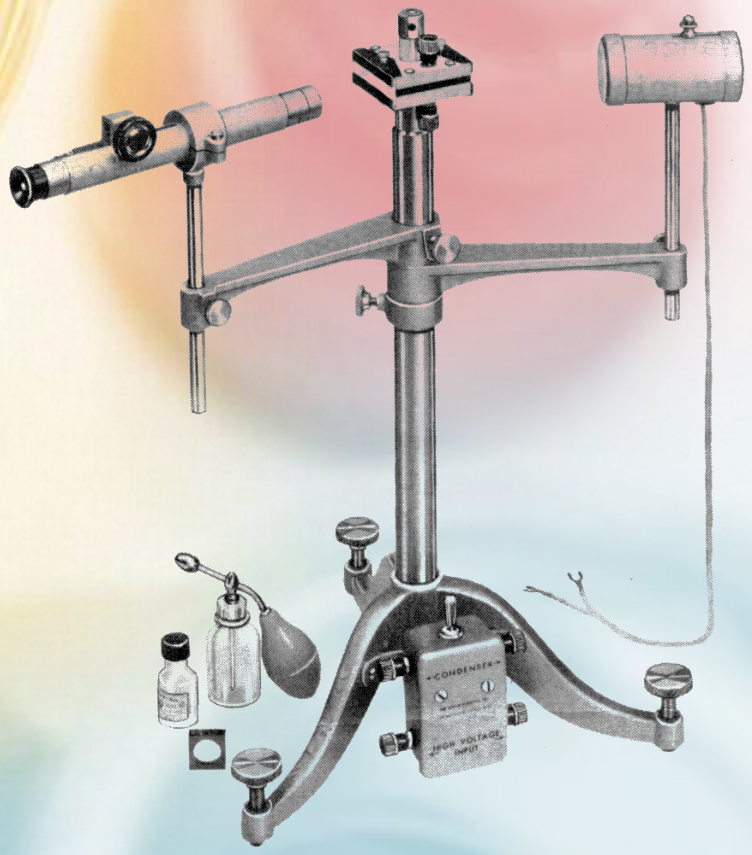


AULA 2

Nilberto H. Medina

IFUSP 2011

medina@if.usp.br

Philippe Gouffon

IFUSP 2014

pgouffon@if.usp.br

OBJETIVOS

Verificar a natureza quântica da carga elétrica

Determinar a carga do elétron

Analisar o método de medida

Identificar os fatores experimentais que interferem na experiência

Aula 1 – Procedimento experimental

Tomada de dados

Aula 2 – Análise de dados (incertezas)

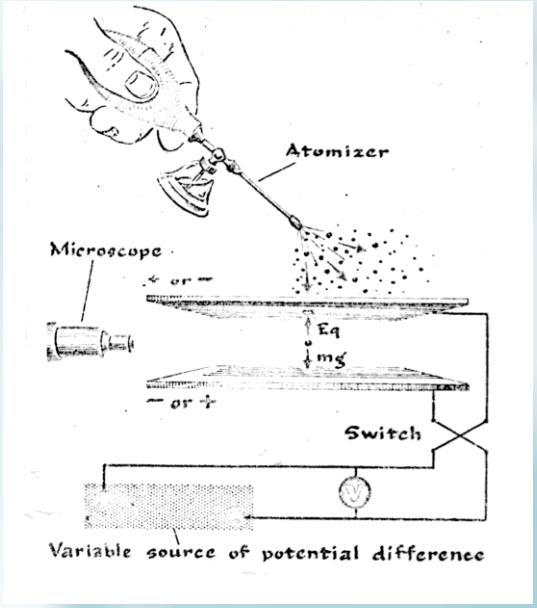
Tomada de dados

PELO MENOS 30 GOTAS!!!

