



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ESTUDO FÍSICO E MUSICAL DA VIBRAÇÃO DE BARRAS HOMOGÊNEAS POR MEIO DA KALIMBA

POTENTIALLY SIGNIFICANT TEACHING UNIT FOR THE PHYSICAL AND MUSICAL STUDY OF HOMOGENEOUS BARS VIBRATION THROUGH KALIMBA

Vinicius de Oliveira Moraes¹, Francisco Nairon Monteiro Júnior²

¹ Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo 58, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), vinicius-78@outlook.com

² Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo 58, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), naironjr67@gmail.com

Resumo

No presente artigo apresentamos o desenvolvimento e aplicação de um produto educacional, baseado nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, que se utilizou de um pequeno instrumento musical, a kalimba, da família dos lamelofones, voltado ao estudo físico e musical da vibração de barras homogêneas, fixas em uma de suas extremidades. Neste percurso, os alunos puderam manipular o instrumento, refletir sobre a função das lâminas, caixa de ressonância, cavaletes, suporte e orifícios, centrando a atenção no modelo físico-matemático que relaciona a frequência fundamental de vibração de cada lâmina ao seu comprimento útil. Na sequência, refletiram sobre a relação entre a frequência e as notas musicais, a partir do entendimento da escala de 12 semitons igualmente temperados. A análise da aplicação do produto, bem como dos dados coletados, apontou para a importância do protagonismo na aprendizagem significativa, bem como para a construção de um importante subsunçor para a continuidade dos estudos em acústica, qual seja o de que a frequência de vibração de um corpo é função de suas dimensões, que, no caso do citado instrumento, varia com o inverso do quadrado do comprimento da lâmina.

Palavras-Chave: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas; Kalimba; Física e Música.

Abstract

In the present article we present the development and application of an educational product, based on the Potentially Significant Teaching Units, which used a small musical instrument, the kalimba, from the lamellophone family, aimed at the physical and musical study of the vibration of homogeneous bars, fixed at one of its ends. In this course, students were able to manipulate the instrument, reflect on the function of the blades, resonance box, easels, support and holes, focusing attention on the physical-mathematical model that relates the fundamental frequency of vibration of each blade to its useful length. Next, they reflected on the relationship between frequency and musical notes, based on the understanding of the 12 semitone scale equally tempered. The analysis of the application of the product, as well as the data collected, pointed to the importance of protagonism in meaningful learning, as well as to the construction of an important subsumer for the continuity of studies in acoustics, which is that the vibration frequency of a body is a function of its dimensions, which, in the case of the aforementioned instrument, vary as the inverse of the square of the length of the blade.

Keywords: Potentially Significant Teaching Units; Kalimba; Physics and Music.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

Introdução

Existe um vasto universo de possibilidades de diálogo entre ciência e cultura, particularmente, no nosso caso, entre acústica física e acústica musical. Alguns interessantes produtos educacionais relacionados a este tema já foram desenvolvidos no âmbito do polo 58 – UFRPE do MNPEF. Tais produtos utilizaram-se da aprendizagem significativa enquanto teoria cognitivista, articulando-a com metodologias de aplicação, tais como os três momentos pedagógicos e o ensino sob medida no estudo da velocidade do som e sua medição (OLIVEIRA FILHO, 2022), a sequência didática potencialmente significativa para o estudo da equação representativa da onda estacionária numa corda fixa (CUNHA, 2019), para a compreensão do conceito de ressonância (MEDEIROS, 2019) e ainda no estudo dos tubos sonoros (MACIEL NETO, 2019), bem como uma sequência de ensino investigativa (SEI) para o estudo de físico e musical de cordas homogêneas, fixas em ambas as extremidades.

Quase não há trabalhos sobre o uso da kalimba como instrumento da análise física e musical da vibração de uma barra homogênea, presa em uma de suas extremidades. Na revisão bibliográfica em que analisamos os principais periódicos e encontros de ensino de física do Brasil (Experiências em Ensino de Ciências, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física, Revista do Professor de Física, A Física na Escola, Aprendizagem Significativa em Revista, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Simpósio Nacional de Ensino de Física, Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Congresso Nacional de Educação, Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências), não encontramos nenhum trabalho versando sobre esse tema, o que aponta para a originalidade da pesquisa que realizamos, consistindo, assim, numa nova contribuição para a apropriação da relação entre física e música, voltada para o desenvolvimento de produtos educacionais.

