

Este ser é até o momento o único terrestre que distingue luz polarizada circularmente. Ele é o camarão gafanhoto. Ele consegue distinguir 100.000 cores diferentes 10 vezes mais que o homem.

Alexandre Suaide

Ed. Oscar Sala

sala 246

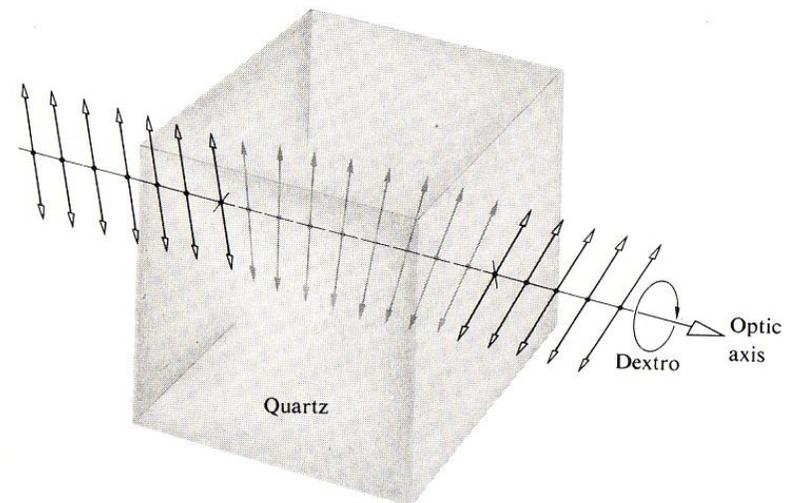
ramal 7072

Física Experimental IV - 14ª aula
<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

Atividade óptica

- Foi descoberto pelo físico francês D. F. J. Arago em 1811 que o plano de vibração de um feixe de luz polarizada sofria uma rotação constante à medida que se propagava dentro de um cristal de quartzo.
- Alguns materiais (incluindo cristais e soluções líquidas) têm a propriedade de induzir a rotação contínua da polarização da luz

- Chamada atividade óptica
 - Dextro-rotatória
 - Para a direita
 - Levo-rotatória
 - Para a esquerda



Estudo da atividade óptica

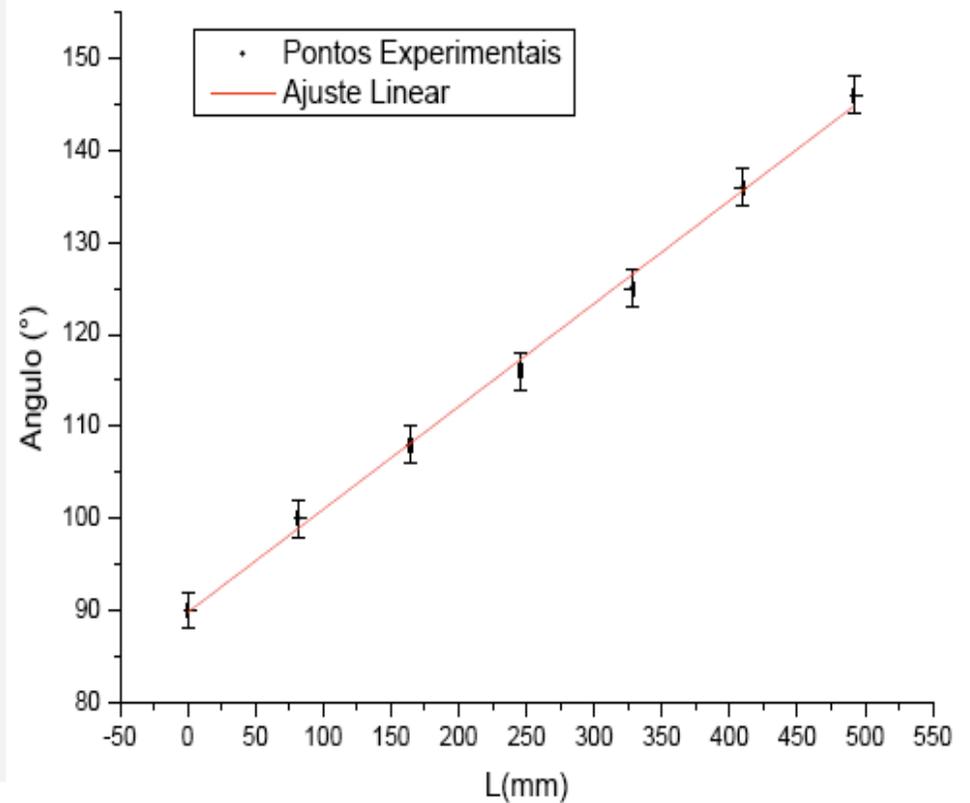
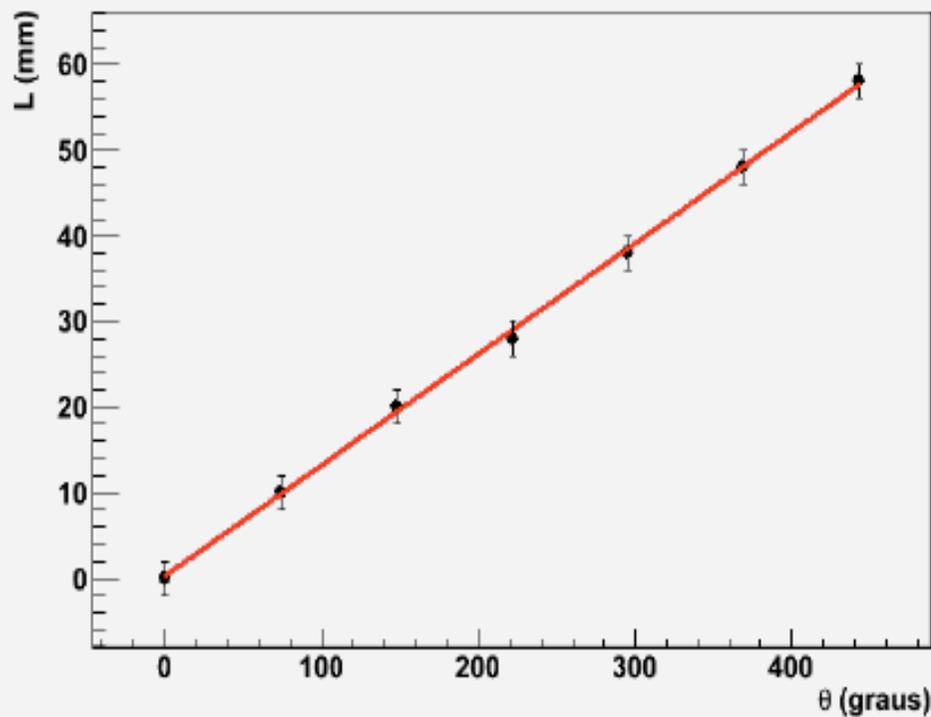
- Mostrar que a mudança na direção da polarização de um feixe linearmente polarizado depende:

$$\theta = \alpha C^\gamma L$$

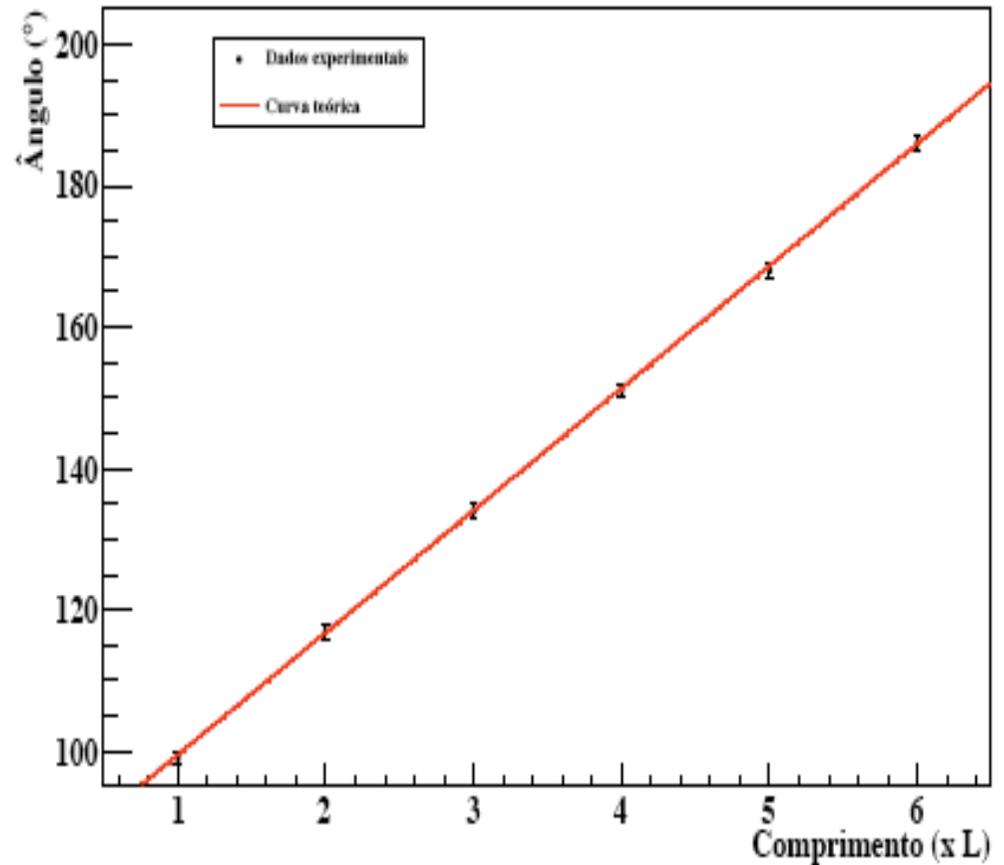
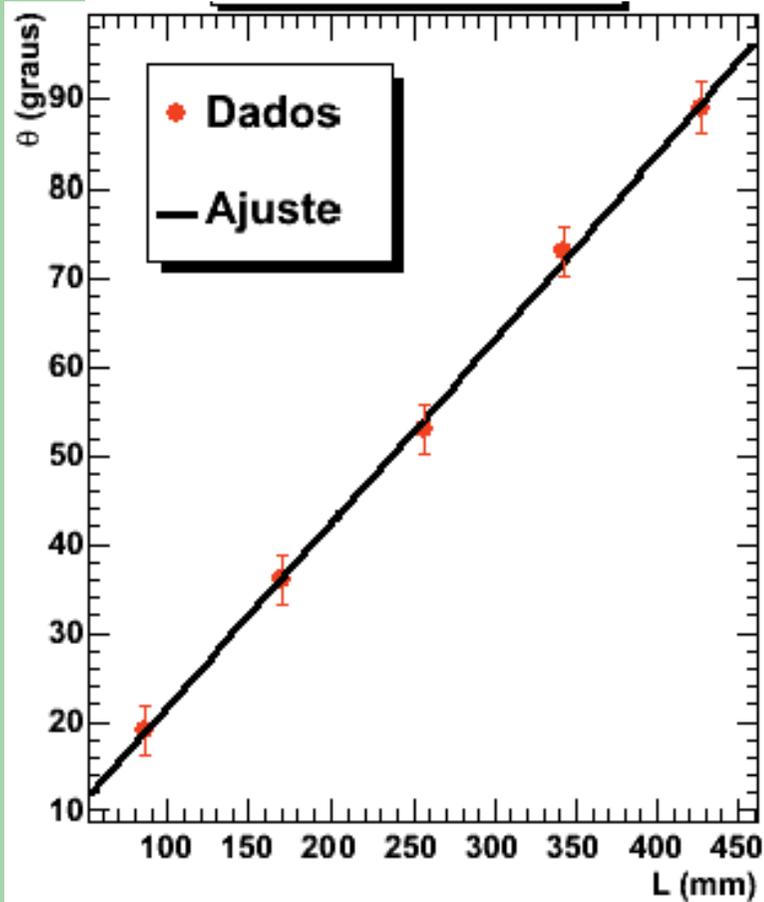
- Linearmente da concentração de açúcar ($\gamma = 1$)
- Linearmente do comprimento de solução (L)
- Obter a constante de proporcionalidade (α)

