

**INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA**

Validação da equação de Clapeyron para o oxigênio, de 20 à 60°C, à 1atm utilizando microcontrolador Arduino

Ameliza Souza Corrêa
Bruno Martins do Nascimento
Guilherme da Silva Medeiros
Stefanie Martins

Resumo:

Experimentação com objetivo de validar a equação de Clapeyron para o oxigênio, em faixa de temperatura de 20°C à 60°C, à 1atm, utilizando microcontrolador arduino e verificando se o projeto científico pode ser uma boa forma de ensino. O experimento apresenta resultado positivo, equacionado e conclui que o método apresentado pelo projeto Skopo é válido no ensino de Física II e termodinâmica.

Abstract:

The objective in this test is to validate Clapeyron's equation for the oxygen, in between 20°C to 60°C, at 1atm, using arduino microcontroler and verifying if a scientific project can work as a good way to teach physics. The test shows positive result, an equation formula, and it concludes that the system presented by Skopo is valid in the teaching of Physics II and thermodynamics.

Palavras chave: comportamento de gases, oxigênio, gases ideais, gases reais, curva, temperatura, pressão, arduino.

1. Fundamentação Teórica

1.1 Gases ideais e reais

Em meados do século XVIII, os cientistas Robert Boyle e Robert Hooke perceberam que, ao confinar um gás e alterar certa propriedade, outras características mudavam por consequência. Daqui, fora determinado que, em um gás, pressão, temperatura e volume tinham relação equacional¹. Esta relação foi definida por Clausius Clayperon, em meados do século

XIX e ficou conhecida como Equação dos Gases Ideais ou Equação de Clayperon¹:

$$PV = nRT$$

A equação relaciona pressão, temperatura, volume e quantidade de matéria em relação à uma constante R determinada. Considerando uma transformação isométrica, o volume é constante e a equação¹ pode ser escrita como:

$$P = \left(\frac{nR}{V}\right)T$$

Dito isto, a equação de Clapeyron trabalha com gases que se comportam de maneira ideal, onde os gases estão dispersos o suficiente para que seja possível desconsiderar forças de atração eletrostática e para que não haja colisão entre as moléculas. Fato este que não é observado em experimentos com gases reais, já que estes apresentam os fatores desconsiderados pela equação. Considerando este fato, gases diferentes se comportarão de maneira distinta, dependendo da polaridade da molécula, concentração, energia cinética, etc.

Gases ideais não são encontrados na natureza, sendo que os que mais se aproximam do comportamento ideal são os gases nobres, tal como Hélio, Argônio, Neônio, etc, mesmo assim, possuem propriedades que diferem dos previstos pela equação de Clapeyron.

O oxigênio é um gás diatômico, de massa molar 32g/mol, apolar e não pode ser considerado um gás ideal. Experimentos produzidos usando o gás como reagente devem considerar tal distorção do comportamento ideal. Considerando então o oxigênio um gás real, pode-se descrever uma correção para a equação dos gases ideais que adequa a tendência com que a pressão varia em termos da temperatura como:

$$P(T) = \gamma \left(\frac{nR}{v}\right)T + b$$

(Equação 1)

Onde:

- γ corrige o coeficiente angular da curva ou altera o comportamento linear.
- b desloca a função no eixo das ordenadas.

Analizando uma curva de aquecimento do oxigênio confinado em volume constante é possível determinar γ e b e determinar a função $P(T)$ para um intervalo de temperatura e pressão.

1.2 A Placa Arduino e o sensor BMP280.

Microcontroladores são dispositivos programáveis que misturam hardware com software e possuem vasta utilização na área de captação de dados.

As placas arduino UNO² possuem bom custo/benefício e alta gama de sensores programáveis. Utilizando a linguagem de programação C, o microcontrolador permite captação e transmissão de dados em tempo real.

O sensor BMP280³ desenvolvido pela Bosch mede pressão com erro de $\pm 1\text{hPa}$ e temperatura com erro de $\pm 1^\circ\text{C}$. Como a medida de pressão é tão exata, e como a pressão muda com a altitude, é possível usá-lo como altímetro com $\pm 1\text{m}$ de erro.

