

# Um marcador de tempo para estudos de movimentos em cinemática: um aprimoramento de versões anteriores

## A time marker instrument for kinematics movement studies: a development of previous versions

Osmar Henrique Moura da Silva<sup>1</sup>; Carlos Eduardo Laburú<sup>2</sup>

### Resumo

---

Este trabalho apresenta um marcador de tempo para estudos de movimentos em cinemática. Ele contribui para elaborar uma versão de marcador de tempo de baixo custo, mais eficiente que o apresentado em um outro trabalho, como também ao de uma versão já comercializada.

**Palavras-chave:** Construção. Experimento. Marcador de tempo. Cinemática.

### Abstract

---

This article presents a time marker to study movements in kinematics. It contributes to elaborate a version of time marker which low cost and more efficient in comparison with the marker presented in another work as well as the earlier commercial version.

**Key words:** Construction. Experiment. Time marker. Kinematics.

---

<sup>1</sup> Físico do Laboratório de Instrumentação em Ensino de Física, Doutor em Ensino de Ciências e Matemática, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina-PR. Email: osmarh@uel.br.

<sup>2</sup> Docente do Departamento de Física, Doutor em Educação, Universidade Estadual de Londrina-PR. Email: laburu@uel.br.

## Introdução

O marcador de tempo é um experimento didático basicamente constituído de um sistema vibratório que realiza sucessivas marcas pontuais em uma vida móvel. Registros esses que possibilitam, ao se aplicar os conhecimentos de cinemática, o estudo do movimento realizado. Silva e Laburú (2003) apresentaram uma versão de baixo custo desse experimento como alternativa ao que era comercializado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (1977), no entanto, podendo-se dizer com vantagens e desvantagens numa comparação entre ambos. No caso, o experimento alternativo (ibid.) mostra uma montagem interessante na praticidade e na redução de custo, por usar a energia elétrica residencial ao invés de pilhas e por usar tiras para marcação facilmente encontradas no comércio (serpentinhas de carnaval). Por outro lado, essa versão usa caneta hidrográfica para marcação em que o sistema vibratório apresenta frequências menores que as do sistema do marcador de tempo comercializado, o que diminui o número de dados coletados (marcações) e a precisão das informações, embora didaticamente seja útil no estudo dos movimentos pela cinemática. Ainda nessa versão alternativa, um outro detalhe está no sistema vibratório de marcação funcionar por corrente alternada, devendo o experimentador manter atenção nos ajustes de ressonância (entre a frequência natural do sistema vibratório da caneta marcadora e a frequência da corrente alternada da rede elétrica) para evitar a possibilidade de variação da frequência desse sistema na obtenção dos dados, o que não ocorre no modelo da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC) por usar pilhas.

Tendo isso em conta, este trabalho contribui para elaborar um novo marcador de tempo alternativo que procura considerar os pontos positivos das duas versões, quais sejam: 1) o uso da energia elétrica residencial, porém, deixando-a contínua para facilitar o manuseio ao evitar problemas de

frequências variáveis do marcador<sup>3</sup>; 2) o uso de um sistema de marcação que alcança frequências equiparadas às do marcador da Funbec, resgatando o uso do papel carbono; 3) como consequência do uso do papel carbono, o uso de tiras de papel de fax para melhor visualização das marcações, também facilmente encontradas no comércio, no lugar das tiras de serpentinas de carnaval da versão alternativa anterior.

## Construindo o marcador de tempo

Primeiramente, os itens da montagem são especificados por partes como seguem. Para o sistema vibratório desse marcador, os materiais necessários são: um par de contatos de chuveiro elétrico (comumente feitos em liga de prata para menor desgaste); um parafuso com 3mm de diâmetro e 3cm de comprimento; 1 prego 17x21; dois pedaços pequenos de chapa de aço com (8x10)mm e 0,1mm de espessura (chapa que pode ser obtida das molas espirais de brinquedos de corda); uma chapa de ferro de (8x2)cm com 2mm de espessura; uma chapa de ferro de (4x1)cm com 0,6mm de espessura; duas chapas de ferro de (2x1) cm com 0,6mm de espessura; uma chapa de ferro de (5x1)cm com 0,6mm de espessura.

