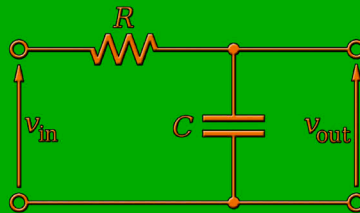


# Filtros eletrônicos no Ensino Médio: uma proposta com uso de software livre



.....  
**Michel Xisto Silva Silveira**  
Departamento de Física, Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Seropédica, RJ, Brasil.

**Frederico Alan de Oliveira Cruz\***  
Departamento de Física, Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Seropédica, RJ, Brasil.

## RESUMO

*Apesar do avanço tecnológico dos últimos anos, a abordagem dos diversos dispositivos presentes no dia a dia das pessoas é pouco explorada durante as aulas para servirem de elemento motivador para a aprendizagem de determinado tema ou como exemplo de uma aplicação do que está sendo apresentado. Pensando nisso, neste trabalho é apresentada uma proposta para abordagem dos chamados filtros eletrônicos, em turma de Ensino Médio, visando dar significado ao estudo de componentes como resistor e capacitor durante as aulas de eletricidade. A atividade é realizada com auxílio de um software livre, capaz de funcionar como gerador de sinais e que apresenta bons resultados dentro do que se espera na discussão do referido tema.*

**Palavras-chave:** Audacity; eletricidade; ensino de física

.....

## 1. Introdução

O atual estágio de desenvolvimento tecnológico e das demandas necessárias para atender os desejos do bem-estar das pessoas, localizadas nas diferentes realidades sociais, coloca como desafio que as instituições de ensino, independentemente do nível, possam formar pessoas com conhecimento para compreender o mundo natural que as cerca e também como todo o aparato tecnológico presente em seu cotidiano funciona. Dentro dessa perspectiva, a física como um todo e em especial os temas de eletricidade e magnetismo fazem-se extremamente importantes na formação dos indivíduos, visto que a compreensão dos vários conceitos abordados dentro dessa área de conhecimento permitiria, em primeiro momento, a discussão dos princípios básicos do funcionamento de equipamentos eletroeletrônicos, como de um controle remoto, das televisões, dos telefones móveis, entre tantos outros.

Apesar da importância de uma abordagem para formação de indivíduos com o mínimo de conhecimento sobre ciência e tecnologia, isso tudo é muito dificultado pela realidade da maioria das escolas brasileiras, já que “muitas escolas não dispõem de espaços e equipamentos adequados para a realização de experimentos pelos alunos ou mesmo pelos professores” [1] e isso deixa como única alternativa a abordagem teórica sobre esses elementos, que em geral é pouco atraente para a maioria dos estudantes.

Se por um lado as aulas não motivam os alunos, muitos dos manuais escolares voltados ao ensino de física também são bastante desinteressantes, percebendo-se pouca discussão de fenômenos motivadores ou de objetos

que façam parte da vida dos estudantes, estando repletos de problemas e métodos de resolução de questões pouco contextualizadas que visam preparar os estudantes para as provas de acesso ao ensino superior. No ensino de ciências, de forma geral, e não apenas para os conteúdos de física, pode-se dizer que os livros de apoio aos alunos pouco contribuem com a formação. Esses materiais são construídos de tal forma que, segundo Caimi (2014), podem ser percebidos os seguintes aspectos:

[...] pouca ênfase à dimensão construtiva, coletiva, evolutiva, social e humana da ciência; a apresentação de textos densos, linguagem abstrata; a presença de noções e raciocínios complexos para a faixa etária, sem a devida mediação pedagógica; a ausência de uma visão mais crítica sobre as realidades sociais e ambientais, que estabeleçam relações com as questões políticas e econômicas e estimulem o debate sobre ética, ciência, tecnologia e poder; nessa direção, ainda, a quase ausência de abordagens interdisciplinares; o pouco investimento em atividades, exigindo apenas a observação ou verificação do que acontece, desfavorecendo a descoberta dos fenômenos e conceitos; as inconsistências na apresentação e no uso didático de ilustrações. [2]

O que se observa dentro da realidade escolar, devido a todos esses problemas, é um ensino onde os conteúdos são abordados de maneira totalmente distante do que se espera, sendo que no

\*Autor de correspondência. E-mail: frederico@ufrj.br.

