

## **DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE OSCILAÇÃO DA REDE ELÉTRICA UTILIZANDO O PROGRAMA *TRACKER PHYSICS***

*DETERMINATION OF THE ELECTRIC NETWORK OSCILLATION FREQUENCY USING THE TRACKER PHYSICS PROGRAM*

**Edrian Mania**

*Laboratório de Espectroscopia, Nanomateriais e Sensores (LENS), Departamento de Física – DFIS, Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS, Av. Transnordestina, s/n - Novo Horizonte, CEP 44036-900 - Feira de Santana - Bahia,  
E-mail: [emania@uefs.br](mailto:emania@uefs.br)*

Este trabalho descreve um experimento simples para medir a frequência da rede elétrica, usando uma câmera móvel e o programa *Tracker*. O experimento envolve iluminar uma folha de papel com uma lâmpada fluorescente ou LED e analisar as oscilações de intensidade de luz resultante usando o programa *Tracker*. Os resultados mostram que as intensidades da luz dessas lâmpadas oscilam com uma frequência bem definida de 60 Hz. Os resultados deste trabalho mostram que é possível medir com precisão a frequência da rede elétrica com uma técnica precisa e barata, que é tão poderosa quanto instrumentos e equipamentos mais caros e menos acessíveis. Além disso, o experimento pode ser usado para auxiliar no ensinar conceitos de fenômenos oscilatórios em eletricidade e magnetismo.

**Palavras-Chaves:** TIC, *Tracker*, Frequência elétrica.

This work describes a simple experiment to measure the frequency of the electrical network, using a mobile camera and the *Tracker* program. The experiment involves illuminating a sheet of paper with a fluorescent or LED lamp and analyzing the resulting light intensity oscillations using the *Tracker* program. The results show that the light intensities of these lamps oscillate with a well-defined frequency of 60 Hz. The results of this work show that it is possible to accurately measure the frequency of the electrical network with a precise and inexpensive technique, which is as powerful as more expensive and less accessible instruments and equipment. Furthermore, the experiment can be used to help teach concepts of oscillatory phenomena in electricity and magnetism.

**Keywords:** ICT, *Tracker Physics*, Electrical frequency.

### **INTRODUÇÃO**

As tecnologias da informação e comunicação ou TICs têm desempenhado um papel significativo na transformação da educação, proporcionando novas oportunidades e recursos para alunos, professores e instituições de ensino. Elas têm sido aplicadas como ferramentas que facilitam o acesso à informação, por meio do acesso a uma vasta quantidade de recursos educacionais, como livros digitais, artigos, vídeos, tutoriais e cursos online e na aprendizagem online, com as plataformas de ensino online, como cursos à distância e MOOCs (*Massive Open Online Courses*), que oferecem oportunidades de aprendizagem flexíveis e acessíveis. Além disso, os recursos educacionais interativos, como simulações, jogos educacionais, realidade virtual e

umentada, que podem tornar o aprendizado mais envolvente, prático e imersivo. Essas abordagens ajudam a promover a motivação dos alunos e a facilitar a compreensão de conceitos complexos.

No ensino de Física Experimental, as TICs oferecem recursos e ferramentas que podem enriquecer a experiência dos alunos e facilitar o aprendizado dos conceitos científicos (Loureiro, 2019; Pires & Veit, 2006). Algumas maneiras pelas quais as TICs contribuem nesse contexto são as simulações computacionais que permitem aos alunos explorarem fenômenos físicos de maneira interativa. Essas simulações podem representar experimentos virtuais, permitindo que os alunos manipulem variáveis, observem resultados e compreendam as relações entre diferentes parâmetros. Além disso, há os laboratórios remotos, que são ambientes online que permitem que os alunos realizem experimentos reais em um laboratório físico, mas de forma remota. Eles podem controlar instrumentos e equipamentos remotamente, observar e registrar dados em tempo real por meio de câmeras e sensores, e realizar análises experimentais. Isso oferece a oportunidade de realizar experimentos em equipamentos de alta qualidade, que podem não estar disponíveis localmente, e promove a colaboração entre alunos de diferentes locais. Por fim, uma das TICs mais interessantes são aquelas que exploram o uso de sensores e interfaces de dados, nos quais os alunos podem coletar dados experimentais e analisá-los usando software específico. Isso permite que eles realizem experimentos em tempo real, registrem medições precisas e estudem relações matemáticas e gráficas associadas aos fenômenos estudados.

