ENSINANDO TIMBRE ATRAVÉS DA MODELAGEM MATEMÁTICA DE DOIS SONS PRODUZIDOS DIFERENTES VIOLÕES

João Lucas de Paula Batista[1], Debora Coimbra Martins[2]

[1]Universidade Federal de Uberlândia/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática/Cursinho Alternativo de Monte Carmelo, joaolucaspbatista@gmail.com

[2]Universidade Federal de Uberlândia/Faculdade de Ciências Integradas do Pontal, deborac@pontal.ufu.br

.

Linha de trabalho: Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação.

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de ensino aplicada numa turma de cursinho preparatório popular do município de Monte Carmelo/MG. A intervenção educacional teve como problematização: "Por que conseguimos diferenciar o som de um violão de cordas de nylon de outro, de cordas de aço?". O som gravado de ambos os violões foi analisado, usando as simulações *PhET* e o *software* Modellus. Os alunos puderam relacionar o perfil sonoro com a soma de harmônicos da série de Fourier, oportunizando discutir as propriedades das funções trigonométricas seno e cosseno. As interações dos alunos durante a realização das atividades se mostraram proveitosas, particularmente na formulação de questionamentos.

Palavras-chave: Modelagem Matemática; Modellus; Perfil Sonoro.

Contexto do Relato

O estudo do som está relacionado tanto com a matemática quanto com a física, principalmente quando se trata do estudo da acústica. Um som musical se diferencia de um ruído por ter periodicidade na grandeza pressão como função do tempo. A repetição do perfil da onda sonora tem três características: intensidade, tonalidade e timbre. A primeira refere-se à magnitude das variações de pressão. A tonalidade está relacionada à frequência de vibração da onda sonora e o timbre, às diferenças que podem ser identificadas entre duas notas de mesma intensidade e tonalidade. A qualidade do timbre de um som musical tem a ver com o perfil sonoro (a forma da onda) que se repete. O perfil é composto por vários harmônicos e suas respectivas amplitudes produzidos pela vibração da fonte. Assim, um som de um instrumento ou voz é complexo no sentido de compor através de diversos sons puros (FEYNMAN, 2008).

A análise matemática do timbre é feita usando o teorema de Fourier, em que uma função periódica é representada por uma soma de senos e cossenos. O objetivo deste trabalho é mostrar a capacidade de diferenciar sons de instrumentos distintos e também vozes de diferentes pessoas através do timbre, pela análise matemática da onda sonora produzida.

A Física e a Matemática compartilham métodos e esquemas, oportunizando o desenvolvimento de processos que formem habilidades de pensamento e de representações no aluno. Para além disto, a matemática é estruturante do raciocínio físico. A utilização de *softwares* que explorem a representação matemática e gráfica mostra-se promissora, pela disponibilidade da tecnologia na vida cotidiana e pela potencialidade de formulação de modelos, diferenciando descrição de explicações (FERRACIOLI *et al.*, 2012). Martins e Garcia (2011) realizaram um levantamento da produção recente em cinco periódicos nacionais e constataram que a quantidade de trabalhos de ensino de física que usam *softwares* e modelagem produzidos entre 2000 e 2010 totalizava dezesseis, entre eles, apenas um sobre acústica.

O presente trabalho, portanto, propõe o estudo do timbre a partir da comparação do perfil sonoro produzido por violões distintos (cordas de nylon e cordas de aço) e a manipulação de funções trigonométricas usando o *Modellus*. Foi realizada uma atividade na qual os alunos gravaram o som dos dois violões com um microfone de computador e o timbre foi decodificado no programa *Audacity* e, assim, o perfil do sinal gravado foi comparado. Na segunda parte, a função trigonométrica seno foi trabalhada usando dois *softwares* livres: o *PhET* (2013) e o *Modellus* (2005). Estes *softwares* foram articulados de maneira estratégica para desenvolver o estudo matemático do timbre proposto, para que o aluno elaborasse o significado físico e matemático do conceito de timbre.

Detalhamento das Atividades

A intervenção foi realizada com 35 alunos de um cursinho preparatório popular oferecido pela Universidade Federal de Uberlândia no Campus Monte Carmelo-MG. Consistia na gravação do som de violão de cordas de nylon e de cordas de aço. A atividade foi iniciada pela seguinte problematização: “Por que conseguimos diferenciar o som de um violão de cordas de nylon de outro, de cordas de aço?”

