

62.9126567

ISSN 0101-3084



**CNEP/SP**

**ipen** Instituto de Pesquisas  
Energéticas e Nucleares

DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS LANTANIDICOS EM OXIDOS  
PURIFICADOS DE LANTÂNIO, DE SAMÁRIO E DE GADOLÍNIO  
POR ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO COM PLASMA

Luiz Carlos de Paula REINJ e Antonio Roberto LORDELLO

IPEN - PUB - 317

PUBLICAÇÃO IPEN 317

SETEMBRO/1990

SÃO PAULO

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS LANTANÍDICOS EM ÓXIDOS PURIFICADOS  
DE LANTÂNIO, DE SAMÁRIO E DE GADOLÍNIO POR  
ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO COM PLASMA**

Luiz Carlos de Paula REINO e Antonio Roberto LORDELLO

**DEPARTAMENTO DE PROCESSOS ESPECIAIS**

**CNEN/SP  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
SÃO PAULO – BRASIL**

INIS Categories and Descriptors

B11.00

SAMARIUM  
EUROPIUM  
LANTHANUM  
GADOLINIUM  
DYSPROSIUM  
PRASEODYMIUM  
HOLMIUM  
NEODYMIUM  
TERBIUM  
YTTERBIUM  
RARE EARTHS  
LANTHANUM OXIDES  
SAMARIUM OXIDES  
GADOLINIUM OXIDES  
EMISSION SPECTROSCOPY  
PLASMA

5

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS LANTANÍDICOS EM ÓXIDOS PURIFICADOS DE LANTÂNIO, DE SAMÁRIO E DE GADOLÍNIO POR ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO COM PLASMA**

Luiz Carlos de Paula REINO e Antonio Roberto LORDELLO

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SP  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
CAIXA POSTAL 11049 - PINHEIROS  
05499 - SÃO PAULO - BRASIL

**RESUMO**

Apresenta-se um método por espectrometria de emissão com fonte de plasma (ICP) para a determinação dos elementos lantanídicos Sm, Eu, La, Gd, Dy, Pr, Ho, Nd, Tb e Y em óxidos de lantânio, de samário e de gadolínio purificados.

O método desenvolvido possibilita uma determinação relativamente simples, precisa e o seu principal interesse reside na sua rapidez.

As amostras são dissolvidas com ácido clorídrico diluído (1:1) e as soluções são completadas a volume para uma concentração de 1mg/mL.

O limite de determinação é de 0,01% para a maior parte dos elementos determinados e 0,05% ou 0,1% para alguns lantanídeos nas matrizes de samário ou gadolínio.

O objetivo foi plenamente atingido podendo-se com este método caracterizar os concentrados de lantânio, de samário e de gadolínio com grau de pureza de 99,9%, 99,6% e 99,8% respectivamente.

7

INDUCTIVELY COUPLED PLASMA OPTICAL EMISSION SPECTROMETRY  
ANALYSIS OF LANTHANUM, SAMARIUM AND GADOLINIUM OXIDES  
FOR RARE EARTH IMPURITIES

Luiz Carlos de Paula REINO and Antonio Roberto LORDELLO

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SP  
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES  
CAIXA POSTAL 11049 - PINHEIROS  
05499 - SÃO PAULO - BRASIL

ABSTRACT

An inductively coupled plasma optical emission spectrometry method is described for the determination of Sm, Eu, La, Gd, Dy, Pr, Ho, Nd, Tb and Y in purified oxides of lanthanum, samarium and gadolinium.

The method enables a simple, precise and readily available determination. Dissolution of the samples is achieved with diluted hydrochloric acid (1:1). The solutions are diluted to volume for a concentration of 1mg/mL.

The lowest determination limit is 0,01% for most elements and 0,05 or 0,1% for a few rare earths in samarium and gadolinium matrixes.

Lanthanum, Samarium and Gadolinium concentrates with purity grade of 99,9%, 99,6% and 99,8%, respectively, can be analysed by this procedure.

## INTRODUÇÃO

A maior parte dos trabalhos encontrados na literatura referente à análise de elementos lantanídicos por espectrometria de plasma (ICP) é sobre o conhecimento da distribuição desses elementos ao nível de traços em diversos tipos de rochas.