O advento dos smartphones com câmeras mais sensíveis aliados a aplicativos e programas de análises de vídeos, como o Tracker Physics (Christian et al., 2011), tem permitido uma série de novas abordagens para o estudo de fenômenos físicos (Bezerra Jr et al., 2012; Jesus & Sasaki, 2014; Ronai Lisboa et al., 2017). O Tracker é um software de análise de vídeo de código aberto fácil de usar que é amplamente utilizado no ensino de Física (Claessens, 2017). Ele permite que os usuários rastreiem marcadores em vídeos ou fotos estroboscópicas e realizem análises cinemáticas. O Tracker também inclui uma ferramenta de modelagem de dados que pode ajustar equações teóricas de movimento a dados experimentais. Embora o Tracker seja comumente usado em mecânica, ele também foi aplicado com sucesso em experimentos de eletricidade e magnetismo, onde as deflexões angulares dos ponteiros dos instrumentos foram capturadas em vídeo (Aguilar-Marín et al., 2018a). Além disso, o Tracker tem sido usado para analisar simulações de

computador virtual criadas com um solucionador de movimento baseado em física, expandindo suas aplicações além da análise de vídeo. Outro estudo demonstrou o uso do Tracker na visualização de conceitos como movimento de projéteis explodindo, queda livre com resistência ao ar e calibração de um espectrômetro caseiro, fornecendo formas alternativas de explicar conceitos difíceis de física (Rodríguez, 1969). Além disso, o Tracker tem sido utilizado na avaliação do movimento 2D de corpos rígidos em materiais granulares, permitindo a medição precisa do deslocamento e rotação dos grãos (Combe & Richefeu, 2013).

Enquanto os fenômenos de mecânicas tem sido os mais abordados com a utilização do programa *Tracker Physics*, há uma enorme potencialidade de se explorar também os fenômenos de outras áreas, como fluídos (Sirisathitkul et al., 2013; Susilawati et al., 2020), eletricidade e magnetismo (Aguilar-Marín et al., 2018b), óptica (Rodrigues & Simeão Carvalho, 2014) e experimentos de Física Moderna (Arandi Ginane Bezerra Jr et al., 2015). Além de permitir uma nova abordagem para o estudo de fenômenos físicos, a utilização do Tracker Physics também é uma ferramenta útil para a formação continuada de professores (Da Rosa Ortiz et al., 2019). Particularmente, os fenômenos associados à eletricidade e magnetismos são difíceis de serem analisados em programas que exigem a existência de movimento, como o Tracker Physics. Contudo, outros recursos desses programas podem ser utilizados para o estudo dos fenômenos de eletricidade e magnetismo, como a função de análise das cores primárias de imagens (padrão RGB). Tal recurso é particularmente útil para a observação do fenômeno de transmissão ondulatória da corrente/tensão elétrica da rede transmissão.

Segundo a Lei Nº 4.454, de 6 de novembro de 1964, a corrente elétrica distribuída em território nacional deve ter frequência de 60 Hertz. Normalmente, para medir a frequência utiliza-se um frequencímetro, que fornece o valor fixo da frequência ou um osciloscópio, que revela o formato de onda da corrente elétrica (ou tensão elétrica). Contudo, ambos apresentam algumas limitações. No caso do frequencímetro, ele é acessível apenas em alguns tipos de multímetros e mostra apenas o valor da frequência, não mostrando a sua forma ondulatória da transmissão da corrente/tensão elétrica. Já o osciloscópio possui a desvantagem de ser um equipamento caro e relativamente difícil de ser montado e operado. Deste modo, é desejável, principalmente para fins didáticos, que sejam desenvolvidas abordagens simples para medir e ensinar sobre o fenômeno ondulatório da rede elétrica.

