

parcialmente com água. O balde com água representa o êmbolo móvel. Obviamente que para esse caso as bases teóricas e as equações ainda seriam totalmente válidas.

↳ Conclusões

Quando se analisa a velocidade do som pelos dois métodos propostos (pelos dados das tabelas e pelos gráficos), percebe-se que os valores são extremamente próximos, validando os procedimentos já a frequência do diapás de um valor mais alto que as frequências do quadro, já que esse instrumento vibra de forma bem intensa e definida.

↳ Referências Bibliográficas

• HALLIDAY, David. Fundamentos de Física vol II. Gravitação, Ondas e Termodinâmica. décima edição - Rio de Janeiro - LTC 2016

Exp. 5

• "Cuba de Ondas"

↳ Introdução

É possível estudar os fenômenos da onda em uma cuba com água, na qual, quando há um fundo transparente, é possível observar as ondas refletidas. Isso ocorre porque as cristas funcionam como lentes convergentes, focalizando a luz emitida pela lâmpada no anteparo e as depressões como lentes divergentes, dispersando a luz. Por isso, as ondas são brilhantes

e as depressões escavas. Dessa forma, com as imagens produzidas, estuda-se os fenômenos de difração, refração, reflexão e interferência.

Primeiramente, o fenômeno de reflexão é quando e quando a onda incide sobre um obstáculo e retorna ao meio de propagação, sem perder as suas características. Ocorre para todos os tipos de fonte de onda.

Há a refração ocorre quando o meio de propagação da onda é alterado, e a mudança na direção de uma onda ao atravessar a fronteira entre dois meios com diferentes índices de refração. No caso da água, as diferentes profundidades são consideradas como meios distintos porque a velocidade depende da profundidade.

A partir da refração, é possível provar a Lei de Snell

$$\bullet \lambda_1 \cdot (\sin \alpha) = \lambda_2 \cdot (\sin \beta)$$

A interferência, por sua vez, é a superposição de ondas no espaço. Pode ser construtiva ou destrutiva, o que depende das diferenças das distâncias percorridas pelas ondas em termos de números inteiros ou semi-inteiros do comprimento de onda.

Por fim, o fenômeno de difração ocorre quando uma onda passa por um obstáculo e mudanças são causadas na propagação dessa onda. Ocorre a variação do espectro de difração quando λ/d é alterado.

↳ materiais e métodos

Inicialmente, montou-se o experimento com estúdios, cópias, cubas com água, sistemas de suporte para cuba, anteparos branco para folha A4, abedour com frequencímetro e objetos de acútilos em diferentes formas para anteparos, sendo um esquema para cada tipo de fenômeno a ser estudado. Para a montagem, colocou-se água no cuba

de uma altura de 0,5 até 0,75 cm. A fonte foi ligada e a frequência estabelecida para o melho, pois possível. Para o experimento de reflexão produziram-se ondas planas inserindo um obstáculo, foram ~~observadas~~ ^{anexadas} as ~~propriedades~~ ^{imagens} correspondentes e o comprimento de onda e a velocidade de propagação da onda determinados. Também foram analisadas as ondas em função do ângulo. Para a refração, foram produzidas ondas ~~(~~planas~~)~~ planas inserindo um obstáculo oblíquo em relação à direção de propagação das ondas, as quais foram anexadas. Para o fenômeno de interferência, foram ~~observadas~~ ^{anexadas} as imagens das ondas para como fonte pontual e duas fontes pontuais. Por fim para o experimento de difração as ondas planas foram produzidas inserindo um obstáculo reto com um fenda, as imagens foram anexadas.

↳ Resultados e Discussão

Considerando a Reflexão, percebeu-se que os valores da velocidade de propagação deulam próximos, validando os resultados. Além disso, é possível observar a relação inversa entre frequência e comprimento de onda: enquanto uma grandeza aumenta, a outra diminui. Quanto as propriedades de propagação da onda se molda conforme a forma e posição do objeto utilizado como anteparo.

No parte de refração, a posição do anteparo que se como mudança no comprimento de onda e velocidade de propagação, só que ele que efeito de mudança de profundidade. Dessa forma, mesmo observando os comportamentos espaciais pelo aumento da frequência, a posição do anteparo que comportamento de propagação diferente, no mesmo fu-

quência. Além disso, se houvessemos coletado o valor do índice de refração seria possível provar a Lei de Snell pelo seguinte método: considerando o ângulo de incidência e o ângulo de refração (coletados durante o experimento) encontraríamos uma relação entre o índice de cada meio (profundidade). Além disso a relação seria possível sobre a distância entre um ponto e outro e, com isso, o comprimento de onda tanto do incidente quanto do refletido. Por fim, sabendo as relações entre velocidades, ângulos, comprimento e índice de cada meio conseguiríamos provar a Lei de Snell.