Aula 3 – MOV. BROWNIANO – Procedimento experimental

– Artigo científico (relatório)

Tomada de dados

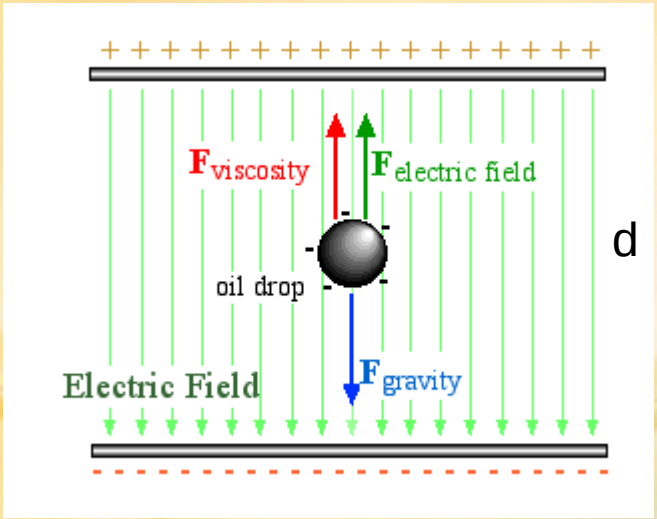


O EXPERIMENTO

Observação do movimento de gotas de óleo sob a influência de um campo elétrico



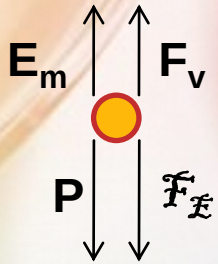
ANÁLISE DO MOVIMENTO DAS GOTAS DE ÓLEO

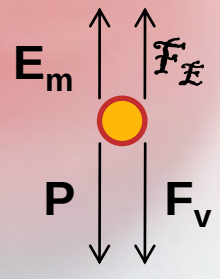


descida

$F_v = -6\pi\eta a v$

subida





$$m_{gota}g - m_{ar}g - 6\pi\eta a v_d + qE = 0$$

$$\frac{4}{3}\pi a^3 \rho_o\, g - \frac{4}{3}\pi a^3 \rho_{ar}\, g - 6\pi\eta a v_d + qE = 0$$

$$\begin{cases} \frac{4}{3}\pi a^3(\rho_o - \rho_{ar})g - 6\pi\eta a v_d + qE = 0 \\ \frac{4}{3}\pi a^3(\rho_o - \rho_{ar})g + 6\pi\eta a v_s - qE = 0 \end{cases}$$

$$a^2 = \frac{9}{4}\eta\frac{(v_d - v_s)}{g(\rho_o - \rho_{ar})}$$

$$q = \frac{3\pi\eta a(v_s + v_d)}{E}$$

$$E = \frac{V}{d}$$

$q = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C

$q = 4{,}803 \times 10^{-10}$ statC

1V = 1/300 statV (CGS)

CUIDADOS EXPERIMENTAIS

$\rho_{oleo} = 0{,}8474(9)\ g/cm^3$

Desmontar o capacitor e fazer uma limpeza com álcool isopropílico

Montar o capacitor. Verificar alinhamento e nivelamento das placas. Medir a distância d.

Verificar a altura da câmara. Fazer as ligações elétricas apropriadas.

Usar o fio de cobre para focalizar e ajustar o contraste do video.

A iluminação é muito importante ! Fio deve estar bem brilhante.

Usar programa *webcam control* para as filmagens (30 q/s inicialmente e4 q/s para aquisição)

Aplicar o campo em uma direção e em outra direção para selecionar as gotas de interesse.

Estimar o tamanho das gotas a serem estudadas (gotas da ordem de $5x10^{-5}$ cm ou 0,5 μm).

As gotas de interesse devem ser as que têm menores cargas e menores raios.

Com V=0V as gotas mais leves (menores) caem mais devagar. (Lembrem-se do experimento de Física Experimental II)

Tomar cuidado com gotas muito pequenas devido ao Efeito Browniano.

Aplicar campos elétricos mais intensos. Não borrifar muito óleo.

Fazer uma foto, com a mesma focalização do PADRÃO . Usar papel branco na parte traseira.

Durante as medidas tampar os 3 furos do capacitor e possíveis aberturas. Deslizar a moeda.

Evitar falar próximo ao equipamento, não se movimentar muito na sala, cuidado ao abrir e fechar a porta, etc.

Cada grupo deve fazer o estudo de no mínimo 30 gotas durante as três aulas.

