

Física Experimental IV

Prof. Antonio Domingues dos Santos
adsantos@if.usp.br
Ramal: 6886
Mário Schemberg, sala 205

Prof. Leandro Barbosa
lbarbosa@if.usp.br
Ramal: 7157
Ala I, sala 225

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

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

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

Aula 6 - Experiência 1 Circuitos CA e Caos 2013

<http://lababerto.if.usp.br/>

Tarefas 1 – para síntese

Circuito RLD em baixa tensão:

- Comece com a amplitude de pico no gerador menor que **0.1V** e use a saída traseira de baixa impedância.
- Achar a frequência de ressonância desse circuito
 - Meça V_D e V_g enquanto faz isso... Lembre-se, precisamos de **$V_D < 0.1V$** para que apenas a parte capacitiva do diodo esteja funcionando
- A partir da frequência de ressonância determine o valor da capacitância do diodo, C_0
 - Anote o valor da tensão usada na medida (para a discussão)
- Compare com o valor obtido por outros grupos

Ressonância

	R (Ω)	L (mH)	Fdiodo (kHz)	VD (mV)	C (10^{-12} F)
H01	10 (?)	1 (?)	364.2 (36)	94	175 (20)
H02	??	$1 \pm 5\%$	370 (10)	260-350	$190 (10) \times 10^3$
H03	10.0 (4)	1.00 (2)	410 (5)	104 (4)	150 (5)
H04	10.6 (2)	1.08 (5)	453 (2)	744 (22)	112 (8)
H05	??	??	480 (2)	46.8 (8)	150 (5)
H06	10 (6)	1 (?)	387 (2)	93 (13)	169.1 (17)
H07	13.8 (15)	0.006 (6)	Grafico	??	$190 (19) \times 10$
H08	20.0 (18)	0.1 (40)	Grafico	??	$130 (6) \times 10$
H09	10.0 (1)	1 (?)	370 (?)	105 (?)	0.185 (5)
H10	??	1.00 (5)	352 (?)	630 (?)	200 (20)