caso das aulas de física pode ser percebida uma ação dos professores, como descrito por Moreira (2018), da seguinte forma:

[...] da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor, baseada no modelo de narrativa criticado por Finkel (1999), na educação bancária de Freire (2007), no comportamentalismo de Skinner (1972). O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a física. [3]

Esse processo, que se arrasta ao longo da formação, gera um cenário geral de desinteresse com alunos que parecem não querer aprender. No entanto, a resposta é simples: “estão desinteressados em aprender porque, principalmente, não enxergam aplicabilidade do conteúdo trabalhado em sala de aula, e demonstram isso na recusa em realizar atividades como tarefas, trabalhos e exercícios” [4]. Confirmando que:

[...] um dos principais fatores que interferem na aprendizagem ou não de um conteúdo de física é a possibilidade de esse conteúdo se relacionar ou não com suas experiências cotidianas de vida. Os alunos consideram a aprendizagem de um conteúdo mais interessante e fácil quando este pode ser relacionado diretamente com suas experiências diárias. A “materialidade” do cotidiano funciona como um ponto de partida, uma referência a partir da qual podem começar a pensar em termos mais abstratos. [5]

É possível que sejamos tentados a pensar que o problema esteja apenas nos alunos, no entanto devemos lembrar que os anseios das novas gerações são distintos das anteriores e nesse aspecto é fundamental entender o que está acontecendo para buscar um modelo de ensino que dê conta das necessidades dessa nova sociedade que surge.

Nesse sentido, os professores devem entender que eles têm o papel de serem responsáveis por mostrar a esses jovens como a escola pode ser um elemento de transformação de suas realidades e não se abster da responsabilidade de formação adequada dos estudantes.

Outro ponto que se faz importante lembrar nessa discussão é que no cenário social no qual vivemos, os professores são a todo momento confrontados por estudantes que recebem informações, com validade científica ou não. Vivemos num momento onde a escola precisa ser repensada, isto é, os métodos precisam ser mudados para que os conteúdos sejam aceitos pelos estudantes, e isso está ligado a uma realidade concretizada hoje, mas que tem sido construída há mais de duas décadas, onde:

O professor perdeu o exclusivo do privilégio do saber, um saber que, ainda por cima, se desvalorizou. As suas relações com o saber hoje são bastante diferentes do que eram no período áureo da expansão da escola. Hoje, não só o professor já não detém a exclusividade da posse do saber, como também este, ele próprio, é posto em questão. [6]

Nesse sentido, uma vez que todos os modelos educacionais têm sido motivo de dúvidas por parte da sociedade, é preciso mudar para que o ambiente escolar seja valorizado e seja visto não mais como o detentor do conhecimento e sim de uma forma mais ampla no qual ele seja “responsável por preparar o aluno para as exigências postas pela sociedade” [7].

## 2. Referencial teórico

Um exemplo dos muitos problemas no ensino de eletricidade está associado à apresentação de circuitos sem nenhuma aplicabilidade ao longo das aulas, como já discutido anteriormente, sendo esse um dos entraves para o interesse e consequentemente a aprendizagem dos conceitos apresentados. Uma possibilidade interessante é mostrar como a junção de elementos como capacitores e resistores, apresentados apenas para que os estudantes determinem valores equivalentes quando colocados em ligações em série ou paralelo, pode ser aplicada para atender a uma determinada necessidade de um componente específico ou de um segmento de um circuito.

Um exemplo de aplicação da junção desses componentes dá origem aos chamados filtros eletrônicos, que são utilizados para alterar a amplitude e/ou fase de um sinal fornecido por uma fonte primária, sem realizar a adição de novas frequências ou mesmo alterar a original [8]. De forma geral, podemos compreender esses dispositivos da seguinte forma:

Um filtro atenua a quantidade de energia presente em certas frequências (indesejáveis) ou faixas de frequências enquanto deixa passar ou amplificar as frequências selecionadas (desejadas). Em outras palavras, um filtro elétrico é um circuito capaz de separar algumas frequências de outras, quando misturadas.