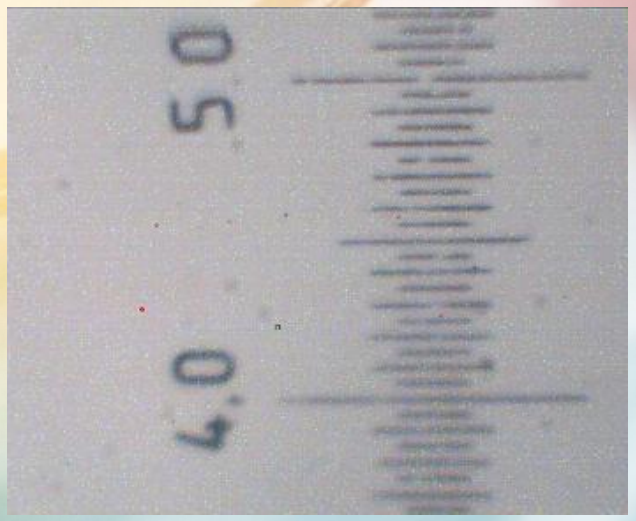
INFORMAÇÕES IMPORTANTÍSSIMAS:

CALIBRAÇÃO COM O PADRÃO, TENSÃO APLICADA, DISTÂNCIA ENTRE AS PLACAS, TEMPERATURA E PRESSÃO.

ANÁLISE DAS TRAJETÓRIAS

Programa VideoPoint 2.5 Programa Tracker - http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/

Usar a imagem do padrão feita com o programa webcam control para transformar a velocidade em mm/s



- **PEDIDO: Fazer o cálculo de pelo menos uma gota (carga e raio) com os dados da 1ª aula**

CORREÇÃO PARA O RAIO DA GOTA

$$a^2 = \frac{9}{4}\eta \frac{(v_d - v_s)}{g(\rho_o - \rho_{ar})}$$

b = 6,17 x10^{-4} (cm de Hg) cm
P~ 70 cmHg

$$\eta = \eta_o \left(1 + \frac{b}{Pa}\right)^{-1}$$

Raio da gota a(cm)	Fator de correção 1/(1+(8,8x10^{-6}/a))
10^{-3} cm (10 μm)	0,991
10^{-4} cm (1,0 μm)	0,919
10^{-5} cm (0,1 μm)	0,532
10^{-6} cm (0,01 μm)	0,102

Valores de η_0 podem ser extraídos do gráfico da apostila do experimento de Millikan

ρ_{oleo}= 0,8474(9) g/cm^3

$$\rho_{ar} = 1{,}2929 \left(\frac{273{,}13}{T}\right)\left[\frac{B - 0{,}3783e}{760}\right]\frac{mg}{cm^3}$$

B=P=Pressão (mmHg)
e=Pressão de vapor
T=Temperatura (K)

Vide as tabelas I, II e IV da apostila do experimento

Medidas essenciais:

- higrômetro
- barômetro
- termômetro

DISCUSSÃO SOBRE AS INCERTEZAS

Quem predomina como fonte de incerteza?

- Grandezas fornecidas: ρ_{oleo}, ρ_{ar}, η_0, g
- Grandezas medidas diretamente: P, V, d
- Grandezas determinada de forma indireta: V_s, V_d, V_q, calibração

