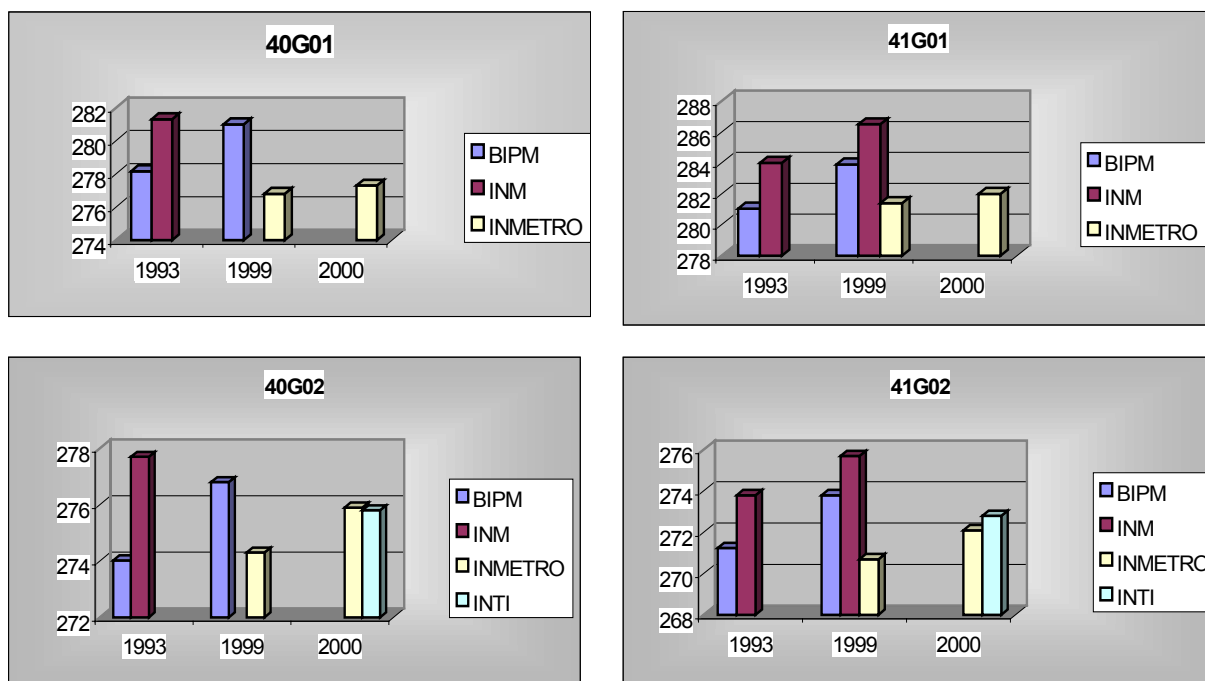


Figura 6 –Gráficos individualizados para cada Padrão analisado.

#### 4- CONCLUSÕES:

Os ajustes feitos em nosso sistema de alinhamento, proporcionaram uma melhoria na reprodução de nossas medidas, em relação aos valores certificados. As diferenças que existem nos resultados da tabela 1, com relação as medidas do BIPM realizadas em 1993 e 1999, devem ser atribuídas a mudança de referência determinada na última Key Comparisons.

Os resultados assinalados por ♣, na tabela 1, correspondem a comparação bilateral entre INMETRO- INM, e podem ser justificados pelo fato das medidas terem sido feitas com base na realização da candela de 1984. Os resultados assinalados por ♦, na tabela 1, correspondem a comparação bilateral entre INMETRO e INTI. Os resultados das comparações bilaterais ( ♣ e ♦ ) podem ser melhor interpretados se analisados observando os resultados da última Key Comparisons.

O padrão 40G01 apresenta uma “deriva” que precisa ser estudada, pois pode ser um problema com o padrão, ou um problema com o sistema de medição.

Concluindo, os resultados mostram que o Brasil hoje detém um Padrão Nacional de Intensidade Luminosa com compatibilidade e rastreabilidade de acordo aos padrões requeridos pela Comunidade Metrológica Internacional. Face aos processos de reconhecimento mutuo hoje em andamento, este fato se reveste de uma especial importância.

Entretanto resulta evidente a necessidade de implementar novas tecnologias (via Radiometria Criogênica) que permitam realizar a unidade, para nos adequarmos aos requisitos internacionais.

#### 5- REFERÊNCIAS:

Georg Sauter, 1999, CCPR Key Comparisons K3a of Luminous Intensity and K4 of Luminous Flux with Lamps as Transfer Standards.

J.W.T. Walsh, Chap.1 in Photometry, 3<sup>rd</sup> Ed., Constable & Company, London (1958).

Padrões e Unidades de Medida- Referência Metrológica da França e do Brasil, Editores da Versão Franco-Brasileira (1998), Maurício Nogueira Frota, Ph.D e Pierre Ohayon Dr.



## 6- TÍTULO E RESUMO EM INGLÊS:

### **National Standards in Luminous Intensity**

#### **Traceability Chain and Base Units**

#### **Situation in Optics**

**Abstract:** *The maintenance of the Luminous Intensity Unit (candela) is made today by the traceability of INMETRO Standard Lamps to the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), being used for calibration of transfer and work standards.*

*The implantation of the Cryogenic Radiometry area, scheduled for the next three years, will make possible to realize the standard, then allowing Brazil to participate in international inter comparisons at the highest degree possible..*

*The present work specifies the corresponding conditions of the National Standard by comparisons between INMETRO (Brazil), National Institute of Metrology – INM (França), Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) - (França) and Institute National of Technology Industry – INTI (Argentine).*

*All parameters have been analyzed (construction, aging, electrical parameters, stability...). Additional parameters like temperature, humidity and so can be important and are also discussed.*

**Key-words:** *Luminous Intensity, candela, Photometry, Lamps.*