Na determinação dos elementos lantanídicos individuais as análises fundamentam-se, essencialmente, nas propriedades físicas dos elementos. Em geral, as propriedades consideradas são os espectros de absorção, de emissão óptica, de emissão de raios-X e de massa. A determinação por ativação neutrônica também vem sendo aplicada nos últimos anos.

A espectrografia de emissão é uma das técnicas usadas para a determinação de lantanídios em concentrados de terras raras. Friedmann, R. <sup>(2)</sup> apresenta um método para a determinação espectrográfica de Pr, Sm, Eu, Gd, Dy e Y em óxido de lantânio purificado, de Gd, La, Dy, Sm, Y e Nd em óxido de cério purificado e de La, Sm, Dy, Gd, Y e Eu em óxido de neodímio purificado. O método envolve a excitação, em arco de corrente contínua, de uma amostra constituída da mistura, em partes iguais, do óxido de lantânio, de cério ou de gadolínio e grafita em pó.

Fassel <sup>(1)</sup>, Ishida <sup>(5)</sup>, Kniseley <sup>(6)</sup>, Gramphuroit <sup>(4)</sup>, Murty <sup>(7)</sup> e Ghodgadnkar <sup>(3)</sup> analisaram alguns lantanídios em matriz de óxido de lantanídios purificados, utilizando a mesma técnica de mistura, em partes iguais, com grafita em pó e excitação em arco de corrente contínua.

A literatura apresenta um trabalho sobre a aplicação da Espectrometria de Plasma na determinação de alguns lantanídios em óxidos de lantanídios purificados. Murty <sup>(8)</sup> determina por espectrometria de plasma Sm, Eu, Gd e Dy em óxido de ítrio purificado, Y, Sm, Eu e Dy em óxido de gadolínio purificado e Y, Sm, Eu e Gd em óxido de disprósio

purificado. O limite de determinação para os elementos lantanídicos é de  $50\mu\text{g/g}$ .

Uma das dificuldades encontradas na investigação dos elementos lantanídicos pela técnica de espectrografia de emissão é a profusão de linhas emitidas por esses elementos quando da excitação por um arco de corrente contínua. Essa situação agrava-se pelo aparecimento de bandas de cianogênio no espectro. A formação de bandas se deve a excitação do radical cianogênio (CN) formado na região do arco pela reação entre o carbono do eletrodo e o nitrogênio do ar. Ocorrem na região entre 350nm e 420nm. Essas bandas, por possuírem uma estrutura fina com muitas linhas próximas uma das outras, mascaram diversas regiões de interesse analítico, onde estão situadas muitas das melhores linhas espectrais dos elementos lantanídicos.

A espectrometria de Emissão com Plasma (ICP) constitui um dos avanços mais significativos da análise espectroquímica de emissão. A obtenção do plasma se dá por meio de um fluxo auxiliar de argônio que tem a função de iniciar a formação do plasma. Na região da bobina de cobre a rádio frequência dá origem a um campo magnético oscilante, sendo que nessas condições ainda não há formação do plasma, havendo necessidade de uma centelha tesla que possui a função de conduzir alguns elétrons em direção a região central da bobina de cobre. Esses elétrons em um campo magnético oscilante ganham uma quantidade de energia cinética capaz de ionizar os átomos de argônio do fluxo gasoso, aumentando o número de cargas elétricas na região central da bobina. Conseqüentemente, ocorre um aumento da temperatura dessa região, até haver estabilização de energia do sistema. A temperatura do plasma chega a ordem de  $6000^{\circ}\text{K}$ , capaz de ionizar e excitar os elementos químicos.

A tocha (Figura I) consiste de três tubos de quartzo concêntricos. O fluxo de gás argônio flue tangencialmente

entre os tubos exterior e intermediário ( $12-20\text{L min}^{-1}$ ) é chamado gás refrigerante. Pelo tubo intermediário passa o fluxo de gás argônio auxiliar com cerca de  $1,0\text{L min}^{-1}$ . O tubo central é o que conduz a amostra em forma de aerosol para dentro do plasma ( $0,5-1,5\text{L min}^{-1}$ ).

Para a introdução da amostra líquida utiliza-se um nebulizador do tipo fluxo cruzado não ajustável. Os fluxos da amostra e de gás argônio estão em um ângulo reto.