Carga elétrica

$$q = \frac{3\pi\eta a(v_s + v_d)}{E} \qquad E = \frac{V}{d}$$

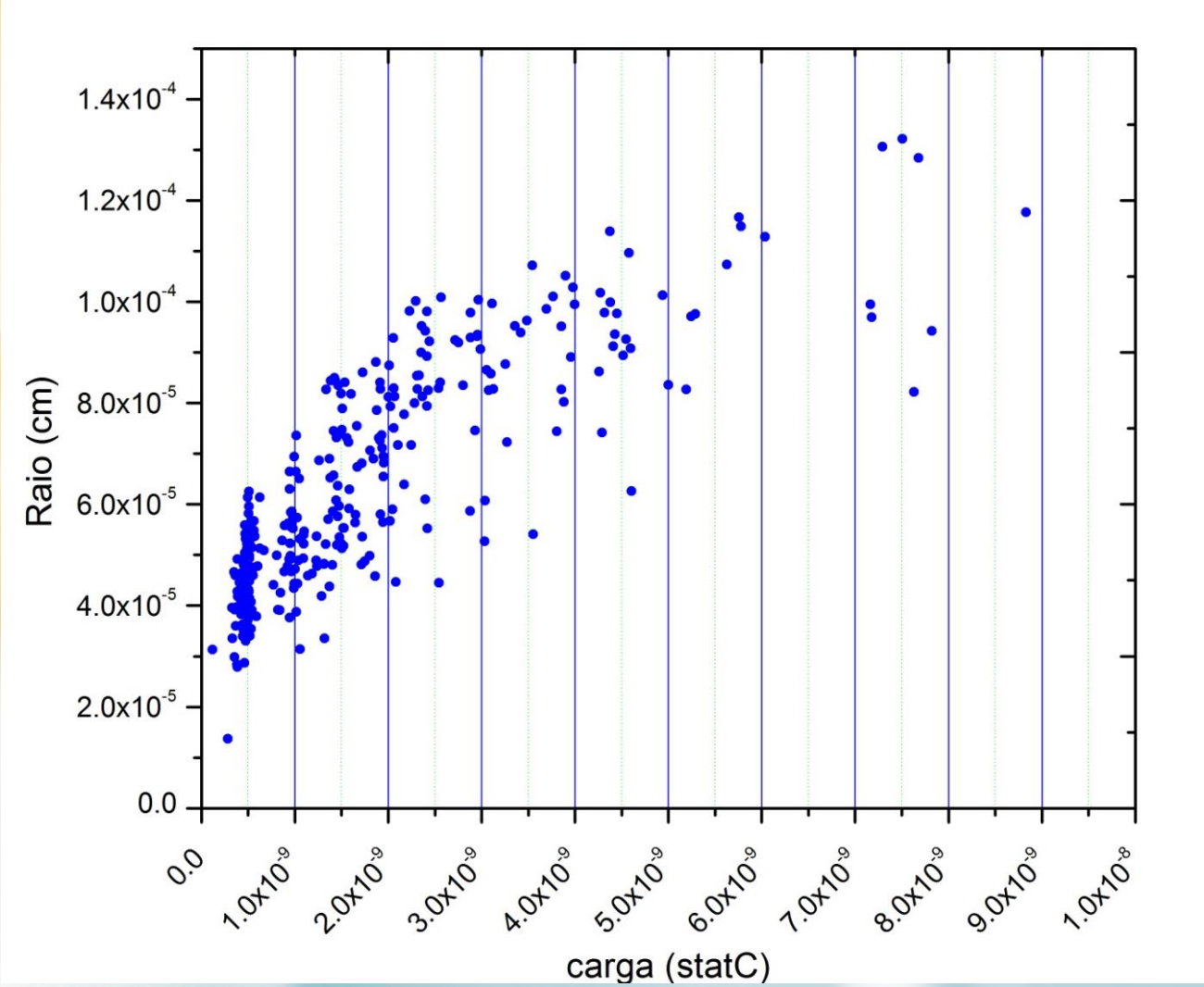
Raio da gota

$$a^2 = \frac{9}{4}\eta\frac{(v_d - v_s)}{g(\rho_o - \rho_{ar})} \qquad \rightarrow \; a^2 = -\frac{b}{2p} + \sqrt{\frac{b^2}{4p^2} + \frac{9\eta_0(v_d - v_s)}{4g(\rho_o - \rho_{ar})}}$$

COMENTÁRIOS EXPERIMENTAIS

- Proposta: medir q mínimo (quantizado)
  - Imagine se a incerteza for da ordem de 5% e q=100
    - Logo você vai ter q=(100±10)e
      - Muito difícil de se verificar a quantização da carga
    - Caso você tenha q=(1,0±0,1)e
      - A quantização pode ser verificada mais facilmente