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L}$$

Ressonância

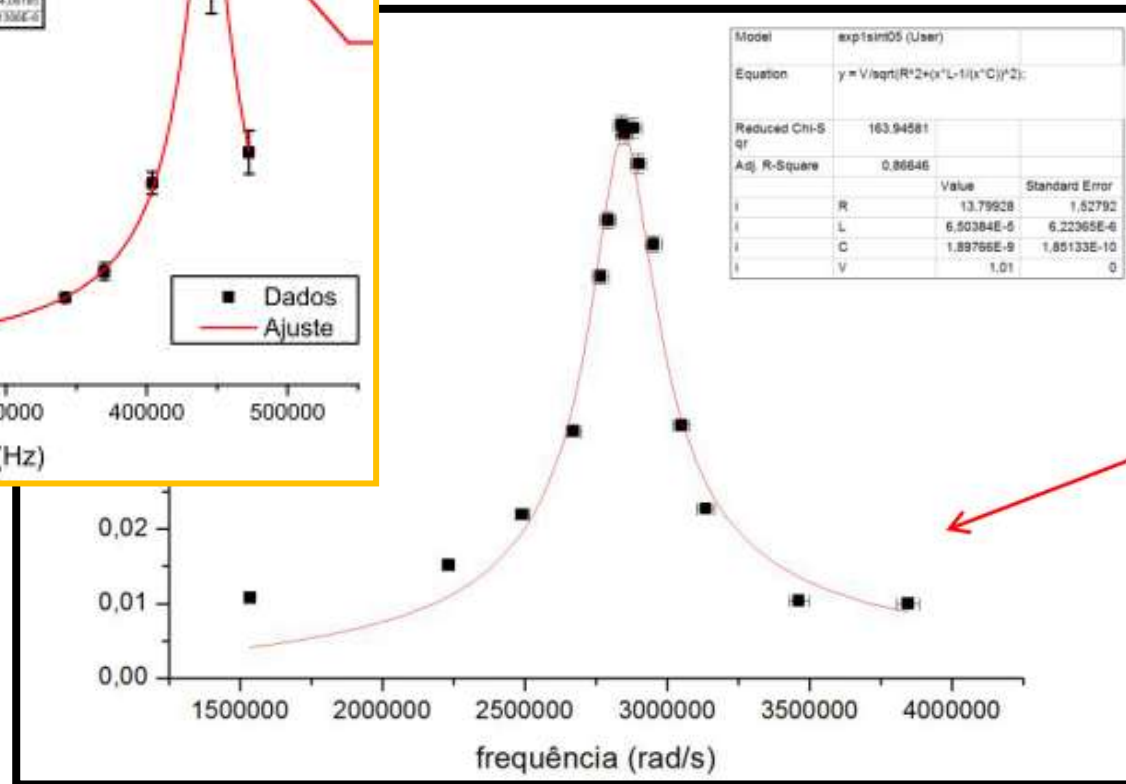
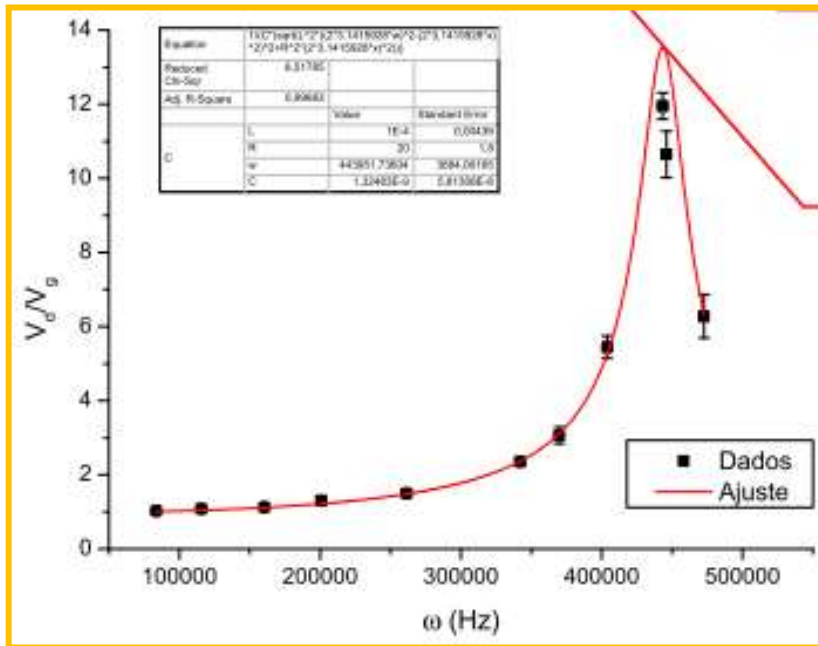
	R (Ω)	L (mH)	Fdiodo (kHz)	VD (mV)	C (10^{-12} F)	C – prof. (10^{-12} F)
H01	10 (?)	1 (?)	364.2 (36)	94 (?)	175 (20)	191
H02	??	$1 \pm 5\%$	370 (10)	260-350	$190 (10) \times 10^3$	185
H03	10.0 (4)	1.00 (2)	410 (5)	104 (4)	150 (5)	
H04	10.6 (2)	1.08 (5)	453 (2)	744 (22)	112 (8)	114
H05	??	??	480 (2)	46.8 (8)	150 (5)	??
H06	10 (6)	1 (?)	387 (2)	93 (13)	169.1 (17)	
H07	13.8 (15)	0.006 (6)	Grafico	??	$190 (19) \times 10$	128
H08	20.0 (18)	0.1 (40)	Grafico	??	$130 (6) \times 10$	128
H09	10.0 (1)	1 (?)	370 (?)	105 (?)	0.185 (5)	185
H10	??	1.00 (5)	352 (?)	630 (?)	200 (20)	204

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 L}$$

Praticamente TODOS
os grupos erraram nas
contas...

Como na semana 3...

- Dois grupos levantaram a curva de ressonância...