Para a fonte de corrente contínua e para o pequeno eletroímã são necessários os seguintes materiais: um pedaço de 4cm de comprimento de um núcleo de ferrite com diâmetro de 1cm (encontrado facilmente no interior de um rádio velho ou em lojas de componentes eletrônicos); fio de cobre esmaltado no 30; um transformador de 127/12V e 0,5A; uma chave liga-desliga; pedaços de madeira: um de (15x15x2)cm, um de (8x8x2)cm, e dois de (4x8x2)cm; fôrmica branca de (8x8)cm; parafusos para madeira; clips, cujo arame de ferro tenha um

<sup>3</sup> Em Silva e Laburú (2003), a frequência constante do marcador somente ocorre em 60Hz e é encontrada por percepção sonora, isto é, quando se houve um som com vibração contínua ao se ajustar o parafuso do sistema vibratório daquela versão. Limitação essa que não ocorre no marcador da Funbec (1977) por usar corrente contínua.

diâmetro de 1mm; 1 capacitor de 2200 $\mu$ F (16V); 2 diodos IN 4007.

Assim descritos os materiais, os próximos comentários encarregam-se de orientar a montagem desse marcador.

O marcador de tempo possui um sistema vibratório de frequência constante, porém ajustável. Para montá-lo, soldar com solda ponto (facilmente encontrada em uma serralheria) os dois contatos de chuveiro (na verdade soldam-se as chapas desses contatos nas chapas de ferro especificadas, pois esses contatos são encontrados, nos chuveiros, já rebitados em chapas metálicas). Um contato é soldado na chapa de ferro de (4x1)cm e o outro na chapa de ferro de (2x1)cm. Na montagem, eles devem estar posicionados um para o outro, de modo

a realizar sucessivos contatos elétricos durante a vibração do sistema. O prego (17x21) deve ser cortado a uns 4mm da cabeça. A parte do prego de 4mm com cabeça é aproveitada, arredondando-se a região do corte que servirá para marcar a fita por choque com o papel carbono. A cabeça do prego deve ser soldada na extremidade da chapa de ferro de (4x1)cm, encaixando-se no furo, conforme a figura 1.

Com as peças de ferro e aço descritas no primeiro parágrafo desta seção, construir as partes do sistema vibratório vistas nas figuras 1, 2 e 3. Observar nas figuras que algumas peças são entortadas. Todas as peças de ferro e aço são soldadas por meio de uma solda ponto. Como são poucos pontos (ou soldas) a serem feitos nas montagens, rapidamente as peças podem ser unidas.