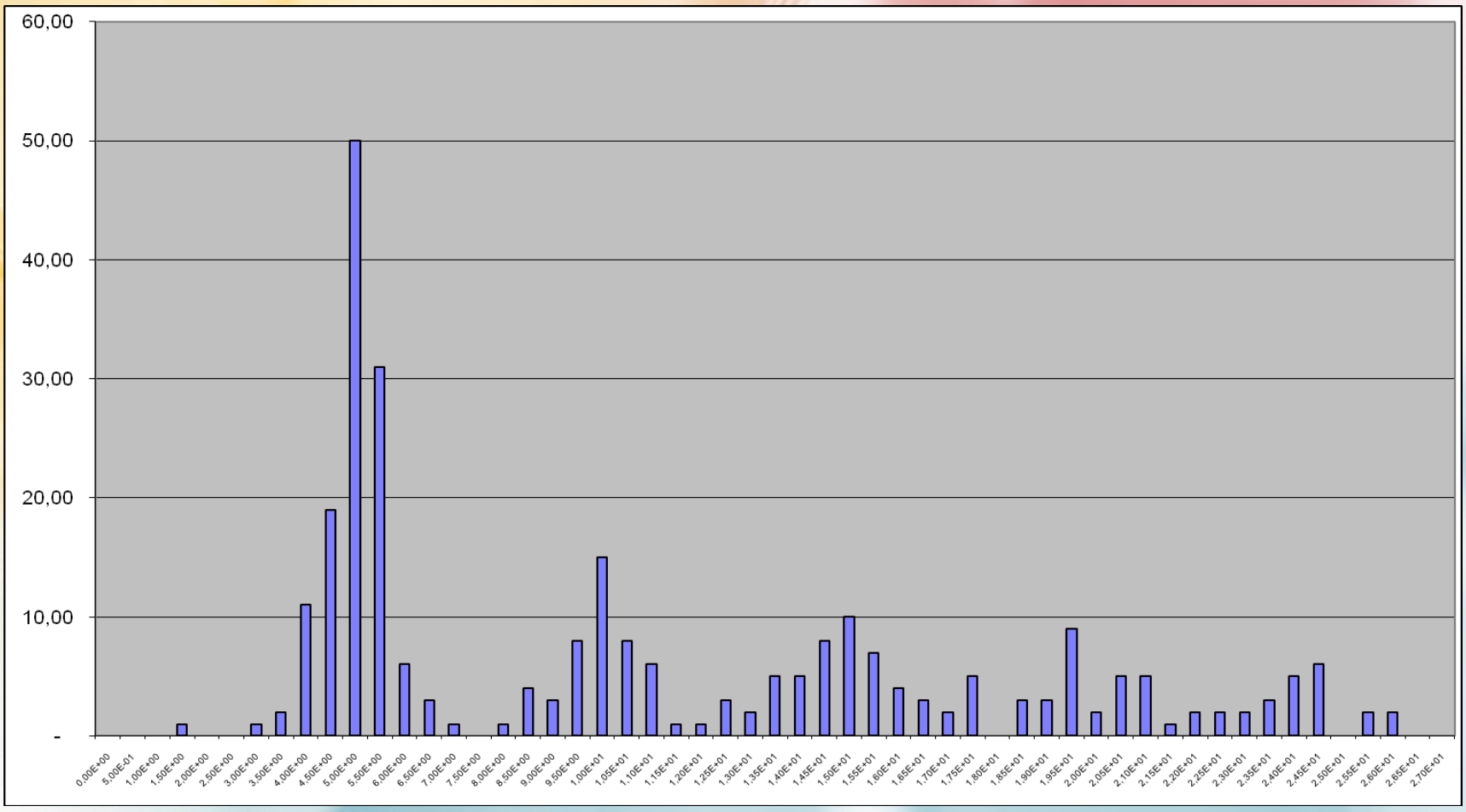
CARGA EM FUNÇÃO DO RAIO DA GOTA



