

ESTUDO DE UMA DESCARGA DE CATODO TERMIÔNICO EM BAIXA PRESSÃO

João Paulo de Andrade Dantas
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Petraconi

- Introdução
- Objetivos
- Materiais e métodos
- Resultados e discussões
- Conclusões

➤ Introdução

➤ Objetivos

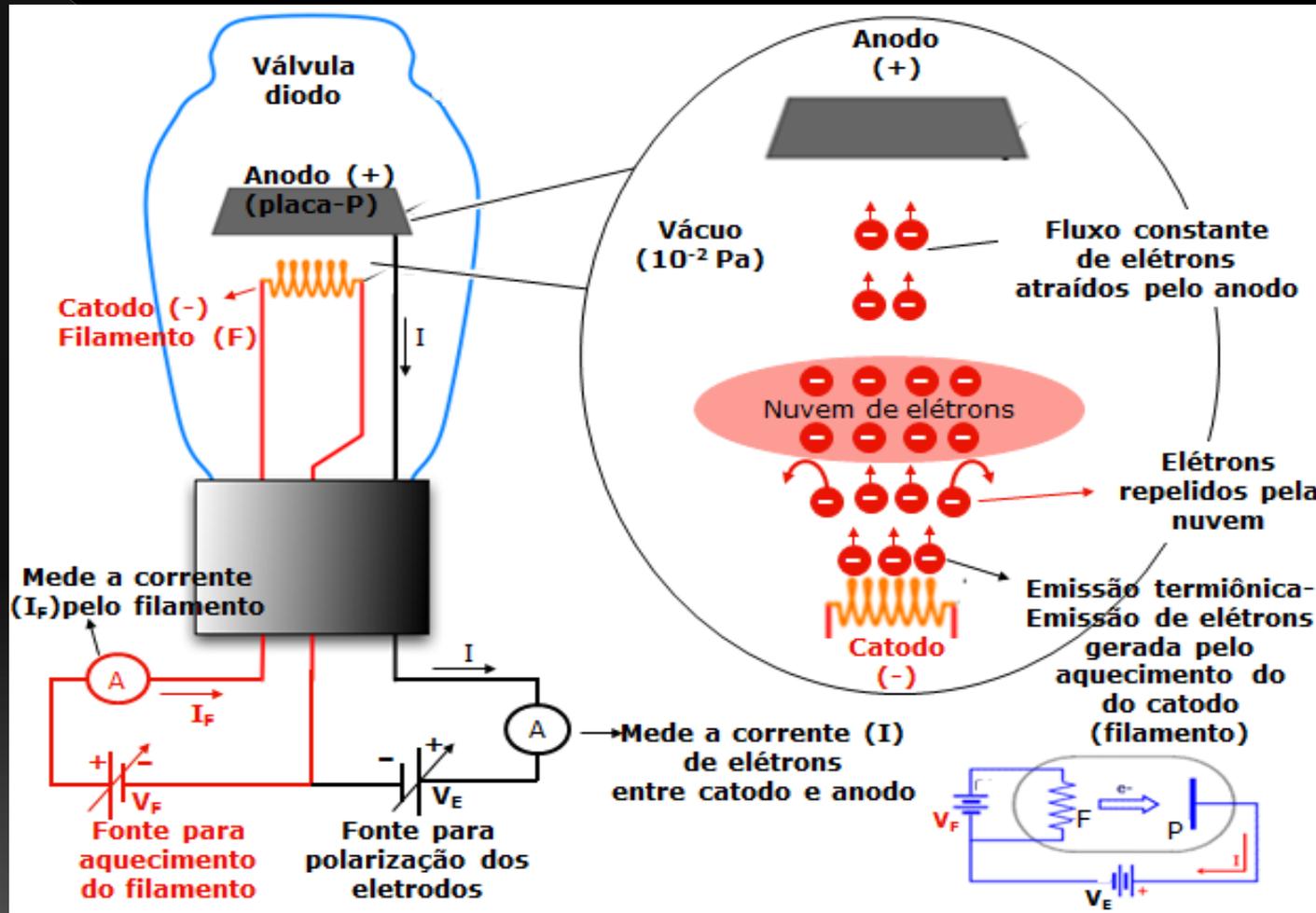
➤ Materiais e métodos

➤ Resultados e discussões

➤ Conclusões

- Thomas Alva Edison (1847-1931) e seu trabalho com lâmpadas elétricas.
- Dilema de Edison.
- O efeito termiônico deve-se ao fato de o filamento emitir uma grande quantidade de elétrons que são atraídos por uma placa, estabelecendo assim uma corrente elétrica, hoje conhecido como efeito Edison.
- A estrutura atômica dos metais é a causa desse efeito. Todo corpo metálico possui elétrons livres que, a qualquer temperatura, possuem um movimento desordenado em virtude de sua agitação térmica.

- À temperatura ambiente, os elétrons não conseguem se libertar-se do metal porque são atraídos pelos íons positivos da rede cristalina e não possuem energia suficiente (função trabalho) para vencer esta atração.



- Contudo, se a temperatura do corpo for aumentada, a agitação térmica dos elétrons também aumentará e um grande número deles conseguirá escapar da atração dos íons positivos.