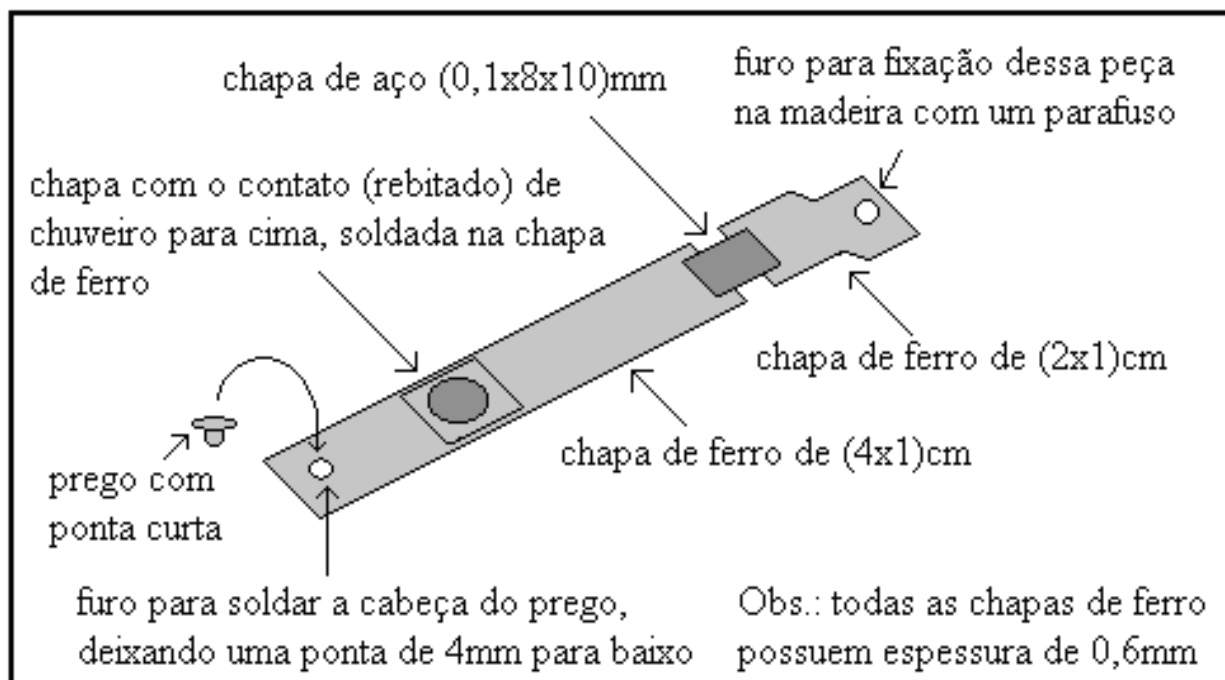


Figura 1. Parte inferior do sistema vibratório.

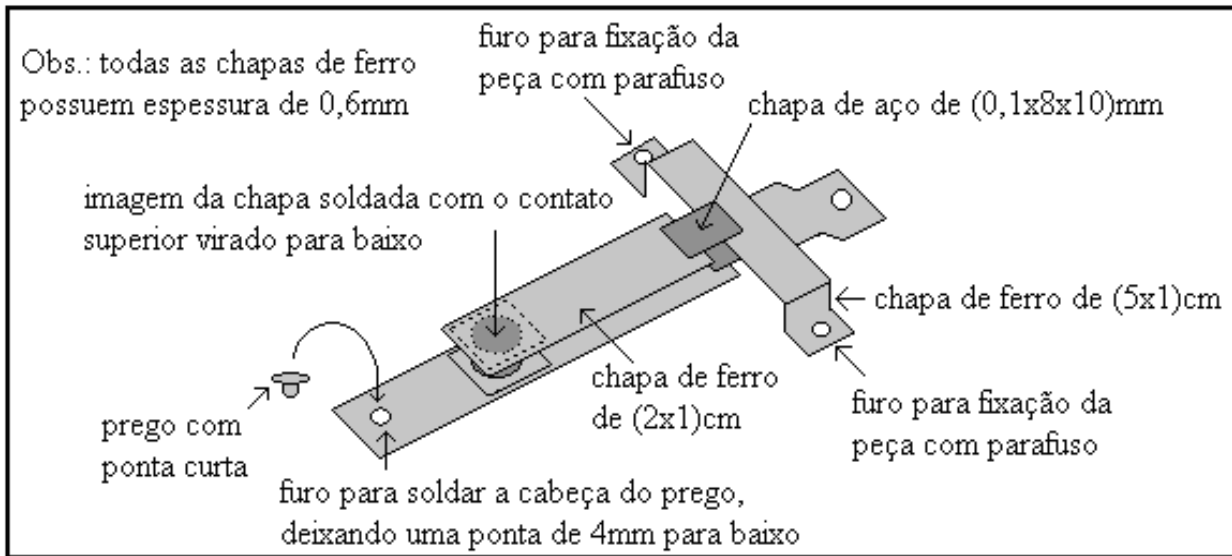


Figura 2. Parte intermediária do sistema vibratório sobre a parte inferior da figura 1.