A amostra em solução, por meio de nebulização, transforma-se em aerosol que, após dessolvatação passa a partículas secas. Essas, por volatilização-dissociação, transformam-se em vapores iônicos e atômicos os quais são excitados na forma de íons e átomos. O mecanismo de excitação é do tipo colisional, pelo qual a energia cinética das partículas que colidem (íons-átomos da amostra com elétrons e íons de argônio) se transformam em todo ou em parte em energia de excitação; há passagem de elétrons dos íons-átomos da amostra no estado fundamental para um nível de maior energia, ficando as partículas excitadas. A tendência dos elétrons é o retorno ao estado fundamental devolvendo a energia na forma de radiação eletromagnética que é convertida em um espectro de emissão por meio de uma rede de difração. Os comprimentos de onda são característicos de cada elemento e as intensidades das linhas do espectro de emissão são proporcionais à concentração do elemento na amostra considerada.

As principais vantagens da espectrometria de plasma são:

1. Limites de detecção semelhantes ou inferiores aos de absorção atômica, inclusive com forno de grafita;
2. Precisão e Exatidão excelentes;
3. Linearidade das curvas analíticas em várias or-



dens de grandeza;

4. Interferências químicas praticamente inexistentes;
5. Capacidade de determinação multielementar.

### Interferências

Em qualquer técnica de espectroscopia de emissão existe a possibilidade de interferências de linhas referentes a um ou mais elementos sobre uma linha espectral considerada. O ICP não é uma exceção a esse fato. No entanto, devido a sua alta precisão e as facilidades de preparação de padrões sintéticos, a correção dessas interferências é mais minimizada em ICP do que em outras técnicas de emissão.

Outros tipos de interferências, como a vaporização e a atomização do soluto e os efeitos inter-elementares ou de matriz, tão comum em outras técnicas de descarga com chama, arco ou centelha são mais reduzidos no ICP. A razão é que os átomos livres se formam no meio inerte de um gás nobre a uma temperatura relativamente alta e tem um longo período de permanência nesse ambiente.

As interferências espectrais são em grande parte dependentes da "largura de banda espectral" do espectrômetro e das características espectrais dos elementos. A largura da banda espectral de uma fenda de saída nos aparelhos Atom Comp da Jarrel-Ash é, em geral, da ordem de 0,03nm. Isso significa que a fotomultiplicadora mede numa região de aproximadamente 0,03nm de cada lado do pico do comprimento de onda analítico. Qualquer outra linha situada dentro dessa região de comprimento de onda será interpretada pela fotomultiplicadora como radiação emanada pelo elemento a ser analisado.

Quando se determinam elementos lantanídicos em óxidos purificados de lantânio, de samário e de gadolínio a in-

terferência espectral da matriz nos elementos a serem analisados é, em geral, pronunciada devido a complexidade dos espectros desses elementos. O elemento lantânio todavia, é o que resulta em um espectro mais simples e, portanto, menos interferente.

### **OBJETIVO**

O presente trabalho descreve o uso do espectrômetro de plasma de argônio induzido (ICP), com um sistema de canais fixos para a determinação de nove elementos lantanídicos e ítrio ao nível de traços em matrizes de lantânio, de samário e de gadolínio purificados.

### **INSTRUMENTAÇÃO E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS**

Espectrômetro:

- Plasma de Argônio Induzido (ICP): fabricado pela Jarrell Ash, Atom Corp Series 800.

Tocha do Plasma:

- Fluxo de Argônio: 20L min<sup>-1</sup> (resfriamento) e 1L min<sup>-1</sup> (fluxo auxiliar).
- Nebulizador: fluxo cruzado (não ajustável); Argônio de arraste: 0,5L min<sup>-1</sup>.
- Altura de Observação: 16mm acima da bobina de indução.

Gerador de Rádio-Frequência:

- Opera numa frequência de 27,12MHz com uma potência de 1200W.
- Computador: PDP 8/A Digital
- Impressora: Teletipo, Teletype Corporation.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Interferências**

Inicialmente foram feitos ensaios com as matrizes de óxido lantânio, de samário e de gadolínio nas concentra-

ções (m/V) de 1%, 0,5% e 0,1%. O emprego de 0,1% da matriz  $\text{Tr}_2\text{O}_3$  (1mg/mL) resultou ser a concentração mais adequada para a determinação dos elementos, estabelecendo-se um compromisso entre interferência espectral e limite de determinação.