A quantidade de atenuação para cada frequência depende do tipo de filtro e é determinada pela função de transferência do filtro correspondente. [9]

Esses pequenos circuitos podem ser classificados, basicamente, como [10, 11]:

- Filtros passa-baixa – oferecem fácil passagem para sinais de baixa frequência e passagem difícil para sinais de alta frequência, quando comparadas com certo valor de referência.
- Filtros passa-alta – não atenuam um sinal de alta frequência e produzem atenuação de um sinal de baixa frequência, comparada com certo valor de referência.
- Filtros passa-banda – permitem a passagem das frequências que não são nem muito altas nem muito baixas, quando comparadas com certo valor de referência.
- Filtros rejeita-banda – permitem a passagem das frequências acima e abaixo de um determinado intervalo, que é dado a partir das características dos seus componentes.

Os tipos de filtros podem ser separados em passivos, quando utilizam resistores, capacitores e indutores, e ativos, quando além de resistores e capacitores contam com um amplificador operacional [11]. No caso dos chamados filtros passivos, podemos citar como exemplo mais simples aqueles construídos apenas pela junção capacitor/resistor, em série, sendo chamados assim de “Filtro RC” (Fig. 1).

Nos circuitos desse tipo, a atenuação da amplitude ocorre em função dos

valores associados dos respectivos componentes presentes e estabelecem a chamada “frequência de corte”, parâmetro que informa o valor da frequência na qual a tensão de saída é aproximadamente 71% da tensão de entrada e que pode ser obtida a partir da relação [12]:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (1)$$

onde  $f_c$  representa a frequência de corte,  $R$  o valor nominal do resistor e  $C$  a capacitância nominal do capacitor que estão presentes no circuito.

No caso de um filtro RC passa-baixa, a tensão de saída pode ser estimada pela relação [13]:

$$V_{out} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_s}{f_c}\right)^2}} V_{in}, \quad (2)$$

onde  $V_{out}$  representa a tensão de saída;  $V_{in}$ , a tensão de entrada;  $f_s$ , a frequência da tensão de entrada, e  $f_c$ , a frequência de corte. No caso em que o sinal de entrada possui uma frequência muito menor que a de corte ( $f_s \ll f_c$ ), a tensão de saída será aproximadamente a mesma que a da entrada ( $V_{out} \cong V_{in}$ ); caso a situação se inverta ( $f_s \gg f_c$ ), a tensão de saída será nula ( $V_{out} \cong 0$ ).

O filtro RC passa-alta tem a relação de tensão de saída ligeiramente diferente do passa-baixa, apesar de possuir os mesmos parâmetros, sendo escrita da seguinte forma [13]:

$$V_{out} = \frac{\frac{f_s}{f_c}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_s}{f_c}\right)^2}} V_{in}. \quad (3)$$

Se o sinal de entrada possuir um frequência muito menor que a de corte ( $f_s \ll f_c$ ), a tensão de saída será nula ( $V_{out} \cong 0$ ), sendo praticamente a mesma ( $V_{out} \cong V_{in}$ ) quando a frequência do sinal for muito maior que a frequência de corte ( $f_s \gg f_c$ ).

### 3. Materiais e métodos

A proposta visa a apresentar uma prática que estimule os alunos a perceber a importância dos elementos já citados e que a posição deles não ocorre de forma aleatória. Para isso, pretende-se verificar as situações-limite quando a frequência do sinal de entrada é muito menor que a de corte ( $f_s \ll f_c$ ) ou quando ela é muito maior ( $f_s \gg f_c$ ) num circuito RC. É importante ressaltar que não há necessidade de conhecimento prévio das Eqs. (2) e (3) pelos alunos,

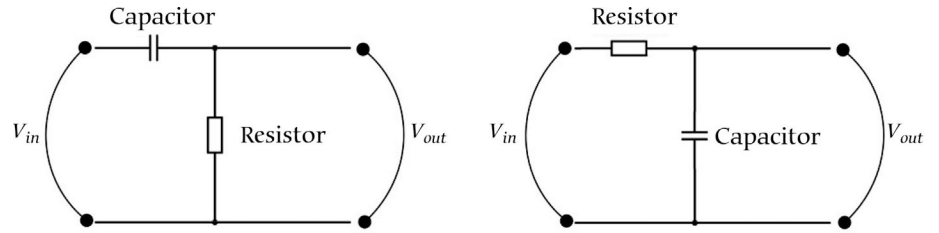


Figura 1 - Configuração dos circuitos RC do tipo passa-alta (esquerda) e passa-baixa (direita).

apenas da Eq. (1), visto que é com ela que será realizada a comparação.

