



Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas

Unidade Curricular: **Física Aplicada**

Aulas Laboratoriais

Trabalho laboratorial n.º 5

Refratometria

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE AÇÚCAR EM BEBIDAS COMERCIAIS

Utiliza-se um refratômetro de Abbe para a análise quantitativa de sacarose em bebidas comerciais.

5.1 – BREVE REFERÊNCIA A ALGUNS CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Quando uma radiação eletromagnética alcança um meio material, o vetor campo elétrico da radiação, interatua com os átomos e moléculas do meio (portadores de carga elétrica), podendo a referida radiação, ser transmitida, absorvida, refletida ou dispersada.

Experimentalmente, observou-se que a velocidade com que se propaga a radiação através de uma substância transparente é menor que a sua velocidade de propagação no vazio e depende em certa medida, das espécies e concentração dos átomos, iões ou moléculas presentes. Destas observações deduz-se que a radiação deve interatuar com a matéria sem se observar variação na frequência da radiação.

O **índice de refração** de um meio é, de certa maneira, uma medida da grandeza da indicada interação e define-se por $n = \frac{c}{v_1}$ donde, n é o índice de refração a uma determinada frequência, v_1 é a velocidade da radiação no meio considerado e c é a sua velocidade no vazio, onde adquire um valor máximo.

Na maioria dos líquidos o índice de refração varia entre 1,3 e 1,8, alcançando em muitos sólidos um valor igual a 2,5 ou superior. Em qualquer caso, é sempre superior à unidade.

Juntamente com a densidade, o ponto de fusão e o ponto de ebulição, o índice de refração é uma constante física que ajuda a definir a pureza de uma substância.

O índice de refração de uma substância determina-se, geralmente, medindo a variação de direção (refração) de uma radiação quando passa de um meio ótico para outro, sendo dado pela seguinte expressão:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2}$$

donde v_1 é a velocidade de propagação de radiação num meio óticamente menos denso, v_2 é a velocidade de propagação da radiação num meio óticamente mais denso, n_1 e n_2 são os correspondentes índices de refração e, θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e refração, respetivamente.

Na prática, é costume medir-se o índice de refração relativamente a um meio distinto do vazio. A medida do índice de refração deve fazer-se com uma precisão da ordem de 2×10^{-4} , e para isso utilizam-se os refratómetros, sendo de uso mais generalizado o de Abbe, que se baseia na medição do ângulo limite. Se o ângulo de incidência for praticamente igual a 90° , ao que se chama incidência rasante, o ângulo de refração alcança um valor máximo, recebendo o nome de ângulo limite de refração.

O refratómetro de Abbe contém dois prismas retangulares opostos por união das hipotenusas. O superior é fixo, movendo-se o inferior através de uma charneira. É sobre o prisma inferior que se coloca a amostra a analisar. A luz, proveniente de uma lâmpada de luz branca, é refletida num espelho, atingindo o prisma inferior; os raios atravessam os prismas e a amostra que se situa entre eles, sendo posteriormente emitidos para um tubo telescópico onde se encontra um retículo marcado com um X. Observando através da ocular e rodando o botão giratório dos prismas, faz-se coincidir a divisória do campo da ocular com o centro do retículo, o que ocorrerá quando se observa a metade do campo exatamente clara e a outra metade escura. Nesse momento, ler-se-á num retângulo graduado, o índice de refração que corresponde à amostra. O refratómetro de Abbe fornece diretamente valores de índice de refração compreendidos entre 1,3000 e 1,7000.

Quando se utiliza luz solar, em vez de luz monocromática (amarela do sódio, risca D) produz-se uma dispersão cromática no campo, que deve eliminar-se mediante o movimento giratório do comando acromatizador que vem incorporado no aparelho. Através dele, consegue-se seleccionar a radiação amarela correspondente à da risca D do sódio.

Para termostatar a zona que admite a amostra, faz-se circular uma corrente de água à temperatura desejada através do dispositivo correspondente, situado nas paredes dos prismas; a temperatura controla-se mediante um termómetro situado nas citadas paredes.

Da densidade e do índice de refração de uma substância, depende outra constante, denominada **refração específica**, para cujo valor contribui cada átomo, ligação ou grupo presente na molécula, oferecendo, portanto, informação sobre a estrutura e massa molecular.

O valor da refração específica (r) obtém-se a partir da equação de Lorentz-Lorenz:

$$r = \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) \times \frac{1}{d}$$

sendo d a densidade e, n , o índice de refração (determinado à temperatura de 20°C e relativamente à luz da risca amarela do sódio).

A partir da refração específica obtém-se a **refração molar** resultando ser uma propriedade em parte aditiva e em parte constitutiva de grupos ou elementos que formam o composto químico:

$$R_m = r \times M$$

sendo R_m a refração molar e M a massa molecular.

A refração molar, por sua vez, é igual à soma das refrações atómicas dos elementos. Existe uma relação linear entre o índice de refração e a concentração, de grande utilidade em análise quantitativa de misturas binárias, sempre que não exista variação de volume na mistura.

$$n_{mistura} \times V_{mistura} = n_1 \times V_1 + n_2 \times V_2$$

Por outro lado, o facto da refração específica ser também uma propriedade aditiva das substâncias, permite estabelecer uma equação para calcular a refração específica da mistura, a partir da dos componentes, a qual nos permitirá conhecer a concentração em que se encontram.

$$r_{mistura} \times m_{mistura} = m_A \times r_A + m_B \times r_B$$

em que m é a massa em gramas.