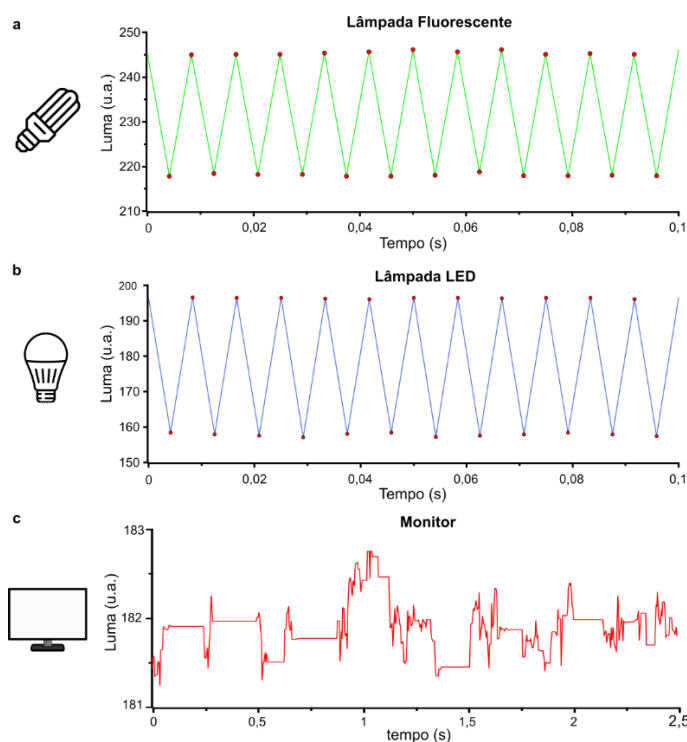
Nesse trabalho propõe-se um método simples, acessível e de baixo custo para se medir a frequência de oscilação da rede elétrica. Tal abordagem é útil para o ensino de Física em ambientes didáticos com pouco ou nenhuma disponibilidade de recursos, como instrumentos e equipamentos para medições da rede elétrica.

## METODOLOGIA

O experimento foi realizado utilizando-se uma folha de papel A4, que foi iluminada com uma lâmpada de LED, uma lâmpada fluorescente e um monitor de computador. A intensidade luminosa na folha foi gravada com a utilização de uma câmera de celular (modelo Galaxy S10+), utilizando a configuração de filmagem com 240 quadros por segundo. Os vídeos foram analisados no programa Tracker Physics, onde obteve-se o tempo entre os quadros e extraiu-se a intensidade luminosa de um ponto específico de cada quadro. Por fim, os gráficos de intensidade luminosa em função do tempo de foram analisados no programa de análises gráficas *SciDavis*.