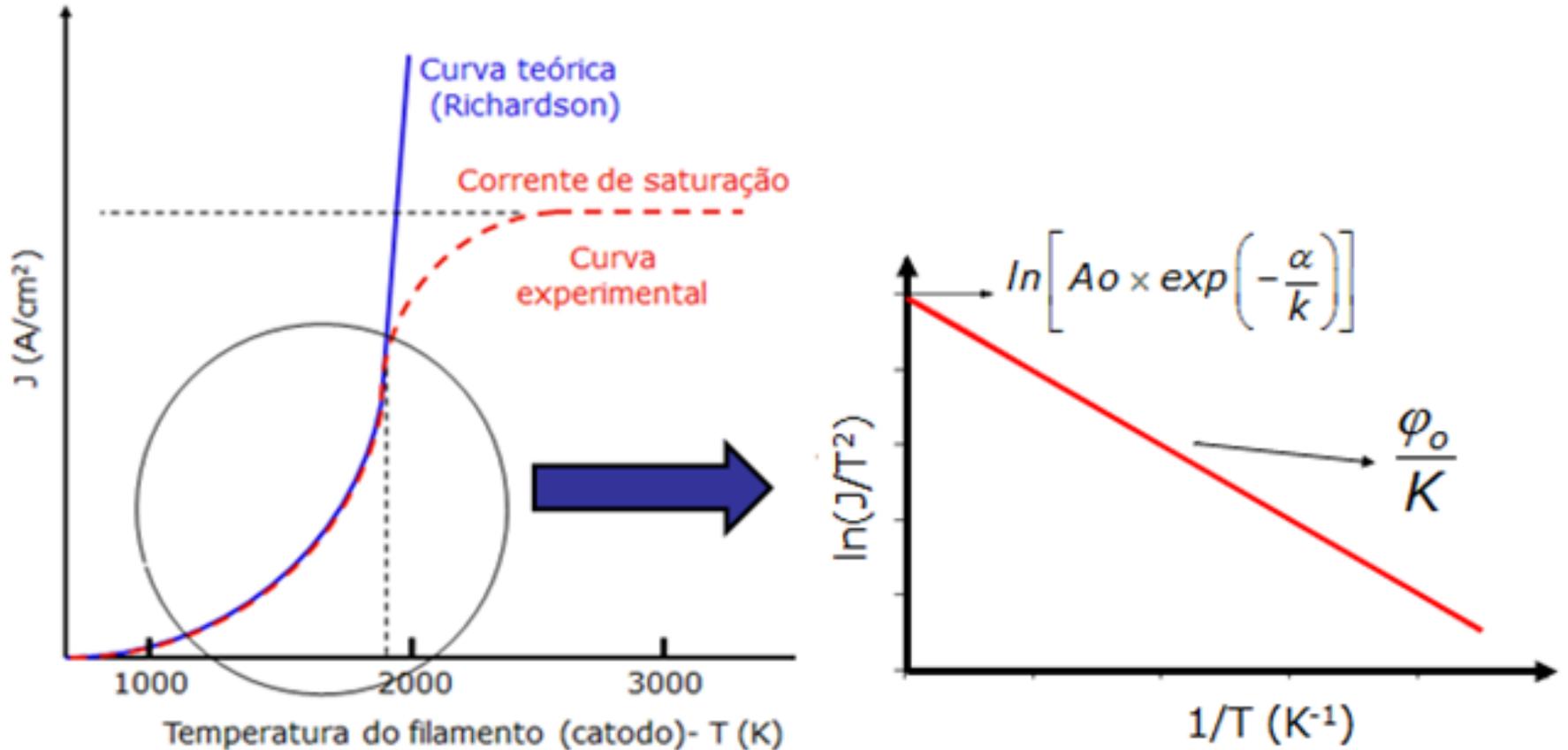
- É possível relacionar a taxa de elétrons emitidos na superfície de um metal em função da temperatura através da lei de Richardson.
- Richardson e Dushman mostraram que o número de elétrons emitidos por unidade de área do catodo, densidade de corrente J , devido à emissão termiônica de um metal é dada por:

$$J = A_0 \times T^2 \times \exp \left[\frac{-\phi}{KT} \right]$$

Onde A_0 é a constante de Richardson-Dushman, cujo valor teórico é de $120,4 \text{ A/cm}^2\text{K}^2$, J é a densidade de corrente de saturação termoeletrônica em A/cm^2 , T é a temperatura em Kelvin, ϕ é a função trabalho em eV (geralmente tabelada para vários materiais a 0K) e K é a constante de Boltzman, que vale $8,6165 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$.

- A expressão mostra que quanto maior a temperatura na superfície do catodo, maior a densidade de corrente de elétrons que se pode obter dele.

- Determinação da função trabalho pelo método de Richardson:



- Variação da densidade de corrente de elétrons emitido pelo cátodo em função de sua temperatura e a reta para determinação da função trabalho.

- O efeito de carga espacial no potencial de um diodo é descrito pela lei de Child-Langmuir, a qual estabelece que a densidade de corrente termiônica que percorre um diodo depende da distância de separação entre o catodo e o anodo e a tensão aplicada entre estes eletrodos.
- Temos a equação de Poisson, que relaciona o potencial aplicado em função da distância, onde $V(x)$ é o potencial no diodo, $\rho(x)$ é a densidade de carga espacial e ϵ_0 a permissividade no vácuo:

$$\frac{\partial^2 V(x)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V(y)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V(z)}{\partial z^2} = \frac{-\rho(x)}{\epsilon_0}$$

- A partir dessa equação é possível deduzir a Lei de Child-Langmuir:

$$J = -2,33 \cdot 10^{-6} \frac{V(x)^{3/2}}{x^2}$$

O sinal negativo indica que a corrente flui na direção contrária ao eixo x .

➤ Introdução

➤ Objetivos

➤ Materiais e métodos

➤ Resultados e discussões

➤ Conclusões

Objetivos

- Verificar a relação entre a corrente de emissão termoiônica em função da temperatura do filamento (lei de Richardson).
- Verificar a relação entre a corrente de emissão termoiônica de elétrons em função da tensão de polarização dos eletrodos (lei de Child-Langmuir).
- Realizar a análise de descarga elétrica em baixa pressão de argônio.