Modelo de Diodo Real

- Note que a capacitância depende da tensão aplicada:

$$C(V_D) = C_0 \exp\left[\frac{eV_D}{kT}\right], \text{ para } V_D > 0$$

$$C(V_D) = \frac{C_0}{\sqrt{1 - \frac{eV_D}{kT}}}, \text{ para } V_D \leq 0$$

- Para tensões muito pequenas:

$$\frac{eV_D}{kT} \ll 1 \Rightarrow C(V_D) \rightarrow C_0$$

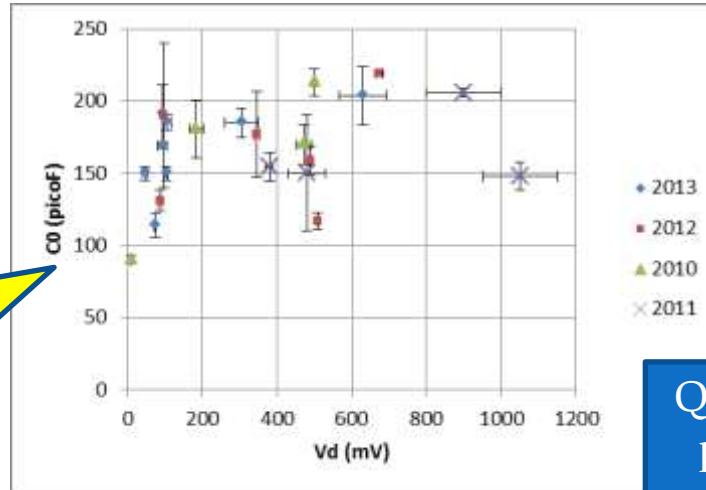
Nenhum grupo estimou se valia a condição $\ll 1$

VD (mV)	eVd/kT 300K	exp()
400	15.5	5172864
100	3.86	47
50	1.93	6.9
10	0.386	1.5

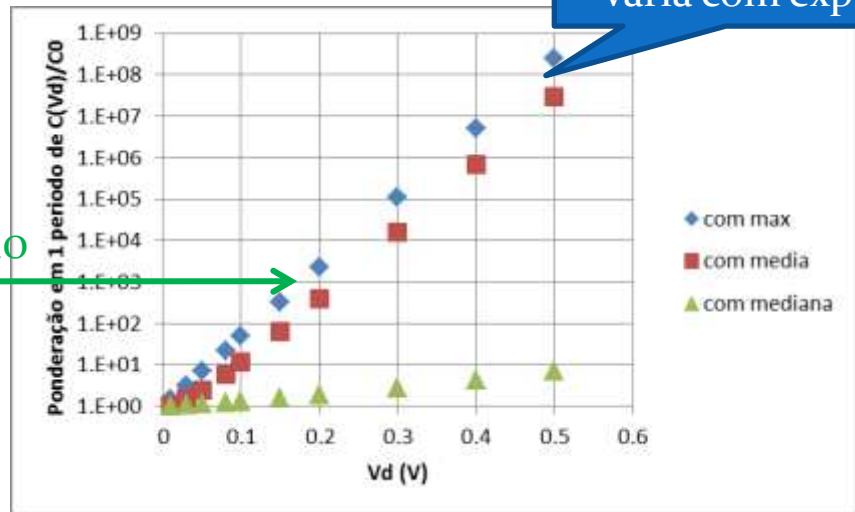
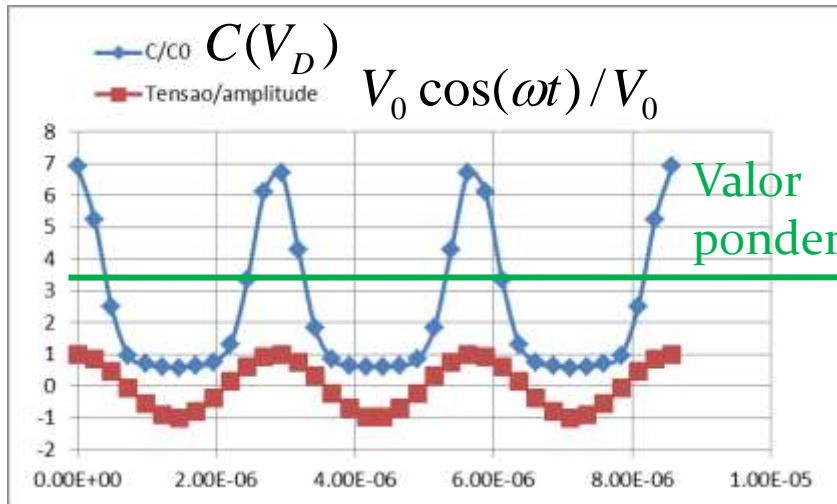
Entendimento correto?