## RESULTADOS

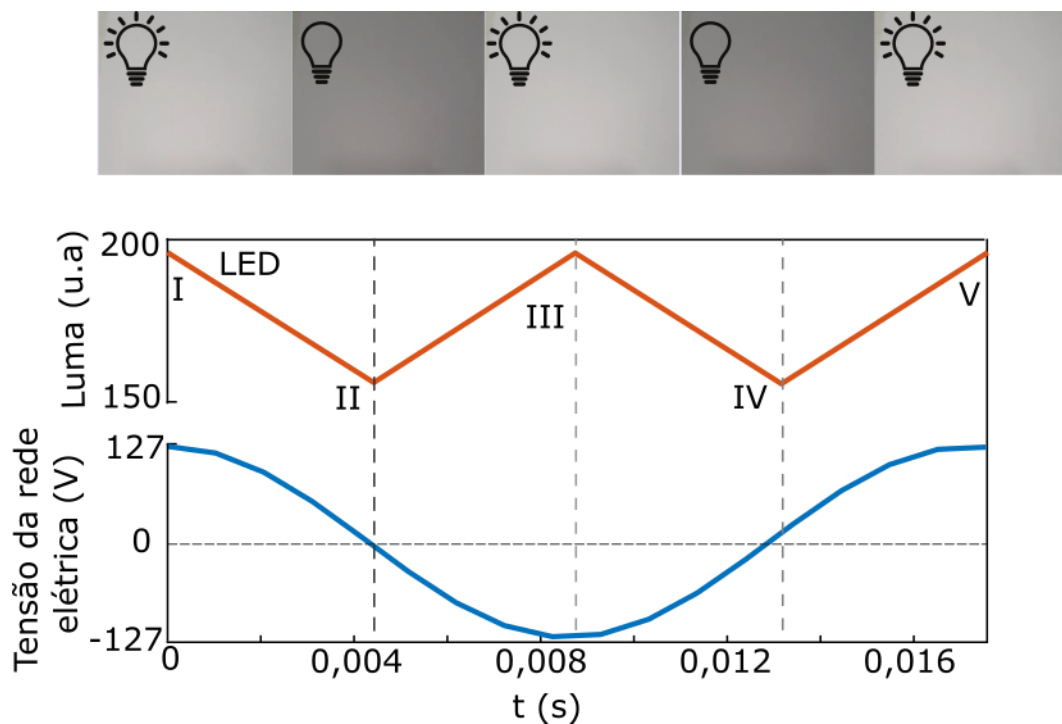
Os resultados do padrão de intensidade luminosa em função do tempo estão ilustrados na figura 1.



**Figura 1:** Padrão da intensidade luminosa em função do tempo de três fontes de emissão luminosa: a. Lâmpada fluorescente, b. lâmpada LED e c. monitor de computador.

Observa-se nas figuras 1a (padrão da lâmpada fluorescente) e 1b (padrão da lâmpada LED) que a intensidade luminosa oscila harmonicamente ao longo do tempo. Já na figura 1c (padrão de uma tela de computador), não há padrão de oscilação.

Para o melhor entendimento sobre o padrão observado nas figuras 1a e 1b, é ilustrado na figura 2 uma comparação entre a intensidade luminosa observada na folha de papel, a intensidade luminosa recordada pelo programa *Tracker Physics* e uma simulação do padrão oscilatório da rede elétrica.



**Figura 2.** Comparação entre o padrão luminoso na folha de papel, no programa Tracker e da simulação da rede elétrica.

Observa-se que na posição I onde a rede elétrica apresenta máximo positivo de 127 volts, que a intensidade luminosa é máxima tanto na folha quanto no programa Tracker. Na posição II, a tensão de rede elétrica é nula e nessa situação a lâmpada “apaga” e a folha fica escura e o padrão luminoso do Tracker atinge seu mínimo. Na posição III, a tensão elétrica da rede atinge seu mínimo negativo, mas em termos de módulo, a tensão é 127V, o que faz com que a intensidade luminosa tanto na folha de papel quanto no programa Tracker sejam máximos novamente. Na posição IV, a tensão de rede elétrica se anula novamente e nessa situação a lâmpada “apaga” novamente e a folha novamente fica

escura, com o padrão luminoso do Tracker atingindo novamente seu mínimo. Finalmente, na posição V, o padrão observado na posição I se repete.