➤ Introdução

➤ Objetivos

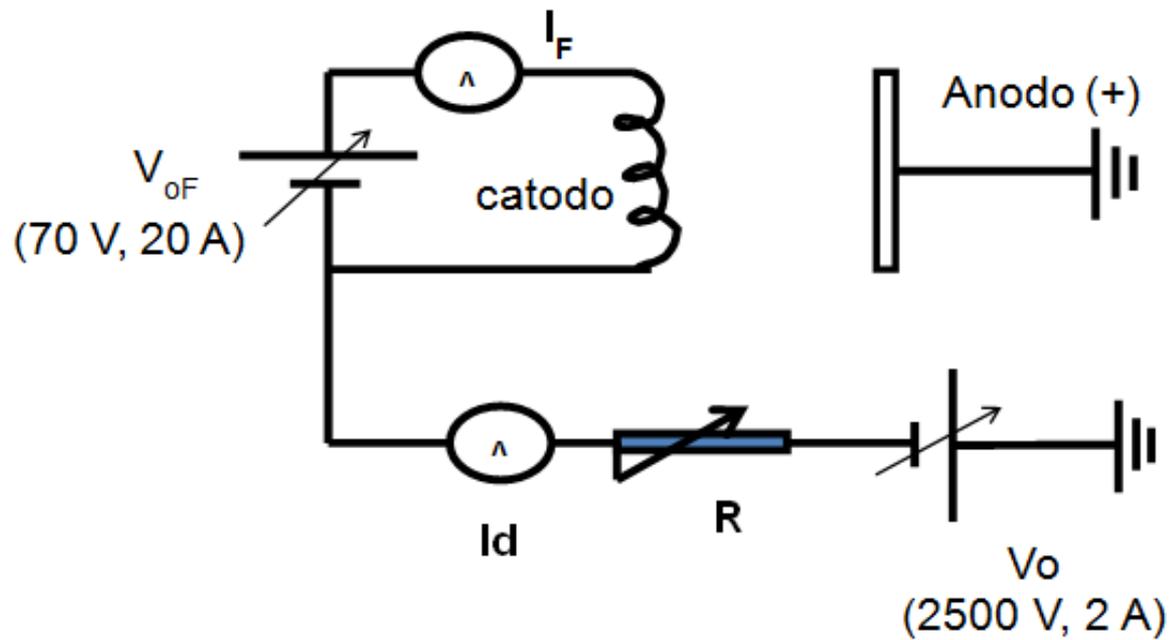
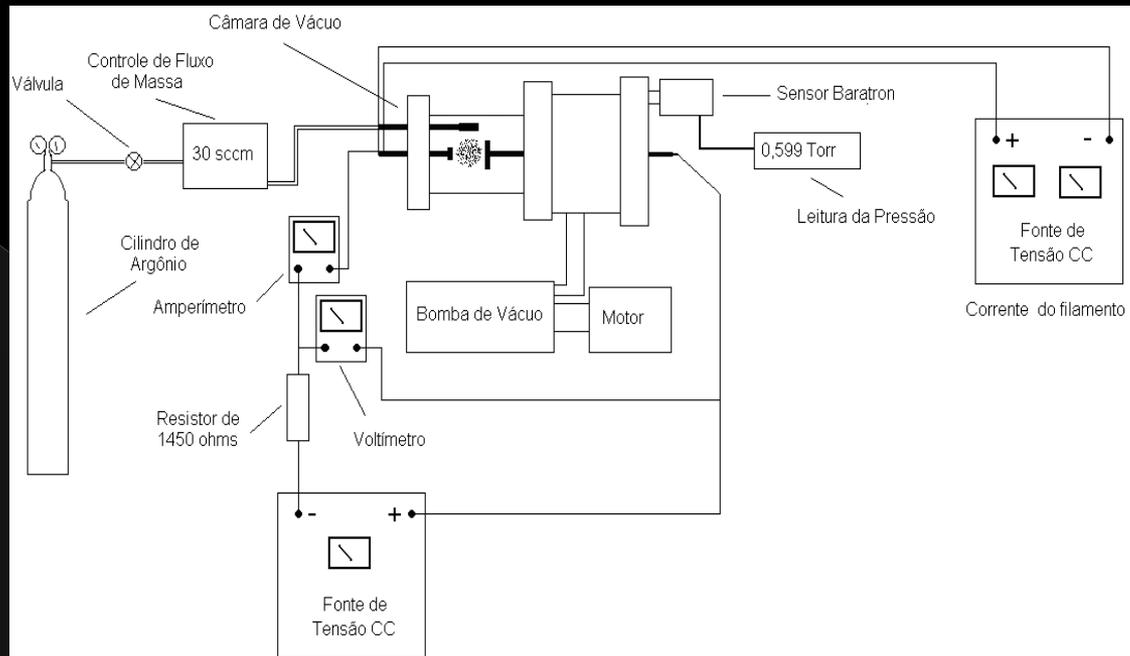
➤ **Materiais e métodos**

➤ Resultados e discussões

➤ Conclusões

Materiais

- Catodo de filamento de tungstênio
- Câmara de vácuo confeccionada em Pyrex
- Bomba mecânica da marca Edwards
- Manômetro tipo Pirani ou Baratron da Edwards
- Anodo constituído por um disco de alumínio
- Isolamento com teflon nas paredes laterais e no suporte de fixação do anodo
- Fonte de tensão de corrente contínua de 2.500 V e 2,0 A
- Resistor de 1,3 k Ω
- Termômetro infravermelho modelo Pyrofiber® PFL II 905, S/N PF-543



Métodos

- A verificação da lei de Richardson é obtida medindo-se a corrente pelo circuito em (I_{ca}) função da temperatura do filamento (T).
- No intuito de verificar a lei de Child-Langmuir, a corrente pelo circuito em função da tensão de polarização (V_d) entre os eletrodos, foram monitoradas com multímetros digitais.
- Para o estudo da descarga elétrica em baixa pressão de argônio, foi verificada o efeito da corrente pelo filamento sobre a corrente e tensão entre os eletrodos para uma pressão de argônio de $7,6 \times 10^{-1}$ Torr.