É, portanto, neste esforço de pesquisa que ofertamos a presente contribuição para este maravilhoso e instigante mundo do estudo das vibrações de fontes de instrumentos musicais. Encontramos na kalimba um corpo sonoro que levou ao desenvolvimento de interessantes atividades no ensino da física do som – estamos nos referindo, especificamente, ao estudo de vibração de barras, no contexto do funcionamento de uma importante fonte sonora de instrumentos musicais da família dos lamelofones.

1. Fundamentação Teórica

Segundo a teoria de David Ausubel (MOREIRA, 2011), o processo de aprendizagem acontece quando envolve a interação da nova informação abordada com a estrutura cognitiva do aluno. Assim, devemos sempre considerar os conhecimentos prévios como ponto de partida para um novo conhecimento. Dessa forma, é necessário que o aluno encontre significado no que está aprendendo, para que significativamente possa aprender. Essa metodologia de ensino deve ser feita por meio de uma sequência didática, através de uma linha cognitivista, onde o foco está nos processos mentais como percepção, resolução de problemas, tomadas de decisões, informações processadas e compreensão a partir de uma avaliação do que os alunos previamente sabem.

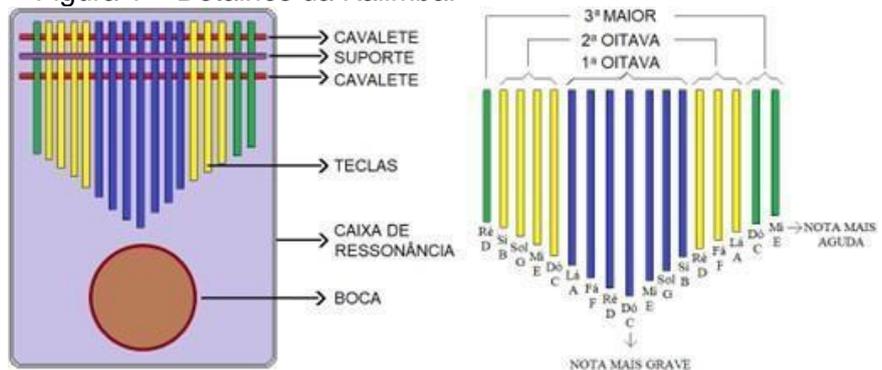
A teoria cognitiva de Ausubel incentiva o uso de organizadores prévios que servem como instrumentos para uma nova abordagem. Elementos introdutórios devem ser apresentados antes de ser aprendido. Não somente a nova informação, mas também o antigo conceito acaba sofrendo modificações pela interação entre ambos. O ponto central da teoria é o termo subsunçor, que pode ser entendido como o ponto cognitivo do aluno que dará sentido a um novo conhecimento. Essa associação dos conhecimentos prévios com os novos conhecimentos resulta na aprendizagem significativa.



Foi neste contexto investigativo que utilizamos a Kalimba, a qual consiste de um conjunto de lâminas (também chamadas de teclas) fixado no tampo superior de uma caixa de ressonância, possuindo um ou mais orifícios, cuja função é a de otimizar a propagação do som produzido pela vibração das lâminas e amplificado pela caixa de ressonância. Tal caixa de ressonância é, em geral, construída em madeira e possui a mesma função da caixa de um violão ou violino ou ainda de um piano, qual seja, a de amplificar o som. A figura 1 mostra a Kalimba e sua afinação mais comum.



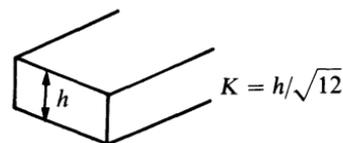
Figura 1 – Detalhes da Kalimba.



Fonte: os autores.