5.2 – EXECUÇÃO LABORATORIAL

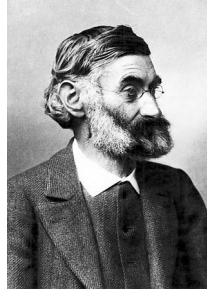
5.2.1 – Material e Reagentes

- Balões de 25 mL
- Funil de pós
- Vidro de relógio
- Refratómetro de Abbe
- Sacarose
- Solução problema (sumo comercial)

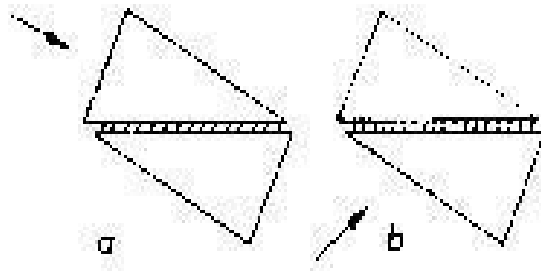
Refratómetro de Abbe



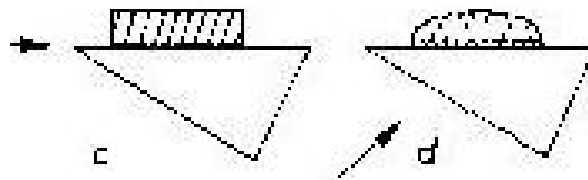
Ernest Abbe, um funcionário da empresa alemã Carl Zeiss, desenvolveu no final do século XIX o primeiro refratómetro para laboratório.



Com o refratómetro de Abbe mede-se o ângulo limite da reflexão total, sendo possível distinguir dois métodos de medição: um por transmissão em que a luz incide rasante, e outro por reflexão através da reflexão total.

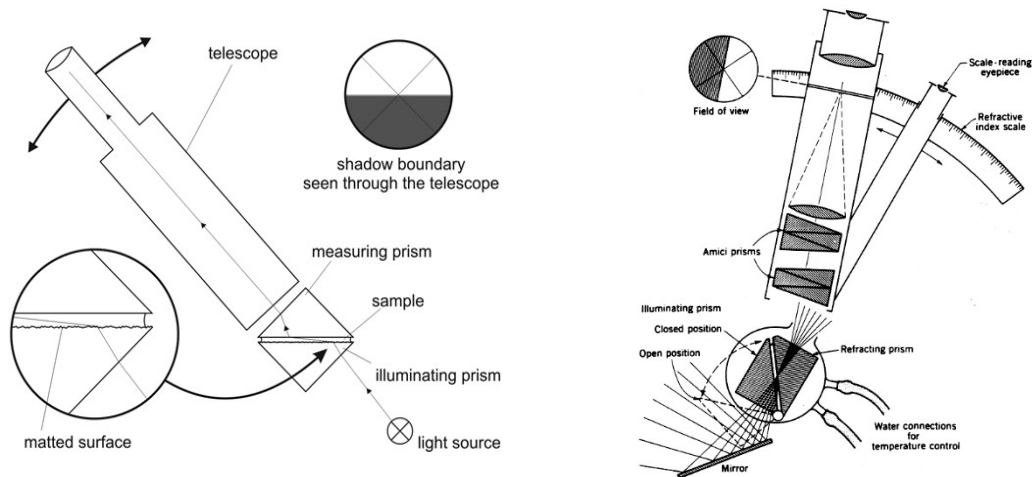


a) Medida por transmissão com prisma de iluminação; b) Medida por luz refletida com prisma de iluminação.



c) Medida por transmissão; d) Medida com luz refletida.

Os principais componentes do refratômetro de Abbe são o prisma de medição, adequado a medidas de índice de refração de $1,300 < n_D < 1,700$, a objetiva e o círculo graduado de cristal com escala de leitura.



O prisma de medição está montado num sistema que pode girar em torno de um eixo horizontal, juntamente com o prisma de iluminação. As bases dos dois prismas (medida e iluminação) formam um pequeno compartimento destinado a receber a amostra, e estão unidos por uma dobradiça, que permite a sua abertura.

O bloco de prismas possui terminais para ligação de água destilada a manter a estabilidade de temperatura no sistema, assim como um termómetro acoplado a esse corpo para acompanhamento da mesma.



Junto a esse bloco estão também dois espelhos: um para iluminação da escala, que deve ser ajustado sempre que o conjunto for deslocado, podendo ser substituído por uma lâmpada para iluminação do sistema; outro para refletir a luz da fonte para o interior do prisma (usualmente usando a linha D do sódio, $\lambda = 589.29 \text{ nm}$).

Através da ocular observa-se a linha limite entre a parte clara e a parte escura. O botão compensador serve para eliminar a franja colorida da linha limite (correção da aberração cromática), e a escala serve para a medida da dispersão média $\eta_F - \eta_D$ respetiva ao número de Abbe.

Para a medição do índice de refração, gira-se o corpo de prismas com o botão rotativo, até a linha limite coincidir exatamente com o ponto de interseção do retículo da ocular e faz-se a leitura na escala.

5.2.2 – Modo de proceder

1 – Prepare as soluções de sacarose de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 1. Soluções padrão de sacarose utilizadas para a obtenção da reta de calibração.					
Solução	1	2	3	4	5
[Sacarose] g/L	0	100	200	300	400

- 2 - Limpar com algodão e álcool, os prismas do refratómetro, secando-os depois, com algodão seco.
- 3 - Colocar com uma pipeta Pasteur duas gotas de solução aquosa de sacarose preparadas de acordo com as indicações da tabela.
- 4 - Fazer a leitura do índice de refração correspondente a cada um dos padrões preparados.
- 5 - Entre leituras limpar os prismas do refratómetro de acordo com 1.
- 6 - Proceder da mesma maneira para a solução problema (sumo comercial).

5.3 – TRATAMENTO DOS DADOS EXPERIMENTAIS

Represente graficamente n vs concentração e determine a concentração de sacarose do sumo comercial, por interpolação gráfica.