Dependência com L (C = 200g/l)

Espessura (mm) vs θ (graus)



Dependência com L (C = 400g/l)



E a dependência com a concentração

- Como, com duas concentrações disponíveis, eu determino γ ?
 - É compatível com um?

$$\theta = \alpha C^\gamma L$$

Situação mais simples

- Para um mesmo comprimento, a razão entre os ângulos permite determinar γ ?

$$\theta_{200} = \alpha C_{200}^{\gamma} L \quad \theta_{400} = \alpha C_{400}^{\gamma} L$$

$$\frac{\theta_{400}}{\theta_{200}} = \left(\frac{C_{400}}{C_{200}} \right)^{\gamma}$$

Situação mais simples

- Para um mesmo comprimento, a razão entre os ângulos permite determinar γ ?

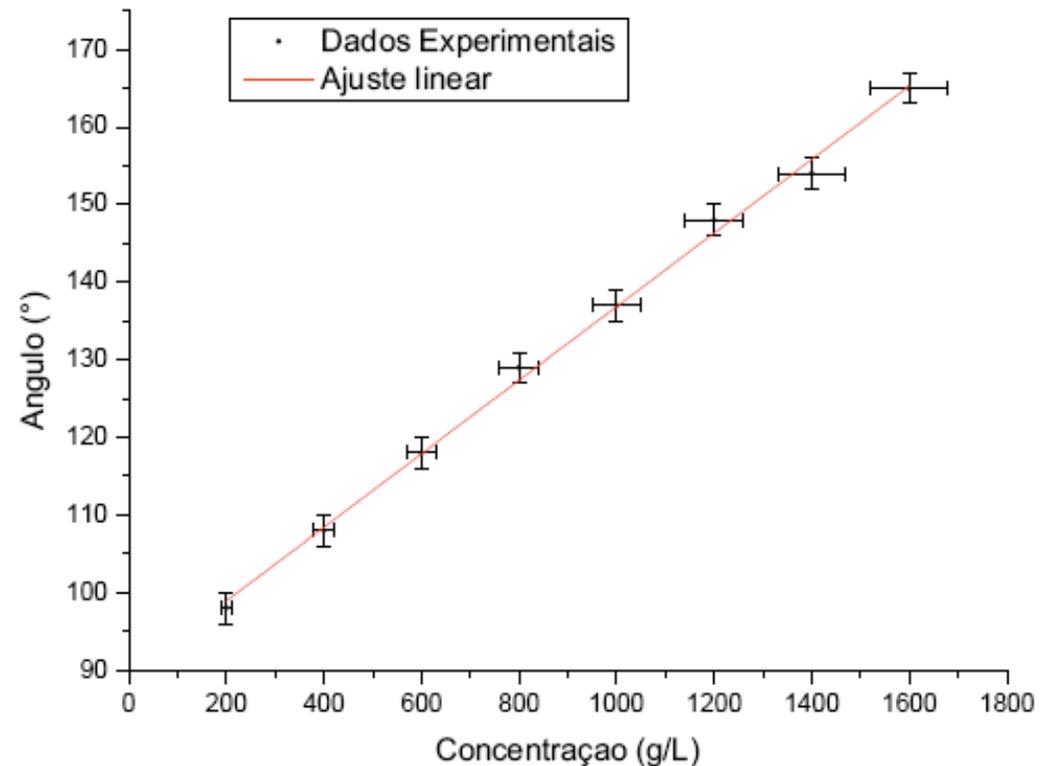
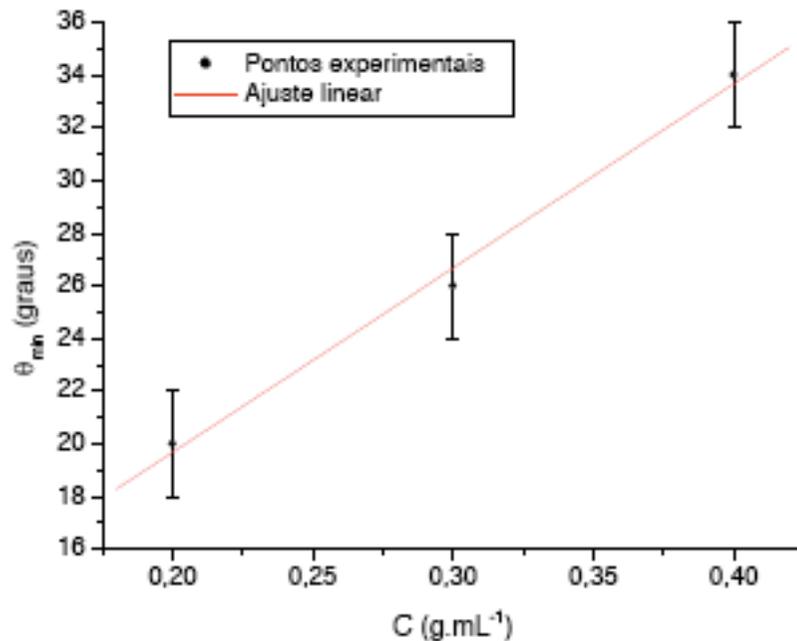
Um modo de verificar que $\gamma = 1$ é usando o fato de que $a = \alpha \cdot C^\gamma$. Assim, se $\gamma = 1$, o valor de $a_2 = \alpha \cdot (C_{400g/L})^\gamma = \alpha \cdot 2 \cdot (C_{200g/L})^\gamma = 2 \cdot a_1$, já que $C_{400g/L} = 2 \cdot C_{200g/L}$. Realizando o teste de compatibilidade entre a_2 e $2 \cdot a_1$ temos, $Z = 2, 2$.

$$\alpha \cdot 2 \cdot (C_{200g/L})^\gamma = 2 \cdot a_1, \text{ já que } C_{400g/L} = 2 \cdot C_{200g/L}.$$