➤ Introdução

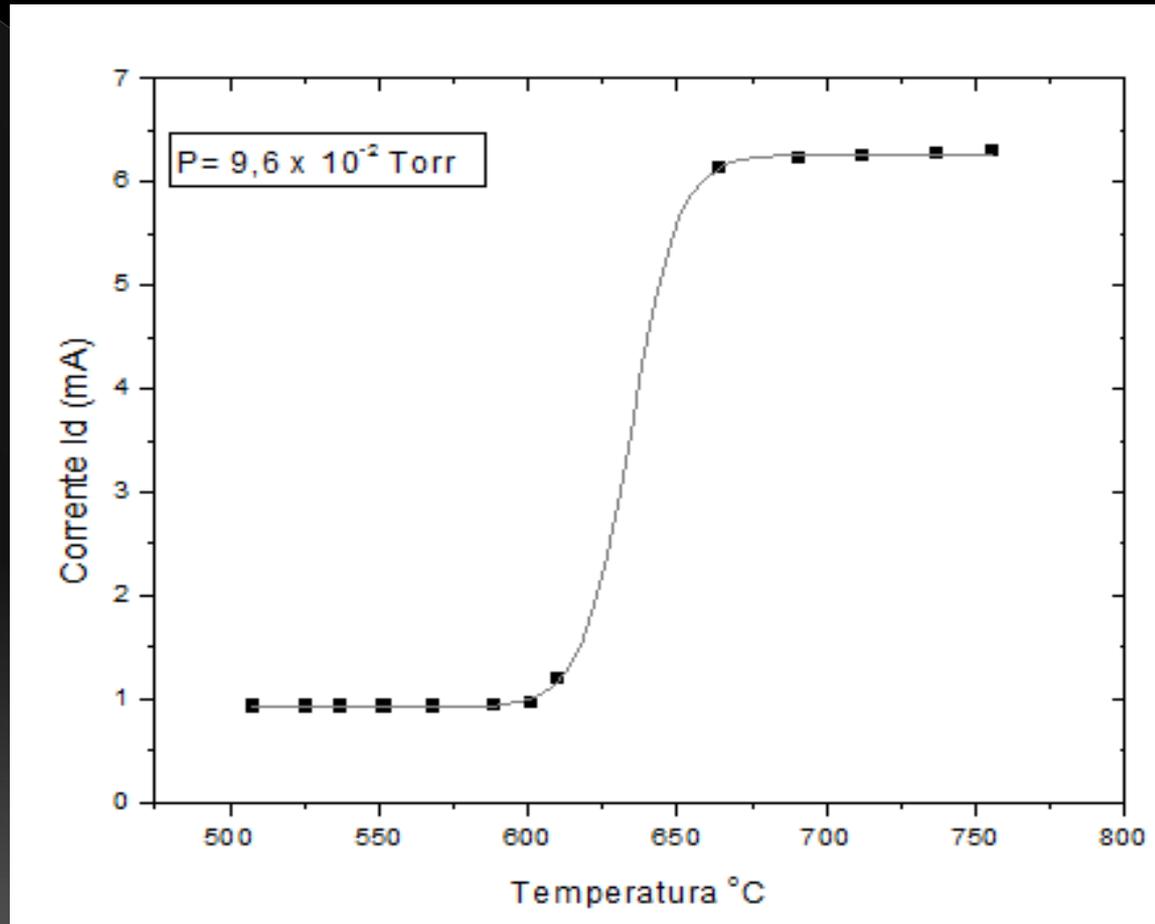
➤ Objetivos

➤ Materiais e métodos

➤ Resultados e discussões

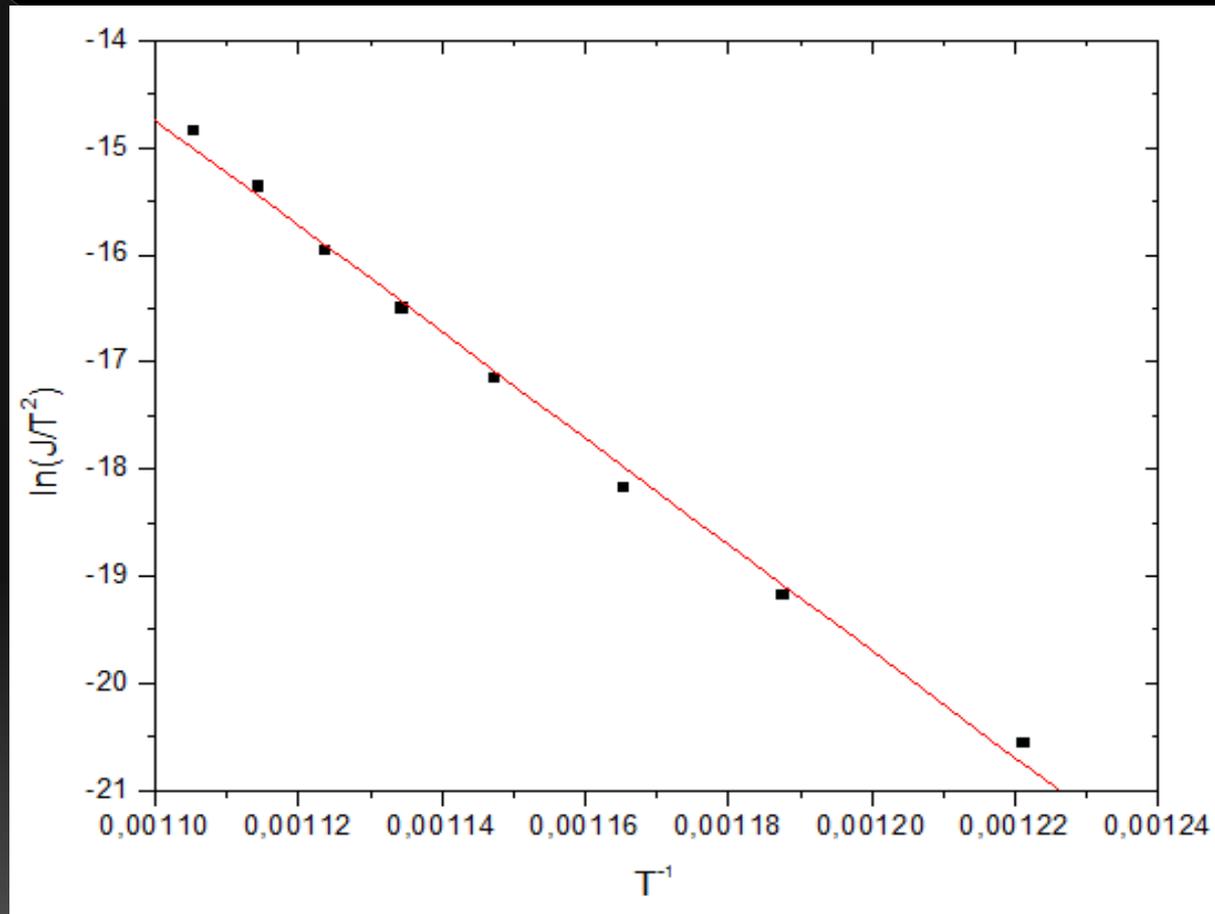
➤ Conclusões

Verificação experimental da Lei de Richardson



Variação da corrente entre catodo e anodo em função da temperatura no filamento

Cálculo da Função Trabalho do material do catodo



Interpolação dos dados experimentais da emissão termiônica $\ln\left(\frac{J}{T^2}\right)$ em função de $\frac{1}{T}$.

- O Coeficiente angular é numericamente igual à função trabalho (ϕ) sobre a constante de Boltzmann (κ) em eV. Fazendo