- Será que estamos medindo C_0 ? Ele varia com $\exp()$?
- Resultado das turmas:

Devíamos voltar a eq. dif. e verificar o que acontece se C não for constante.... Será que a ressonância aparece na mesma frequência?



Qualquer média no período também varia com $\exp()$...



Tarefas 2 – para síntese

Circuito RLD em alta tensão

- Algo em torno de 4-5V
 - O que acontece com o diodo?
- **Construa** o diagrama de bifurcação
 - Meça com o osciloscópio a tensão no gerador, V_G , e a tensão no diodo, V_D . Comece com 40kHz e vá subindo
 - A amplitude dos picos de tensão V_D deve ser medida com o cursor. Meça vários pontos, principalmente próximo das bifurcações
 - Meça até quando for possível (3 bif. mínimo)
- Calcule a cte. de Feigenbaum
 - Compare com outros grupos e com o valor esperado teóricamente.

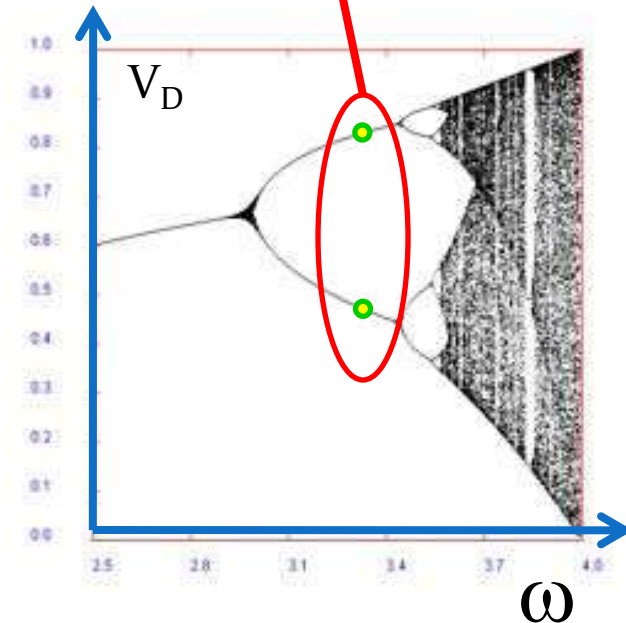
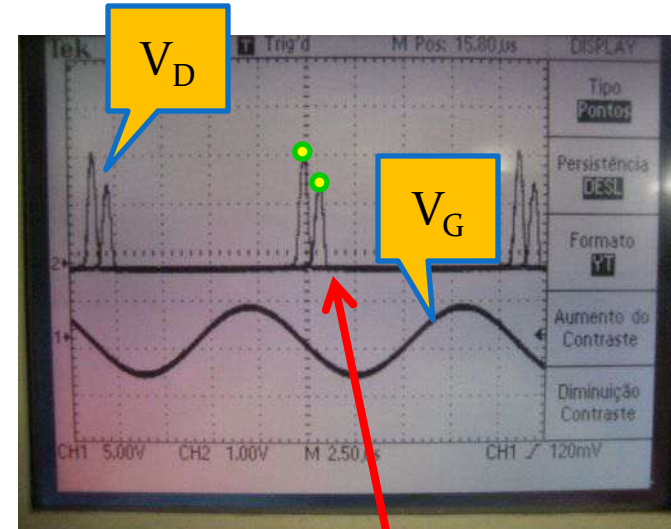
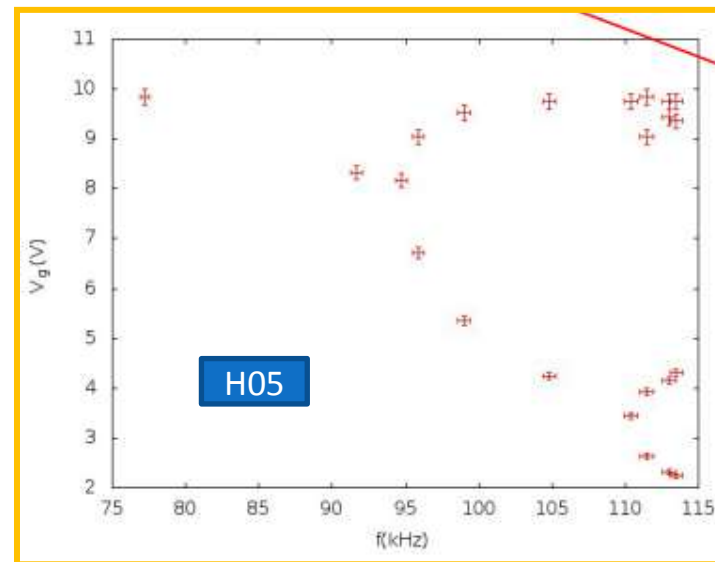
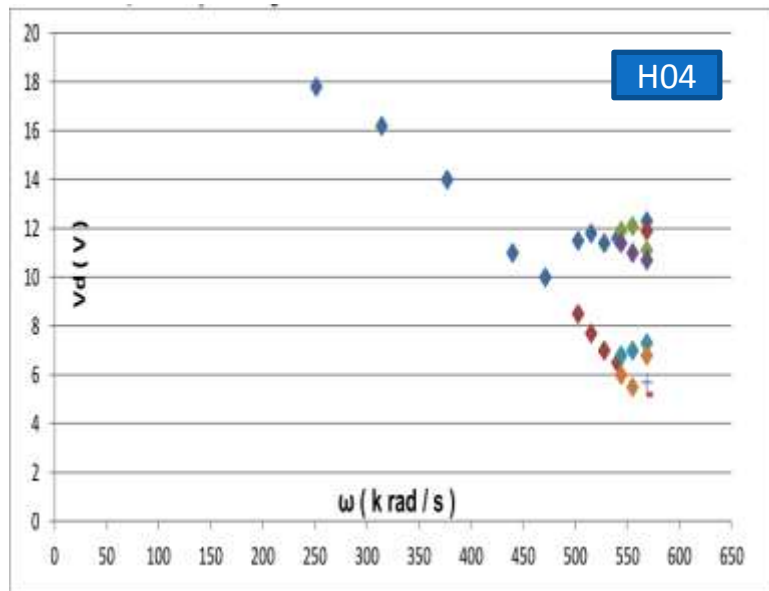
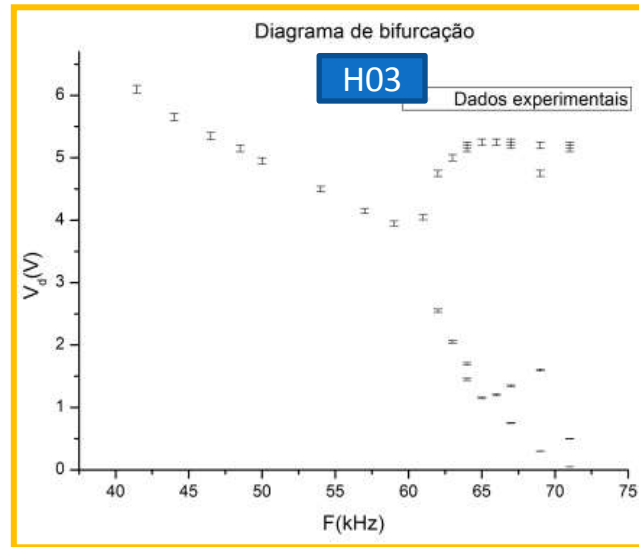
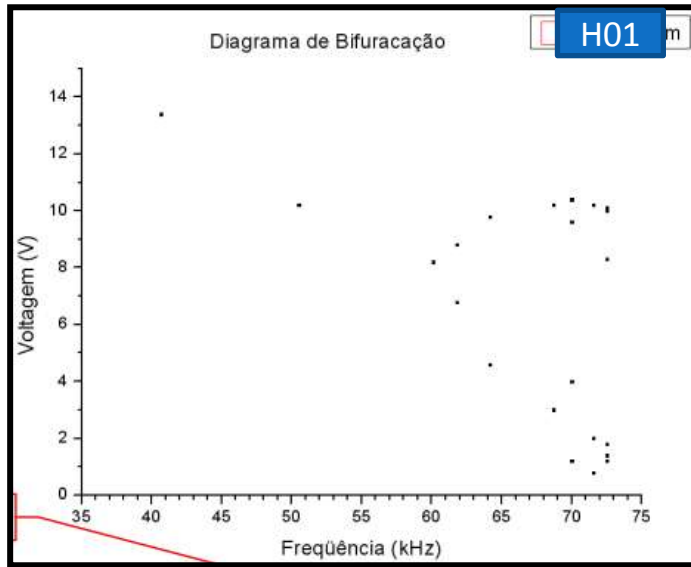
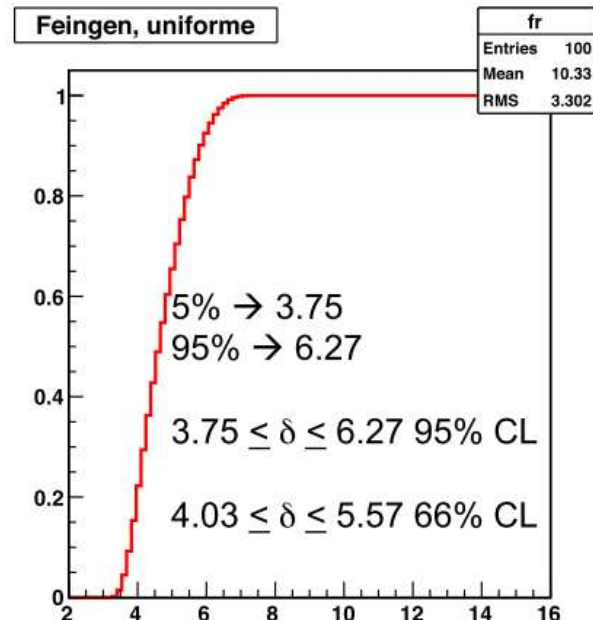
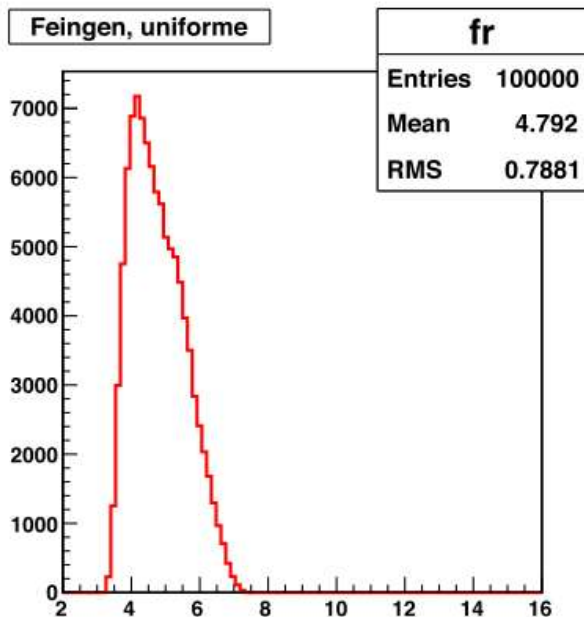