$Z = 2, 2$

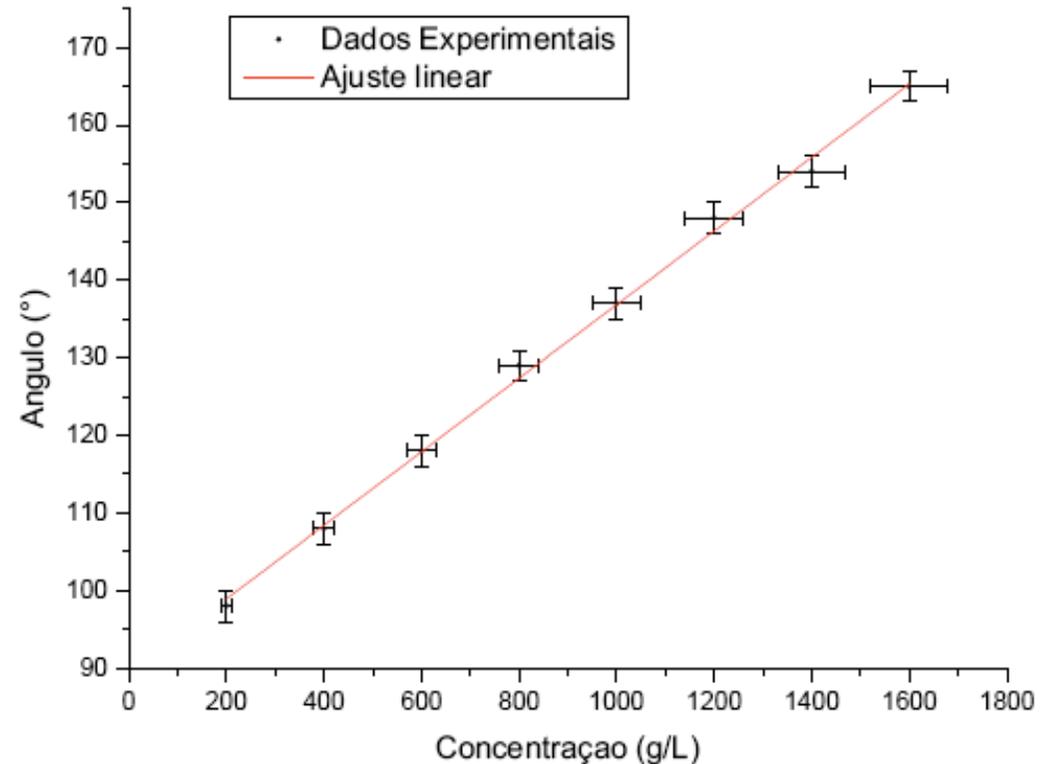
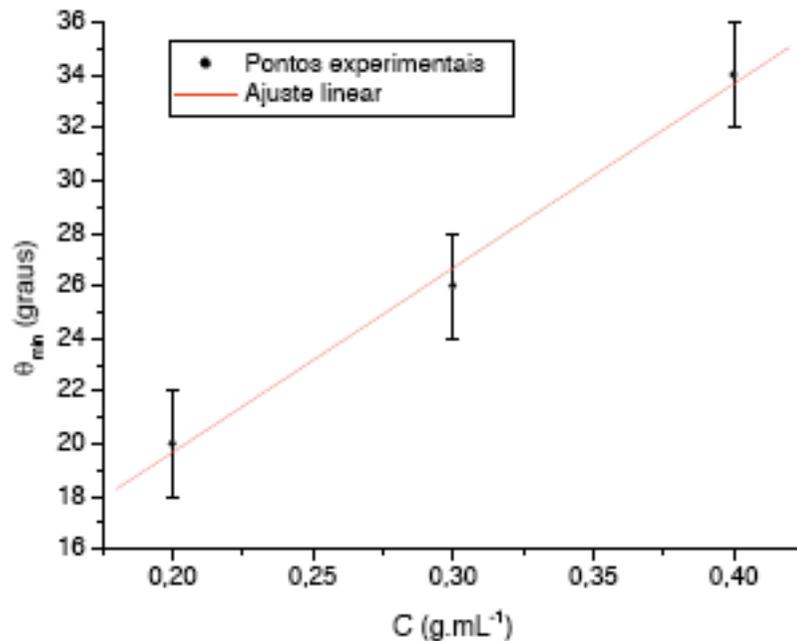
Muitos grupos usaram o conceito de concentração média (ou equivalente)

- 1 tubo de 200 g/l com um tubo de 400 g/l equivale a um tubo de 300 g/l



Muitos grupos usaram o conceito de concentração média (ou equivalente)

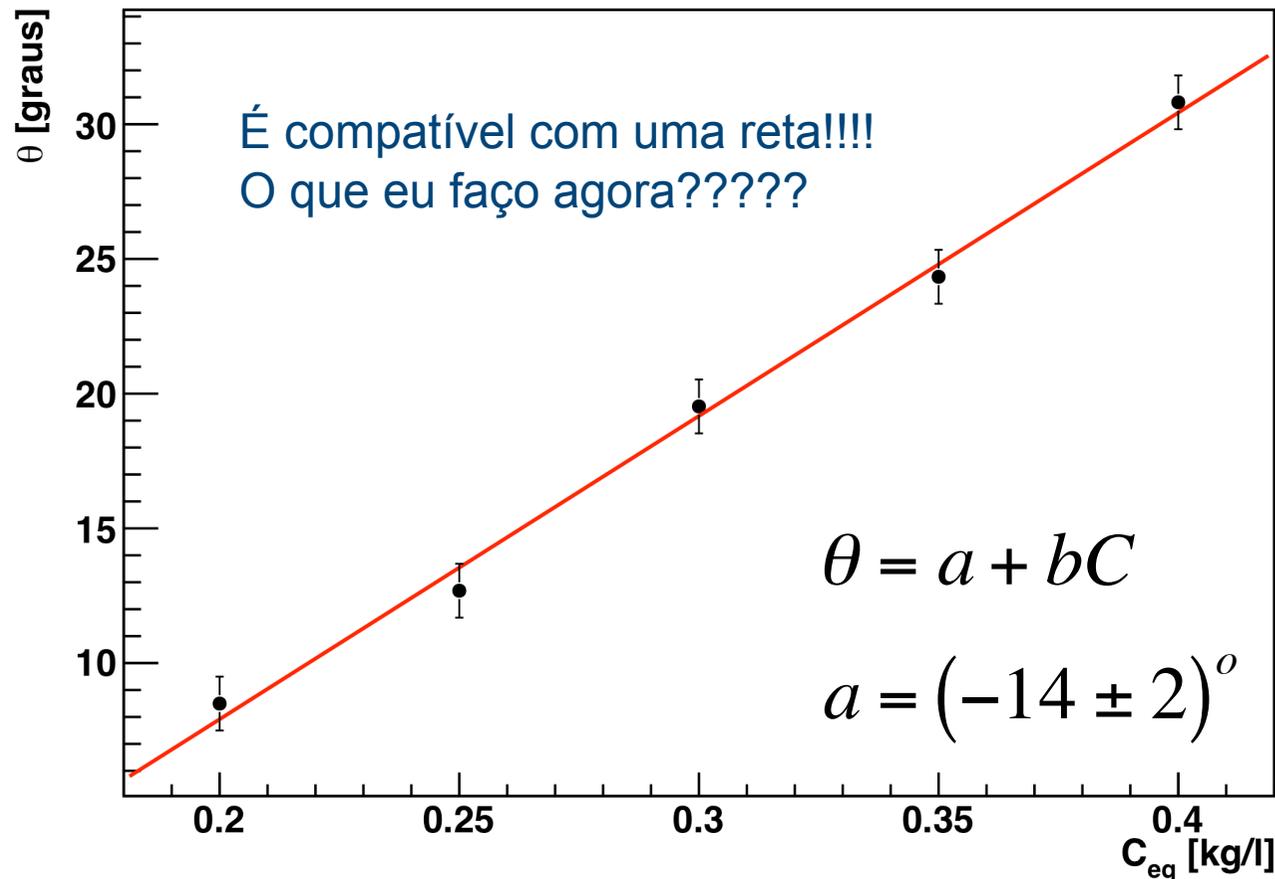
- A dependência linear com a concentração equivalente assegura que é $\gamma = 1$?