Sabemos que quando uma lâmina, presa em uma das extremidades, é posta para vibrar, ela vibra em frequências que dependem, fundamentalmente, da sua elasticidade e comprimento. O detalhamento do modelo físico para a vibração de uma lâmina homogênea encontra-se na dissertação de mestrado (MORAES, 2022) e não será apresentado aqui por exiguidade de espaço. Para uma lâmina de espessura h e comprimento L , os modos naturais de vibração, tomando a condição de que ela está presa numa das extremidades, como no caso da kalimba, são dados por:

$$f_n = \frac{\pi K}{8L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$



onde E é o coeficiente de elasticidade, K o raio de giração, e ρ a densidade linear.

Partindo dessa relação matemática, podemos observar que a frequência do modo fundamental varia com o inverso do quadrado do comprimento da lâmina, ou seja, $f_1 \sim \frac{1}{L^2}$. Isso significa que quando a lâmina vibra com a metade de seu comprimento, sua frequência quadruplica, alcançando duas oitavas, enquanto que na corda vibrante, quando a vibração se dá com a metade do seu comprimento inicial, a frequência apenas dobra (uma oitava), consistindo numa diferenciação progressiva.

2. Métodos e Materiais

Nossa pesquisa se insere na perspectiva qualitativa do tipo etnográfico, mais especificamente “empírica experimental qualitativa”, na medida em que nos inserimos enquanto professor e pesquisador na aplicação do produto, utilizando, para tanto, as UEPS. Utilizamos como instrumento de coleta de dados o questionário inicial, bem como os questionários e resultados das atividades experimentais. Na análise, criamos três categorias, quais sejam:



CATEGORIA 1: viabilidade do debate entre os componentes de cada grupo, criados com vistas à integração de ideias e pensamentos em torno das respostas ao questionário inicial, no entendimento de que as frequências de vibração de um corpo sonoro dependem de suas dimensões.

CATEGORIA 2: viabilidade de atividades experimentais, sendo a 1^o atividade a construção ou o reforço da subsunção necessária ao entendimento da física da vibração de uma lâmina, reforçando a ideia de que a frequência de vibração é função do comprimento da lâmina.

CATEGORIA 3: viabilidade de atividades experimentais, sendo a 2^o atividade de reconciliação integrativa dos conhecimentos e experiências vivenciados nas duas atividades anteriores, buscando fatores positivos ou negativos do produto educacional. A seguir apresentamos a estrutura da UEPS:

Aula 1:

Atividade 1 (10 minutos): apresentação do tema valorizando o protagonismo dos estudantes e a experimentação envolvendo física e música, evidenciando que se trata do fechamento do estudo que está sendo feito sobre ondas mecânicas e som.

Atividade 2 (20 minutos): aplicação do questionário inicial, mostra de um vídeo sobre a kalimba e debate sobre o que eles acharam interessante, procurando relevar se observaram detalhes da confecção da kalimba, bem como conceitos de acústica que aparecerem nas falas dos alunos.

Atividade 3 (20 minutos): atividade experimental 1 sobre a vibração de uma lâmina de serra, com ficha de laboratório com passos a serem executados e questionário dos conhecimentos prévios.

Aula 2:

Atividade 4 (25 minutos): a partir a socialização das respostas da atividade experimental, introduzir a equação matemática que descreve o modo fundamental de vibração da lâmina em função do seu comprimento, discutindo os conceitos de frequência e altura.