Na interferência, se com uma fonte pontual foi possível observar ondas circulares que se propagavam com o aumento do raio da circunferência que na frequência de 30 Hz. Ao considerar duas fontes pontuais, há uma região em que as propagções circulares das duas fontes encontram, se sobrepõem e se anulando, quando uma interferência destrutiva. Porém, conforme a distância entre as fontes aumenta, essa interferência se fazie menor, já que as ondas já se encontram deformadas devido a distância de propagação.

No difração, com uma única fenda, a onda tende a continuar se propagar pelo espaço disponível. Ao fazer isso, a onda sofre uma deformação na sua propagação, sendo que quanto maior for a largura da fenda, mais será a deformação da onda e se espalha pelo outro lado. Por sua vez, se a largura for menor, a onda tenderá a se propagar pela mesma direção da fenda ao passar por ela, sem se espalhar muito. Tal comportamento foi melhor observado na frequência de 30 Hz. Com duas, as ondas (que ao passar pelo fenda, se propagam no formato de arco) sofrem uma in-

reflexão destrutiva até se encontram.

↳ Conclusão

Conclui-se com este experimento que oscilações seguem um padrão diferente de propagação quando colocadas para interação com um anteparo ou com outra onda. Além disso, foi possível observar o caráter de onda da luz, um dos princípios da dualidade onda-partícula.

↳ Referências Bibliográficas

• HALLIDAY, David - Fundamentos de Física vol II Gravitação, Ondas e Termodinâmica décima edição - Rio de Janeiro - LTC - 2016

ANEXOS

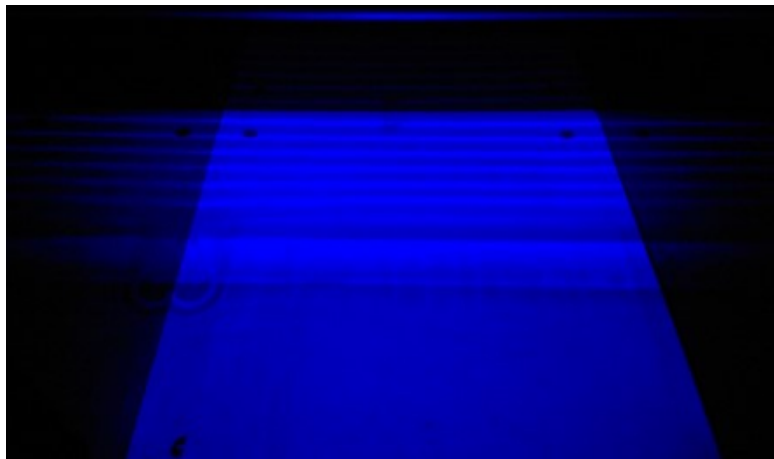
1. Reflexão

1.1. Comprimento de Onda e Velocidade da Propagação

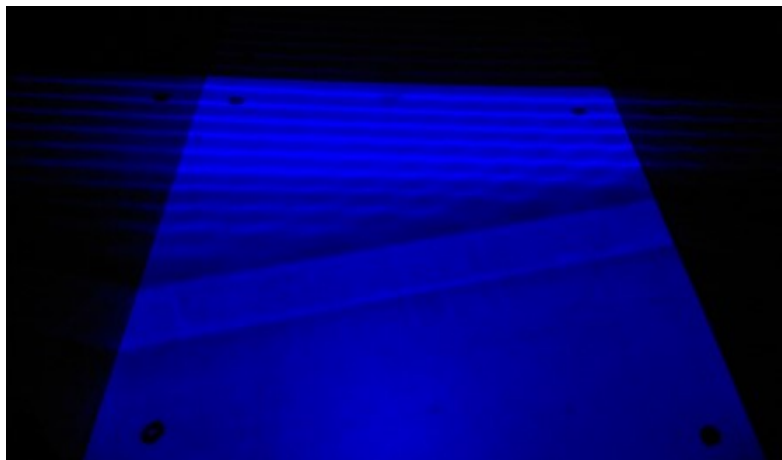
Frequência (Hz)	Comprimento de Onda (m)	Velocidade (m/s)
10	0,0431	0,431
20	0,0227	0,454
30	0,018	0,54