Devido à dificuldade de as escolas de Ensino Médio possuírem um gerador de sinais, uma solução possível é a utilização do *software* livre e de código aberto Audacity®, criado para ser um editor e gravador de áudio [14]. Uma das funcionalidades do *software* citado é que o usuário pode gerar, a partir do comando “Gerar”, localizado no menu na parte superior da tela de comando (Fig. 2), um sinal que pode ter as formas de onda senoidal, quadrada ou dente de serra, por exemplo, frequências entre 20 Hz e 20 kHz e amplitudes entre 0 e 1, que, apesar de terem características sonoras para o programa, geram, na saída de fone, um pulso elétrico que pode ser detectado com auxílio de qualquer multímetro.

A escolha pelo “Tom Programável” abrirá uma pequena janela no centro

do programa para que o usuário escolha as características do sinal a ser produzido (Fig. 3). É importante que os valores de “Início” e “Fim” sejam iguais e garantam assim constância do sinal durante todo o experimento

Um detalhe importante é que a tensão de saída será maior se o “ganho” do sinal gerado for ampliado e, para isso, é necessário que dois parâmetros sejam colocados no valor máximo: um deles possui formato de um alto falante (“Playback Volume”) (Fig. 4) e o outro está localizado na parte da esquerda da faixa gerada, com representação dos símbolos menos (-) e mais (+) (Fig. 5).

Conhecidas as características do *software* para a realização da atividade, é preciso ter os componentes físicos: um resistor e um capacitor, utilizados para estabelecer o filtro; um conector (*plug*) do tipo p2 mono, que será usado para obtenção do sinal produzido pelo

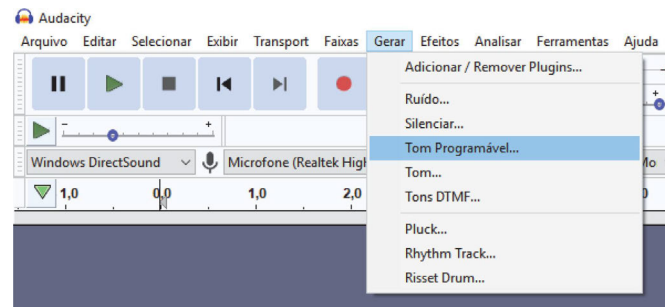


Figura 2 - Representação do comando utilizado para gerar o sinal elétrico a ser utilizado na atividade.

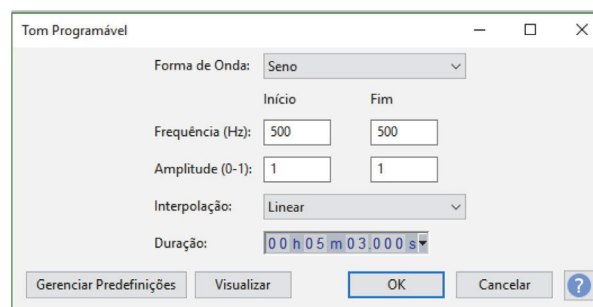


Figura 3 - Representação da tela “Tom Programável” para inserção dos valores que serão usados durante a atividade.

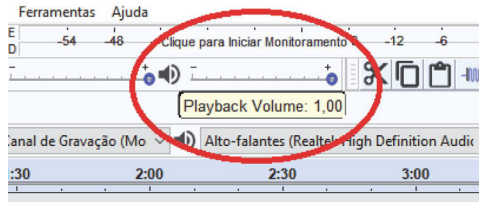


Figura 4 - Representação da localização do comando “Playback Volume” na barra do software utilizado.

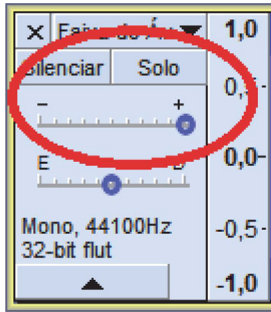


Figura 5 - Representação do comando para aumento do ganho de sinal.

programa de som; fios; uma matriz de contato (*protoboard*) pequena, e um multímetro, que servirá para analisar a tensão de saída após a passagem do sinal pelo circuito proposto.