o ajuste dos pontos a uma reta obtemos o coeficiente angular igual a -49623,8. Pela relação:

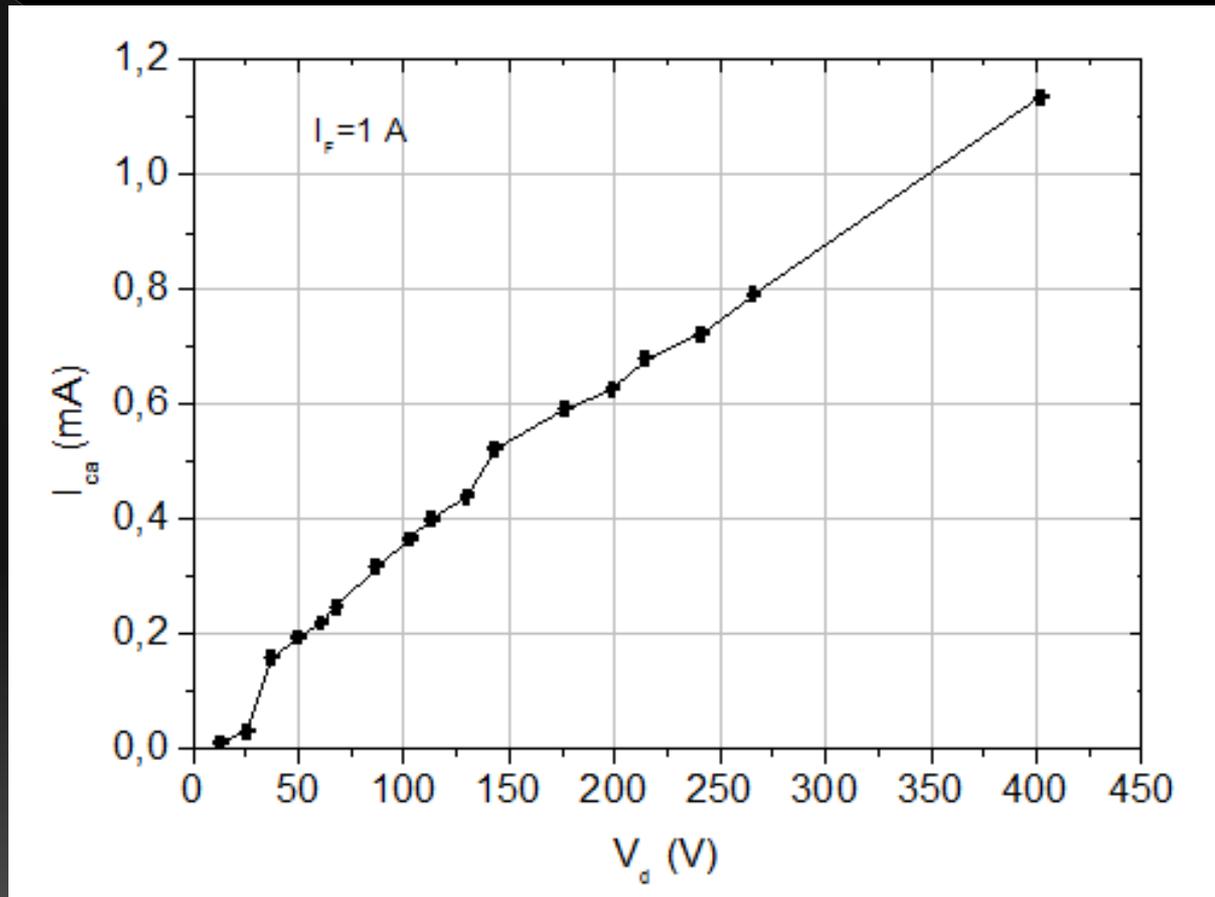
$$b = -\phi_0 / \kappa$$

utilizando $\kappa = 8,617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$:

$$\phi_0 = 4,28 \text{ eV}$$

- O valor tabelado da função trabalho do tungstênio é de 4,5 eV.

Verificação experimental da Lei de Child-Langmuir



Varição da corrente pelo circuito em função da tensão de polarização entre os eletrodos (I_{ca}) para uma corrente pelo filamento de 1,0 A e pressão residual de $9,6 \times 10^{-2}$ Torr.