$$\theta = \alpha C^\gamma L$$

Simulação da medida supondo um valor de γ diferente de um

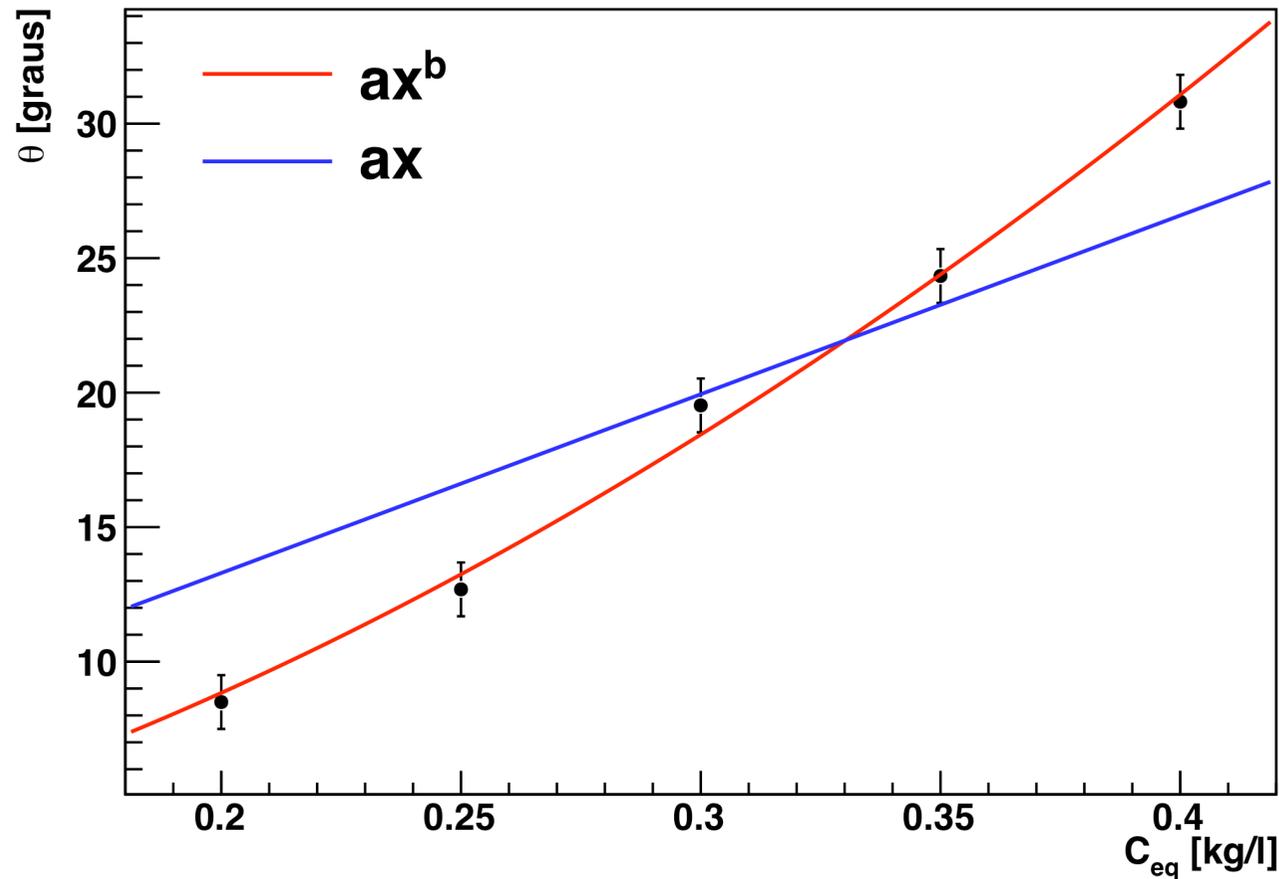
simulando com $\gamma = 2$



$$\theta = \alpha C^\gamma L$$

Simulação da medida supondo um valor de γ diferente de um

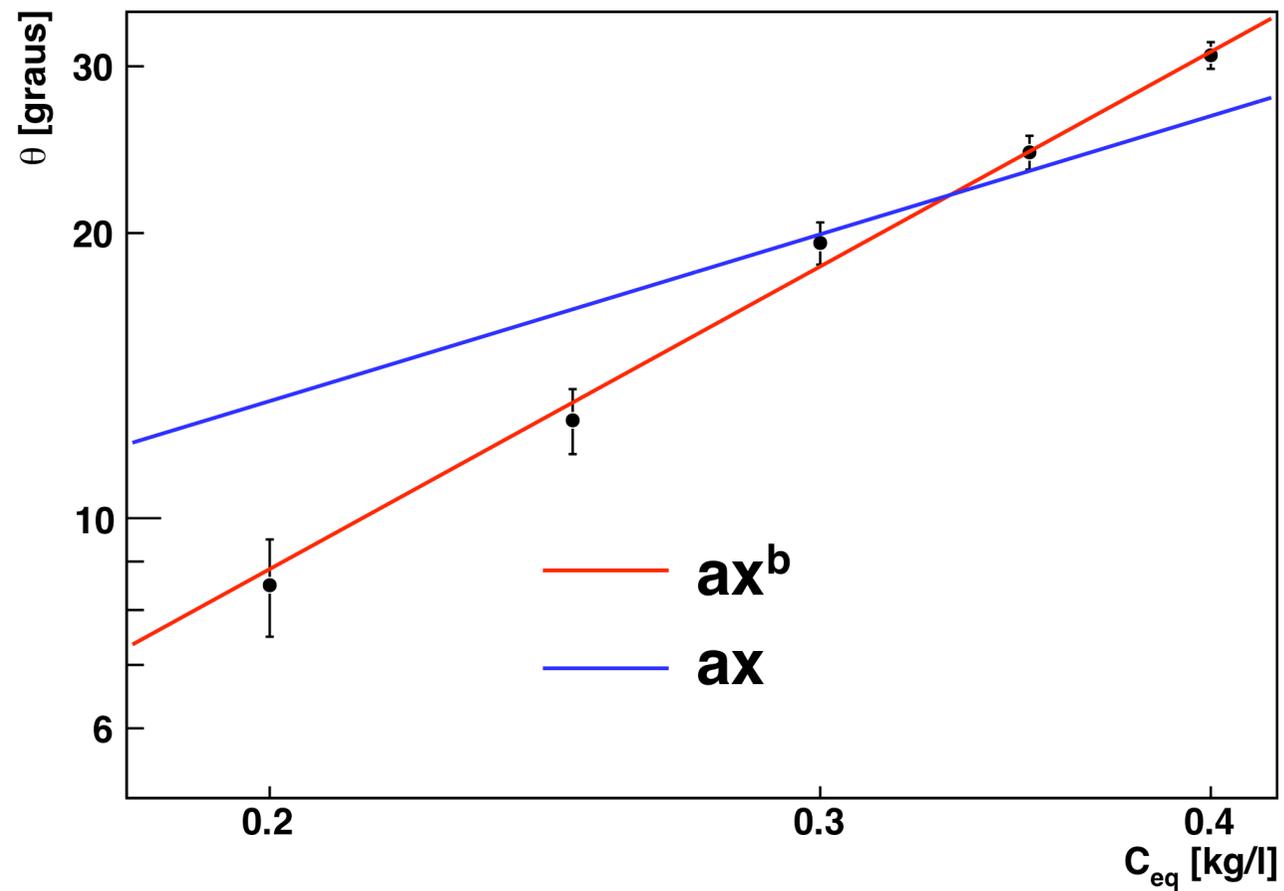
simulando com $\gamma = 2$



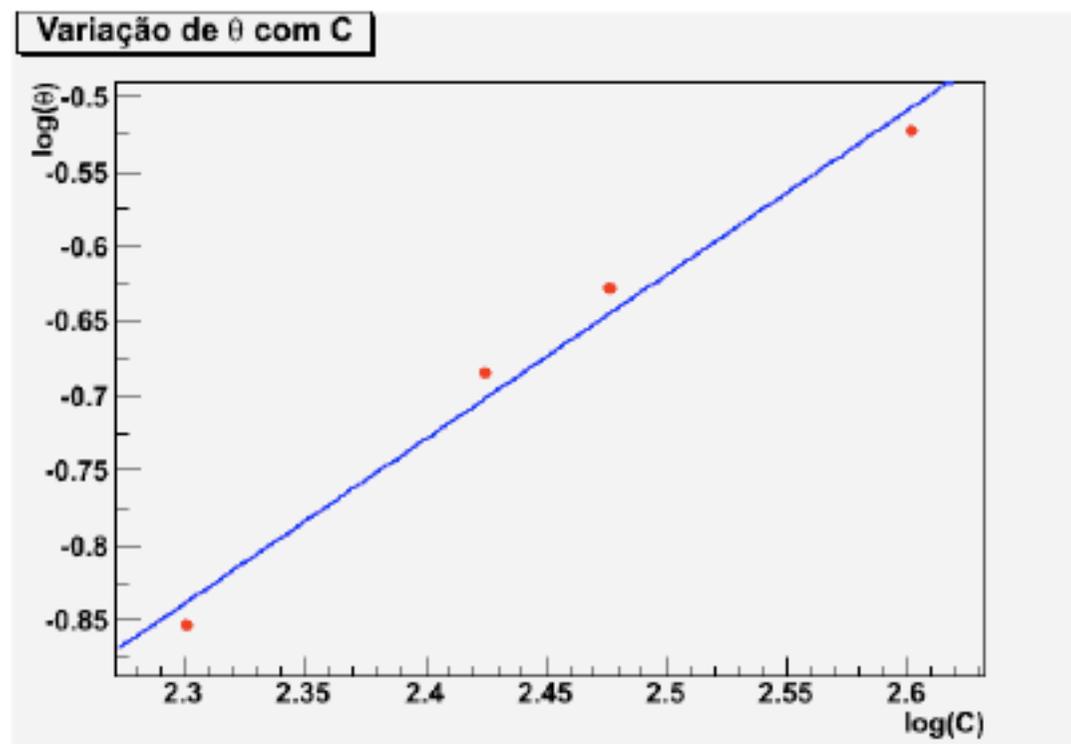
$$\theta = \alpha C^\gamma L$$

Simulação da medida supondo um valor de γ diferente de um

simulando com $\gamma = 2$

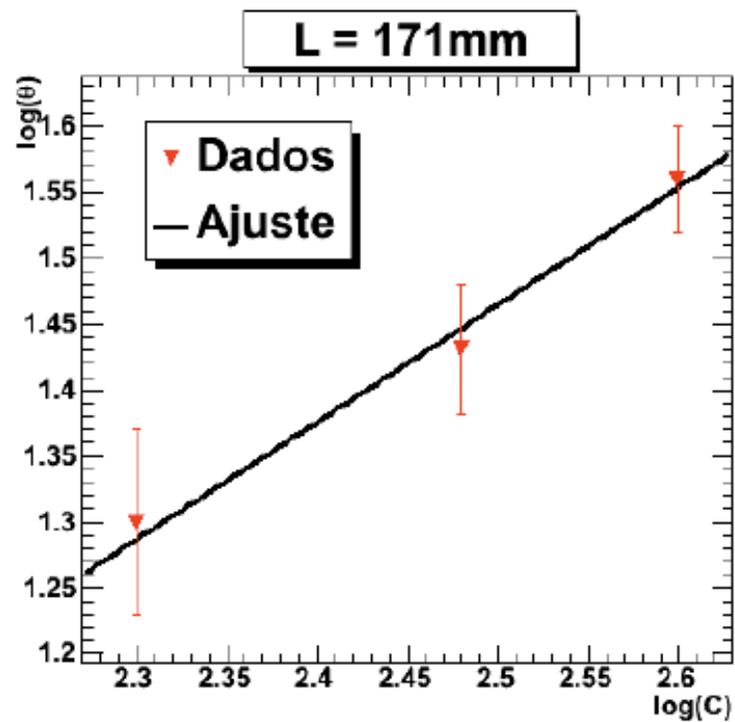


Resultados

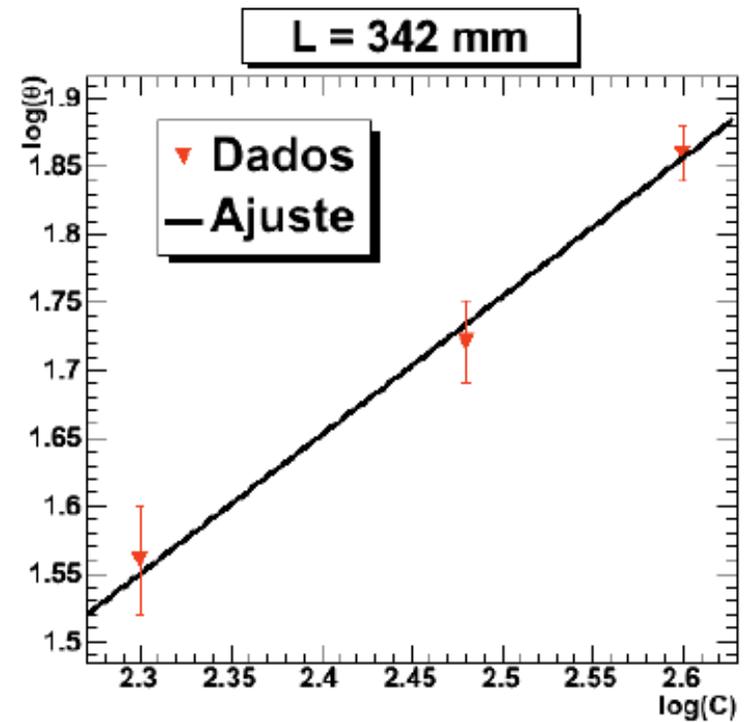


A variação é linear e encontramos um γ de 1,09(12), compatível com 1.