Os alunos foram separados em trios. Após dialogarem brevemente sobre a questão problematizadora, foi solicitado que um deles tocasse a corda sol (terceira corda, escolhida de maneira aleatória) e essa foi captada pelo microfone do computador. Um violão de cada tipo foi disponibilizado para a turma toda pelo professor. Assim, os alunos deveriam abrir o *software* livre *Audacity* e proceder a decodificação do som emitido, comparando o perfil sonoro obtido por cada grupo. A atividade foi realizada na sala de informática da escola e utilizou também alguns *netbooks* para que cada grupo trabalhasse com um computador. A Figura 1 apresenta o resultado obtido num dos grupos.

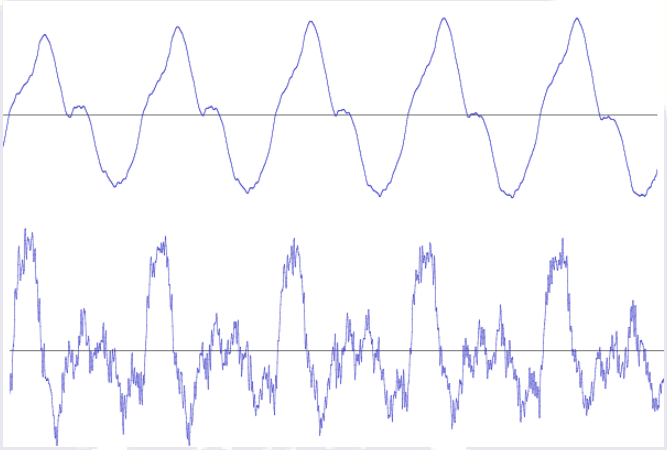


Figura 1: Perfil do som do violão de cordas de nylon (cima) e de aço (embaixo) para a corda Sol. Fonte própria.

Após a comparação visual, trabalhamos a representação matemática através da soma de harmônicos usando o *software PhET* – Criando ondas. O conceito de timbre foi abordado, assim como sua relação com o perfil sonoro e a matematização do mesmo. Usando a simulação "Fourier: Criando Ondas" (disponível em: https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/fourier), comparamos o perfil criado pela superposição de onze modos e seus componentes, como representado na Figura 2. Cada grupo recebeu um roteiro para implementar a atividade, com instruções básicas para a manipulação do aplicativo.

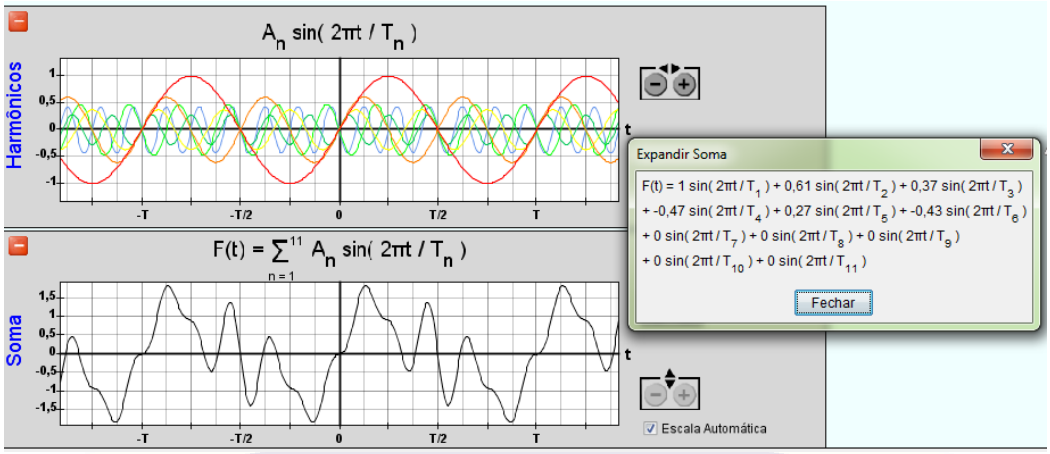


Figura 2: Série harmônica e perfil da onda resultante. Fonte: Simulação PhET "Fourier: Criando Ondas".

Na Figura 2, pode-se notar a visualização da série de Fourier. Por outro lado, o aplicativo não permite manipulação matemática, apresentado apenas a equação referente aos harmônicos selecionados. Optamos então pelo *software Modellus* para proporcionar um trabalho mais minucioso, destacando passo a passo a construção do perfil de onda usando a soma de senos com frequências múltiplas. Usando a mesma configuração de amplitudes e frequência do *PhET* e ainda, a relação da série de Fourier apresentada no aplicativo, montamos a equação no *software Modellus.* O roteiro fornecido aos estudantes delineava inicialmente instruções para escrever a função trigonométrica e seus respectivos parâmetros de amplitude e frequência na janela Modelo Matemático do *software*. Na sequência, escrevemos duas ou mais funções trigonométricas com amplitudes diversas e verificamos o resultado no gráfico. A Figura 3 apresenta um instantâneo das janelas do *software*.