Foram feitos estudos de interferência das matrizes de óxido de lantânio, de samário e de gadolínio na concentração de 1mg/mL, verificando-se os sinais interferentes nos canais analíticos dos demais elementos lantanídicos (Tabela I). Nesses ensaios a padronização foi feita com água bi destilada (branco) e uma solução contendo apenas 1 $\mu$ g/mL dos elementos lantanídicos a serem determinados.

O sinal interferente produzido nos diversos canais analíticos é maior nas matrizes de gadolínio e, principalmente, samário; esses sinais podem ser constatados na Tabela I. Os elementos mais prejudicados apresentaram valores superiores a 3,55 $\mu$ g/mL (interferência do Sm sobre o Nd) chegando, até, a 27,9 $\mu$ g/mL (interferência do Sm sobre o Tb). A consequência direta dessas interferências é o prejuízo dos limites de determinação. Para a matriz de lantânio o sinal interferente é bem menos acentuado porque o espectro é mais simples que das outras matrizes; o maior sinal interferente é 1,32 $\mu$ g/mL (interferência do La sobre o Nd) embora os limites de determinação tenham sido iguais para todos os elementos. Para compensar tais sinais de interferência estabeleceu-se o uso do branco contendo a matriz, seja ela lantânio, samário ou gadolínio, na concentração de 1mg/mL de  $\text{Tr}_2\text{O}_3$ . Com esse procedimento o sinal obtido para o branco é zerado e o padrão alto (10 $\mu$ g/mL), contendo também a matriz na concentração de 1mg/mL, produz um sinal líquido a princípio sem a interferência da matriz.

### Preparação dos Padrões

Prepararam-se inicialmente soluções estoques individuais de Sm, Eu, La, Gd, Dy, Pr, Ho, Nd, Tb e Y na concen-

tração de 1mg/mL do elemento a partir de óxidos de pureza espectrográfica da Johnson Matthey Chemical Ltd.

O padrão I é o branco constituído por 1mg/mL de  $\text{Tr}_2\text{O}_3$  seja óxido de lantânio, de samário ou de gadolínio.

A solução padrão II é preparada a partir das soluções estoque e deve conter 10µg/mL de cada elemento lantanídico considerado e 1mg/mL da matriz seja ela  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  ou  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ .

Os demais padrões são preparados de forma semelhante (Tabela II).

#### Preparação da Amostra

Pesam-se 100mg da amostra e dissolvem-se em 20mL de HCl diluído (1:1) a quente. As soluções são completadas a um volume de 100mL, com água bidestilada. A solução a ser analisada deve possuir uma concentração de 1mg/mL.

#### Programa Analítico para a Determinação de Elementos Lantanídicos em Óxidos Purificados de Lantânio, de Samário e de Gadolínio

Uma vez definidos os elementos de interesse nos concentrados de Terras Raras, possíveis de serem analisados com o espectrômetro disponível foram estabelecidos os parâmetros analíticos de controle operacional a serem fornecidos a unidade de processamento (vide anexo I).

Os programas foram denominados LANT, SAMA e GDVS e mobiliza dez canais analíticos. Os padrões (I e II) necessários para a padronização com estes programas foram denominados LAN1 e LAN2, SAM1 e SAM2 e GAD1 e GAD2. O anexo I é o programa analítico para a matriz de lantânio. Para as outras matrizes modificaram-se o nome do programa (SAMA e GDVS), dos padrões (SAM1 e SAM2, GAD1 e GAD2) e da curva analítica (TRSA e TRGD).

### **Calibração**

Faz-se a calibração com os padrões I e II (branco e 10µg/mL) dos elementos lantanídicos (Tabela II). Com essa operação registra-se a curva analítica para os elementos na memória do computador. As concentrações dos elementos nas soluções amostras de  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  ou  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  são indicadas em µg/mL. Obtem-se os teores dos elementos em matriz sólida de  $\text{La}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  ou  $\text{Gd}_2\text{O}_3$ , multiplicando-se por um fator 1000 os resultados obtidos com as soluções.

### **Confiabilidade e Limites de Determinação**

Os padrões III, IV e V (Tabela II) foram usados para que se pudesse avaliar o quanto a matriz interfere e modifica os valores nominais desses padrões. Com esse procedimento pode-se chegar ao limite de determinação para cada elemento nos concentrados de lantânio, de samário e de gadolínio.

O lantânio, por resultar em um espectro de emissão mais simples que as outras matrizes, interfere menos, tendo sido possível obter um limite de determinação na matriz sólida de 0,01% para todos os elementos lantanídicos considerados.