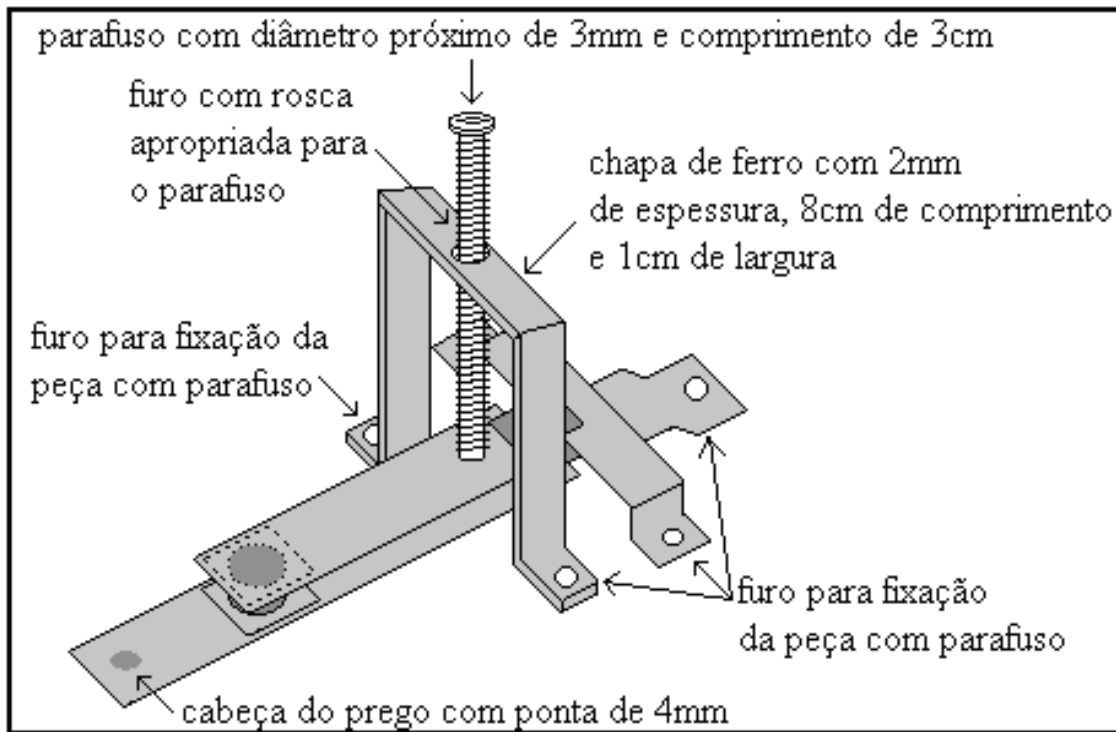
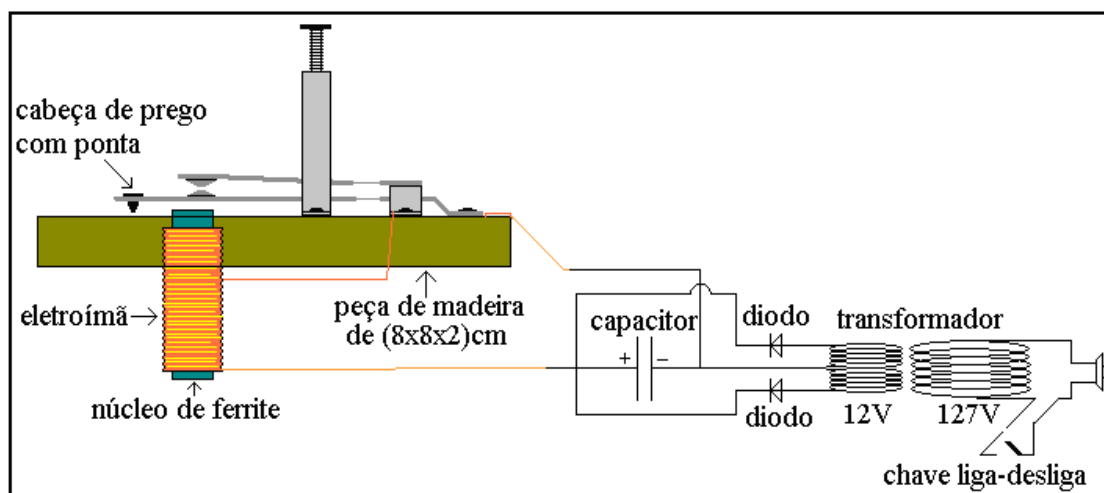