Resultados



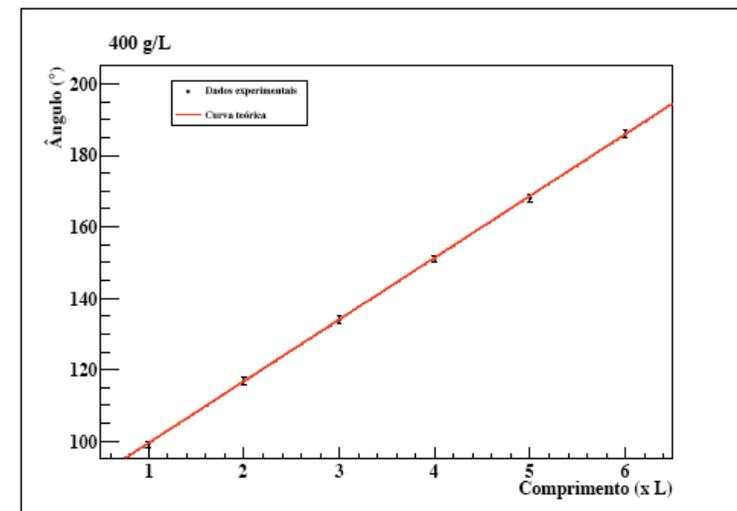
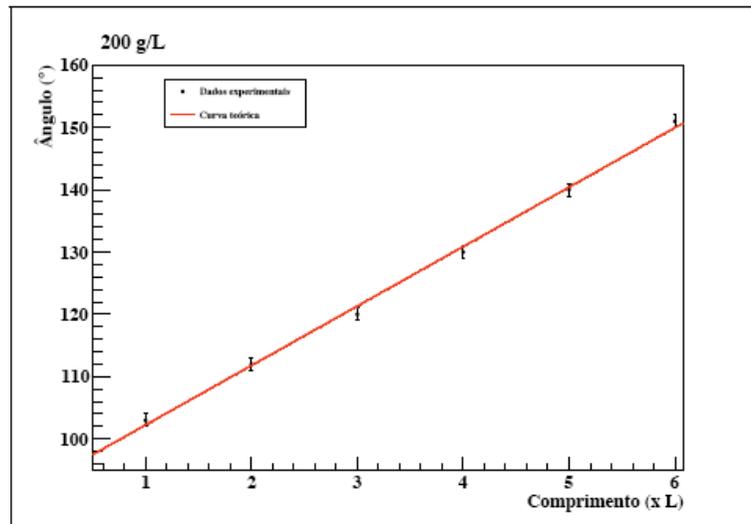
$$\gamma = (1,0 \pm 0,1)$$



$$\gamma = (0,9 \pm 0,3)$$

Os valores obtidos de θ_0 estão muito diferentes entre si (deveriam ser próximos entre si e próximos de 90°), e a razão entre os coeficientes angulares é menor que 2, o que seria esperado ao tentar provar que γ é unitário (uma vez que uma concentração é o dobro da outra). Suspeitou-se, então, que a solução em repouso poderia decantar, produzindo uma diminuição no valor das concentrações (especialmente para a solução de 400g/L), como se observa pelo coeficiente menor que o esperado. Deste modo, repetiu-se a experiência sacudindo as soluções a fim de melhorar os resultados.

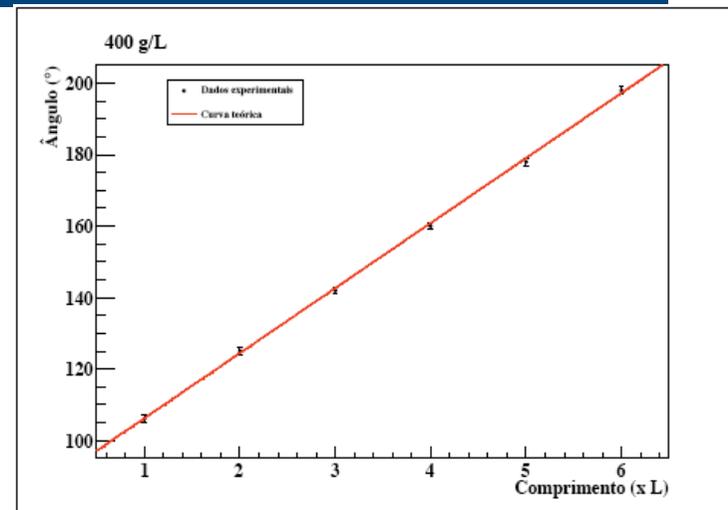
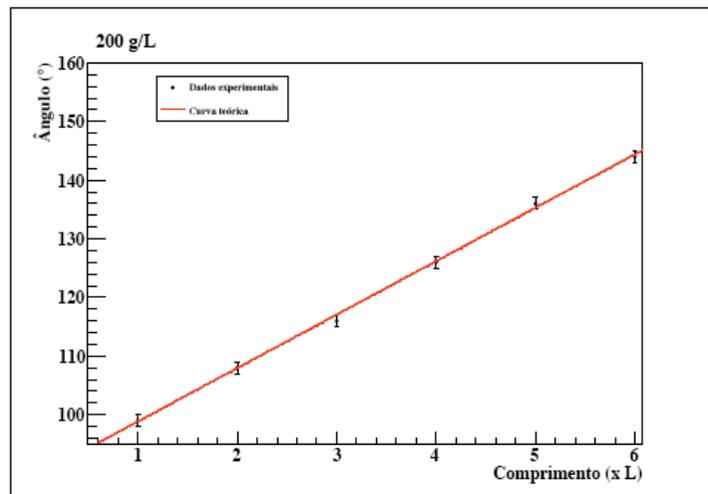
Um resultado interessante



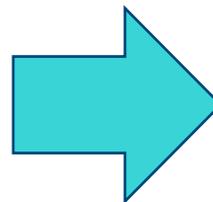
Parâmetro	200g/L	400g/L
$\alpha C^\gamma L$	9,54(24)	17,29(24)
θ_0	92,6(9)	82,0(9)
χ_{red}^2	1,09	0,14

Os valores obtidos de θ_0 estão muito diferentes entre si (deveriam ser próximos entre si e próximos de 90°), e a razão entre os coeficientes angulares é menor que 2, o que seria esperado ao tentar provar que γ é unitário (uma vez que uma concentração é o dobro da outra). Suspeitou-se, então, que a solução em repouso poderia decantar, produzindo uma diminuição no valor das concentrações (especialmente para a solução de 400g/L), como se observa pelo coeficiente menor que o esperado. Deste modo, repetiu-se a experiência sacudindo as soluções a fim de melhorar os resultados.

Um resultado interessante



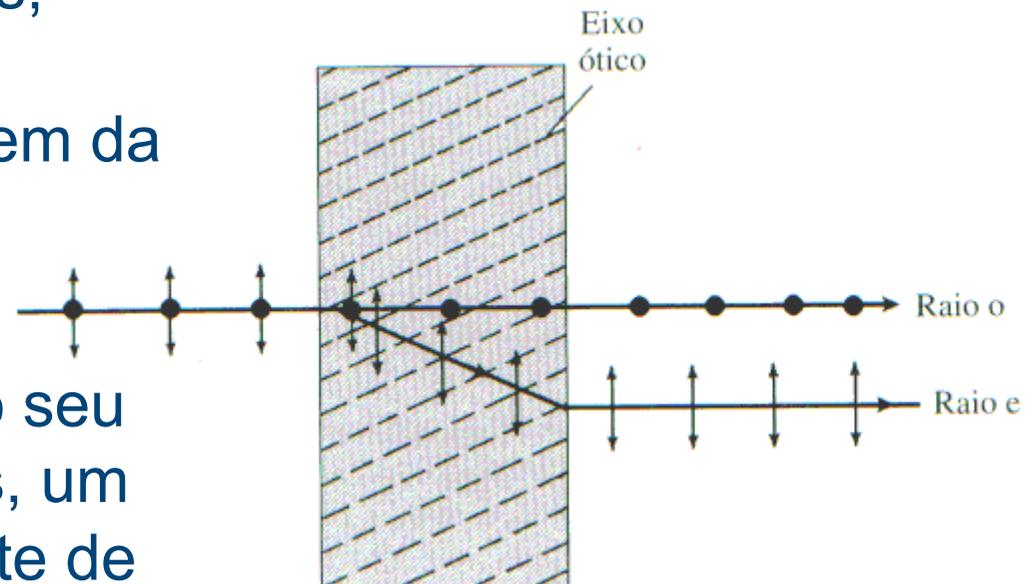
Parâmetro	200g/L	400g/L
$\alpha C^\gamma L$	9,54(24)	17,29(24)
θ_0	92,6(9)	82,0(9)
χ_{red}^2	1,09	0,14



Parâmetro	200g/L	400g/L
$\alpha C^\gamma L$	9,11(24)	18,20(24)
θ_0	89,6(9)	87,8(9)
χ_{red}^2	0,44	0,70

birrefringência

- Alguns materiais, principalmente cristais, possuem índices de refração que dependem da polarização da luz.
- Assim, uma luz tem o seu feixe dividido em dois, um para cada componente de polarização



Placas de $\frac{1}{4}$ de onda

- Assim, o campo elétrico na saída da placa

$$\vec{E} = E_o \cos(kx - \omega t)\hat{o}$$

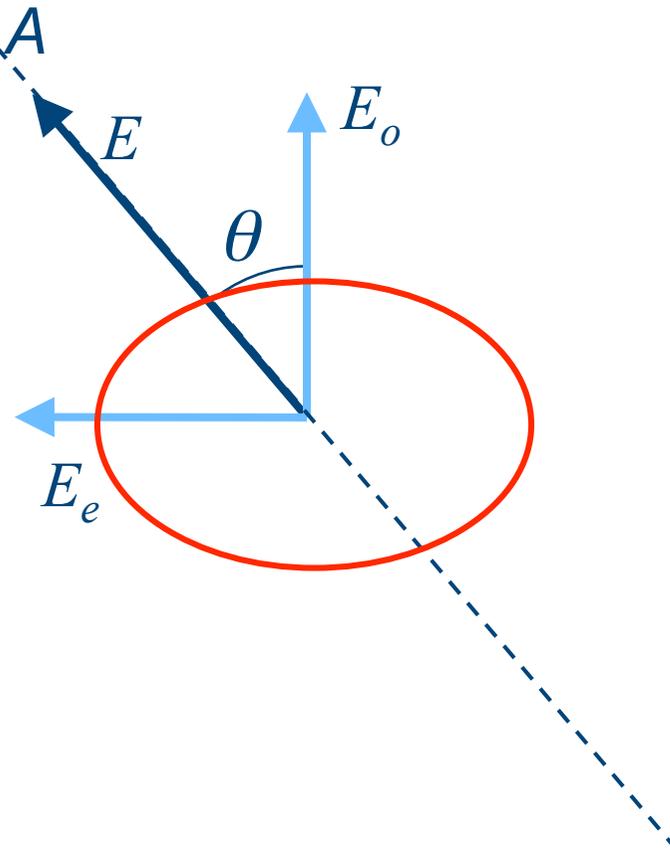
$$+ E_e \cos(kx - \omega t + \frac{\pi}{2})\hat{e}$$