Com base na análise da figura 2 nota-se que as duas oscilações do padrão luminoso observado no programa Tracker equivalem à uma oscilação da rede elétrica, o que nos permite determinar a frequência de oscilação da rede. Assim, para o cálculo da frequência mede-se o período entre dois máximos adjacentes nos gráficos gerados pelos dados do programa Tracker e calcula-se o inverso do período ( $f = 1/T$ ). Para a determinação da frequência, organizou-se na tabela 1 o tempo, a intensidade luminosa e a frequência de oscilação da rede elétrica em cada mínimo e máximo da intensidade luminosa da Figura 1 para a lâmpada LED e para lâmpada fluorescente.

Lâmpada LED			Lâmpada Fluorescente		
t	luma	Frequência (Hz)	t	luma	Frequência (Hz)
0,00000	196,4730	60	0,0000	245,2586	60
0,00417	158,3571		0,0042	217,7896	
0,00833	196,5527		0,0083	245,0171	
0,01250	157,9874		0,0125	218,3715	
0,01667	196,4730		0,0167	245,0627	
0,02083	157,5112	60	0,0208	218,2178	60
0,02500	196,4730		0,0250	245,0970	
0,02917	157,0575		0,0292	218,1752	

<b>0,03333</b>	<b>196,2478</b>		<b>0,0333</b>	<b>245,3833</b>	
			<b>3</b>	<b>3</b>	
<b>0,03750</b>	<b>158,0319</b>		<b>0,0375</b>	<b>217,8465</b>	
			<b>5</b>	<b>1</b>	
<b>0,04167</b>	<b>196,1354</b>		<b>0,04167</b>	<b>245,6778</b>	
		<b>60</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>60</b>
<b>0,04583</b>	<b>158,3805</b>		<b>0,04583</b>	<b>217,8078</b>	
			<b>8</b>	<b>8</b>	
<b>0,05000</b>	<b>196,5183</b>		<b>0,05000</b>	<b>246,0990</b>	
			<b>0</b>	<b>1</b>	
<b>0,05417</b>	<b>157,2077</b>		<b>0,05417</b>	<b>218,0002</b>	
			<b>2</b>	<b>0</b>	
<b>0,05833</b>	<b>196,4730</b>		<b>0,05833</b>	<b>245,6963</b>	
		<b>60</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>60</b>
<b>0,06250</b>	<b>157,5208</b>		<b>0,06250</b>	<b>218,7865</b>	
			<b>5</b>	<b>5</b>	
<b>0,06667</b>	<b>196,3634</b>		<b>0,06667</b>	<b>246,0967</b>	
			<b>7</b>	<b>8</b>	
<b>0,07083</b>	<b>157,9840</b>		<b>0,07083</b>	<b>217,9128</b>	
			<b>8</b>	<b>4</b>	
<b>0,07500</b>	<b>196,4730</b>		<b>0,07500</b>	<b>245,0700</b>	
		<b>60</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>60</b>
<b>0,07917</b>	<b>158,3843</b>		<b>0,07917</b>	<b>217,9292</b>	
			<b>2</b>	<b>5</b>	
<b>0,08333</b>	<b>196,4730</b>		<b>0,08333</b>	<b>245,2313</b>	
			<b>3</b>	<b>6</b>	

Tabela 1: dados do tempo, da intensidade luminosa e da frequência de oscilação da rede elétrica do gráfico da figura 1 das lâmpadas fluorescente e LED.

Os resultados obtidos das frequências mostram que a intensidade luminosa de uma lâmpada fluorescente e de uma lâmpada LED oscila com uma frequência bem definida de 60 Hz, o que está de acordo com a legislação e com o valor esperado. Além disso, a precisão de medida da frequência de rede elétrica demonstra o poder da técnica proposta, que apesar de simples é tão poderosa quando instrumentos e equipamentos mais caros e menos acessíveis.

### CONCLUSÃO

Com base no uso de uma câmera de celular e do programa Tracker, elaboramos um experimento simples para demonstrar e medir a frequência da rede elétrica. Os resultados obtidos estão precisamente de acordo com o especificado. Desse modo, é possível incluir esse experimento em aulas que explicam o conceito de energia e corrente elétrica alternada, assim como a importância de fenômenos oscilatórios em Física.