Essa prática pode ser realizada de duas formas: uma na qual é possível manipular os equipamentos, sendo então necessário pelo menos um kit para cada quatro alunos, e outra com caráter demonstrativo, em que seria usado somente um kit com os materiais citados, manipulado pelo professor, que buscaria mostrar o fenômeno. Essa última é mais viável na realidade das escolas, principalmente públicas, devido às dificuldades estruturais existentes. No entanto, a segunda situação não deve ser minimizada, visto que ela também contribui para a aprendizagem, como mostrado por Eira (2003, apud Ney 2014): “a utilização de experimentos realizados por meio de demonstração possibilita o cumprimento do programa, mantém os alunos atentos e participativos e permite ao professor um melhor ensino do conhecimento científico” [15].

A representação esquemática do sistema montado (Fig. 6) tem caráter similar ao apresentado na Fig. 1, sendo que agora o sinal de entrada será fornecido pelo Audacity® e a medida do sinal de saída será obtida com o uso do voltímetro, que deverá estar preparado para realizar a análise de tensões alternadas (AC).

Uma vez montados, os dois siste-

mas em questão podem ser colocados aos estudantes com intuito de provocar a discussão sobre o tema: “Qual o valor da tensão medida pelo voltímetro nos casos em que a frequência do sinal de entrada é muito maior ou muito menor que a frequência de corte?”.

#### 4. Resultados e discussão

Para realizar a atividade, o primeiro passo é determinar a tensão na entrada de fones do computador; para isso, foi necessário que o plugue estivesse conectado aos terminais de um voltímetro e que uma onda senoidal, que no caso deste trabalho possuía uma frequência de 60 Hz, fosse gerada no software utilizado. Esse procedimento permitiu determinar um valor de referência ( $V_0$ ) igual a 1,2 V (Fig. 7), que foi utilizado para avaliar os resultados obtidos nas etapas posteriores.

Uma vez estabelecido o valor de referência da tensão, o passo seguinte foi

a montagem dos filtros RC que seriam analisados durante a atividade proposta. Para isso, foram utilizados um resistor de 40 k $\Omega$  e um capacitor de 22 nF, com tolerâncias de 5% e 10%, respectivamente, que forneceram ao circuito uma frequência de corte, obtida com auxílio da Eq. (1), de 180 Hz. A determinação dos valores dos componentes pode ser realizada com o auxílio de alguns multímetros; no entanto, nem todos os aparelhos permitem a medida da capacitância e, assim, recomenda-se utilizar os valores obtidos pela leitura do código de cores ou aqueles impressos no corpo desses elementos.

Conhecidas as informações necessárias para a realização dos experimentos, os dois componentes foram então colocados na matriz de contato (Fig. 8), sendo alimentados a partir da saída do fone do computador, e na outra extremidade foram conectados a um multímetro, para a realização da medição da tensão.

Uma vez que havia duas condições a serem analisadas em ambos os circuitos, foram estabelecidos limites para as condições de muito maior e muito menor. Assim, ficou definido que algo próximo de vinte vezes maior que a frequência de corte corresponderia à condição de muito maior e um vinte avos à condição de muito menor. Apesar de estipularmos de forma arbitrá-

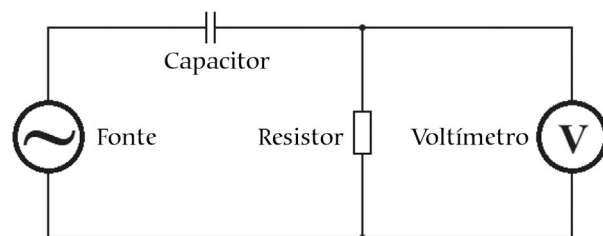


Figura 6 - Representação esquemática do circuito RC, do tipo passa-alta, utilizado na atividade.

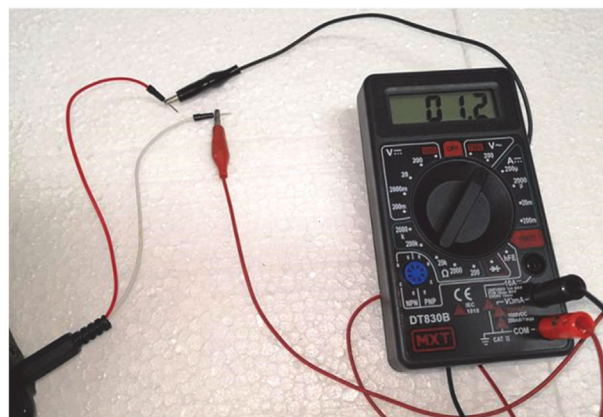


Figura 7 - Detalhamento da medida da tensão nos terminais do conector.