- Para verificar a validade da Lei de Child-Langmuir, deve-se considerar que a expressão da densidade de corrente em função da tensão sendo da forma:

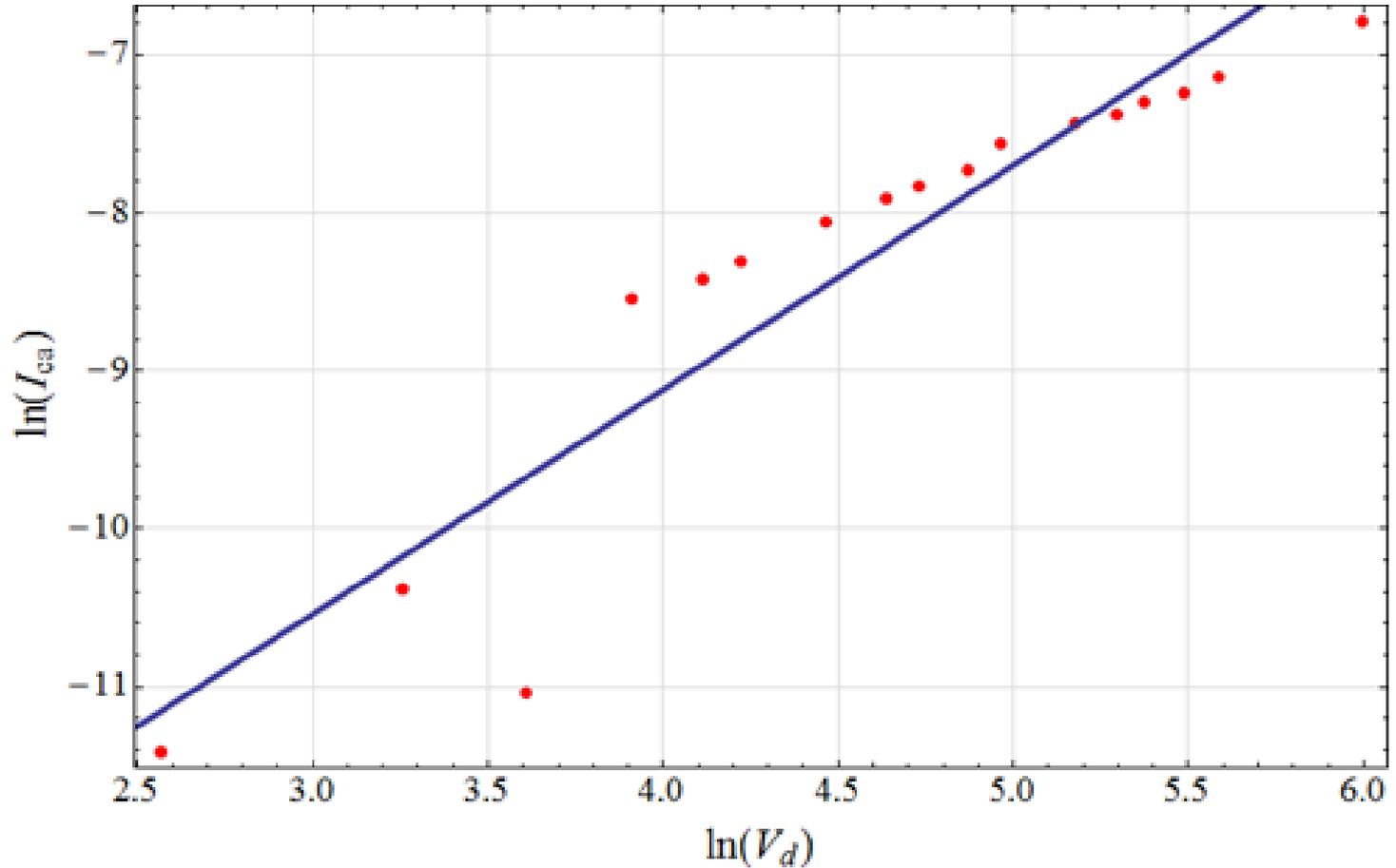
$$J_{ca} = AV_d^{\frac{3}{2}}$$

- Sendo S a área na qual flui corrente ($I_{ca} = J_{ca} / S$), obtêm-se:

$$I_{ca} = \left(\frac{A}{S}\right) V_d^{\frac{3}{2}} \Rightarrow \ln I_{ca} = \ln \left(\frac{A}{S}\right) + \frac{3}{2} \ln V_d$$

