

DISCUSSÃO

Seletor de Velocidades

Notas de aula: www.fap.if.usp.br/~hbarbosa

LabFlex: www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex

Profa. Eloisa Szanto
eloisa@dfn.if.usp.br
Ramal: 7111
Pelletron

Prof. Henrique
Barbosa
hbarbosa@if.usp.br
Ramal: 6647
Basílio, sala 100

Prof. Nelson Carlin
nelson.carlin@dfn.if.usp.br
Ramal: 6820
Pelletron

Prof. Paulo Artaxo
artaxo@if.usp.br
Ramal: 7016
Basílio, sala 101

Física Exp. 3
Aula 4, Experiência 2

Modelo B e calibração do seletor

Exp. 2 – Seletor de Velocidades

PROGRAMAÇÃO

- Semana 1
 - Movimento em campo elétrico
- Semana 2
 - Movimento em campo magnético
- Semana 3
 - Simular o campo elétrico e mapear o campo magnético
- Semana 4
 - Modelo para B e calibração do seletor
- Semana 5
 - Modelo para E e resolução do seletor de velocidades

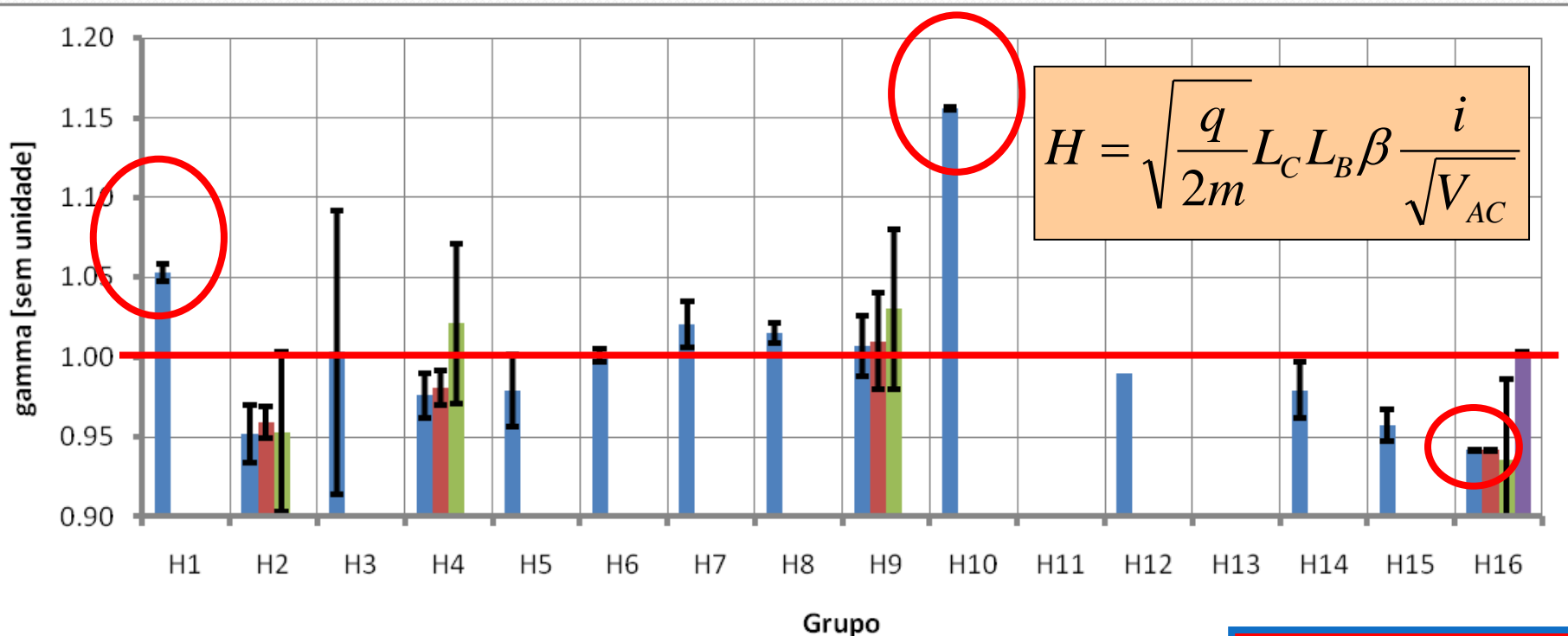
Para entregar – Parte 1

- A partir das medidas da semana 2, verifique se a fórmula teórica é válida
 - Compare o valor dos expoentes e da constante
- Qual o significado físico do termo $L_B\beta$?
 - Estime seu valor a partir dos dados da semana 3
 - Qual seria o comprimento das bobinas ideais? É possível calcular?
- Usando os dados das semanas 2 e 3, estime a razão carga/massa do elétron.

H x corrente

Inicialmente bastava comparar o expoente medido com o teórico

- Média = 0.99 ± 0.05 (std)
- Exceto por alguns grupos, a maioria encontrou valores compatíveis (3σ) com $\gamma=1$, ou seja, h linear com i