- Ou seja:

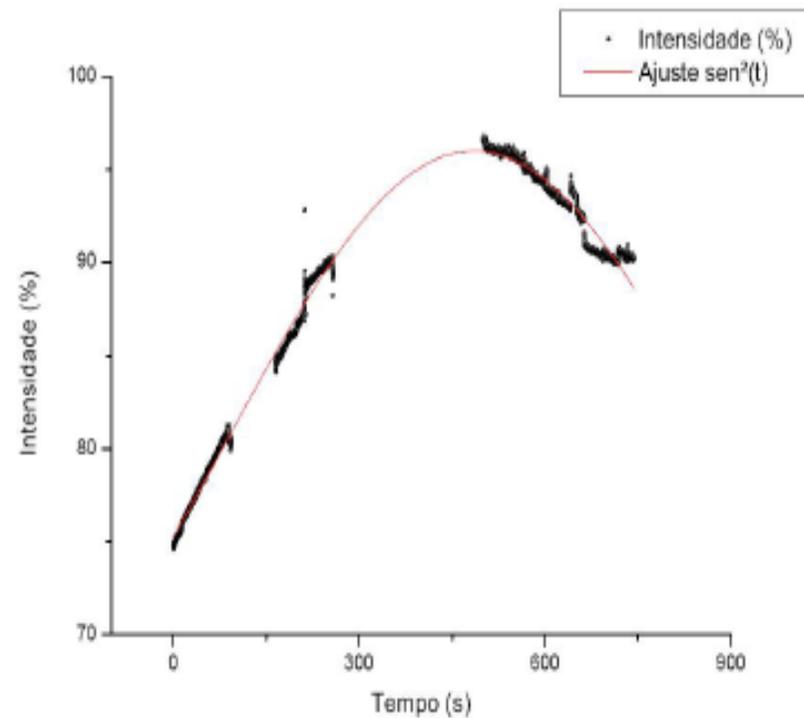
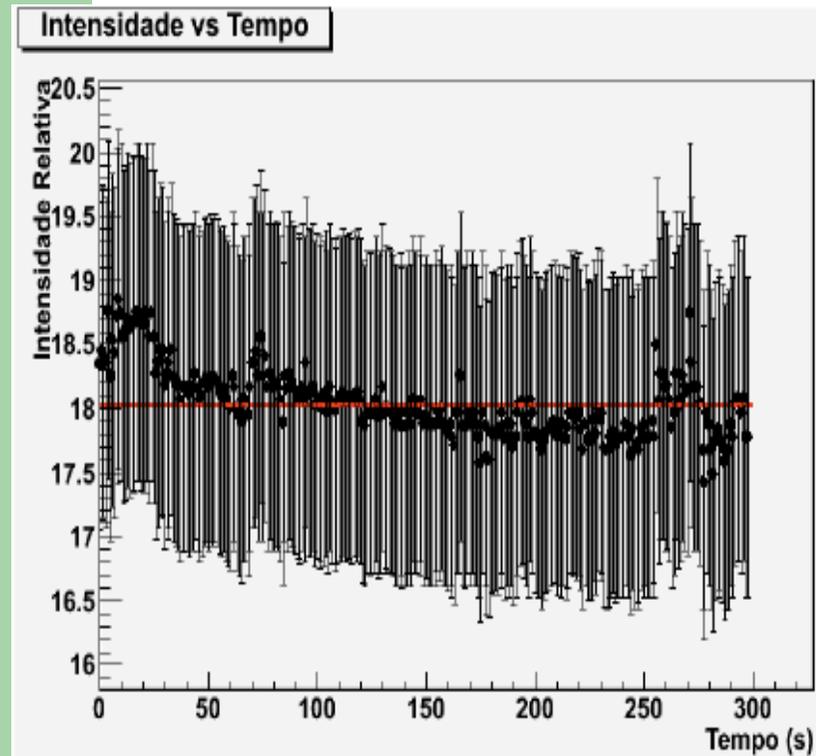
$$\vec{E} = E_o \cos(kx - \omega t)\hat{o}$$

$$+ E_e \sin(kx - \omega t)\hat{e}$$

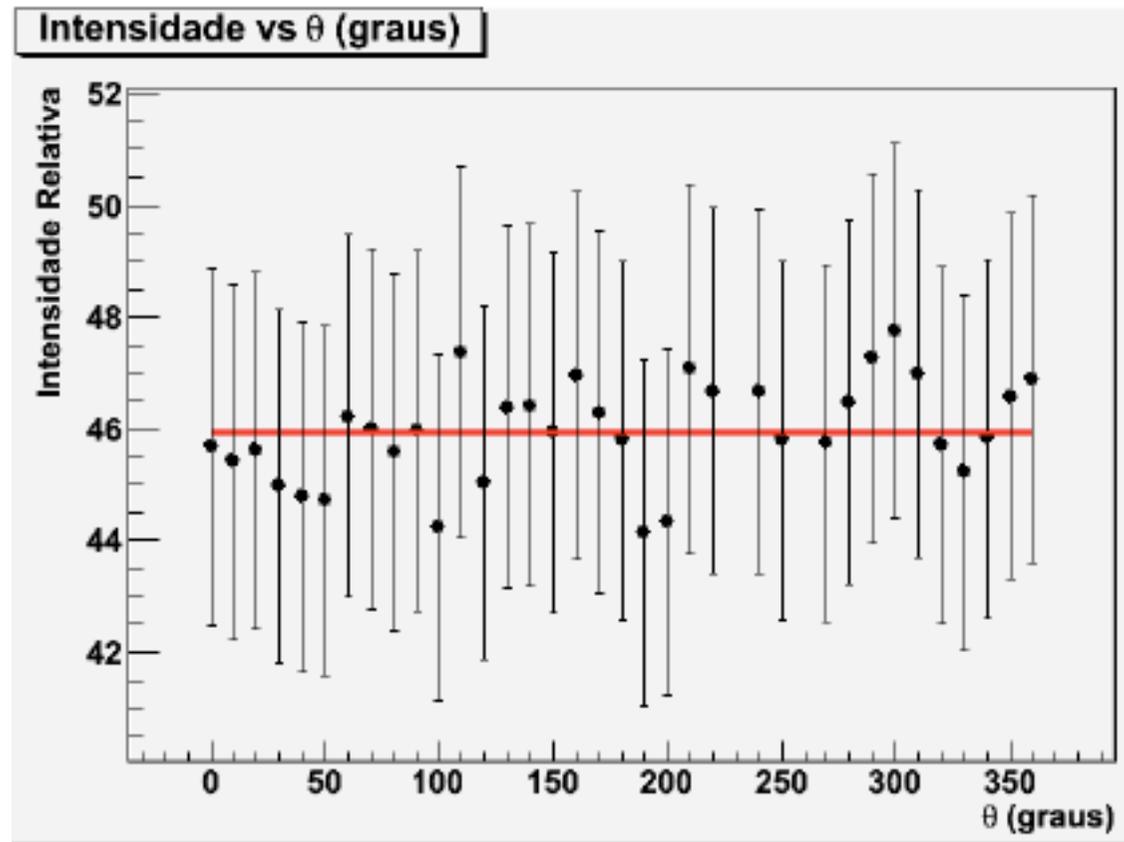
- A onda que era inicialmente polarizada torna-se elipticamente polarizada



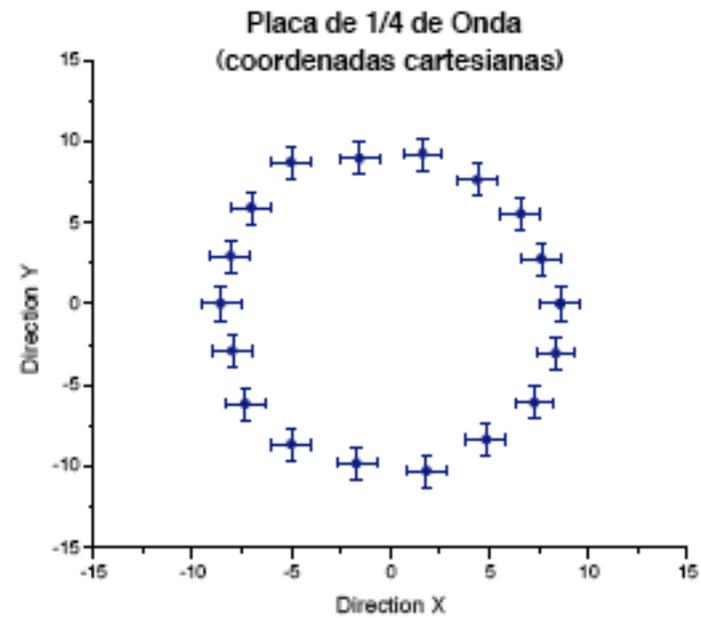
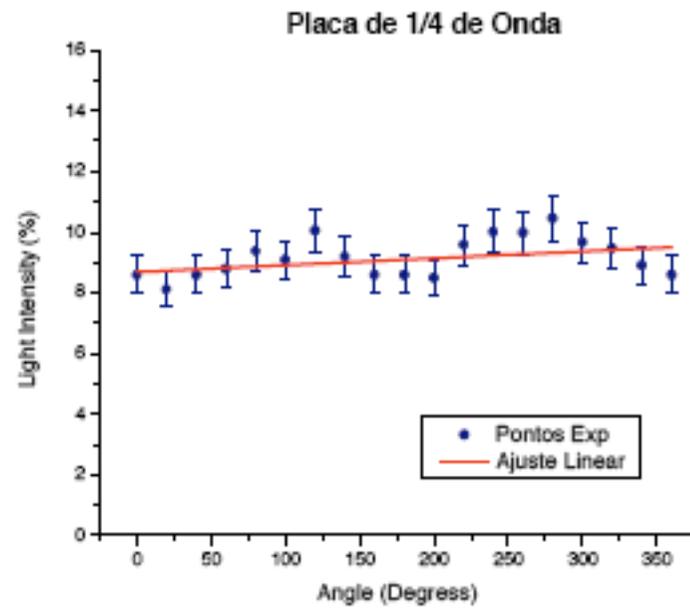
Estabilidade do laser