As matrizes de samário e gadolínio, por resultarem em espectros mais complexos, levam a limites de determinação, para alguns elementos, de 0,05% ou 0,1%.

Para a grande maioria dos casos, o limite de determinação na matriz sólida foi fixado em 0,01% o que corresponde a uma concentração em solução, de 0,1µg/mL. Esse valor poderia ser reduzido não fosse a presença da matriz em solução. O emprego de um branco contendo a própria matriz corrige em boa parte os sinais interferentes mostrados na Tabela I, mas existirá sempre um compromisso entre o limite de determinação e a presença da matriz em solução.

A faixa útil de determinação dos elementos lantanídi-

cos nas respectivas matrizes encontra-se na Tabela III.

A precisão das medidas foi calculada em termos do desvio padrão relativo referente ao padrão III. Realizaram-se os cálculos sobre doze determinações para cada elemento nas respectivas matrizes de lantânio, de samário e de gadolínio e os desvios padrões relativos estão em uma faixa de 0,8 a 2%.

### CONCLUSÕES

Como aplicação dos procedimentos estabelecidos analisaram-se vários concentrados de terras raras provenientes do fracionamento individuais na unidade piloto montada no Departamento de Engenharia Química do IPEN (Tabela IV). Viouse atingir limites de determinação suficientemente baixos mas que permitissem efetuar o controle analítico com um mínimo de erro, compatível com a técnica empregada e as suas limitações.

Para a amostra de Gadolínio analisada não foi possível a determinação dos diversos lantanídeos pois o teor de Sm e Eu (> 1%) interfere sobre esses elementos. Para a aplicação dos procedimentos descritos neste trabalho os concentrados devem possuir pureza superior a 99% para que não haja interferência entre os elementos.

Quando o concentrado é de pureza inferior a 99% (Amostra  $Gd_2O_3$ , Tabela III) podem ser usados os procedimentos destinados ao controle analítico de processos. Nesses casos a amostra é diluída para uma faixa de concentração (1-10 $\mu$ g/mL) onde não há interferência entre os elementos a serem analisados; somente os maiores constituintes podem ser determinados; os elementos presentes em teores menores no concentrado sólido resultam, quando em solução em concentrações inferiores aos limites de determinação.

Uma das dificuldades sentida no julgamento dos resultados conseguidos é a escassez de trabalhos específicos

para a determinação de elementos lantanídicos em matriz de lantânio, de samário ou de gadolínio por espectrometria de plasma.

O objetivo foi plenamente atingido podendo-se com este método caracterizar os concentrados de lantânio, de samário e de gadolínio com grau de pureza de 99,9%, 99,6% e 99,8% respectivamente.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Comissão Nacional de Energia Nuclear, e ao Superintendente do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pela possibilidade de realização deste trabalho.

Os autores agradecem à secretária do Departamento de Processos Especiais, Laurelisa Nolla pelo trabalho de dactilografia.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

01. FASSEL, V.A. The quantitative spectrographic analysis of the rare earth elements 3. Determination of major constituents in complex mixtures. J. Opt. Soc. Am. Philadelphia, 39:187-93, 1949.
02. FRIEDMANN, R.; LORDELLO, A.R.; ABRÃO, A. Determinação de Elementos Lantanídicos em Concentrados de Terras Raras pela Técnica de Espectrografia de Emissão. São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, mar. 1978 (Publicação IEA 505).
03. GHODGAONKAR, G.S. Spectrography analysis of high purity Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for trace amounts of Er, Gd, Ho, Tb and Y. Bombay, Bhabha Atomic Research Centre, 1971. (BARC-536).
04. GRAMPHUROIT, S.V. & SWAMY, S.K. Spectrographic determination of rare earth in erbium oxide and ytterbium oxide. Bombay, Bhabha Atomic Research Centre, 1970 (BARC-471).
05. ISHIDA, Y.G. An investigation of the spectrographic analysis of high purity rare earth oxides. Lexington, University of Kentucky, 1959, (PhD Thesis), (ORO-279).
06. KNISELEY, R.N. Misidentification in the arc spectra of the rare earths. Spectrochim. Acta, Berlin, 16:863-80, 1960.
07. MURTY, P.S. & KHANNA, P.P. Spectrographic analysis of high purity europium oxide. Bombay, Bhabha Atomic Research Centre, 1971. (BARC-532).
08. MURTY, P.S.; BISWAS, S.S. Determination of some rare earth elements in high purity Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub> by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Bombay, Bhabha Atomic Research Centre, 1988, (BARC-1430).