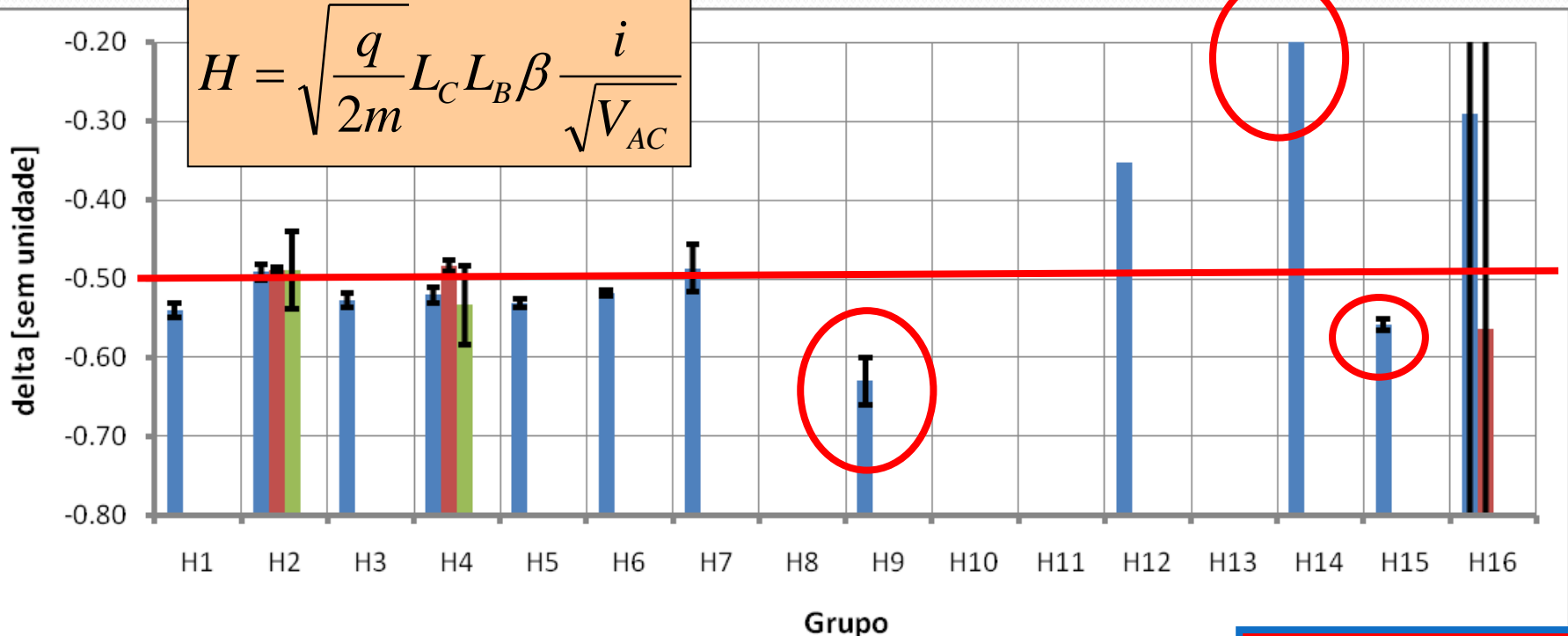


H x velocidade

Inicialmente bastava comparar o expoente medido com o teórico

- Média = -0.5 ± 0.6 (std)
- Média (excluindo outliers) = -0.50 ± 0.08 (std)
- Exceto por alguns grupos, a maioria entrou valores compatíveis (3σ) com $\delta = -0.5$, ou seja, $h \sim 1/\text{raiz}(V_{AC})$