Figura 3. Sistema vibratório completo pelo acréscimo da parte superior.

A parte adicionada na figura 3 tem a função de, ao se apertar o parafuso, fechar o circuito pelo encosto das superfícies curvas dos contatos de chuva das chapas. As três partes são parafusadas na peça de madeira de dimensões (8x8x2)cm, conforme a figura 5 mais adiante. É sugerido que a superfície superior dessa peça seja de fórmica (ou material alternativo) para evitar atritos entre a fita e possíveis fiapos de madeira.

Construir um eletroímã usando o núcleo de ferrite e o fio de cobre esmaltado nº 30. Para isso, montar

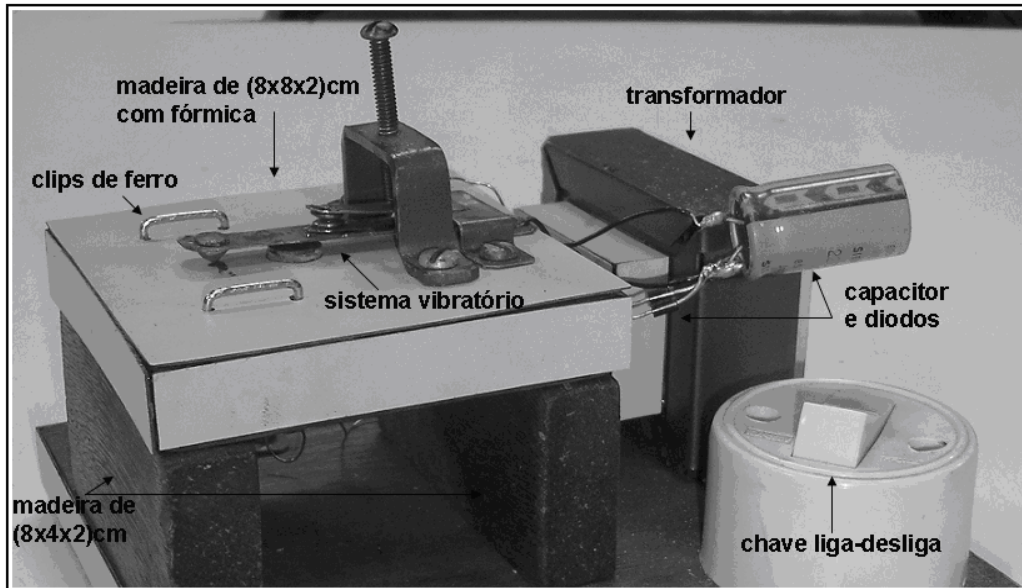
uma bobina em torno desse núcleo com um total de aproximadamente 1000 espiras. Fazer um furo na madeira para fixar o eletroímã. Esse furo é feito de modo que o eletroímã fique com uma extremidade sob a parte inferior do sistema vibratório, segundo a figura 4. Ainda nesta figura, observar as ligações entre o sistema vibratório, o eletroímã, os diodos, o capacitor e o transformador. Uma chave liga-desliga pode ser usada.