1.3 O uso de projeto científico no ensino

Em graduações na área de exatas é comum alto índice de reprovação nas disciplinas de física. O método comum de ensino empregado nas disciplinas dificulta o aprendizado do aluno e mantém o nível de reprovação alto.

Com a dificuldade de adequar a disciplina de física à metodologia moderna de ensino, realizar a alteração da aplicação de provas por projetos científicos pode ampliar a capacidade do professor de transmitir o conhecimento.

A hipótese do projeto skopo⁴ é criar uma situação problema e criar um projeto de pesquisa que envolva o conteúdo estudado.

2. Objetivos.

Verificar a validade da equação de Clapeyron para o gás oxigênio no intervalo de 20 à 60°C e aplicar uma correção à equação caso apresente diferença. Estudar a capacidade do microprocessador Arduino de fazer a medida dos dados de pressão e temperatura em um processo de aquecimento e resfriamento isométrico. Estudar a possibilidade da mudança do ensino de física

II utilizando projetos científicos como método avaliativo.

3. Procedimento Experimental

O experimento consiste em verificar a curva $P(T)$ em um processo de aquecimento e resfriamento isométrico. Considerando o volume constante, o esperado pela equação de Clapeyron é uma reta $P(T)$ onde o coeficiente angular da mesma é dado por nR/V e o coeficiente linear é nulo.

A montagem da placa foi feita nos moldes I2C, como descrito na figura 1.

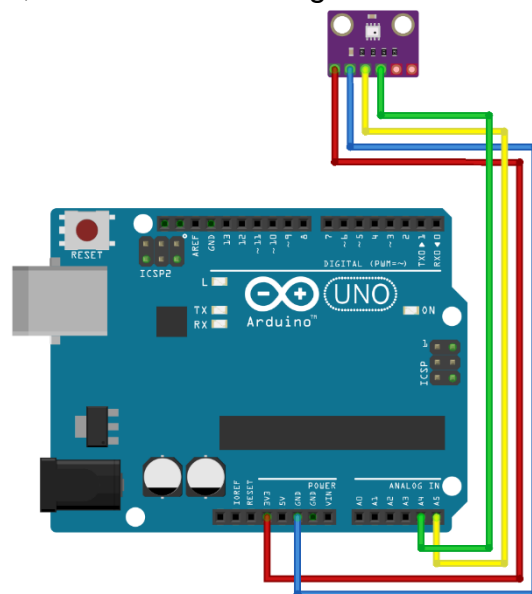


Figura 1: Montagem I2C

A programação do sensor BMP280 foi feita em conjunto com o professor Humberto Luz Oliveira, orientador do projeto, obedecendo à montagem, mostrada na figura 2.

```

#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>

#define BMP_SCK 13
#define BMP_MISO 12
#define BMP_MOSI 11
#define BMP_CS 10

Adafruit_BMP280 bme; // I2C
//Adafruit_BMP280 bme(BMP_CS); // hardware SPI
//Adafruit_BMP280 bme(BMP_CS, BMP_MOSI, BMP_MISO, BMP_SCK);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("BMP280 test"));
  bme.begin();
  /* if (!bme.begin()) {
    Serial.println("Could not find a valid BMP280 sensor, check wiring!");
    while (1);
  } */
}

void loop() {
  Serial.print("Temperature = ");
  Serial.print(bme.readTemperature());
  Serial.println(" *C");

  Serial.print("Pressure = ");
  Serial.print(bme.readPressure());
  Serial.println(" Pa");

  Serial.print("Approx altitude = ");
  Serial.print(bme.readAltitude(1013.25));
  Serial.println(" m");

  Serial.println();
  delay(2000);
}

```

Figura 2: Código utilizado no Arduino

Foi escolhido o oxigênio como o gás estudo pela facilidade de obtenção, facilidade de manuseio e segurança. O gás foi cedido pela diretoria do Hospital Regional de São José. Durante o experimento, tivemos ajuda do professor Humberto juntamente com o professor Vicente Rodrigues de Almeida no manuseio dos equipamentos e utilizamos os laboratórios de física e química durante todo o processo.