1.2. Frequência fixa de 30Hz e variação do ângulo do anteparo

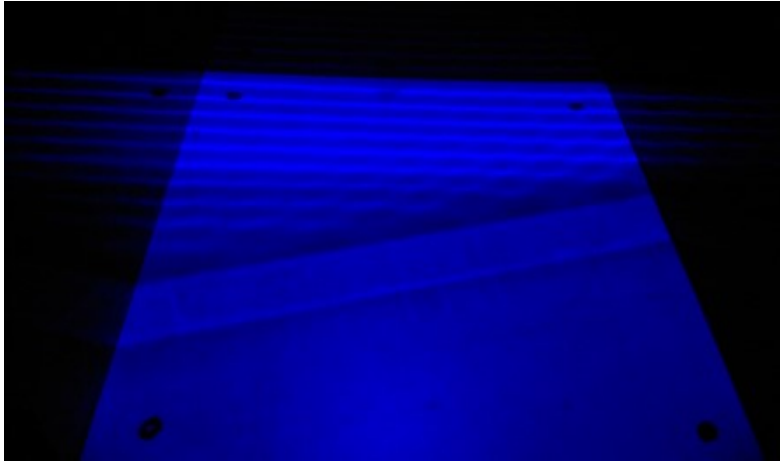
- Ângulo de 0°



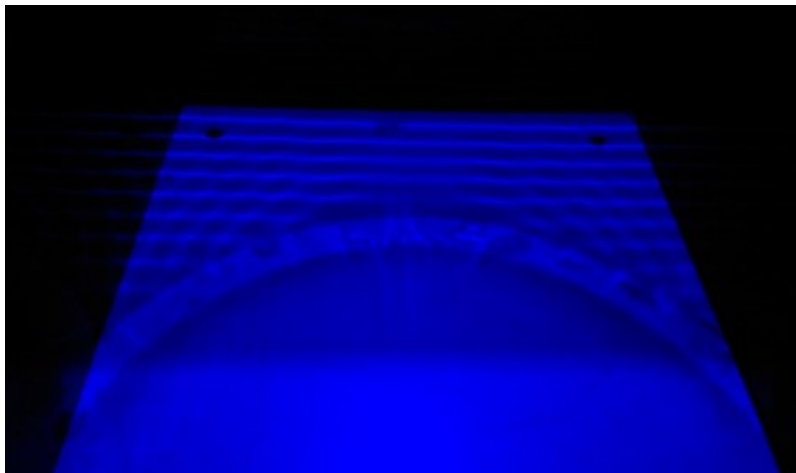
- Ângulo de 30°



- Ângulo de 45°



- Anteparo Curvilíneo



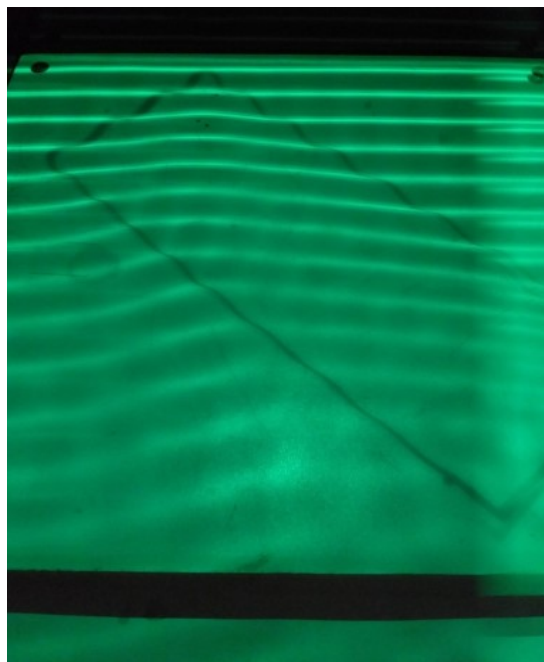
2. Refração

2.2. Variação da Frequência e Ângulo do Anteparo

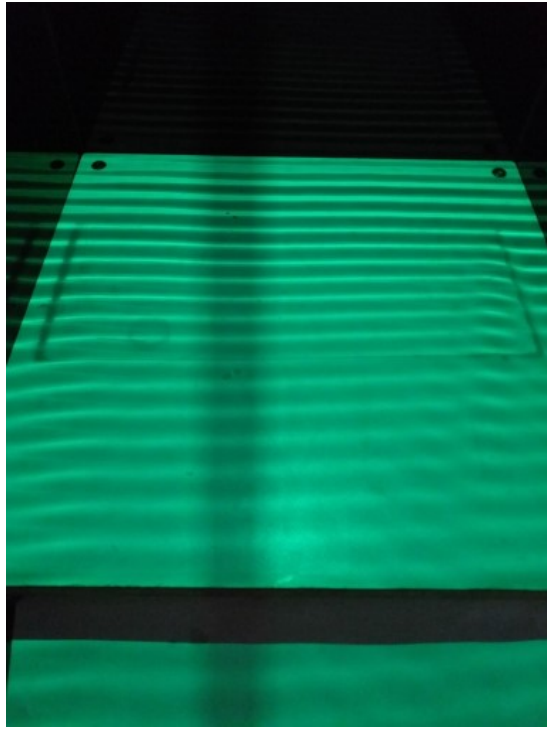
- Frequência de 20 Hz e 0°



- Frequência de 20 Hz e 45°



- Frequência de 30 Hz e 0°



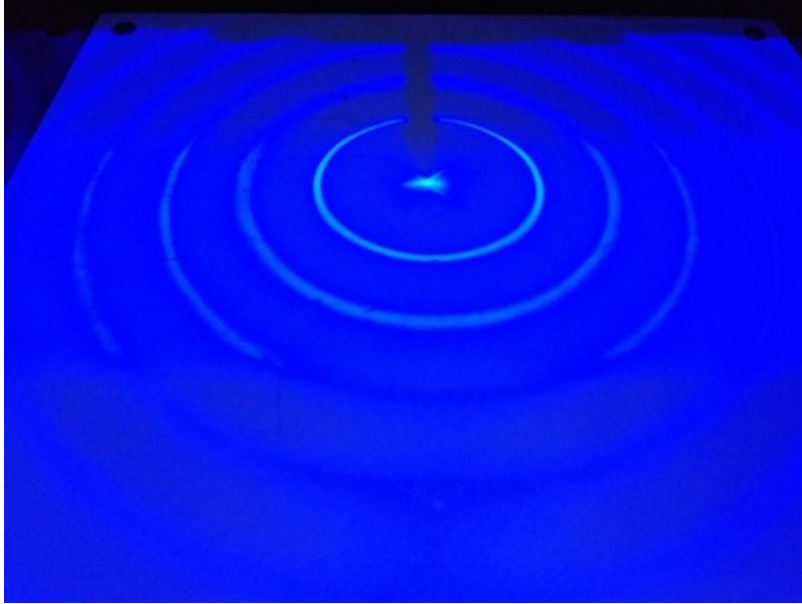
- Frequência de 30 Hz e 45°



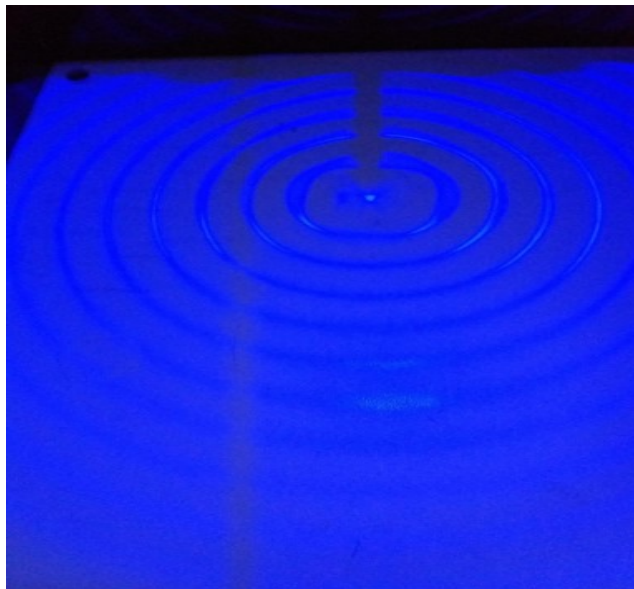
3. Interferência

3.1 Uma fonte pontual

- 20 Hz: Comprimento de onda projetado é de $0,0028 \pm 0,0005$ m

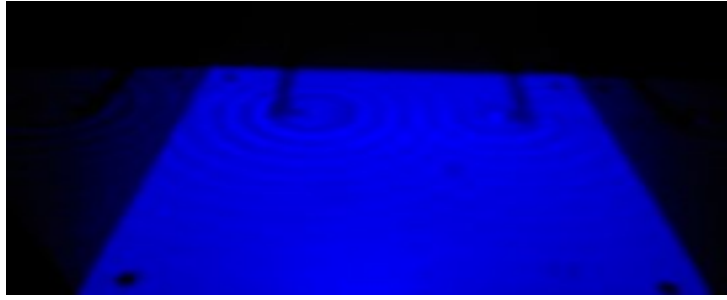


- 30 Hz: Comprimento de onda projetado é de $0,00185 \pm 0,0005$ m