Diagrama de bifurcação



Integral da PDF

- A incerteza sai da distribuição de probabilidades.
- Se não tem uma forma conhecida, o melhor é dar valores característicos: mediana (50%) +95% -5%, por exemplo
- Ou momentos de mais alta ordem: kurtosis, etc....



RMS seria o CL 66%:

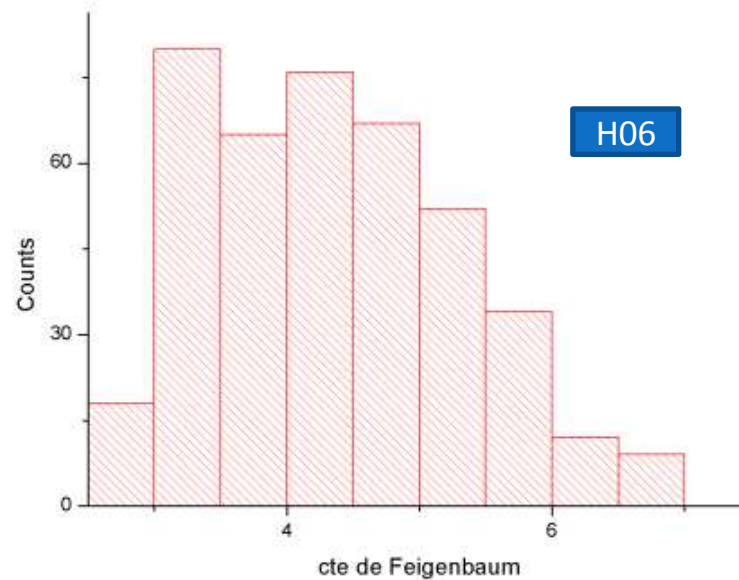
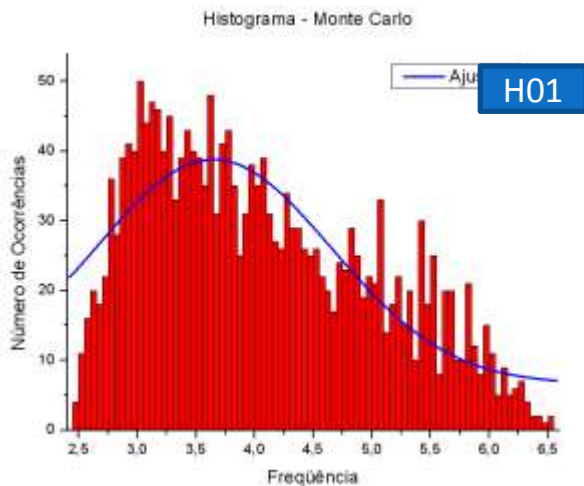
4.78 ± 0.79 (rms)

Dar explicitamente o intervalo de confiança:

$4.8^{+1.5}_{-1.0}$ (95% CL)

Monte Carlo

- Apenas 2 grupos mostraram o histograma....



Feigenbaum 4.67...

	“Médio”	95%	5%
H01	3.91 o que?	2.63 o que?	5.94 o que?
H02	3.12 o que?	5.5	1.5
H03	4.75 (4)		
H04	4.25 (44)		
H05	4.3 (9)		
H06	4.30 mediana	?	?
H07	3.97 (287) propag. 4.02 (170) M.C.	?	?
H08	4.86 (9)		
H09	2.477157 (?)		
H10	4.74 (160)		

Discutimos que não se pode propagar da maneira usual, e mesmo assim mais de 50% dos grupos fizeram isso...

Tarefas 3 – para relatório

A partir dos dados experimentais e do diagrama de bifurcação, identifique:

- Há janelas de caos? Qual seu intervalo de frequência ?
 - faça um gráfico ou tire fotos
 - depois da janela pode ver bifurcações? Comente.

Janela de caos: intervalo de frequência entre as quais o sistema apresenta caos (não há atratores).

Tarefas 4 – para relatório

- Fazer o retrato de fase: $i \times di/dt$
 - Que modo do osciloscópio de ser usado? $X-t$ ou $X-Y$?
- Fazer o retrato de fase do circuito **RLD** para algumas frequências interessantes:
 - Quando não há bifurcação (**1** atrator para V_D do diodo)
 - Para **1** bifurcação (**2** atratores para V_D do diodo)
 - Para **2** bifurcações (**4** atratores para V_D do diodo)
 - Quando o circuito está em regime caótico
- Os retratos de fase são “fotos” da tela do osciloscópio
 - Devem ser mostrados, discutidos e comparados
 - Mostre todos acompanhados dos valores de tensão e corrente. Comente o que está acontecendo.

Tarefas 5 – EXTRA

- Faça também os diagramas de fase para o circuito **RLC**, utilizando o modo **X-Y** do osciloscópio ($C=0,47\mu\text{F}$)
 - Na frequência de ressonância, tomando **$q \times (dq/dt)$** e **$i \times (di/dt)$**
 - Mostre todos acompanhados dos valores de tensão e corrente. Comente o que está acontecendo.
 - Compare qualitativamente esses diagramas de fase com os do **RLD**.
- Faça o retrato de fase tridimensional do **RLC** e um do **RLD** para 1 bifurcação
 - Os osciloscópios permitem gravar **V_R , V_D** (ou **V_C**) vs **tempo**.
 - Use o Origin ou outro programa para fazer um gráfico tridimensional de (**$V_D \times V_R \times t$**)
 - Compare e comente os dois retratos de fase.