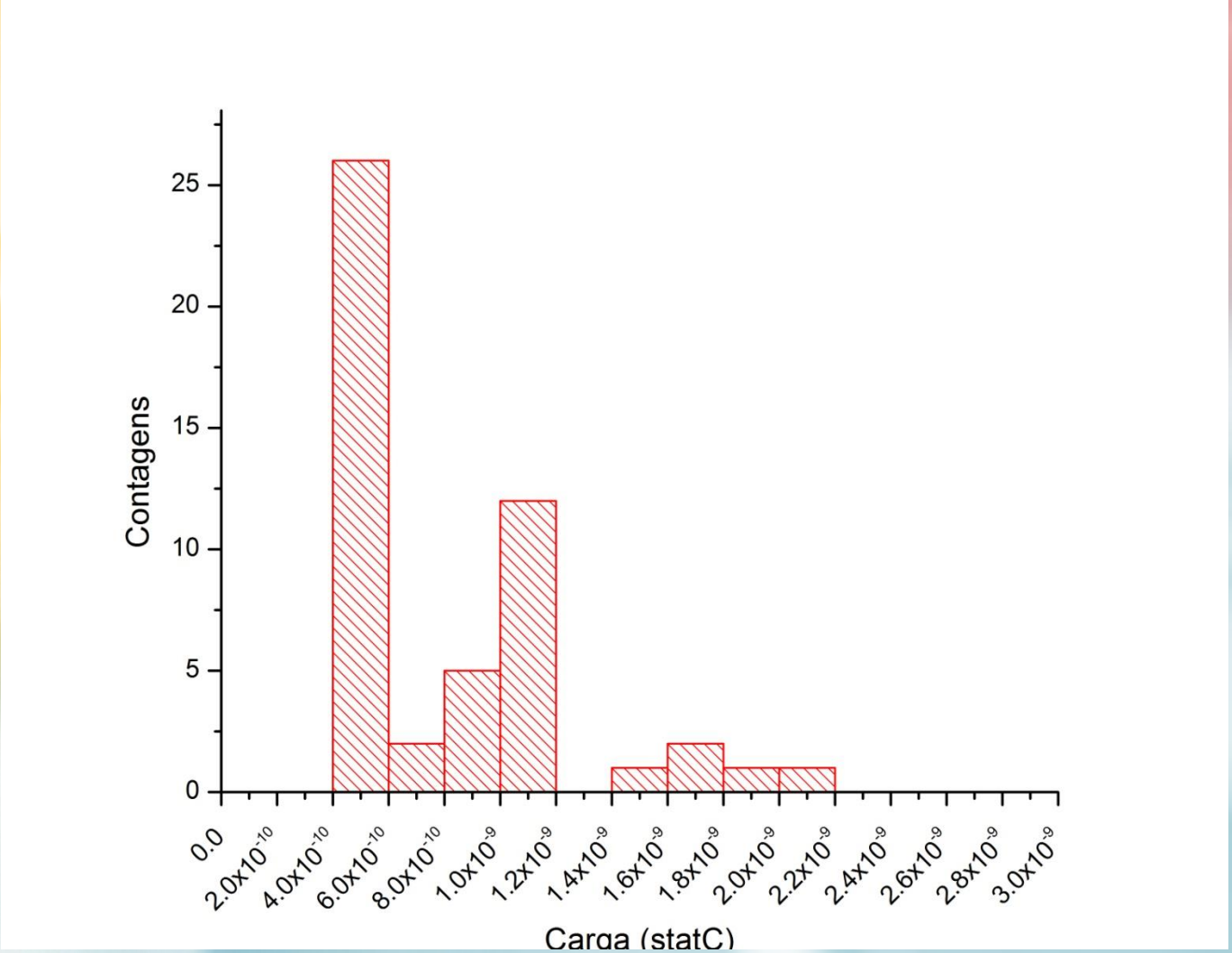
$q = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C