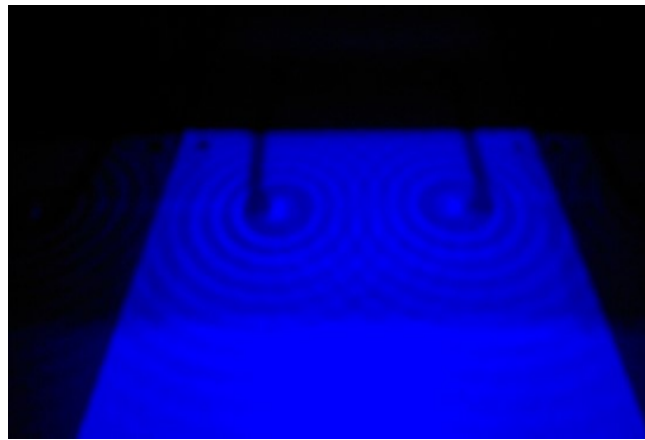


3.2 Duas fonte pontuais com distâncias de 5 cm

- 20 Hz

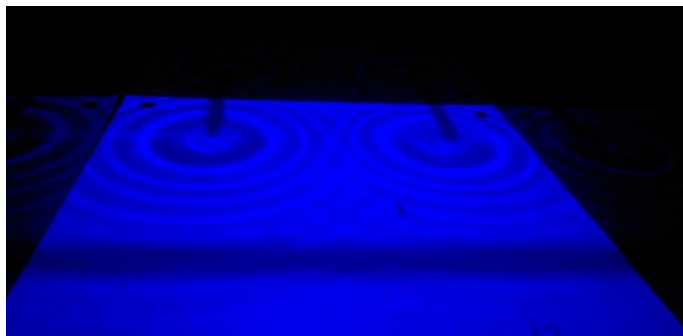


- 30 Hz

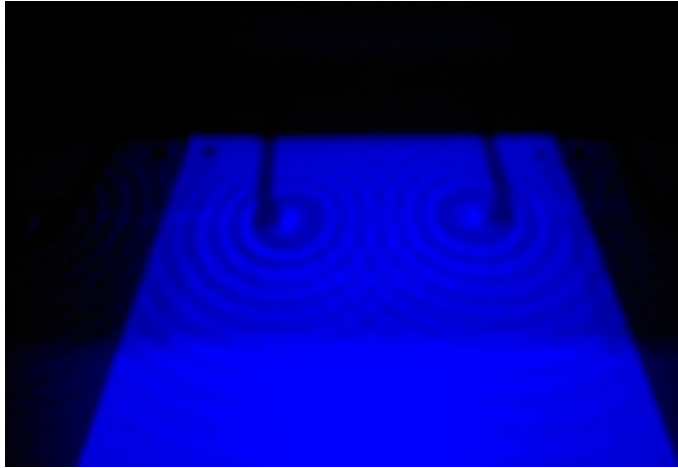


3.3. Duas fonte pontuais com distâncias de 7,5 cm

- 20 Hz

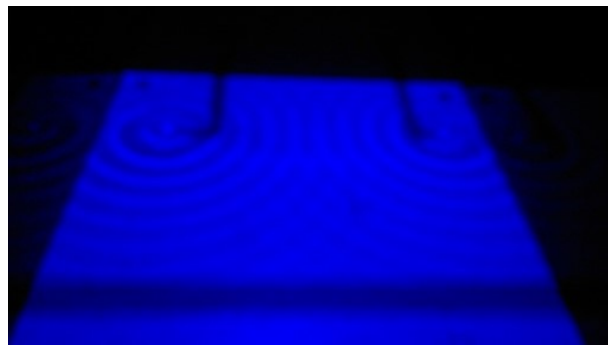


- 30 Hz

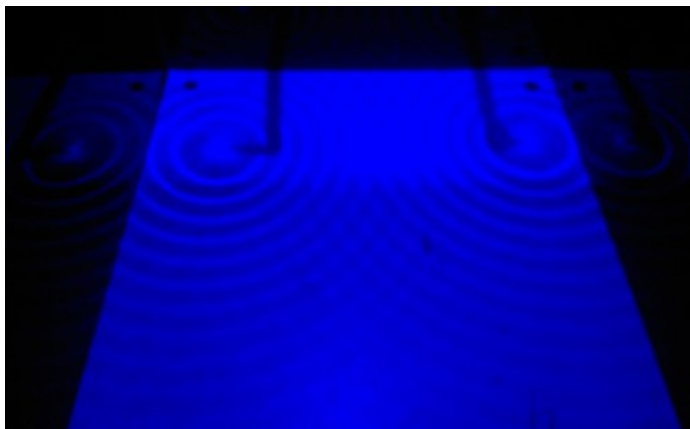


3.4. Duas fonte pontuais com distâncias de 10 cm

- 20 Hz



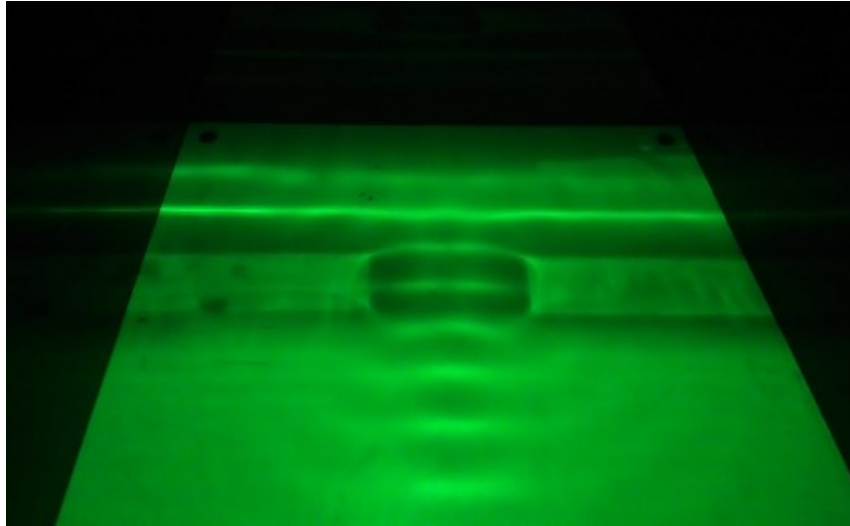
- 30 Hz



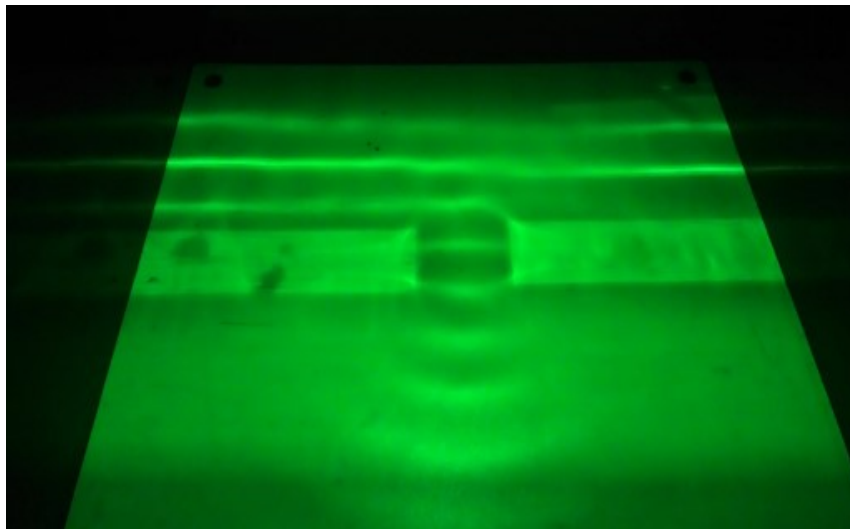
4. Difração

4.1. Frequência de 20 Hz com variação da abertura do anteparo em relação ao comprimento de onda

- $\gg \lambda$

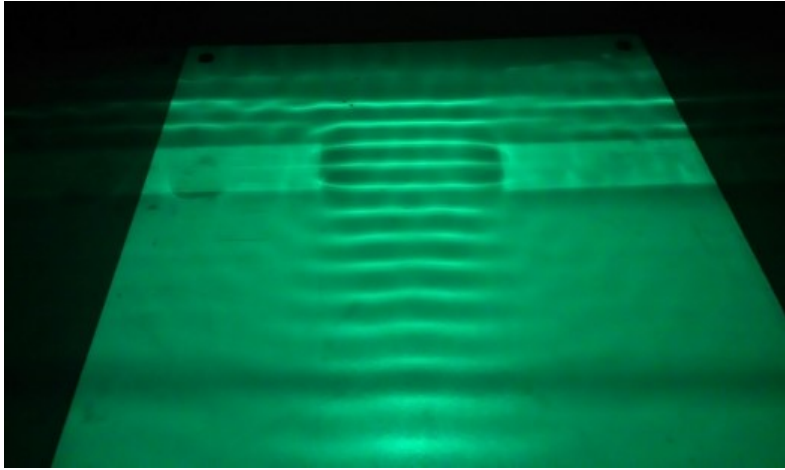


- $> \lambda$

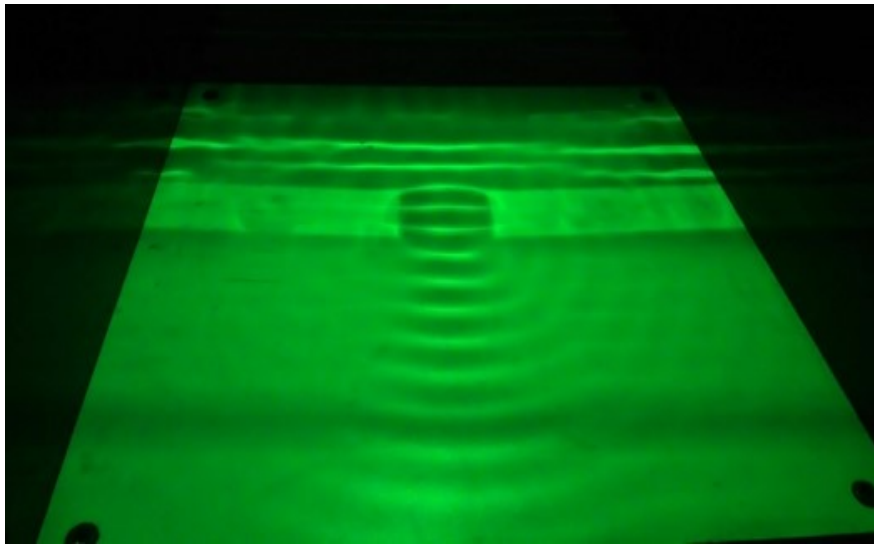


4.2. Frequência de 30 Hz com variação da abertura do anteparo em relação ao comprimento de onda