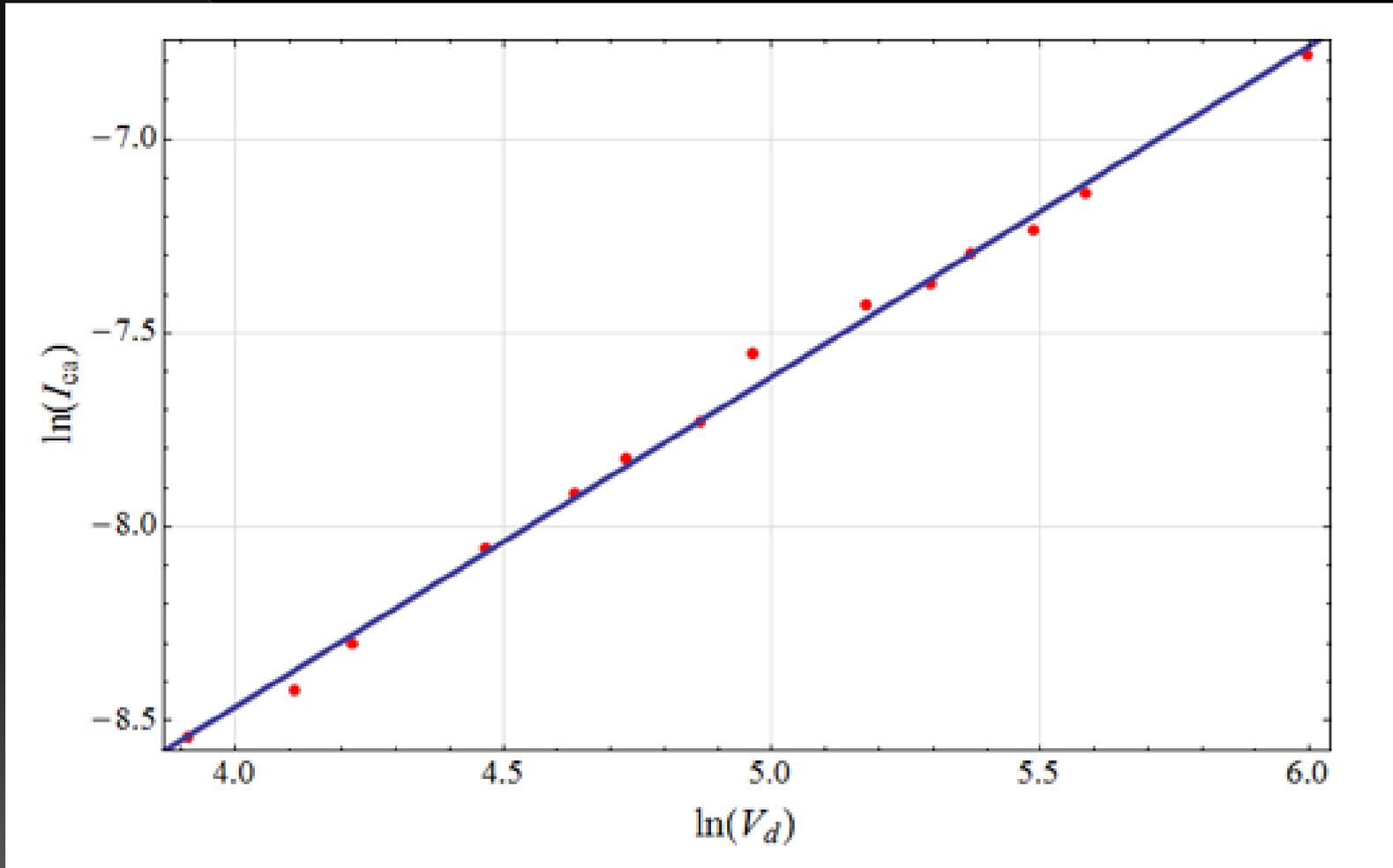
- Desse modo, a verificação da lei é realizada com uma reta de $\ln(I_{ca})$ em função de $\ln(V_d)$. Espera-se que a reta que ajusta os pontos experimentais tenha coeficiente angular numericamente igual a 1,5.

Ajuste linear a pontos experimentais para verificação da Lei de Child-Langmuir, no intervalo de tensão entre catodo e anodo de 13 V a 402 V:



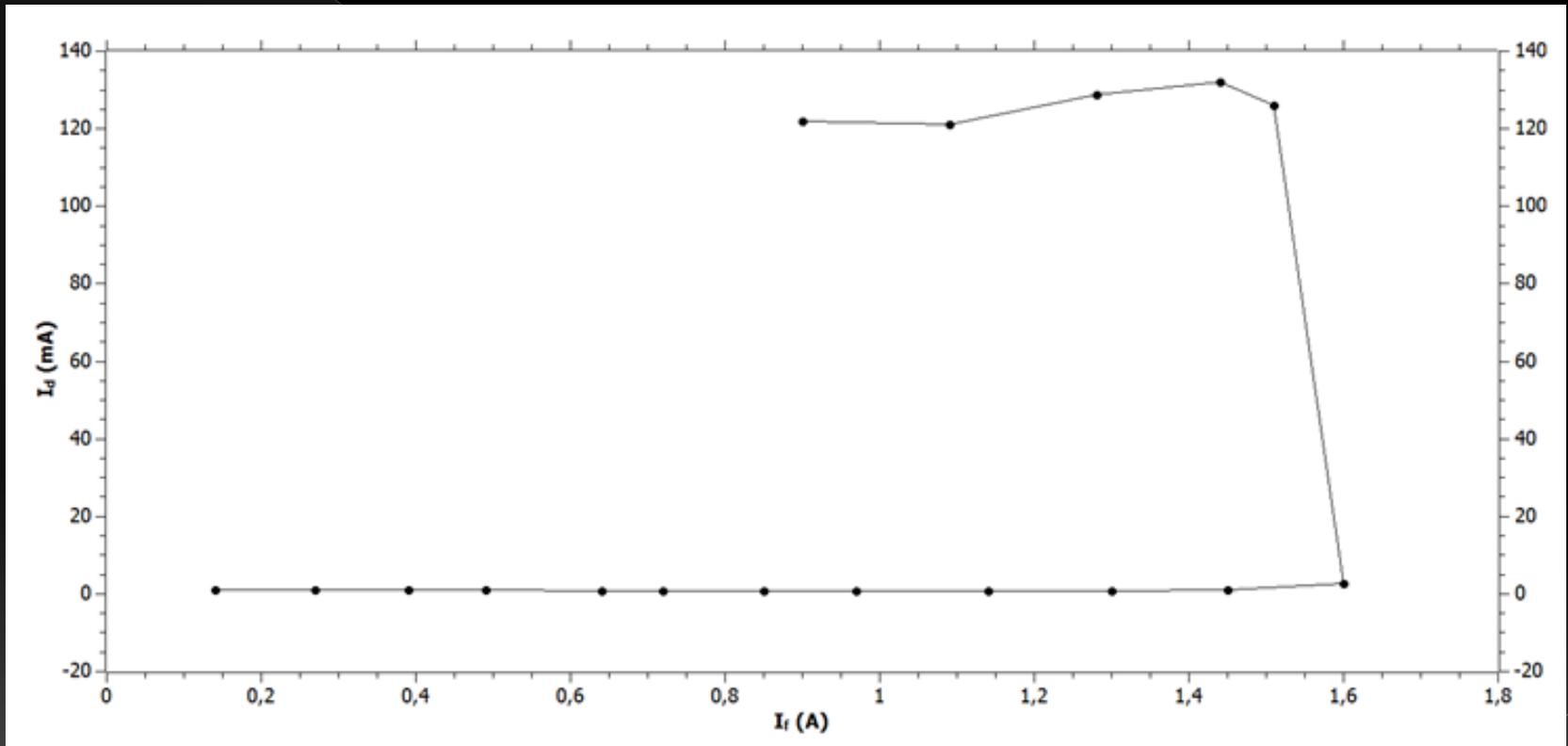
Coeficiente angular: 1,42

Ajuste linear a pontos experimentais para verificação da Lei de Child-Langmuir, no intervalo de tensão entre catodo e anodo de 50 V a 402 V:

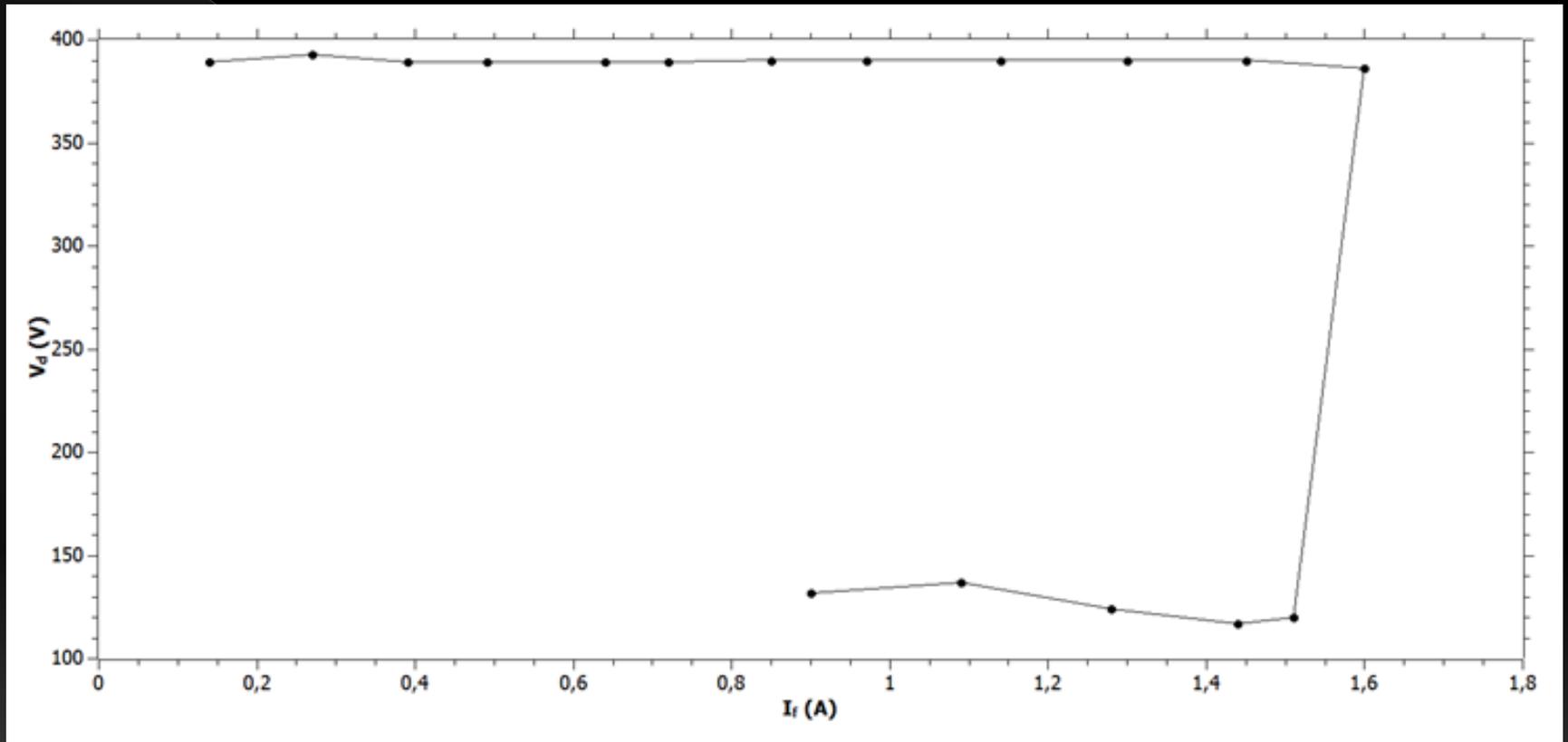


Coeficiente angular: 0,85

Análise de descarga elétrica em baixa pressão de argônio



Variação da corrente da descarga (I_d) em função da corrente pelo filamento (I_f). A pressão na câmara foi fixada em $7,6 \times 10^{-1}$ Torr e a tensão entre os eletrodos de 396 V.



Varição da tensão entre os eletrodos (V_d) em função da corrente pelo filamento (I_f).

- Introdução
- Objetivos
- Materiais e métodos
- Resultados e discussões

➤ Conclusões

Conclusões

- O estudo da Lei de Richardson mostrou que ela exprime com precisão a relação entre a corrente termoiônica e a temperatura do filamento de tungstênio, sendo possível estimar a função trabalho deste material como um valor apenas 5% superior ao valor tabelado. Foi observado uma limitação da corrente pelo circuito em torno da temperatura do filamento de 650°C.
- A lei de Child-Langmuir se ajusta melhor aos resultados experimentais para baixos valores de tensão entre os eletrodos. Como efeito, uma fração dos elétrons emitidos do catodo não são direcionados para o anodo confirmado pelo reduzido fator de potência na tensão comparado ao valor teórico de 1,5.
- Verificou-se o efeito da corrente pelo filamento sobre a tensão da descarga e também sobre a corrente de descarga. Para valores de corrente pelo filamento superior a 1,6 A observa-se a ruptura elétrica do gás reduzindo a tensão da descarga de 396 V para aproximadamente 125 V devido a redução da resistividade do meio entre os eletrodos.

Agradecimentos

- Ao CNPq, por apoiar o desenvolvimento da atividade científica;
- Ao Professor Doutor Gilberto Petraconi, pela orientação;
- Ao ITA pela infra-estrutura.