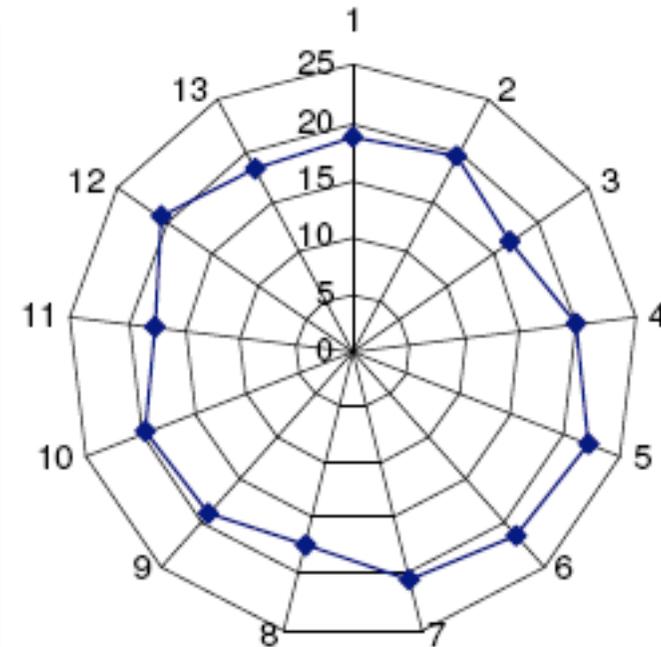
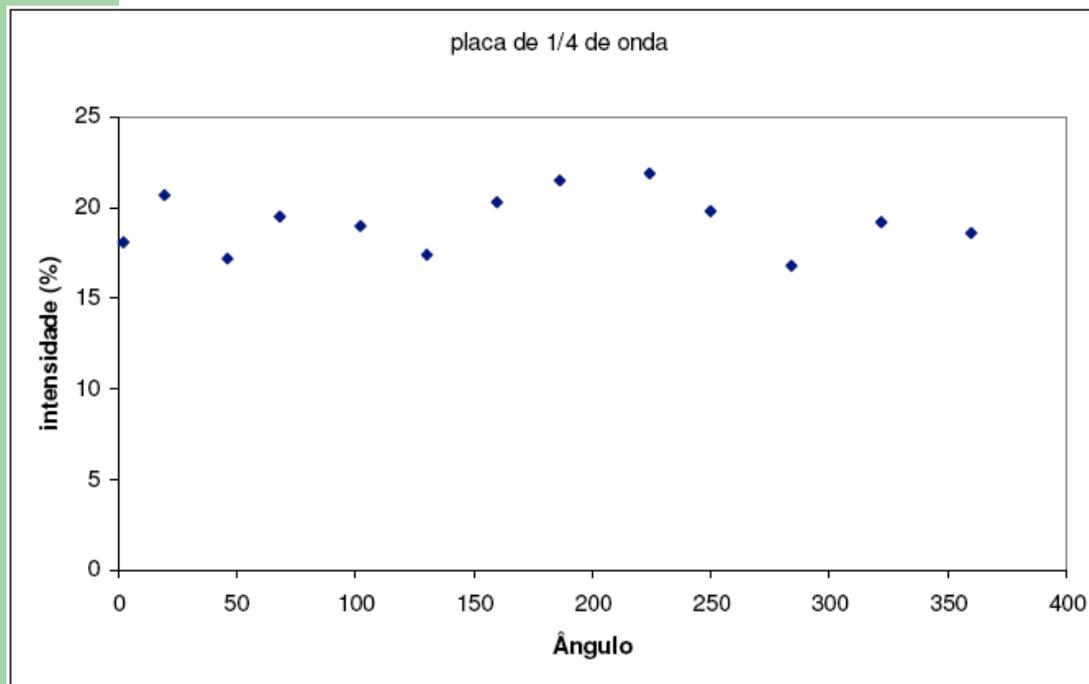
Resultados



Resultados

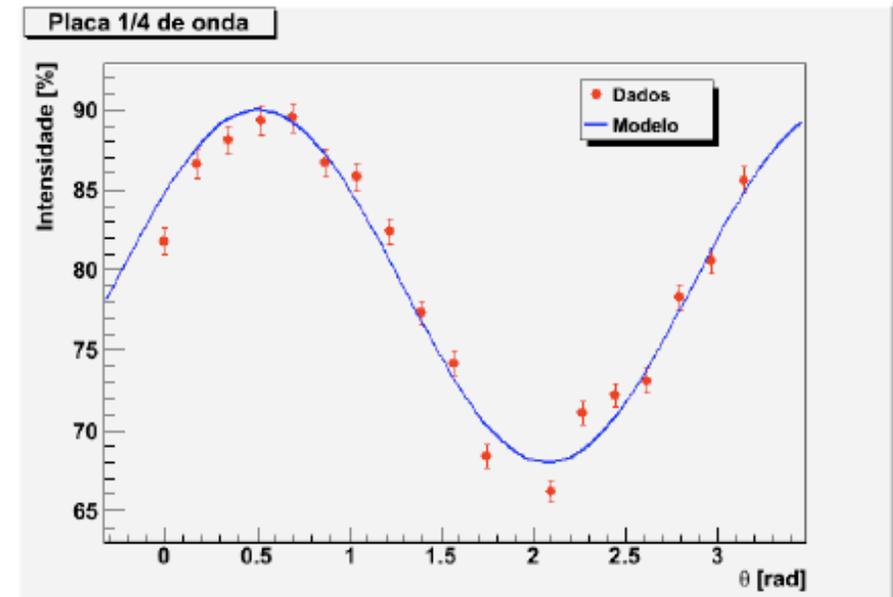
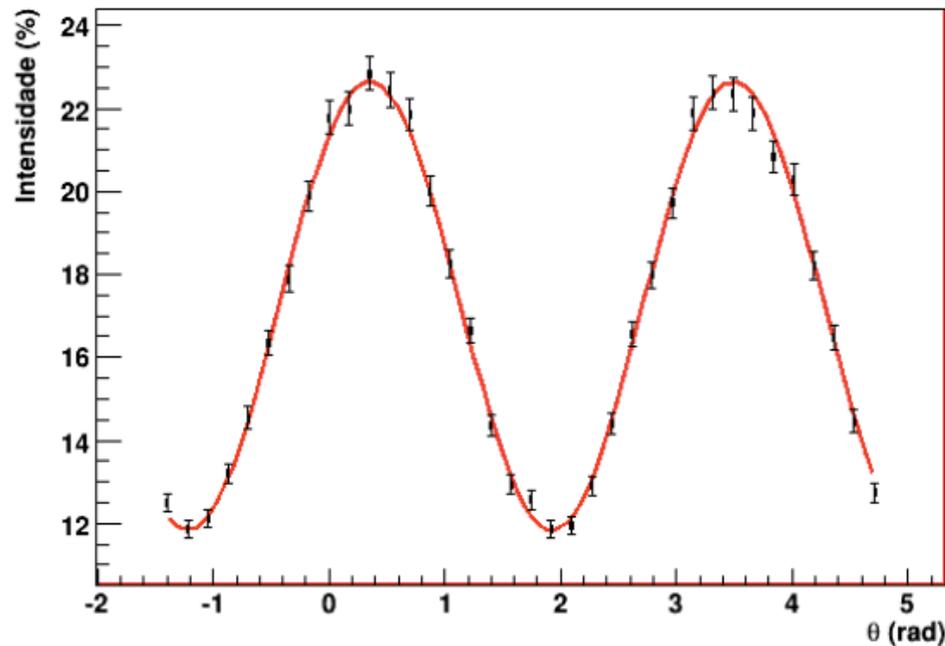


Resultados



$$I = I_0^x \cos^2(\theta + \theta_0) + I_0^y \sin^2(\theta + \theta_0) + F$$

E quando não é constante?



E quando não é constante?