**TABELA I** - Estudos das Interferências Espectrais das Matrizes de Lantânio, de Samário e de Gadolínio a partir de Soluções Espectrograficamente Puras.

Interferente (i mg/mL)	Interferidos (sinal: µg/mL)									
	Dy	Eu	Gd	Ho	Nd	Pr	Sm	Tb	Y	La
La	0,387	0,412	0,039	0,027	1,32	0,98	0,509	0,084	0,041	---
Sm	2,61	2,43	2,31	2,20	3,55	20,2	---	27,9	0,544	22,8
Gd	1,97	0,836	---	2,04	1,04	11,3	4,48	2,60	0,081	13,9

**TABELA II** - Composição dos Padrões de Elementos Lantanídicos em Matrizes de Óxidos de Lantânio, de Samário e de Gadolínio.

	PADRÃO I BRANCO	PADRÃO II	PADRÃO III	PADRÃO IV	PADRÃO V
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL
- Pr, Eu, Dy, Sm, Nd, Tb, Gd, Ho, Y		10 µg/mL	1 µg/mL	0,5 µg/mL	0,1 µg/mL
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL
- Pr, Eu, Dy, Gd, Nd, Tb, La, Ho, Y		10 µg/mL	1 µg/mL	0,5 µg/mL	0,1 µg/mL
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL	1 mg/mL
- Pr, Eu, Dy, Sm, Nd, Tb, La, Ho, Y		10 µg/mL	1 µg/mL	0,5 µg/mL	0,1 µg/mL

**TABELA III - Faixa Útil de Determinação e Comprimentos de Onda de Elementos Lantanídicos em Matrizes de Óxido de Lantânio, de Samário e de Gadolínio.**

ELEMENTO DETERMINADO	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)	FAIXA ÚTIL DE DETERMINAÇÃO (%)		
		ÓXIDO DE LANTÂNIO	ÓXIDO DE SAMÁRIO	ÓXIDO DE GADOLÍNIO
La	379,47	-----	0,1 - 1	0,01 - 1
Nd	401,22	0,01 - 1	0,05 - 1	0,01 - 1
Sm	442,40	0,01 - 1	-----	0,01 - 1
Eu	381,90	0,01 - 1	0,01 - 1	0,01 - 1
Gd	302,76	0,01 - 1	0,01 - 1	-----
Dy	353,17	0,01 - 1	0,01 - 1	0,01 - 1
Ho	345,66	0,01 - 1	0,01 - 1	0,01 - 1
Tb	350,91	0,01 - 1	0,1 - 1	0,01 - 1
Pr	390,80	0,01 - 1	0,1 - 1	0,1 - 1
Y	371,00	0,01 - 1	0,01 - 1	0,01 - 1

**TABELA IV** - Análise Quantitativa de Concentrados Purificados de Lantânio, de Samário e de Gadolínio, obtidos no IPEN/CNEN-SP\*

AMOSTRA La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		AMOSTRA Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		AMOSTRA Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
ELEMENTO	TEOR (%)	ELEMENTO	TEOR (%)	ELEMENTO	TEOR (%)
Sm	< 0,01		----	Sm	> 1,0
Pr	< 0,01	Pr	0,023		
Eu	< 0,01	Eu	0,096	Eu	> 1,0
Dy	< 0,01	Dy	< 0,01		
Gd	0,056	Gd	0,061		
Nd	0,01	Nd	0,82		
Ho	< 0,01	Ho	< 0,01		
Tb	< 0,01	Tb	< 0,1		
Y	< 0,01	Y	< 0,01		
La	----	La	0,07		

\* Amostras cedidas pelo Grupo de Troca Iônica do Departamento de Engenharia Química do IPEN/CNEN-SP

**ANEXO 1**  
PROGRAMA LANT

PR  
 MX NAME: LANT  
 MX NAME: LA  
 OF LCN'S: 9            OF SM'S: 1  
 MODE: CN  
 FORMAT: 1 9  
 I S 1 PCN: 26    PRTY: 1    PREBRN: 1    EXPOSR: 10  
 I S 2  
 I S 3  
 I S 4  
 STD 1 LAN1  
 STD 2 LAN2  
 STD 3  
 STD 4  
 STD 5