$$H = \sqrt{\frac{q}{2m} L_C L_B \beta} \frac{i}{\sqrt{V_{AC}}}$$

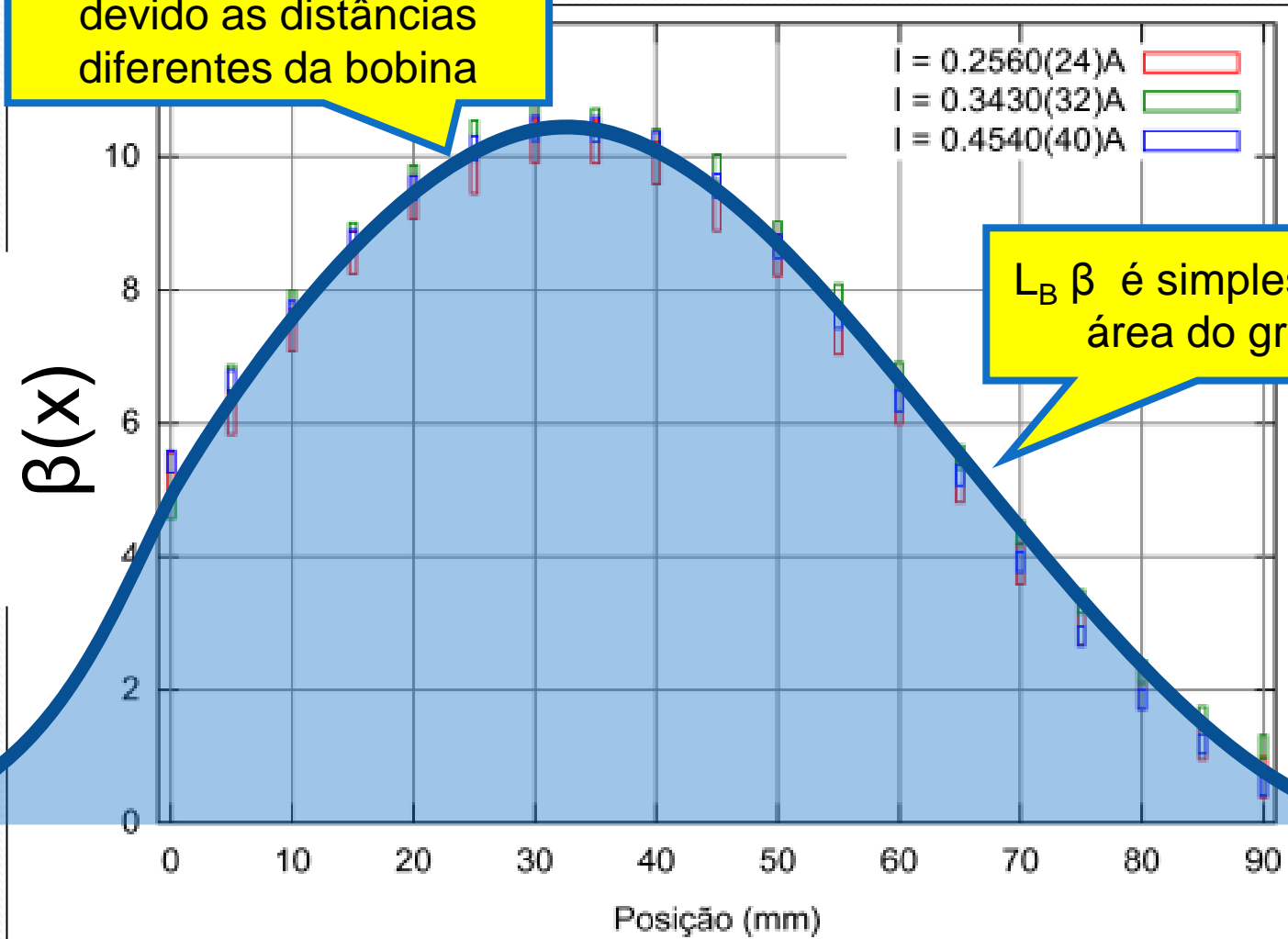


Para entregar – Parte 1

- A partir das medidas da semana 2, verifique se a fórmula teórica é válida
 - Compare o valor dos expoentes e da constante
- Qual o significado físico do termo $L_B\beta$?
 - Estime seu valor a partir dos dados da semana 3
 - Qual seria o comprimento das bobinas ideais? É possível calcular?
- Usando os dados das semanas 2 e 3, estime a razão carga/massa do elétron.

Qual o significado de $L_B \beta$?

β varia com a posição devido as distâncias diferentes da bobina



$L_B \beta$ é simplesmente a área do gráfico!

Qual o significado de $L_B \beta$?

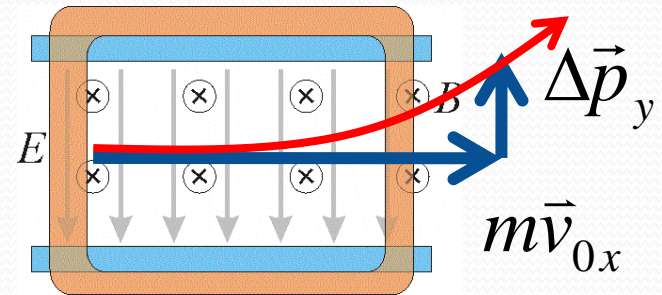
- E qual o significado físico?

- O impulso é dado por:

$$\vec{I} = \Delta \vec{p} = \int_0^t \vec{F}(t) dt$$

- Para o campo magnético teremos:

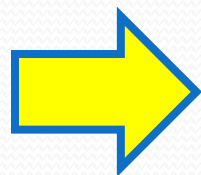
$$\Delta p_y = \int_0^t qv_{0x} B_z dt$$