- Polarizador 1 não está em 45°

$$\vec{E} = E_o \cos(kx - \omega t)\hat{o} + E_e \sin(kx - \omega t)\hat{e}$$

- Se a placa não é idealmente de $\frac{1}{4}$ de onda

$$\vec{E} = E(\cos(kx - \omega t)\hat{o} + \sin(kx - \omega t + \phi)\hat{e})$$

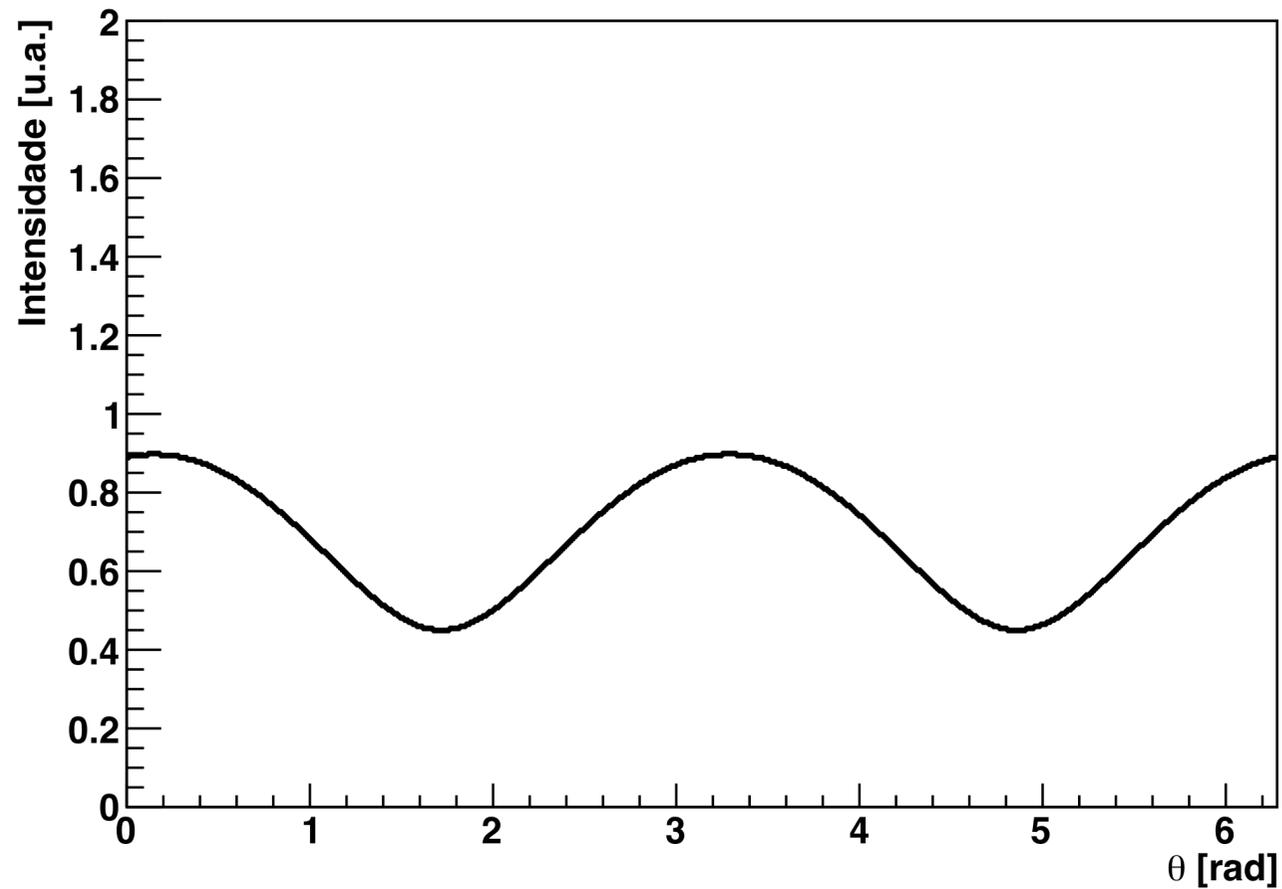
- Os dois efeitos juntos

$$\vec{E} = E_o \cos(kx - \omega t)\hat{o} + E_e \sin(kx - \omega t + \phi)\hat{e}$$

- Como separar os dois efeitos?

E quando não é constante?

P1 em 30 graus e Placa de onda com defasagem extra de $\pi/8$



E quando não é constante?

- Polarizador 1 não está em 45°

$$\vec{E} = E_o \cos(kx - \omega t)\hat{o} + E_e \sin(kx - \omega t)\hat{e}$$

- Se a placa não é idealmente de $\frac{1}{4}$ de onda

$$\vec{E} = E(\cos(kx - \omega t)\hat{o} + \sin(kx - \omega t + \phi)\hat{e})$$

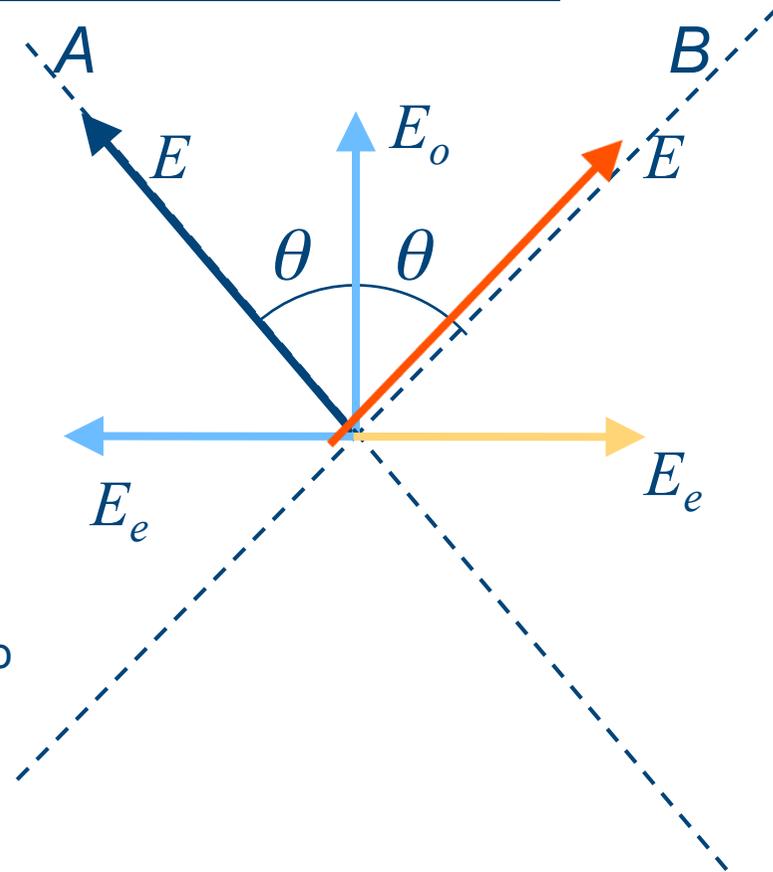
- Os dois efeitos juntos

$$\vec{E} = E_o \cos(kx - \omega t)\hat{o} + E_e \sin(kx - \omega t + \phi)\hat{e}$$

- Como separar os dois efeitos? Bom senso!!!

Placas de $\frac{1}{2}$ onda

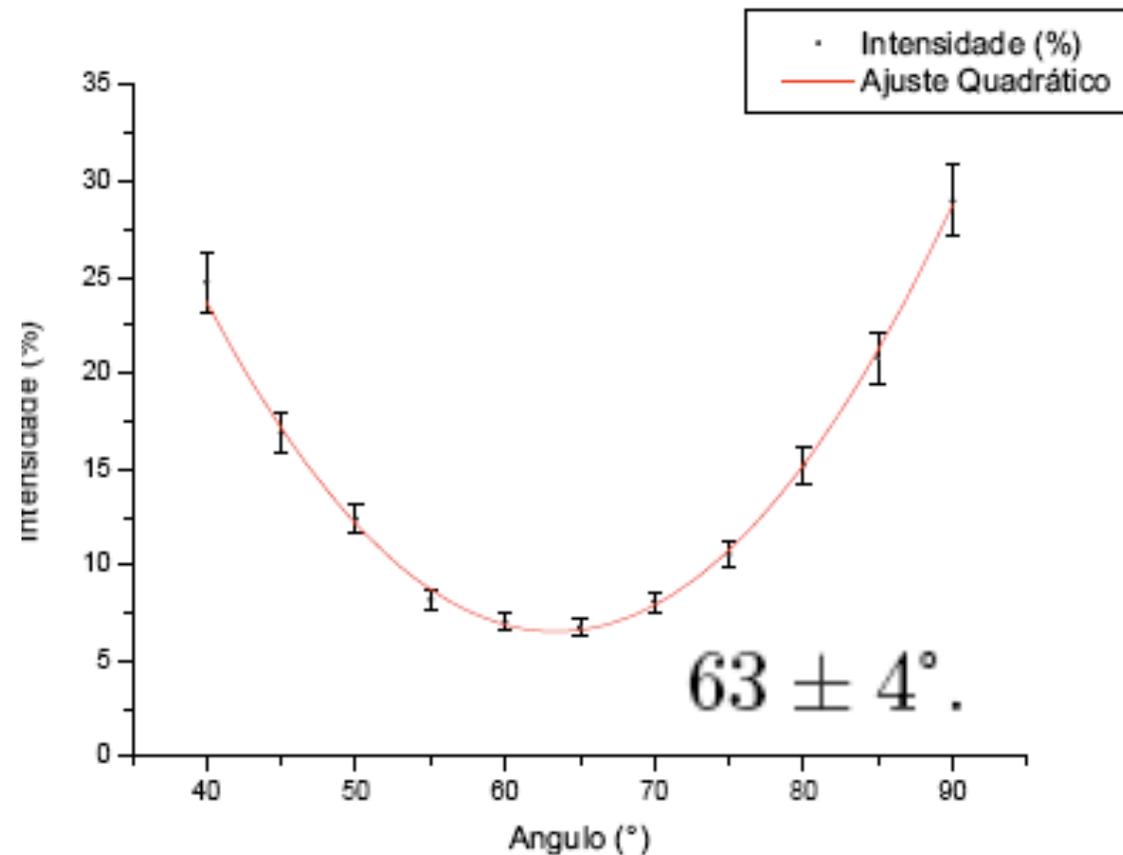
- Vamos ver as componentes do campo elétrico na entrada da placa
 - O campo elétrico está sempre oscilando ao longo da linha A
- E na saída a componente e está defasada de meia onda relativamente à componente o .
 - O campo elétrico vai oscilar ao longo da reta B
 - Ou seja, a placa de $\frac{1}{2}$ onda gira o campo elétrico de 2θ .



primeiro polarizador fixo em $30 \pm 2^\circ$.

Se houvesse a rotação de 2 o campo elétrico estaria no ângulo de $150 \pm 2^\circ$ e seu mínimo a 90° disso, isto é, a $60 \pm 2^\circ$.

Resultados



Avisos

- Laboratório disponível esta semana para refazer medidas.
- Apresentação e relatório próxima semana.
- A+B = conversar nota, se quiserem.