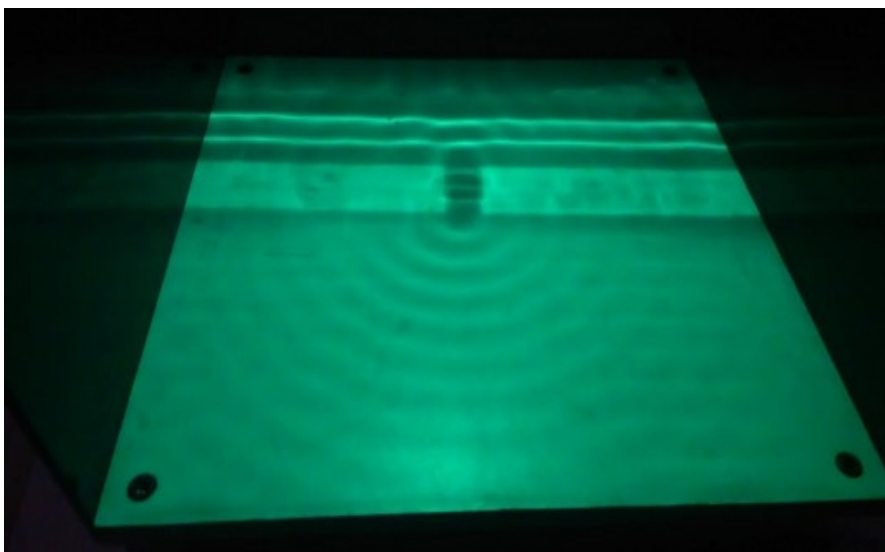
- $\gg \lambda$



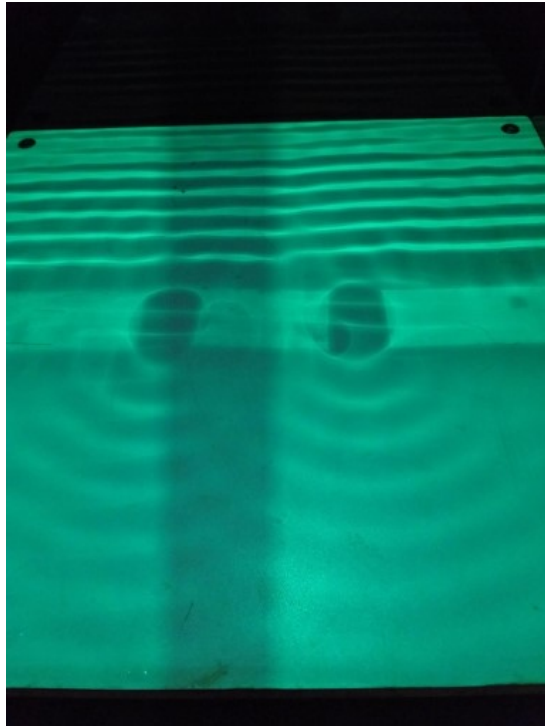
- $> \lambda$



- $\approx \lambda$



4.3. Frequência de 30 Hz com duas fendas



CORREÇÃO - EXP. 5

• Discussão

• Faltou apenas acrescentar os cálculos a seguir para complementar a discussão - puramente escrita, de forma a ter uma análise mais completa dos resultados.

* refração

- Vale lembrar que a distância entre duas listras de luz no foto corresponde à distância entre duas cristas, que é mesmo o comprimento de onda (isso é válido pra demais casos e não somente pra esse). Porém, em todo valor de λ considerado é necessário considerar um foto de coerção, já que o objeto é projetado na folha de papel. Assim, sendo $0,0181$ m a espessura do anteparo e $0,0355$ a distância de projeção. Temos que o foto de coerção é a razão entre esses dois valores:

$$\bullet \alpha = \frac{0,0181}{0,0355} = 0,51$$

Além disso, como o comprimento de onda muda com as diferentes profundidades, temos que a razão entre a distância para (D) e fundo (d) nos proporciona dentro o comprimento de onda na região funda (λ_2):

$$\bullet \frac{D}{d} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \Leftrightarrow \frac{0,9}{0,8} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \therefore \lambda_2 = 2,018 \pm 0,044 \text{ cm}$$

Aplicando o foto de coerção em λ_1 e λ_2 obtemos que

$$\lambda_1 = 1,058 \text{ cm} \text{ e } \lambda_2 = 1,029 \text{ cm}$$

Dessa forma, como o valor da frequência permanece constante dentro do água, podemos usar a relação a seguir para calcular a velocidade da onda incidente (V_1) e a velocidade

de onda refletida (V_2):

$$\bullet \frac{V_1}{\lambda_1} = \frac{V_2}{\lambda_2} = f \quad (\text{equação 3})$$

Assim, considerando $f = 20 \text{ Hz}$, temos que

$$\bullet V_1 = 0,2325 \text{ m/s}$$

$$\bullet V_2 = 0,2060 \text{ m/s}$$

Por fim, considerando a equação obtemos:

$$\bullet v = \sqrt{\frac{g \cdot \lambda}{2\pi} \cdot \tanh\left(\frac{2\pi \cdot h}{\lambda}\right)} \quad (\text{equação 4})$$

e fazendo a aproximação de $\tanh(x) = x$ para pequenas profundidades, temos que $v = \sqrt{g \cdot h}$, nos permitindo calcular a profundidade relacionada a cada um dos componentes de onda. Assim:

$$\bullet h_1 = 5,46 \cdot 10^{-3} \text{ m para a profundidade sem acúlio}$$

$$\bullet h_2 = 4,32 \cdot 10^{-3} \text{ m para a profundidade com acúlio}$$

Refazendo todos esses cálculos, mas agora com $f = 30 \text{ Hz}$, temos que

$$\bullet V_1 = 0,2754 \text{ m/s} \Rightarrow h_1 = 7,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\bullet V_2 = 0,2178 \text{ m/s} \Rightarrow h_2 = 4,89 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

* Interferência

neste caso é necessário considerarmos a seguinte relação:

$$\bullet |D_a - D_b| = m \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (\text{equação 5})$$

onde, para m par temos uma interferência construtiva e para m ímpar temos uma interferência destrutiva. D_a é a distância da fonte a até o meu ponto de análise, D_b é a distância da fonte b até esse ponto. Essas distâncias podem ser consideradas como sendo o número de cristas até o ponto em questão.