

# MEDIDAS INTERFEROMÉTRICAS PARA ANÁLISE DE COMPOSIÇÕES GASOSAS

Henrique de Almeida Helfstein  
Fatec São Paulo - henriqueahelfstein@hotmail.com

Juliana Brunelli Stoco Santos  
Centro Universitário da FEI

Marcelo Tadao Saita  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Francisco Tadeu Degasperi  
Fatec São Paulo

Ricardo Belchior Torres  
Centro Universitário da FEI

Eduardo Acedo Barbosa  
Fatec São Paulo - ebarbosa@fatecsp.br  
Centro Universitário da FEI

## 1. Introdução

Análises por meio de interferometria têm se mostrado muito úteis no estudo de gases, particularmente, na análise refratométrica de misturas gasosas. Este trabalho propõe-se a usar interferometria para medir índices de refração de uma mistura gasosa (o ar atmosférico) e relacioná-los com os índices de refração de seus componentes, à luz da regra refrativa de misturas de Gladstone-Dale.

## 2. Metodologia

Os experimentos foram realizados em um interferômetro de Michelson. Em um dos braços do interferômetro, o gás é armazenado em uma câmara de 1007 mm, formada de um tubo selado em suas extremidades com janelas de vidro, por onde passa o feixe laser. Quando o tubo é evacuado, utilizando um sistema de vácuo, uma diferença de caminho óptico surge em relação ao braço de referência, decorrente de uma variação no índice de refração. A partir desta mudança é observado o deslocamento de máximos (franjas) de interferência. A quantidade de franjas deslocadas  $\Delta M$  relaciona-se com o índice de refração  $n$  do gás pela equação [1]:

$$n = 1 + \frac{\Delta M \lambda}{2L} \quad (eq. 1)$$

onde  $\lambda$  é o comprimento de onda da luz e  $L$  é o comprimento do tubo. Visto que a temperatura é inversamente proporcional ao índice de refração é possível efetuar cada medida em temperaturas climáticas diferentes ao multiplicar o índice de refração pela temperatura no momento da medida, o que se deu o nome de refratividade térmica. Com o valor da refratividade térmica definido em função da temperatura  $T$  como  $R_T = (n - 1)T$  para cada gás que compõe a mistura é possível utilizar a regra refrativa de misturas de Gladstone-Dale [1], dada por:

$$R_{mistura} = \sum_{k=1}^p \Phi_k (n_k - 1) T_k \quad (eq. 2)$$

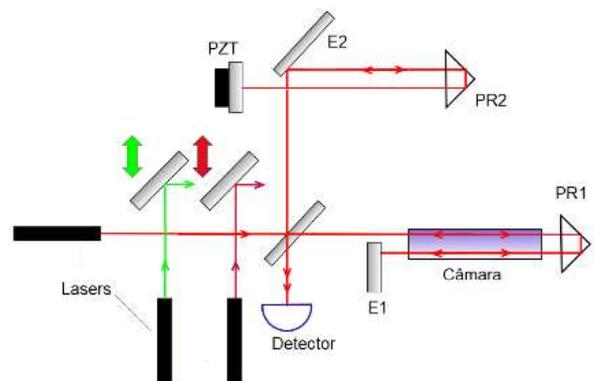
onde  $\Phi_k$  é a fração molar do  $k$ -ésimo componente da mistura gasosa. Foram utilizados 3 lasers, um de cada vez, sendo, em princípio, possível encontrar a fração de cada gás em uma mistura de até 4 gases.

## 3. Arranjo experimental

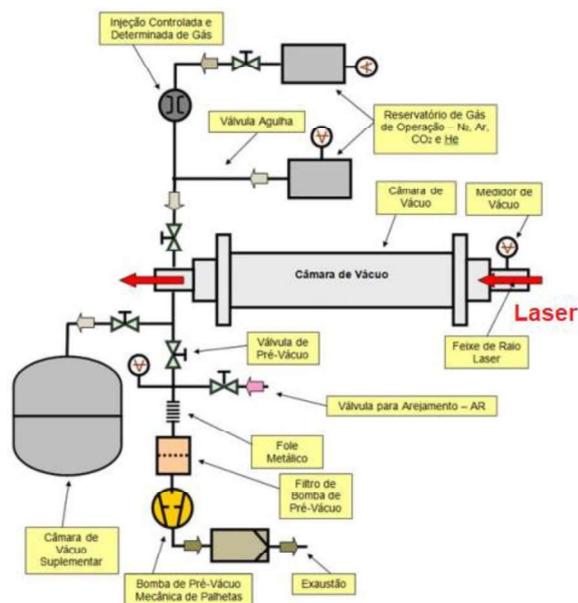
O arranjo é composto por um interferômetro de Michelson (Figura 01) que contém uma câmara por onde serão injetados os gases. Na montagem são utilizados 3 lasers, sendo eles, He-Ne (632,8 nm), Nd:YAG (532 nm) e laser de diodo vermelho (653 nm).

Cada gás é injetado na câmara até uma pressão superior a 900 mbar. Após isso, o gás é evacuado de maneira lenta por um sistema de vácuo (Figura 02), assim, sendo possível anotar o valor de franjas deslocadas em função da pressão, começando em 900 mbar e sendo monitorada a cada 50 mbar de pressão.

Figura 01 – Arranjo do interferômetro.



**Figura 02** – sistema de vácuo.



**4. Resultados**

A tabela 1 mostra os resultados das refratividades térmicas para os principais componentes do ar, nitrogênio (N<sub>2</sub>), oxigênio (O<sub>2</sub>) e argônio (Ar) e do ar atmosférico, todos obtidos interferometricamente. Além disso, na 6ª linha da tabela é mostrado o valor de R<sub>T</sub> do próprio ar atmosférico obtido através da regra refrativa de misturas da eq. (2). Nesse caso,  $\Phi_{N_2} = 0,78$ ,  $\Phi_{O_2} = 0,21$ , e  $\Phi_{Ar} = 0,01$ .

**Tabela 1** – Refratividades térmicas a p = 900 mbar.

Gás	R <sub>T</sub> (k,632,8 nm)	R <sub>T</sub> (k,532 nm)	R <sub>T</sub> (k,653 nm)
N <sub>2</sub>	0,08114±0,00013	0,08175±0,00013	0,08076±0,00011
O <sub>2</sub>	0,073354±0,000036	0,073810±0,000060	0,07325±0,00011
Ar	0,07647±0,00014	0,07672 ±0,00021	0,07645±0,00014
AR <sub>atm</sub>	0,079228 ±0,000060	0,07970±0,00015	0,07894±0,00018
AR <sub>rrm</sub>	0,07946±0,00020	0,08003±0,00026	0,07914±0,00019
δ <sub>AR</sub> (%)	0,29	0,41	0,25

**5. Conclusões**

Os pequenos valores dos desvios percentuais denotam a validade da regra refrativa de misturas de Gladstone-Dale para gases, mostrando que ela pode ser utilizada para se determinar a fração dos componentes de uma mistura gasosa por refratometria interferométrica.

A introdução do conceito de refratometria térmica dispensou o controle ativo da temperatura da câmara, sendo necessária apenas a sua medição ao longo do experimento.

**6. Referências**

[1] M.A. Heald, J.B. Marion, Classical Electromagnetic Radiation, Third Edition, Dover, New York, 2012.

**Agradecimentos**

À FEI, pelo empréstimo dos gases utilizados.

1 Aluno de IC do CNPq