**Figura 4.** Fixação das três partes que compõem o sistema vibratório na madeira e apresentação do esquema elétrico das ligações entre elas, o eletroímã, os diodos, o capacitor e o transformador.

Na figura 5, são mostrados os dois direcionadores por onde passam as fitas utilizadas nas experiências e que são feitos com clips de ferro (1mm de diâmetro), alinhados com a ponta marcadora do sistema

vibratório. Esses direcionadores são encaixados na superfície de fórmica com uma folga de 3mm para a passagem da fita. A madeira de dimensão (15x15x2) cm serve de base para fazer o arranjo do material utilizado e construído.



**Figura 5.** Foto ilustrativa da disposição do material utilizado e construído na base de madeira de (15x15x2)cm, finalizando a montagem.

Um detalhe a ser mencionado refere-se à fita utilizada no marcador. A marcação é feita com papel carbono, semelhante ao sistema de marcação Funbec (1977) no qual o papel carbono é posto manualmente entre a ponta do sistema vibratório e a fita móvel que é marcada por batimento. Essa fita pode ser facilmente obtida em recortes de tiras de 1,2cm de papel de fax.

O funcionamento do marcador ocorre ao se aproximar os contatos de chuveiro por meio do aperto do parafuso vertical. Ao encostá-los, fecha-se o circuito e cria-se um campo magnético no eletroímã de ferrite que atrai a chapa inferior (figura 1) para baixo, realizando uma batida da ponta da cabeça de prego na superfície de fórmica. No entanto, essa atração também abre o circuito, desliga o eletroímã, e faz com que a chapa inferior retorne à posição anterior na qual os contatos novamente se encostam. Isso permite que a atração se repita e, assim, seja mantida uma determinada frequência de vibração desse sistema. A frequência pode ser ajustada pelo parafuso vertical. Quanto menor for a distância, entre a chapa de ferro inferior e a

extremidade superior do núcleo do eletroímã por aperto do parafuso, a força de atração é aumentada e a distância do retorno diminuída. Isso aumenta a frequência do sistema vibratório e, em caso contrário, diminui.

Na elaboração desse marcador de tempo procurou-se focar na diminuição do tempo de retorno da chapa inferior. Para isso, retirou-se a caneta hidrográfica da versão alternativa anterior (SILVA; LABURÚ, 2003) e foram realizados testes na redução da massa da chapa, o que permitiu um significativo aumento na frequência natural da mesma. Consequentemente, e pelo uso de corrente contínua para garantir frequências constantes e ajustáveis, pode-se obter um número bem mais expressivo de dados conforme será discutido na próxima seção.

Para se obter uma frequência desejada nesse marcador, o mecanismo elaborado por Silva e Laburú (2003, p. 63) para estudos de movimentos uniformes pode ser utilizado.

## Comparações entre os marcadores de tempo

Nesta seção são apresentadas algumas comparações entre os marcadores de tempo citados ao se discutirem os resultados que eles possibilitam alcançar na avaliação das qualidades de suas marcações. As qualidades são influenciadas por três peculiaridades dos marcadores, quais sejam: 1) possibilidade de escolha de frequências constantes; 2) maior frequência de marcação para obter maior número de dados; 3) praticidade e redução de custo por usar a energia elétrica residencial.

Uma experiência comumente realizada com o marcador de tempo está no estudo do movimento de um corpo (massa) em queda livre. Corpo este que inicialmente é deixado suspenso por um fio passado em roldana fixa a uma determinada altura de 2m ou mais. Esse fio é unido a uma fita apropriada que, quando em movimento pela queda do corpo, sofre as marcações. Os detalhes dessa experiência podem ser encontrados em Funbec (1977) e em Silva e Laburú (2003), mas não serão aqui mencionados. Isto porque, embora nessa comparação entre os marcadores de tempo os dados foram obtidos por meio dessa experiência, as descrições experimentais não se fazem necessárias na avaliação comparativa das três peculiaridades em foco.