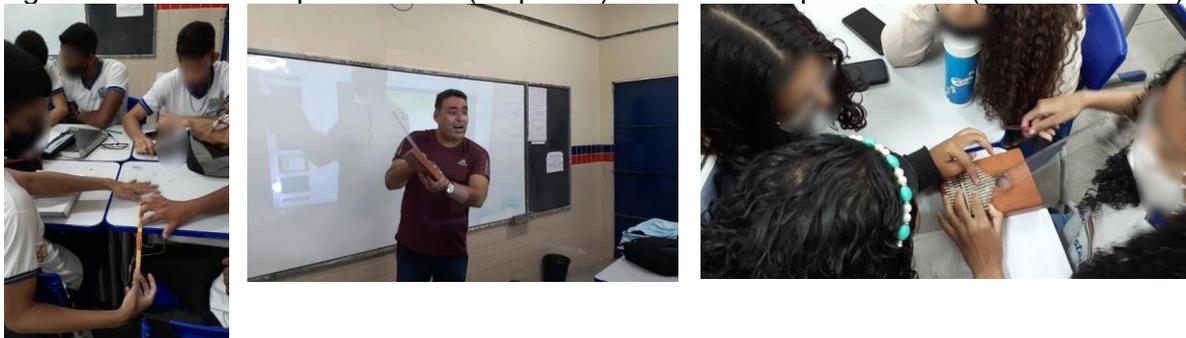
Atividade 5 (25 minutos): uma vez clara a dependência da frequência com relação ao comprimento da lâmina, podemos partir para o debate em torno da escala da kalimba. Neste momento, o professor apresenta a escala cromática de 12 semitons como uma progressão geométrica de razão $\sqrt[12]{2}$, bem como os padrões de intervalos das escalas maior e menor, evidenciando que são derivadas da escala de 12 semitons.

Aula 3: Avaliação

Atividade 6 (50 minutos): atividade experimental 2, qual seja a medição do comprimento útil das 17 lâminas da kalimba, anotando os valores na ficha de atividade. Na sequência, os estudantes irão calcular os valores, tomando por base o valor medido para a lâmina de maior comprimento (dó) e calculando os comprimentos das outras 16 lâminas, utilizando a razão $\sqrt[12]{2} = 1,059$.

Os detalhes da confecção do produto educacional, bem como da sua aplicação podem ser encontrados na dissertação de mestrado (MORAES, 2022). Na figura 2 apresentamos algumas imagens da aplicação do citado produto.

Figura 2 – atividade experimental 1 (esquerda) e atividade experimental 2 (centro e direita).



Fonte: os autores.



3. Resultados e Discussões

CATEGORIA 1 (análise das respostas ao questionário inicial): as respostas ao questionário inicial foram bastante satisfatórias. Em todos os cinco grupos, as respostas apontaram para a diferença entre sons agudos e sons graves, a saber, entre as vozes feminina e masculina, entre aguitarra e o baixo, entre o tarol e a alfaia e, também entre as teclas de um mesmo instrumento, no caso, a lira. No caso da guitarra e do contrabaixo, todos os grupos atribuíram a qualidade de agudo ou grave à espessura das cordas. Interessante observação apareceu na resposta dada pelo grupo 4, na afirmação de que “a diferença entre baixo e guitarra é que no baixo tem um som bem mais grave, por isso ele costuma ser usado pra marcar bem o ritmo da música. A guitarra é menor do que o baixo e tem cordas a mais também.”. Além da resposta apontar a diferença entre o tamanho da guitarra e do baixo, aparece outro elemento da performance musical que é a marcação do ritmo.

CATEGORIA 2 (análise das respostas da atividade experimental 1): As respostas dadas pelos cinco grupos à primeira pergunta apontam que houve o entendimento de que a frequência, no caso particular de uma lâmina, depende do seu comprimento útil, muito embora, em algumas delas, os termos não tenham sido precisos. Termos como “vibração menor”, “devagar fica a lâmina” e “mais rápida fica a oscilação” foram utilizados para se referir à frequência. Aqui cabe refletir sobre o que é mais importante, o signo ou o significado? Importa perceber que a ideia que está por trás destes termos é frequência e, portanto, cientificamente coerente, necessitando atribuir à significação o signo correto (frequência). No caso da segunda pergunta, percebemos uma certa discrepância nas significações atribuídas pelos grupos à experiência. Precisamos, observar, antes de tudo, que, na medida que diminuimos o comprimento útil da lâmina, não só a frequência aumenta, mas também a intensidade do som emitido. Essa significação parece estar presente nas afirmações de que “quanto mais perto maior o som” ou “que quanto mais fora do tampo, o som da lâmina é menor”, estando presente a percepção de que a frequência varia como comprimento.