- Mas como

$$v_{0x} dt = dx$$

$$B_z = \beta i$$



$$\Delta p_y = qi \int_0^{L_B} \beta dx = qi \langle \beta \rangle L_B$$

Área

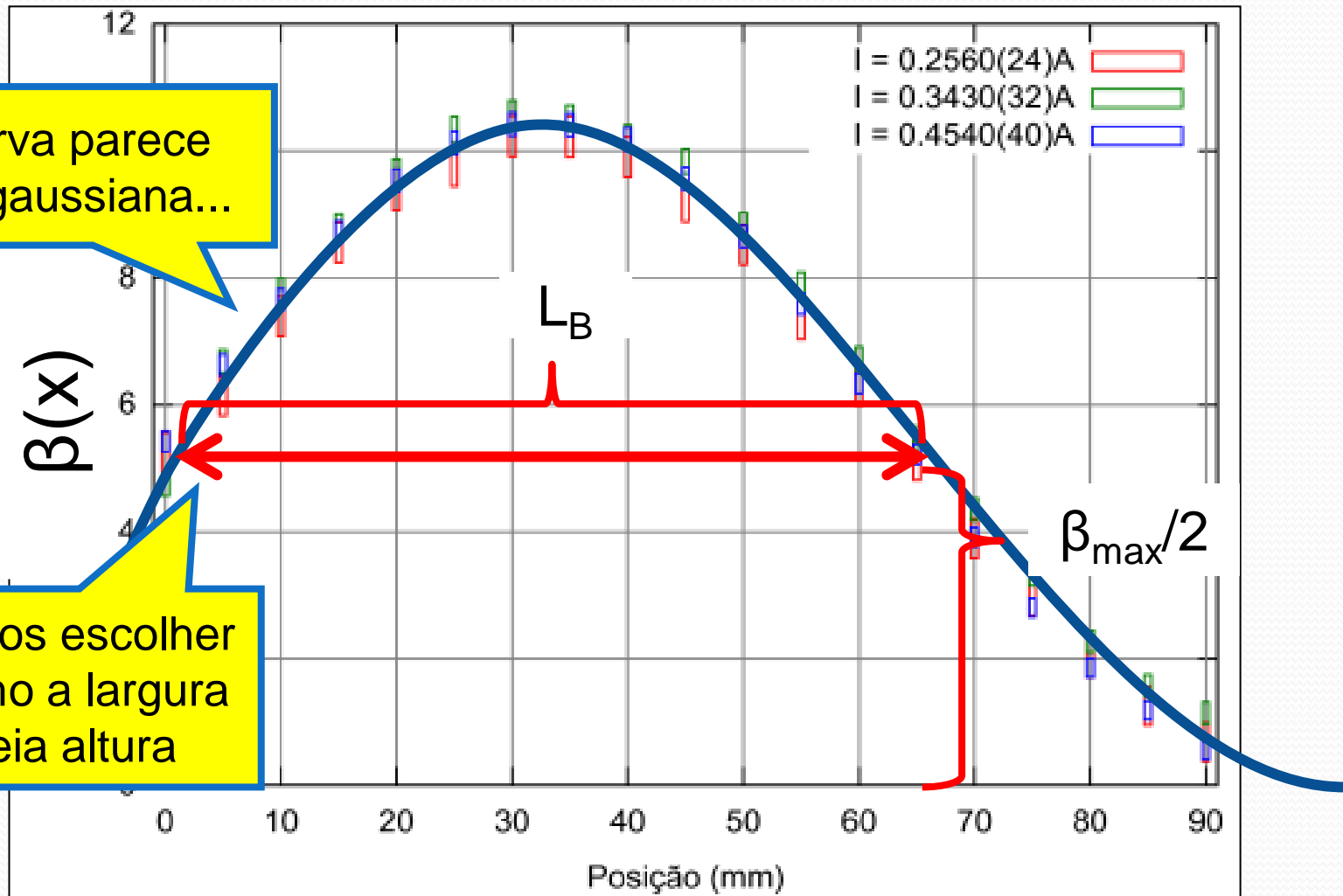
efetivo

efetivo

Tamanho da bobina?

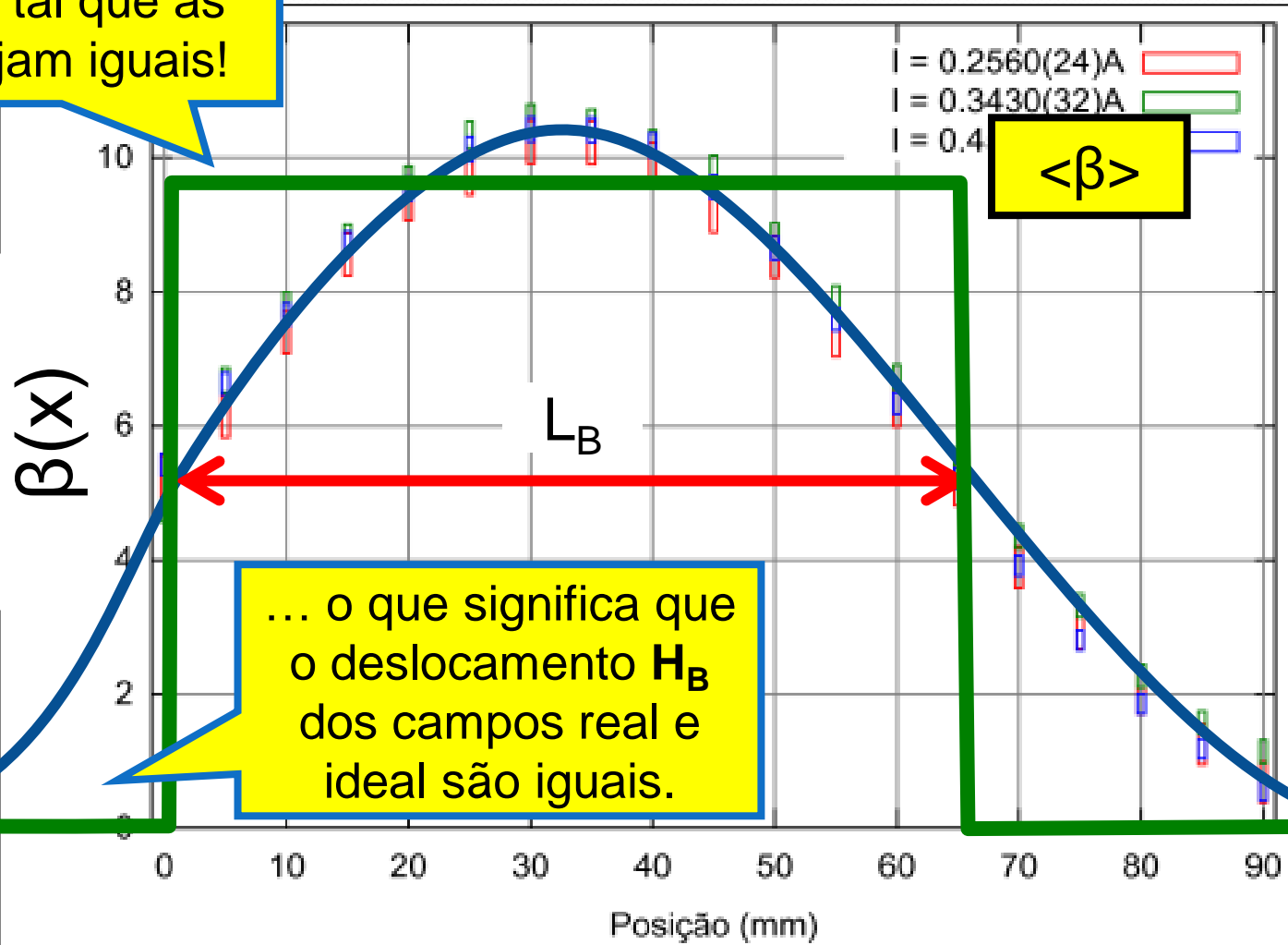
A curva parece uma gaussiana...

Podemos escolher L_B como a largura a meia altura



Qual o $\langle \beta \rangle$ médio ?

O valor médio de $\beta(x)$ deve ser tal que as áreas sejam iguais!



... o que significa que o deslocamento H_B dos campos real e ideal são iguais.

Para entregar – Parte 1

- A partir das medidas da semana 2, verifique se a fórmula teórica é válida
 - Compare o valor dos expoentes e da constante
 - Qual o significado físico do termo $L_B\beta$?
 - Estime seu valor a partir dos dados da semana 3
 - Qual seria o comprimento das bobinas ideais? É possível calcular?
- Usando os dados das semanas 2 e 3, estime a razão carga/massa do elétron.

Carga Massa

Com os dados da semana 3, de mapeamento do campo magnético, vocês podiam:

- Estimar o máximo da curva B/i , i.e., β_{\max}
- Estimar L_B como a largura em $\beta(x) = \beta_{\max}/2$
- Estimar a área da curva B/i
- Estimar $\langle \beta \rangle = \text{área} / L_b$

... bastava ajustar
uma gaussiana

Para calcular a razão carga/massa:

- Determinar a constante (fit): $H = Cte \frac{i}{\sqrt{V_{AC}}}$, $Cte = \sqrt{\frac{q}{2m}} L_C L_B \beta$
- Usar a área $L_B \beta$ e calcular q/m

Resultados Carga/Massa (2011)

| | Carga / Massa | |
|-----|--------------------|------|
| H2 | 1.72 (4) E+11 | ?? |
| H3 | 11.9 (?) E+11 | C/kg |
| | 16.6(?) E+11 | C/kg |
| H5 | 0.0226 (?) E+11 | C/kg |
| H6 | 0.962 (31) E+11 | ?? |
| H7 | 130000000 (?) E+11 | C/kg |
| H8 | 0.79 (?) E+11 | C/kg |
| H9 | 1.055 (26) E+11 | C/kg |
| H10 | 1.756311 (?) E+11 | C/kg |
| H14 | 0.588986 (?) E+11 | ?? |

Valores discrepantes pois usaram $L_B\beta$ que não corresponde a área do gráfico (ie impulso) na maioria das estimativas.

ALERTA:
Valores sem incerteza e unidades não tem significado físico!!

Teórico: 1.76 E+11 C/kg

Turma: (1.15 ± 0.40) E+11 C/kg

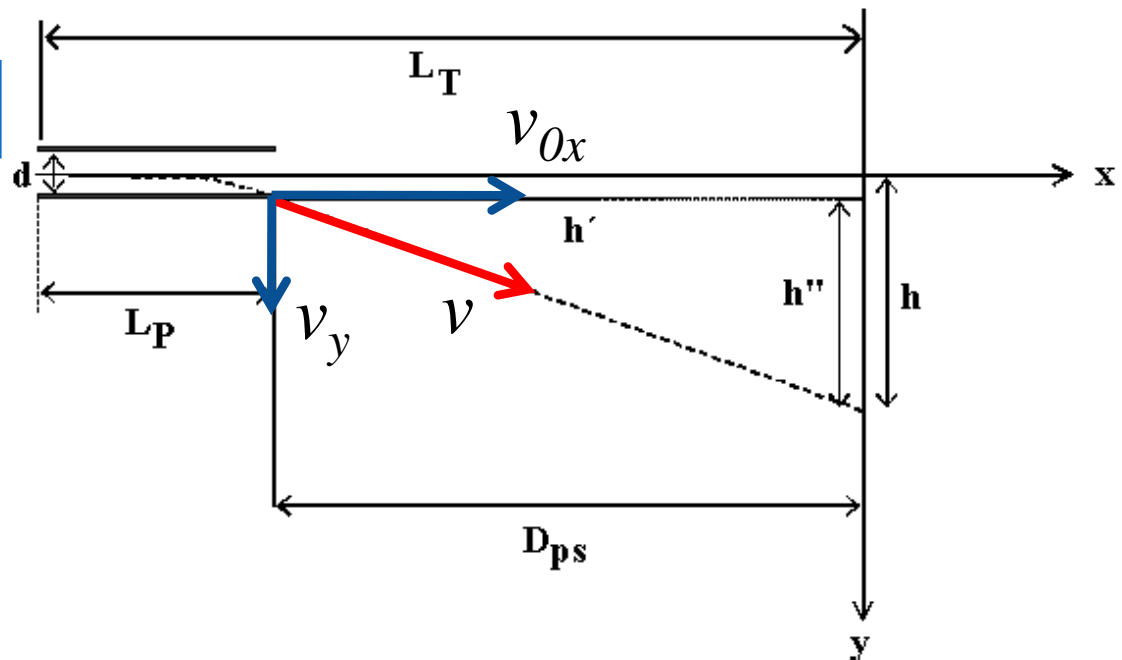
Para entregar – Parte 2

- Usando a notação abaixo, deduza o modelo teórico para o movimento do elétron criado por um capacitor ideal
 - Coloque a dedução em um apêndice da síntese
- Compare o seu modelo com os dados da semana 1, observando o valor dos expoentes e das constantes
- Comente e discuta

Dedução mais a frente

$$h = \frac{V_p L_P}{2dU_{ac}} L_C$$

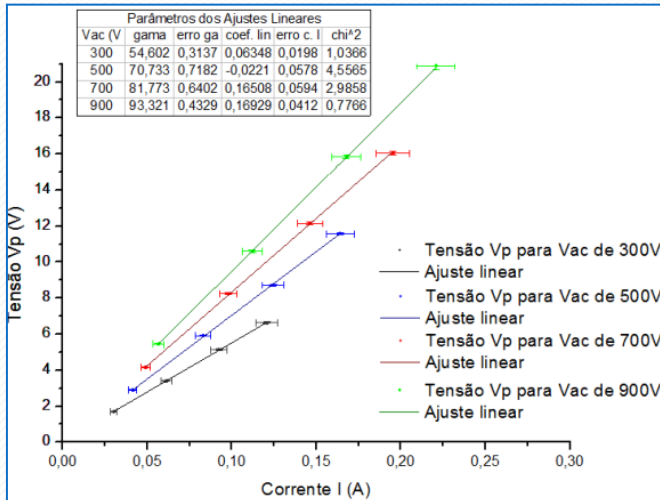
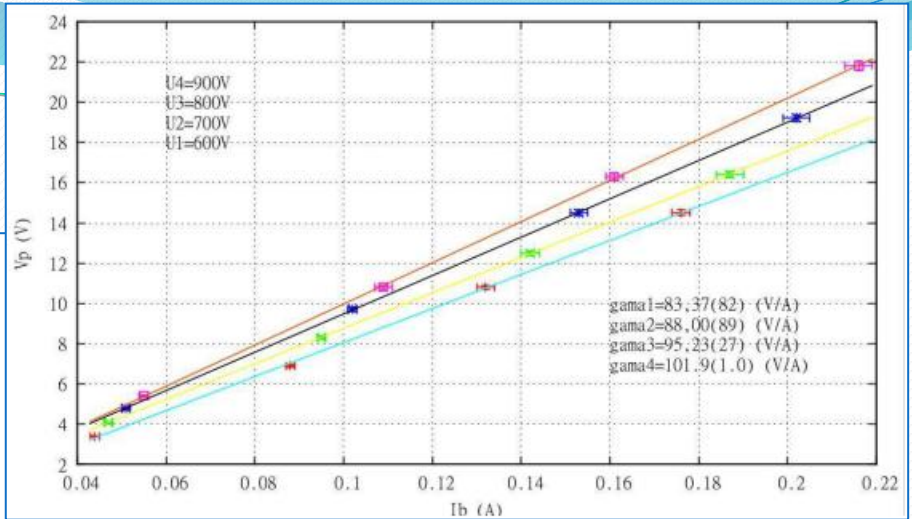
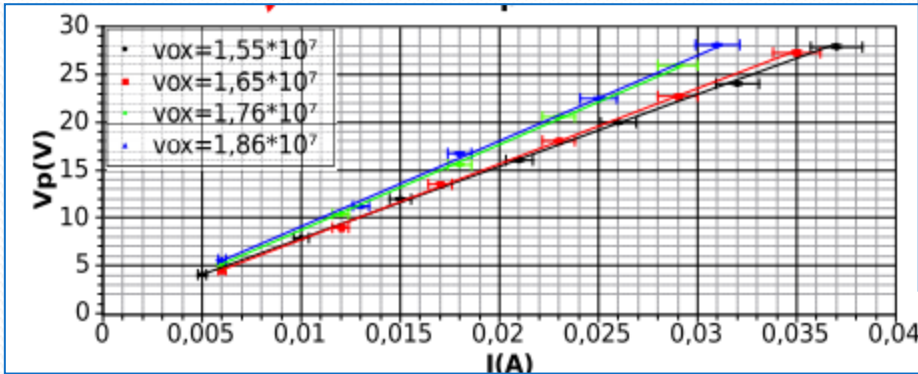
$$L_C = \left(\frac{L_P}{2} + D_{PS} \right)$$



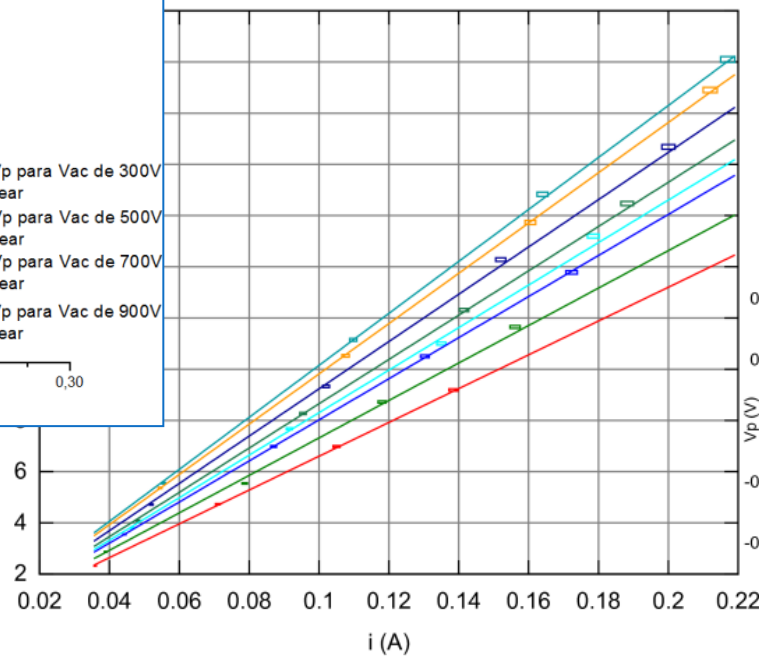
Para entregar – Parte 3

- Calibrar o seletor de velocidades
 - Obter a constante α que relaciona a velocidade de filtro com a tensão entre as placas e a corrente nas bobinas
 - Um único gráfico com os ajustes de V_p em função da corrente, uma curva/ajuste para cada v_{0x}
 - Gráfico ajustado de v_{0x} em função de V_p/i , pontos estes obtidos dos ajustes acima.
 - Uma vez calculado α , use o β estimado na parte 2, obtenha a distância efetiva entre as placas do capacitor (d)
 - Compare com o valor nominal e discuta a luz da simulação de E e dos efeitos de borda.

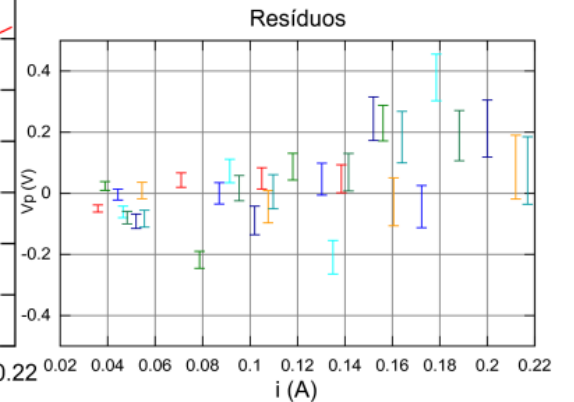
Vp x i



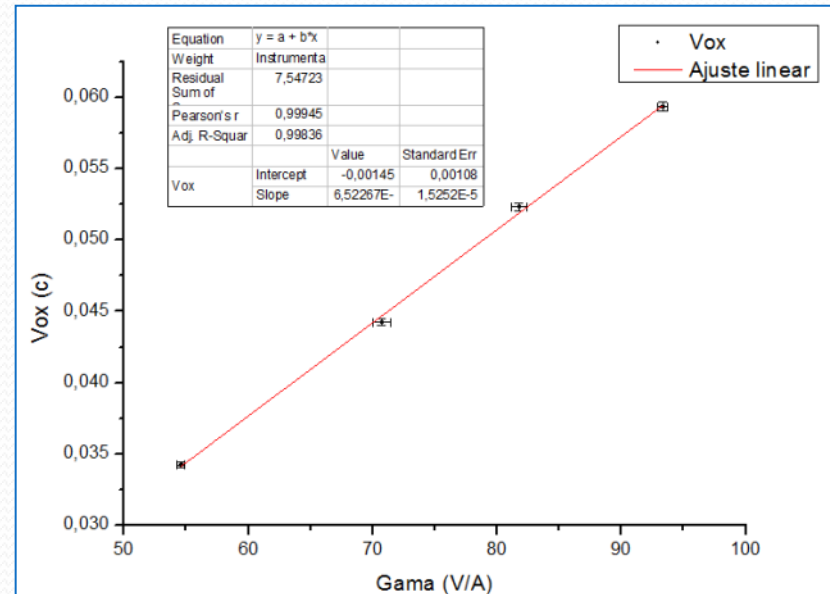
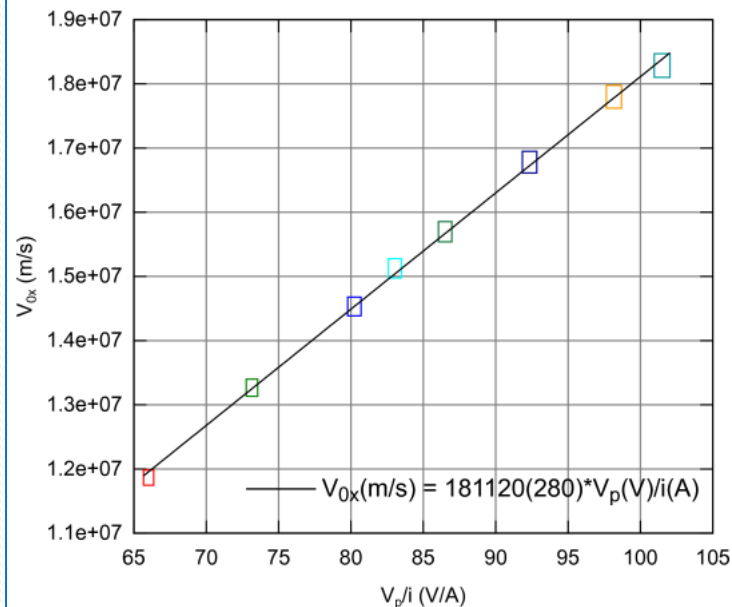
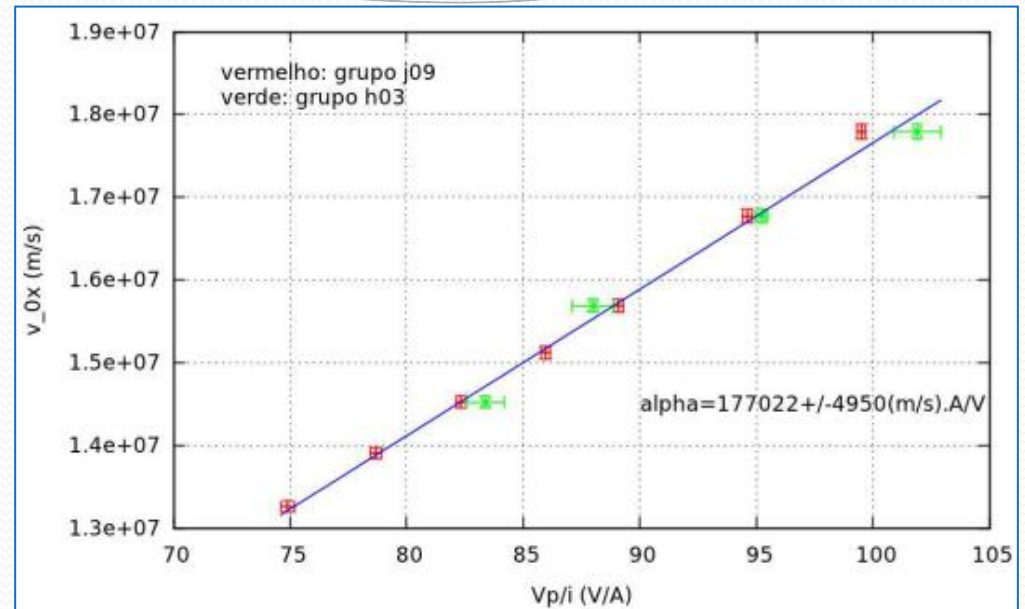
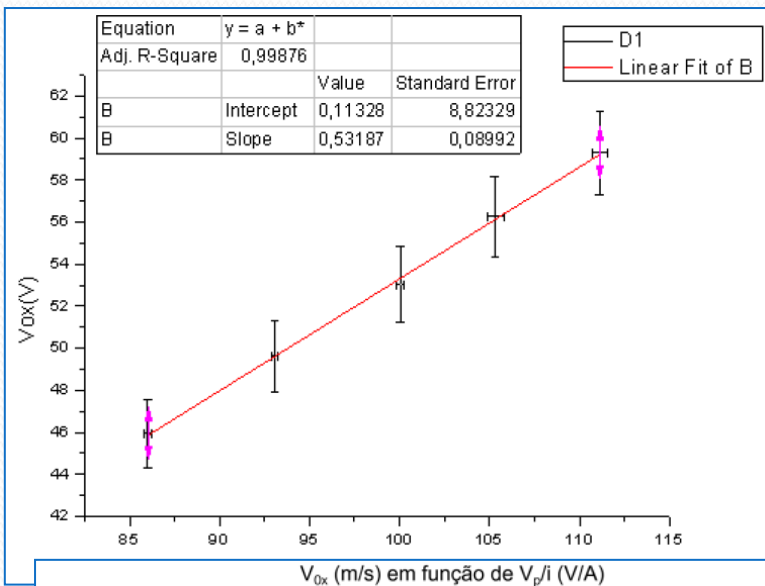
Vp(V) vs. i(A) para cada V0x



| $V_{0x}(\text{m/s})$ | Função Ajustada |
|----------------------|----------------------------------|
| $1.186(11)E+7$ | $V_p(V) = 66.01(35) \cdot i(A)$ |
| $1.326(13)E+7$ | $V_p(V) = 73.16(39) \cdot i(A)$ |
| $1.453(15)E+7$ | $V_p(V) = 80.23(46) \cdot i(A)$ |
| $1.512(15)E+7$ | $V_p(V) = 83.03(45) \cdot i(A)$ |
| $1.569(16)E+7$ | $V_p(V) = 86.51(46) \cdot i(A)$ |
| $1.678(17)E+7$ | $V_p(V) = 92.34(49) \cdot i(A)$ |
| $1.779(18)E+7$ | $V_p(V) = 98.18(52) \cdot i(A)$ |
| $1.828(18)E+7$ | $V_p(V) = 101.50(54) \cdot i(A)$ |



Calibração



Resultados dos grupos (2011)

| | Alfa ($m \cdot A / V \cdot s$) |
|-----|----------------------------------|
| H1 | 17666.832 (2) |
| H2 | |
| H3 | 177022 (4950) |
| H4 | 181120 (280) |
| H5 | 195.0 (45) $\times 10^3$ |
| H6 | 134287.692 (28083.9812) |
| H7 | 192.0 (9) $\times 10^3$ |
| H8 | 1.57 (8) $\times 10^5$ |
| H9 | 173796 (5688) |
| H10 | 62000 (17) |
| H14 | 32089 (4884) |

ATENÇÃO:
Algarismos
significativos e
incertezas!!

Outros anos:

1.84 (34) $E+5 \text{ m A/V/s}$

Turma:

1.73 (15) $E+5 \text{ m A/V/s}$

d efetivo

Vocês estimaram o **beta médio** como:

- Estimar $\langle \beta \rangle = \text{área} / L_b$

Mas a constante de calibração valia: $\alpha = \frac{1}{\beta d}$

Portando, era possível estimar uma separação efetiva:

$$d_{\text{estimado}} = \frac{1}{\langle \beta \rangle \alpha_{FIT}}$$

Sendo $v_{0x} = \frac{1}{\beta d} \frac{V_p}{t}$ e $\alpha = \frac{1}{\beta d}$, encontramos que a distância efetiva entre as placas é da ordem de $6,28 \cdot 10^{-3} m$.

d efetivo (2011)

| | Separação entre as placas (mm) |
|-----|--|
| H3 | 6.28 (?) |
| H4 | 2.99 (50) |
| H5 | 1.80 (5) x 10^5 (usaram beta em gauss) |
| H6 | 3.4 (7) |
| H7 | 14.3 (9) |
| H8 | 5.7 (3) |
| H9 | 4.56 (15) |
| H10 | 3.25 (1) |
| H14 | 2.7 (60) |

Todos maiores que o valor nominal de 2mm, pois o valor efetivo deve compensar o fato das placas se afastarem

Esse valor é maior que o nominal (2 mm), o que é de se esperar devido ao fato de existirem não apenas efeitos de borda na região em que as placas são paralelas, mas também toda uma outra região de campo não nulo (em que as placas se afastam) no qual ainda há aceleração dos elétrons.