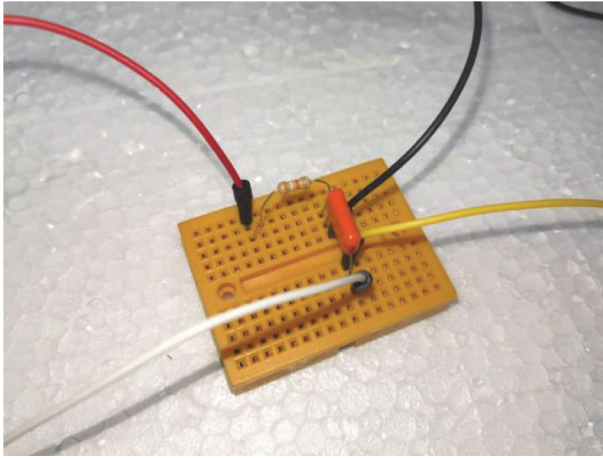


Figura 8 - Sistema passa-baixa, utilizado na atividade proposta.

ria, podemos pensar que uma frequência de 3000 Hz é realmente muito maior que outra de 150 Hz e isso já seria uma boa consideração a ser dada aos alunos. Note que esse momento abre uma possibilidade de discussão em sala de aula sobre o que representa matematicamente para os estudantes ser muito maior ou muito menor, visto que esse termo aparece de maneira recorrente ao longo da sua formação e que mesmo assim faz pouco sentido para eles.

Na condição estabelecida, considerando a frequência de corte obtida em função dos componentes, foram analisados em ambos os circuitos o sinal de saída medido no voltímetro, com frequências do sinal de entrada, fornecidas a partir do conector, de 9 Hz e 3500 Hz. Nessas condições, os valores aferidos para o circuito passa-baixa foram de 1,2 V e 0,0 V, respectivamente, enquanto que para o passa-alta, de 0,0 V e 1,2 V, respectivamente (Fig. 9), na escala de 200 V para tensões alternadas, valores esses que concordam com a predição teórica já discutida anteriormente.

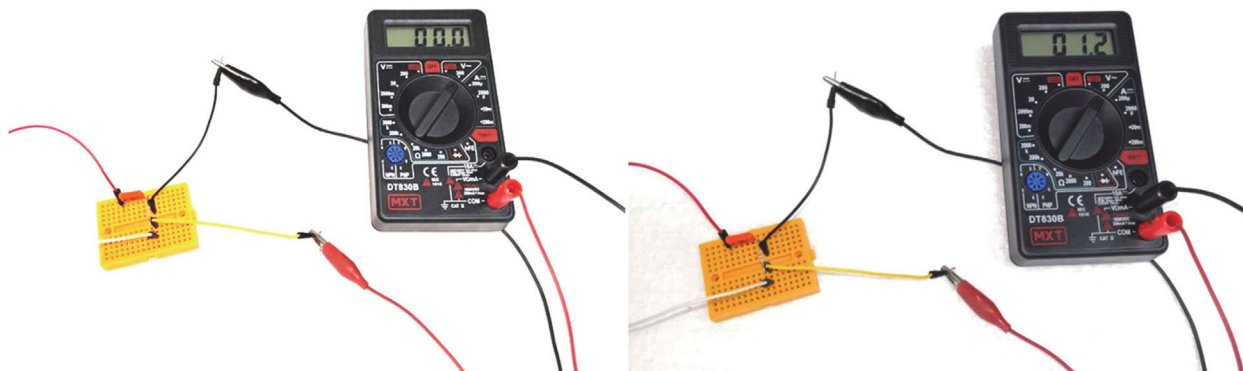


Figura 9 - Valores obtidos utilizando o circuito passa-alta, para as frequências de 9 Hz (esquerda) e 3500 Hz (direita).



Figura 10 - Notícia que poderá ser usada ao final da atividade para finalizar a discussão com os estudantes.