1	PR	14	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
2	EU	12	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
3	DY	9	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
4	GD	5	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
5	ND	15	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
6	TB	44	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
7	SM	17	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
8	HC	7	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0
9	Y	10	1	0	2	1	4	1	TRLA	0	10.00	0	1.000	0

CURVE NAME: TRLA

1000.00    1000.00  
           0            0

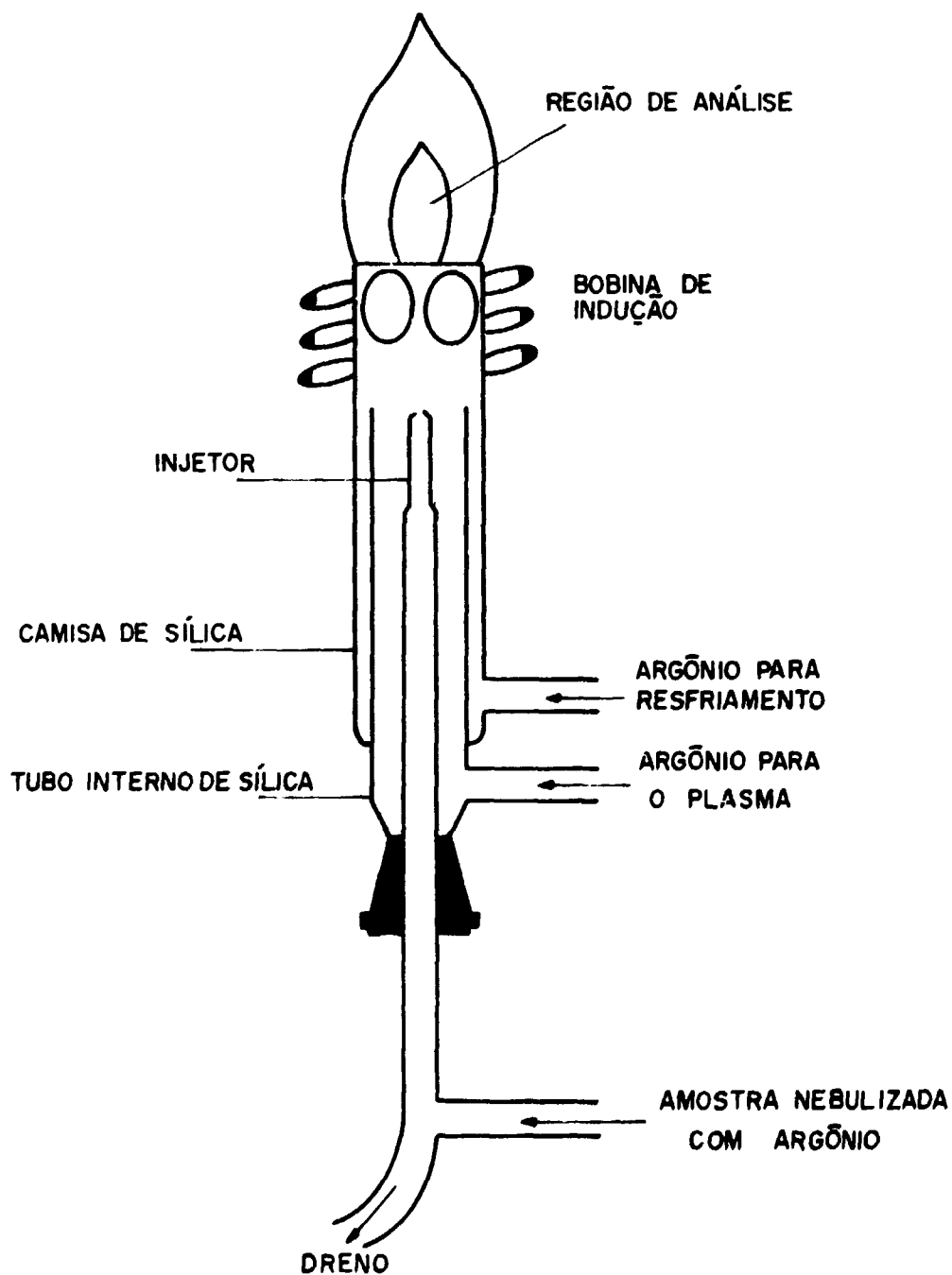


FIGURA 1 - Tocha de plasma de acoplamento indutivo