Por tal experiência, Silva e Laburú (2003, p. 67) apresentaram em tabela e gráfico os dados obtidos com o marcador de tempo alternativo lá divulgado. Naquele caso, os dados foram analisados em 165cm da fita marcada a partir da sua velocidade inicial em movimento uniformemente acelerado, totalizando 27 marcações na fita em 0,45s de queda livre do corpo. Isto representa uma frequência do sistema vibratório daquele marcador de 60Hz<sup>4</sup> por ressonância com um dos ciclos (positivo ou negativo) da corrente alternada da rede elétrica. Em razão de aquela proposta utilizar canetas hidrográficas para marcação nas extremidades do sistema vibratório, ainda que cortadas para

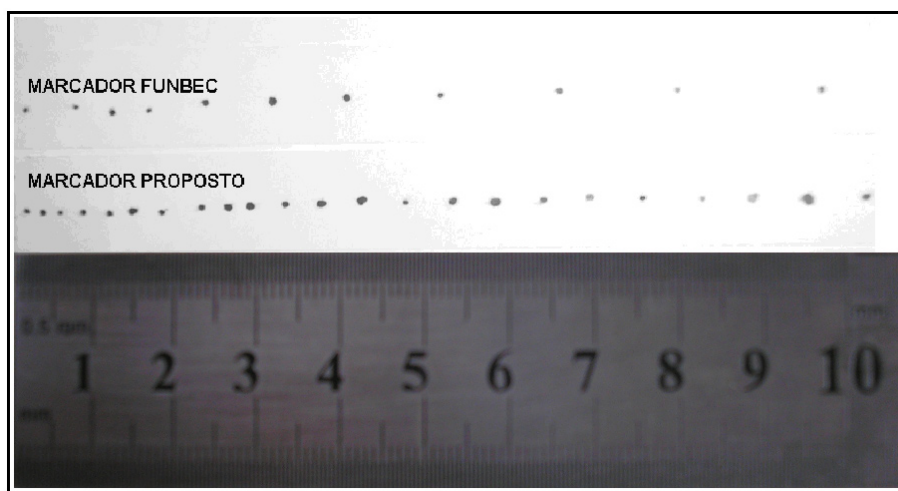
<sup>4</sup> Silva e Laburú (2003, p. 66) relataram que as medições de frequências constantes do sistema vibratório oscilaram entre 58,9 a 61,2Hz.

diminuição da massa, a frequência natural baixa do sistema impossibilita alcançar o múltiplo de 120Hz (sendo que o eletroímã é imantado duas vezes em cada ciclo da rede) por ressonância para se conseguir a coleta de um maior número de dados. O que o torna, em comparação pelas peculiaridades 1 e 2 acima citadas, de qualidade inferior ao marcador Funbec, cuja frequência constante e ajustável pode alcançar 50 marcações, em 110Hz, para o mesmo trecho de 165cm da fita nessa experiência; valendo dizer, porém, que o Funbec é superado na peculiaridade 3.

Em relação ao número de marcações alcançado pelo marcador aqui proposto, constataram-se 119 marcas nos considerados 165cm iniciais da fita, em que o sistema vibratório alcançou uma frequência de cerca de 265Hz. A figura 6 ilustra os 10 primeiros centímetros de duas fitas marcadas nas quais se pode observar a diferença na quantidade de marcas efetuadas entre os marcadores Funbec e o proposto neste estudo.