### REFERÊNCIAS

- Aguilar-Marín, P., Chavez-Bacilio, M., & Jáuregui-Rosas, S. (2018a). Using analog instruments in Tracker video-based experiments to understand the phenomena of electricity and magnetism in physics education. *European Journal of Physics*, 39(3), 035204. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaa8f8>
- Aguilar-Marín, P., Chavez-Bacilio, M., & Jáuregui-Rosas, S. (2018b). Using analog instruments in Tracker video-based experiments to understand the phenomena of electricity and magnetism in physics education. *European Journal of Physics*, 39(3), 035204. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaa8f8>
- Arandi Ginane Bezerra Jr, Jorge Alberto Lenz, Nestor Cortez Saavedra Filho, Marcus Vinícius Peres, Odair Cossi Jr, Ana Caroline Mello, & Sam Adam Hoffmann Conceição. (2015). Uma abordagem didática do experimento de Millikan utilizando videoanálise. *Acta Scientiae*, 17(3), 813–832.
- Bezerra Jr, A. G., De Oliveira, L. P., Lenz, J. A., & Saavedra, N. (2012). Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29(0). <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp1p469>

- Christian, W., Esquembre, F., & Barbato, L. (2011). Open Source Physics. *Science*, 334(6059), 1077–1078. <https://doi.org/10.1126/science.1196984>
- Claessens, T. (2017). Analyzing Virtual Physics Simulations with Tracker. *The Physics Teacher*, 55(9), 558–560. <https://doi.org/10.1119/1.5011834>
- Combe, G., & Richefeu, V. (2013). *TRACKER: A particle image tracking (PIT) technique dedicated to nonsmooth motions involved in granular packings*. 461–464. <https://doi.org/10.1063/1.4811967>
- Da Rosa Ortiz, J. D. L., Krause, J. C., & Vanderlei dos Santos, A. (2019). A formação continuada no processo de atualização de professores de física: Formação para o Software Tracker. *Revista Iberoamericana de Tecnología En Educación y Educación En Tecnología*, 23, e10. <https://doi.org/10.24215/18509959.23.e10>
- Jesus, V. L. B. de, & Sasaki, D. G. G. (2014). Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(3), 1–6. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000300015>
- Loureiro, B. C. O. (2019). O uso das tecnologias da informação e comunicação como recursos didáticos no ensino de física. *Revista Do Professor de Física*, 3(2), 91–100. <https://doi.org/10.26512/rpf.v3i2.24315>
- Pires, M. A., & Veit, E. A. (2006). Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 28(2), 241–248. <https://doi.org/10.1590/S0102-47442006000200015>
- Rodrigues, M., & Simeão Carvalho, P. (2014). Teaching optical phenomena with Tracker. *Physics Education*, 49(6), 671–677. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/6/671>
- Rodríguez, S. M. G. (1969). Physics Tracker: Una implementación didáctica para la presentación del tema tiro parabólico en bachillerato. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. <https://doi.org/10.17227/01203916.3381>
- Ronai Lisboa, Tarciro Mendes, Anderson Guimarães Guedes, & Gabriel Moura Cantanhede. (2017). UTILIZAÇÃO DE VÍDEOS EM SLOW MOTION NA OBTENÇÃO DE MEDIDAS DIRETAS PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO NUM PLANO INCLINADO. *CADERNO DE FÍSICA DA UEFS*, 15(02), 2401.1-2401.21.

- Sirisathitkul, C., Glawtanong, P., Eadkong, T., & Sirisathitkul, Y. (2013). Digital video analysis of falling objects in air and liquid using Tracker. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 1–6. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000100020>
- Susilawati, S., Satriawan, M., Rizal, R., & Sutarno, S. (2020). Fluid experiment design using video tracker and ultrasonic sensor devices to improve understanding of viscosity concept. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2), 022039. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022039>