Apesar de parecer distante da realidade dos estudantes, esse tipo de atividade tem como elemento básico estabelecer uma visão sobre a importância do estudo de resistores e capacitores, além de introduzir a partir de uma pergunta motivadora procedimentos para obtenção de um resultado que não tem a resposta no final do livro. Uma finalização interessante para a discussão sobre esses tipos de instrumentos pode ser feita com a leitura de notícias relacionadas ao tema, como por exemplo uma intitulada: “Pesquisadores eliminam ruído de broca para reduzir ‘medo’ na ida ao dentista” [16] (Fig. 10), na qual é apresentada uma aplicação dos filtros eletrônicos para neutralizar o som da broca.

As questões que seriam levantadas ao final da discussão podem servir de estímulo para que os alunos busquem outras informações sobre o tema, seja em revistas *on-line* ou nas páginas que disponibilizam vídeos de diversos conteúdos formativos, fazendo com que o processo de aprendizagem não se en-

cerre dentro da sala de aula e possa ser realizado de forma autônoma e ativa.

### 5. Considerações finais

É importante ressaltar que a atividade aqui proposta tem o objetivo de apresentar aos alunos que os elementos abordados em sala de aula não são meros objetos de análise teórica desconectados da realidade. Isso pode diminuir, um pouco, questões levantadas em sala de aula como: “por que estudo isso?”, “para que serve?”, “onde é aplicado?”, que em muitas situações não são esclarecidas pelos professores quando abordam esses componentes nas aulas.

Outro ponto importante dessa abordagem é apresentar e discutir que o posicionamento dos elementos de um circuito não é realizado de forma aleatória, mas é pensado para apresentar um resultado esperado. Isso pode trazer uma reflexão importante sobre o comportamento real de cada um deles e ampliar a visão sobre a complexidade de algo que em geral é visto como sem importância dentro das aulas.

## Referências

- [1] W.V. Silva, M.O. Duarte, in: *Anais do XII Congresso Nacional de Educação*, Curitiba, 2015, p. 36765.
- [2] F.E. Caimi, in: *Trabalhos do X ANPED SUL*, Florianópolis, 2014, p. 13.
- [3] M.A. Moreira, *Estudos Avançados* **32**, 73 (2018, p. 73).
- [4] I.A. Silva, T. Guimarães, L.A.N. Cruz, R.A. Martins, *Colloquium Humanarum* **14**, 517 (2017).
- [5] A.C.G. Dias, V.E. Barlette, C.A.G. Martins, *Experiências em Ensino de Ciências* **4**, 107 (2009).
- [6] J.M.A. Lima, *Educação, Sociedade & Culturas* **6**, 47 (1996).
- [7] W.M. Oliveira, *Uma Abordagem Sobre o Papel do Professor no Processo Ensino/Aprendizagem*. Disponível em: <https://is.gd/pvriGx>, acesso em 1 jul. 2019.
- [8] K. Lacanette, *A Basic Introduction to Filters - Active, Passive, and Switched-Capacitor*. Disponível em: <https://is.gd/yn6Ypo>, acesso em 30 jun. 2019.
- [9] UFCG, *Experimento #4: Filtros Analógicos Ativos*. Disponível em: <https://is.gd/IYGfZj>, acesso em 1 jul. 2019.
- [10] V.F. Dias, *Filtros Eléctricos*. Disponível em: <https://is.gd/m39gPn>, acesso em 30 jun. 2019.
- [11] N. Davis, *An Introduction to Filters*. Disponível em: <https://is.gd/uTGbiY>, acesso em 30 jun. 2019.
- [12] N. Carlin, E.M. Szanto, R. Ichiwaki, F.O. Jorge, W.A. Seale, F.A. Souza, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **32**, 1309 (2010).
- [13] I. Nasteva, K. Akiba, *Experimento 7: Circuitos RC e Filtros de Frequência*. Disponível em <https://is.gd/MRY8FT>, acesso em 1 jul. 2019.
- [14] D. Mazzoni, *Audacity*. Disponível em: <https://www.audacityteam.org>, acesso em 1 jul. 2019 (2019).
- [15] J. Ney, *A Utilização Combinada de Experimentos Demonstrativos, Vídeos e Simulações Computacionais no Ensino da Física: Um Estudo Exploratório no Contexto de Aulas Expositivas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, 2014, p. 21.
- [16] BBC, *Pesquisadores Eliminam Ruído de Broca para Reduzir 'Medo' na Ida ao Dentista*. Disponível em: <https://is.gd/rRPb1i>, acesso em 1 jul. 2019.