O sensor BMP280 foi montado como descrito. Soldados os fios, foram inseridos através de uma rolha perfeitamente vedada que tampava um kitasato de 250ml com sua entrada aberta. Na entrada do kitasato foi colocada uma torneira, como mostrado na figura 3. Oxigênio em alta pureza foi bombeado para dentro do kitasato, que logo foi fechado com o auxílio da mangueira citada, aprisionando o oxigênio no interior do recipiente.

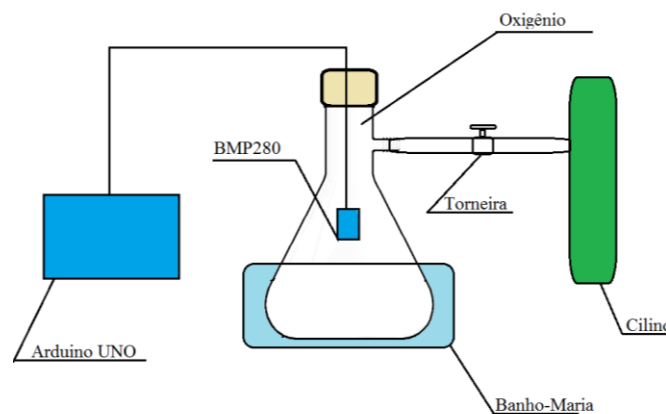


Figura 3: Montagem do experimento

O oxigênio inserido na vidraria foi aquecido através de um banho-maria, de 20 à 60°C, enquanto obtinham-se os dados através do sensor. Após o aquecimento, o banho-maria foi cessado e o kitasato foi submetido à temperatura ambiente para o resfriamento. O experimento foi repetido para melhor qualidade dos dados e minimização dos erros.

4. Resultados e Discussão

Após o tratamento dos dados pode-se criar duas curvas quanto ao comportamento do gás oxigênio, que puderam ser comparadas ao resultado esperado pela equação de Clapeyron:

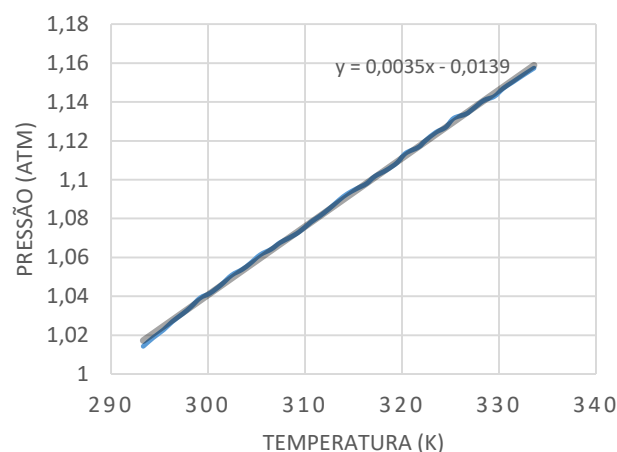


Gráfico 1: Aquecimento experimental do oxigênio

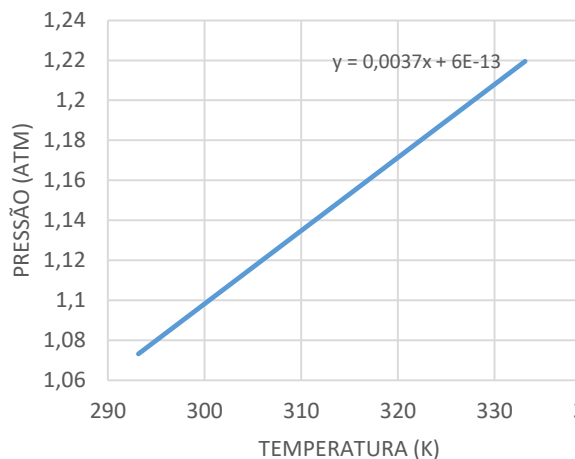


Gráfico 2: Curva de um gás ideal

Uma reta foi traçada através dos dados obtidos de laboratório através do método de mínimos quadrados, tendo como resultado a equação:

$$P(T) = 0,0035T - 0,0139$$

Tendência muito semelhante a esperada pela equação dos gases ideais. Provavelmente pelo fato do gás oxigênio ser apolar e quase não apresentar atração eletrostática e ser relativamente pequeno, diminuindo a chance de choque. Mesmo assim, os dados apresentaram leve mudança do esperado, obtendo como γ o valor de 0,944 e como b o valor de $-0,0139$. Como equação final, o oxigênio se comporta, no aquecimento de 20 à 60°C e inicialmente à 1atm como:

$$P(T) = 0,944 \left(\frac{nR}{v} \right) T - 0,0139$$

No resfriamento, a equação apresentou diferenças significativas, principalmente quanto ao fator b , o coeficiente linear da reta.

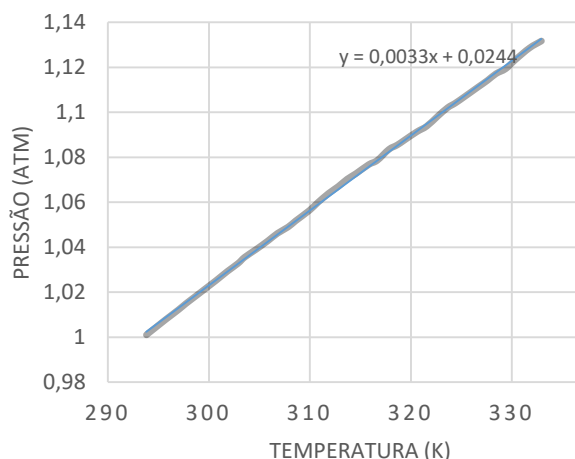


Gráfico 3: Resfriamento experimental do oxigênio

O gás ideal se comporta de maneira igual para o resfriamento já que sua equação é mantida a mesma, já o oxigênio tem pequena, porém relevante, mudança de tendência, possivelmente pela diferença do experimento anterior, o aquecimento. No primeiro cedemos energia ao sistema, no segundo retiramos, mudando a maneira com que as moléculas se rearranjam e mudando as relações energéticas entre elas. O coeficiente linear é positivo e a constante um pouco menor:

$$P(T) = 0,892 \left(\frac{nR}{V} \right) T + 0,0244$$

5. Conclusão

O gás estudado apresentou tendência muito semelhante à determinada pela equação de Clapeyron. A diferença foi determinada pelo experimento, relatada e colocada na equação descrita nos resultados. Considerando o trabalho feito, seria de grande valia observar o gás em outras faixas de temperaturas e verificar se o comportamento é mantido linear, com as mesmas características. Outra consideração, é reproduzir o experimento com gases maiores, gases poliatômicos e gases apolares, aumentando as considerações não realizadas pela equação de Clapeyron e, provavelmente, o seu erro.

O arduino UNO, juntamente com o sensor BMP280 se mostraram ótimas ferramentas de medida, apresentando alta precisão, exatidão e possibilitando a medida no intervalo de tempo escolhido pelo experimentador.

O método de ensino proporcionado pelo emprego do projeto científico foi considerado, pelos estudantes, bastante favorável para o aprendizado, principalmente em áreas tão experimentais como termodinâmica e lei dos gases. O método criou caráter empírico e científico aos membros do grupo, proporcionou a produção de artigos científicos e os trouxe para mais perto do laboratório, diferentemente de aulas expositivas, muito distantes da realidade de pesquisa da física e da engenharia. Despertou caráter auto suficiente no grupo, instigando o pensamento e a criatividade, qualidade indispensável para o engenheiro e cientista.

6. Referências

[1] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009. página 217.

[2] <https://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>
Acessado em 24/06/2017, às 19:40

[3] <https://learn.adafruit.com/adafruit-bmp280-barometric-pressure-plus-temperature-sensor-breakout/overview>
Acessado em 24/06/2017, às 19:40

[4] Moura, D. G e Barbosa, E. F. , Ed. **Vozes**, 6a Edição - Cap. 2.