$q = 4{,}803 \times 10^{-10}$ statC

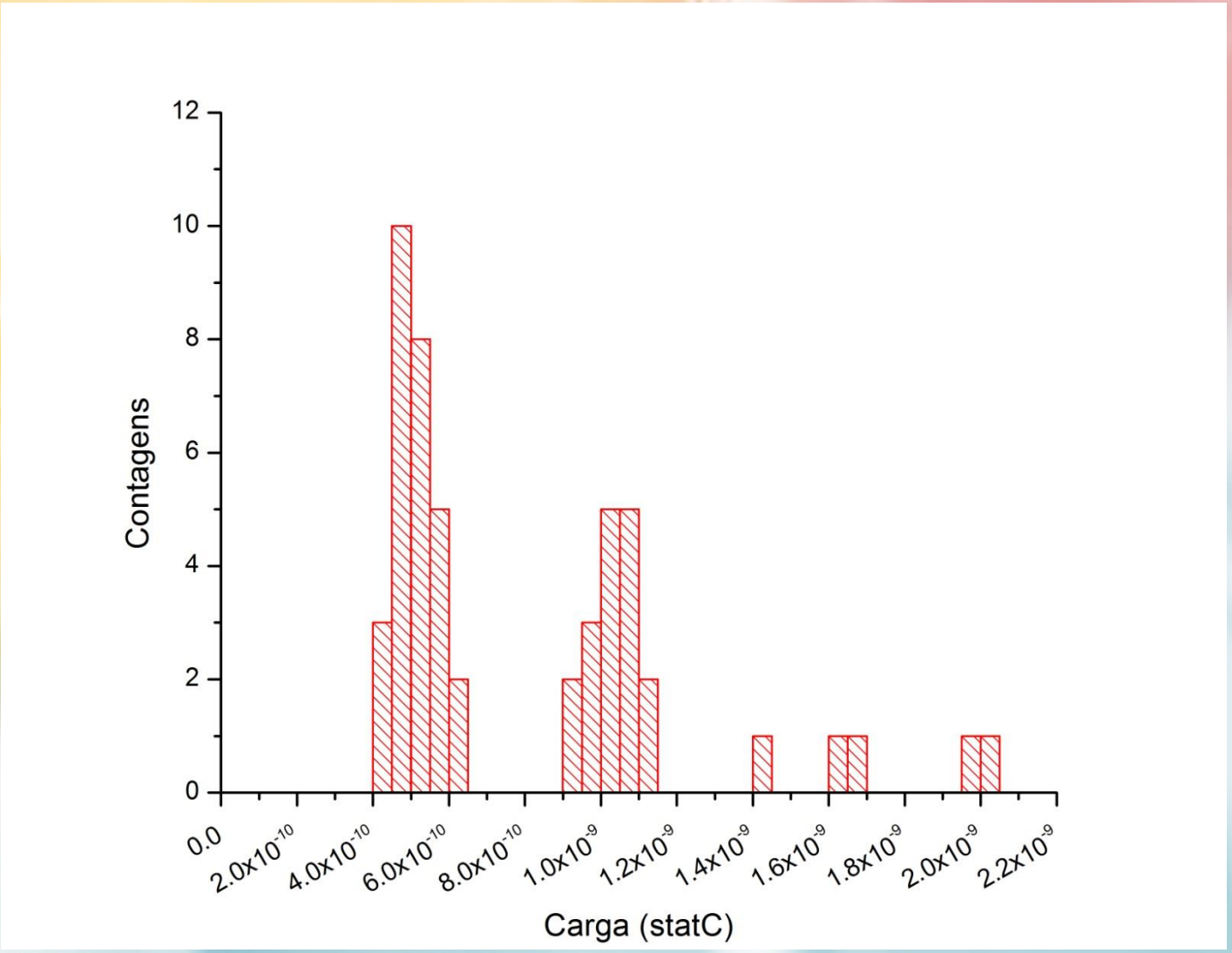
HISTOGRAMA


contagens
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
-
0,00E+00
5,00E-01
1,00E+00
1,50E+00
2,00E+00
2,50E+00
3,00E+00
3,50E+00
4,00E+00
4,50E+00
5,00E+00
5,50E+00
6,00E+00
6,50E+00
7,00E+00
7,50E+00
8,00E+00
8,50E+00
9,00E+00
9,50E+00
1,00E+01
1,05E+01
1,10E+01
1,15E+01
1,20E+01
1,25E+01
1,30E+01
1,35E+01
1,40E+01
1,45E+01
1,50E+01
1,55E+01
1,60E+01
1,65E+01
1,70E+01
1,75E+01
1,80E+01
1,85E+01
1,90E+01
1,95E+01
2,00E+01
2,05E+01
2,10E+01
2,15E+01
2,20E+01
2,25E+01
2,30E+01
2,35E+01
2,40E+01
2,45E+01
2,50E+01
2,55E+01
2,60E+01
2,65E+01
2,70E+01
Carga (10^{-10} statC)

ESTUDO DA QUANTIZAÇÃO DA CARGA



ESCOLHA MAIS APROPRIADA DO INTERVALO (BIN)



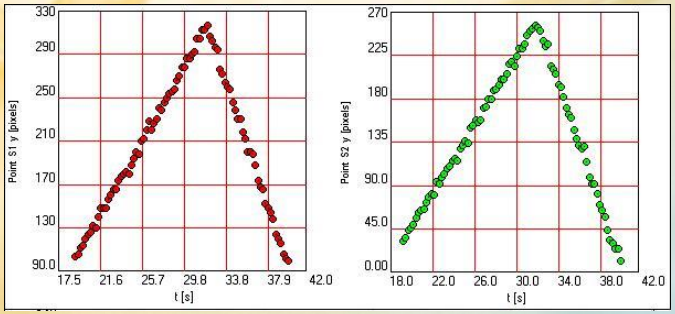
ANÁLISE DOS DADOS

É melhor escolher poucas gotas, com poucas cargas (n=1,2 e 3) do que fazer centenas de vídeos.

Inicialmente vocês devem calcular q e n para algumas gotas.

Fazer o gráfico de velocidade subida em função da velocidade de descida.

A medida das velocidades não precisa ser feita "quadro a quadro"



$$\rightarrow \quad S^2 = \frac{1}{N-2}\sum (y_i - y_0 - vt)^2$$

Fazer o gráfico do valor da carga (q) média em função do número de cargas (n)

Estudar a dependência do processo de ionização.

Fazer o gráfico de q em função do raio (expoente no papel di-log)

Verificar a posição da gota em x. Pode ser que o capacitor não esteja alinhado.

Discutir o critério da escolha da região para o ajuste das gaussiana