Esses resultados permitem dizer que o marcador aqui elaborado supera o da Funbec nas três peculiaridades. Para as duas primeiras delas, o aumento da frequência do sistema vibratório desse marcador foi próximo dos 240% ao da frequência máxima alcançada pelo da Funbec e, por consequência disso e do uso de corrente contínua, a gama de escolhas de frequências do funcionamento desse sistema é igualmente maior. Já para a terceira peculiaridade, pode-se dizer que o aproveitamento da energia elétrica residencial nesse caso é interessante, pois reduz custos ao retirar o uso de pilhas. Aliás, se a pilha (1,5V) tiver meia vida no experimento Funbec, as marcações podem falhar, o que não ocorre no presente marcador por realizar batidas potentes com o uso de 12V CC.

Embora o marcador de tempo Funbec não seja mais comercializado no Brasil, atualmente, empresas estrangeiras como a Pasco e a Philip Harris comercializam esse experimento, com os nomes de Tape Timer (2009) e Ticker Tape-Timer



**Figura 6.** Foto ilustrativa das marcações realizadas nos 10cm iniciais da fita.

(2009), respectivamente. O Tape Timer funciona com 9V CC e tem duas opções de frequências (10 ou 40Hz), com resultados experimentais próximos ao da Funbec que alcança os 50Hz. Por sua vez, o Ticker Tape-Timer funciona com 12V CA e com frequência fixa de 60Hz da rede elétrica, sendo estes detalhes semelhantes ao marcador de tempo alternativo de Silva e Laburú (2003). Assim, pode-se dizer que as comparações que foram aqui realizadas são igualmente válidas para esses experimentos comercializados, cujo valor, por exemplo, do marcador Philip Harris, é de cerca de R\$150,00.

## Conclusão

O presente trabalho apresentou um marcador de tempo de baixo custo cuja elaboração, na comparação com outros marcadores, focou-se na melhoria significativa do grau de marcações com possibilidade de escolha de frequências constantes no uso da energia elétrica residencial. Pode-se julgar o melhor marcador de tempo pelo critério do grau de dados que ele pode fornecer, juntamente com o do grau de frequências constantes que ele permite ajustar, pois, como experimento quantitativo, é tanto melhor quanto forem suas precisões experimentais. Por tais critérios, a presente montagem supera

em qualidade experimental as versões anteriores mencionadas, sendo uma alternativa mais sofisticada para o professor interessado nesse tipo de experimento de cinemática.

## Referências

FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS – FUNBEC. *Laboratório portátil de Física (2ª grau): manual de experimentos para o professor*. São Paulo: EDART, 1977.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Um marcador de tempo alternativo para o estudo de movimentos uniformes e uniformemente acelerados. *Semina – Ciências Exatas e Tecnológicas*, Londrina, v. 4, dez. 2003. Disponível em: <[http://www.uel.br/proppg/portal/pages/arquivos/pesquisa/semina/pdf/semina\\_24\\_1\\_22\\_6.pdf](http://www.uel.br/proppg/portal/pages/arquivos/pesquisa/semina/pdf/semina_24_1_22_6.pdf)>. Acesso em: 17 Fev. 2009.

TAPE TIMER. *Instruction manual and experiment guide for the PASCO scientific model ME\_9283*. Disponível em: <<http://ftp.pasco.com/Support/Documents/English/ME/ME-9283/012-04944B.pdf>>. Acesso: 19 Fev. 2009.

TICKER TAPE-TIMER. *Ticker tape-timer A. C. –product description*. Disponível em: [http://www.philipharris.co.uk/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?storeId=72&langId=-1&catalogId=10501&categoryId=75563&parent\\_category\\_rn=75551&top\\_category=75551&productId=340807&parentCategoryId=75551&categoryList=75563&catalogStyle=tactical&catType=](http://www.philipharris.co.uk/webapp/wcs/stores/servlet/ProductDisplay?storeId=72&langId=-1&catalogId=10501&categoryId=75563&parent_category_rn=75551&top_category=75551&productId=340807&parentCategoryId=75551&categoryList=75563&catalogStyle=tactical&catType=). Acesso: 30 Ago. 2009.