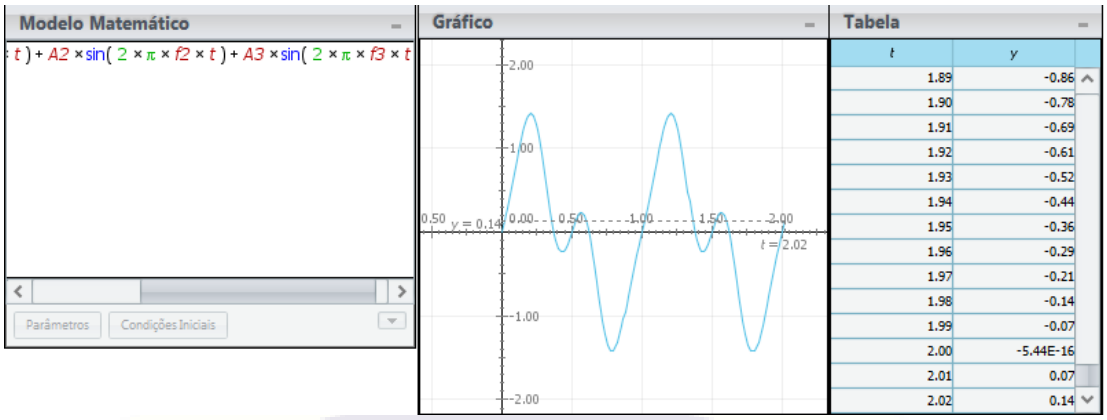


Figura 3: Modelagem para soma de três funções trigonométricas da Série Harmônica de Fourier para som. Fonte própria.

Análise e Discussão do Relato

Cada aluno teve a oportunidade de escrever as funções trigonométricas usando as frequências que desejassem, mas condicionadas ao número múltiplo inteiro da menor frequência. Desta forma, os alunos escreveram as expressões matemáticas na área esquerda e visualizaram o resultado gráfico na parte central, como representado na Figura 3. A visualização da tabela permitiu identificarem os valores numéricos gerados da função amplitude (eixo y) em função do tempo (eixo x).

Alguns alunos evidenciaram o interesse na atividade, como na pergunta "Qual é quantidade máxima de seno que posso colocar?" formulada por um deles. Outro estudante questionou: "Eu devo colocar os '*f*' em sequência, tipo, 1, 2, 3, ou posso por qualquer um?" Esse questionamento desencadeou um aprofundamento na exploração do significado do argumento das funções: a frequência deve ser número múltiplo inteiro da frequência menor. A ideia de frequência fundamental pode ser explorada, assim como o caráter adimensional dos argumentos de funções. Contudo, não há implicação de uma ordem sequencial, uma vez que a soma é comutativa.

Ao final, os estudantes realizaram uma atividade individual escrita sobre som e tratamento matemático do mesmo, na qual deveriam estabelecer uma comparação sobre o que pensavam antes (e discutiram em pequenos grupos motivados pela questão problematizadora) e depois das atividades. A maioria (30 de 35) articularam a noção de perfil sonoro à representação

por sobreposição de funções trigonométricas do mesmo, vários esboçando-o em forma de desenhos.

Considerações

O resultado esperado da aplicação desta sequência foi a associação do conceito de timbre de um som musical tanto no aspecto psicofísico quanto matemático. Em relação ao aspecto psicofísico, os alunos se esforçaram e conseguiram perceber que o ouvido percebe os dois sons distintos produzidos pelos violões, pelo simples fato dos violões apresentarem estrutura física diferentes um do outro. No que tange à matemática, os alunos manipularam a ferramenta matemática com subsídio do *software Modellus* e identificaram os argumentos das funções trigonométricas utilizados para representar os harmônicos de uma vibração da corda.

O uso de ferramentas didáticas podem melhorar a aprendizagem em um conteúdo específico. As ferramentas usadas já são exploradas na literatura e tem grande potencial de desenvolvimento cognitivo no aluno. O envolvimento dos mesmos foi maciço e, expressaram satisfação e entendimento. Neste sentido, a atividade relatada parte do princípio que o aluno deve ser ativo na construção do seu próprio conhecimento, deixando de ser apenas receptor de informações. As ferramentas usadas neste trabalho são gratuitas e de fácil manuseio, o que torna viável a utilização em sala de aula.

Referências

FERRACIOLI, L. *et al.* Ambientes de Modelagem Computacional no Aprendizado Exploratório de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2: p. 679-707, 2012.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de Física**: Mecânica, Radiação e Calor. Tradução de Adriana Válio Roque da Silva e Kaline Rabelo Coutinho. Vol. 1. Bookman. 2008.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D. Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: uma análise da produção recente. **Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Campinas-SP, 2011.