CATEGORIA 3 (análise das respostas da atividade experimental 2): todos os grupos perceberam desvio entre os valores medidos e os calculados para os comprimentos úteis das lâminas da kalimba e chegaram à compreensão de que tais diferenças resultam da desafinação dos exemplares analisados. Tal conclusão pode ser percebida nas respostas dadas pelos grupos 1, 2 e 4, respectivamente, “concluimos que a afinação está desregulada”, “que ela não está muito afinada” e “há uma diferença, pra menor”. Interessante registrar que as repostas dadas pelos grupos 3 e 5, além de apontarem para a desafinação, perceberem, intuitivamente, um detalhe importantíssimo no estudo da sensibilidade da percepção auditiva, qual seja, o de que o ouvido percebe variações muito pequenas de frequência e que, por isso, os instrumentos musicais precisam ser afinados com bastante precisão. Ao afirmarem que “por causa de milímetros o som consegue ficar diferente” e que “o que podemos concluir, por mais que o detalhe seja pequeno faz uma grande diferença” indica para esta maravilhosa característica da audição humana.

4. Considerações Finais

Os alunos conseguiram perceber que a vibração de uma lâmina no seu modo fundamental depende de seu comprimento, inclusive ampliando a compreensão de que as frequências de vibração de um instrumento dependem das suas dimensões. Nesse percurso, percebemos que a ludicidade e a curiosidade são fatores importantes na aprendizagem, pois são o caminho para despertar o interesse, uma vez que os alunos aprendem se estiverem motivados para tal. Valorizar o protagonismo, desde a identificação desse instigante instrumento musical, sua afinação, reconhecimento das notas musicais de cada uma das lâminas, a relação com suas frequências de vibração com vistas à apreensão do modelo físico representativo dos modos normais de vibração



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

da lâmina, resultou numa participação ativa na manipulação do instrumento, que levou à percepção auditiva da variação do som de acordo com o comprimento de cada lâmina.

Com respeito à categoria de análise 1, notamos que o debate em torno das respostas ao questionário inicial levou, em parte, à percepção da relação entre os modos normais de vibração e as dimensões vibrantes dos corpos sonoros. Com respeito à categoria 2, a atividade experimental 1 permitiu a construção ou reforço da subsunção necessária ao entendimento da física da vibração de uma lâmina, reforçando a ideia particular de que a frequência de vibração é função do comprimento da lâmina. Com respeito à categoria de análise 3, o percurso apontou a viabilidade da atividade experimental 2 na reconciliação integradora dos conhecimentos físicos e musicais, agora percebendo a relação entre cada lâmina da kalimba e a experiência da serra, bem como os diferentes comprimentos que geram as diferentes frequências das notas musicais do instrumento.

Por fim, a análise dos dados coletados apontou para a importância do protagonismo na aprendizagem significativa, bem como para a construção de um importante subsunção para a continuidade dos estudos em acústica, qual seja, o de que a frequência de vibração de um corpo é função de suas dimensões.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

ARAÚJO FILHO, J. V. **Sequência de ensino por investigação significativa no estudo das relações entre física e música em atividades experimentais envolvendo o oscilador de Melde.** 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.

CUNHA, R. C. **Investigando a equação de uma onda estacionária no tempo e no espaço por meio de atividades experimentais como organizadores avançados.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.

MACIEL NETO, A. S. **Sequência didática para a aprendizagem significativa da acústica física e da acústica musical, relativas aos tubos sonoros, utilizando organizadores prévios e atividades experimentais com o tubo de Kundt.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.

MEDEIROS, A. C. B. **Ciência e percepção: Aprendizagem significativa do conceito de ressonância por meio de atividades experimentais como organizadores avançados.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.

MORAES, V. O. Unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo físico e musical da vibração de barras homogêneas por meio da análise experimental da kalimba. 2022. 77f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.



Encontros Integrados em Física e seu Ensino 2022

II Encontro do MNPEF (En-MNPEF)
VIII Escola Brasileira de Ensino de Física (EBEF)
XI Escola de Física Roberto A. Salmeron (EFRAS)

Universidade de Brasília
Instituto de Física
12 a 16 de dezembro de 2022

100 anos de Darcy Ribeiro

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente.** Aprendizagem Significativa em Revista, v. 1, n. 3, 2011.

OLIVEIRA FILHO, J. P. **Sequência didática investigativa baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov para a determinação experimental da velocidade do som no ar.** 2022. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife.