



Ateliê do Som: proposta de uma estratégia baseada na Educação STEAM para a aprendizagem de ondas sonoras

Sound Atelier: proposal of a strategy based on STEAM Education for the learning of sound waves

Emerson de Souza Queiroz¹



<https://orcid.org/0000-0002-5509-3422>



<http://lattes.cnpq.br/5428369614381446>

Marcus Vinicius Pereira²



<https://orcid.org/0000-0002-8203-7805>



<http://lattes.cnpq.br/7374980263691850>

RESUMO

Apesar de o estudo das ondas sonoras possuir relevância, ainda são incipientes aplicações práticas considerando a abstração do tema. Esta pesquisa tem por objetivo propor uma estratégia didática para o ensino de ondas sonoras por meio da educação STEAM, que resultou em um vídeo para apresentar o Ateliê do Som – um ambiente de aprendizagem colaborativa para o uso pedagógico do instrumento musical de 14 cordas – uma cítara em formato de quebra-cabeças. Além desse instrumento, seis artefatos textuais foram confeccionados – manual de montagem, itinerário pedagógico e quatro dinâmicas de aprendizagem. O vídeo como produto educacional foi aplicado remotamente com 23 professores da Educação Básica pública das áreas de Matemática e Ciências da Natureza. Como resultado, podemos afirmar que o produto atendeu às expectativas para apresentar o potencial do Ateliê do Som, tornando viável e aplicável os artefatos associados à estratégia didática, conforme evidenciaram as respostas dos docentes participantes.

Palavras-chave: Música; Ondas sonoras; STEAM.

ABSTRACT

Although the study of sound waves is relevant, practical applications are still incipient, considering the abstraction of the theme. This research aims to propose a didactic strategy for the teaching of sound waves through STEAM education, which resulted in a video to present the Sound Atelier - a collaborative learning environment for the pedagogical use of the 14-string musical instrument - a zither in puzzle format. In addition to this instrument, six textual artifacts were made – assembly manual, a pedagogical itinerary, and four learning dynamics. The video as an educational product, was applied remotely with 23 public Basic Education teachers in the areas of Mathematics and Natural Sciences. As a result, we can say that the product met the

¹ Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Nilópolis/RJ – Brasil. E-mail: profmat.queiroz@gmail.com

² Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Nilópolis/RJ – Brasil. E-mail: marcus.pereira@ifrj.edu.br



expectations to present the potential of the Sound Atelier, making the artifacts associated with the didactic strategy viable and applicable, as evidenced by the responses of the participating professors.

Keywords: *Music; Sound waves; STEAM.*

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem por objetivo propor uma estratégia didática para o ensino de ondas sonoras por meio da educação STEAM, que resultou em um vídeo para apresentar o Ateliê do Som – um ambiente de aprendizagem colaborativa para o uso pedagógico do instrumento musical de 14 cordas – uma cítara em formato de quebra-cabeças. Algumas indagações permeiam a pesquisa: será possível estudar ondas sonoras de uma forma prática? Como trabalhar a Matemática e a Física ao tocar um instrumento musical de cordas? A tecnologia pode ser aliada a esse processo? A Arte pode ser elemento motivador para criatividade? Refletindo sobre a possibilidade de estudar ondas sonoras com o uso da Engenharia, Tecnologia, Música e Matemática, a Educação com abordagem STEAM se configura como uma sugestão para responder aos questionamentos levantados anteriormente e desenvolver práticas pedagógicas que contribuam no processo de ensino e aprendizagem. Essa abordagem com foco nos estudantes por meio de desafios propostos pode conectar os conceitos de ondas sonoras estudados em sala de aula ao mundo real. A possibilidade de encontrar um aluno que tem contato com a música, ou que pretende ter, não é rara. Assim, pretendemos apresentar significado nas aplicações práticas na compreensão do fenômeno natural relacionado à música por meio de um vídeo como produto educacional e os artefatos associados a ele.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Breiner et al. (2012, p. 3, tradução nossa),

o termo STEM surgiu, na verdade, de SMET, quando este começou a ser utilizado pela *National Science Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, nos anos de 1990, para designar as quatro áreas juntas, sem ênfase ou militância: ciências, tecnologia, engenharia e matemática, do acrônimo para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Todavia, no ano de 2001, STEM foi cunhado pela então diretora da NSF, Judith Ramaley, e daí em diante se espalhou pelo mundo. Curiosamente, o termo ganhou muito mais adesão nessa nova ordem das letras.

Assim, a Educação STEM alcançou grandes proporções com investimentos do governo e de empresas privadas com o objetivo de melhorar a quantidade e a qualidade de profissionais a fim de garantir o progresso econômico e social dos EUA. No governo do Presidente Obama, foi lançado o Plano Federal para Educação STEM: plano estratégico para 5 anos. Gesser e DiBello (2016, p. 84) relatam que

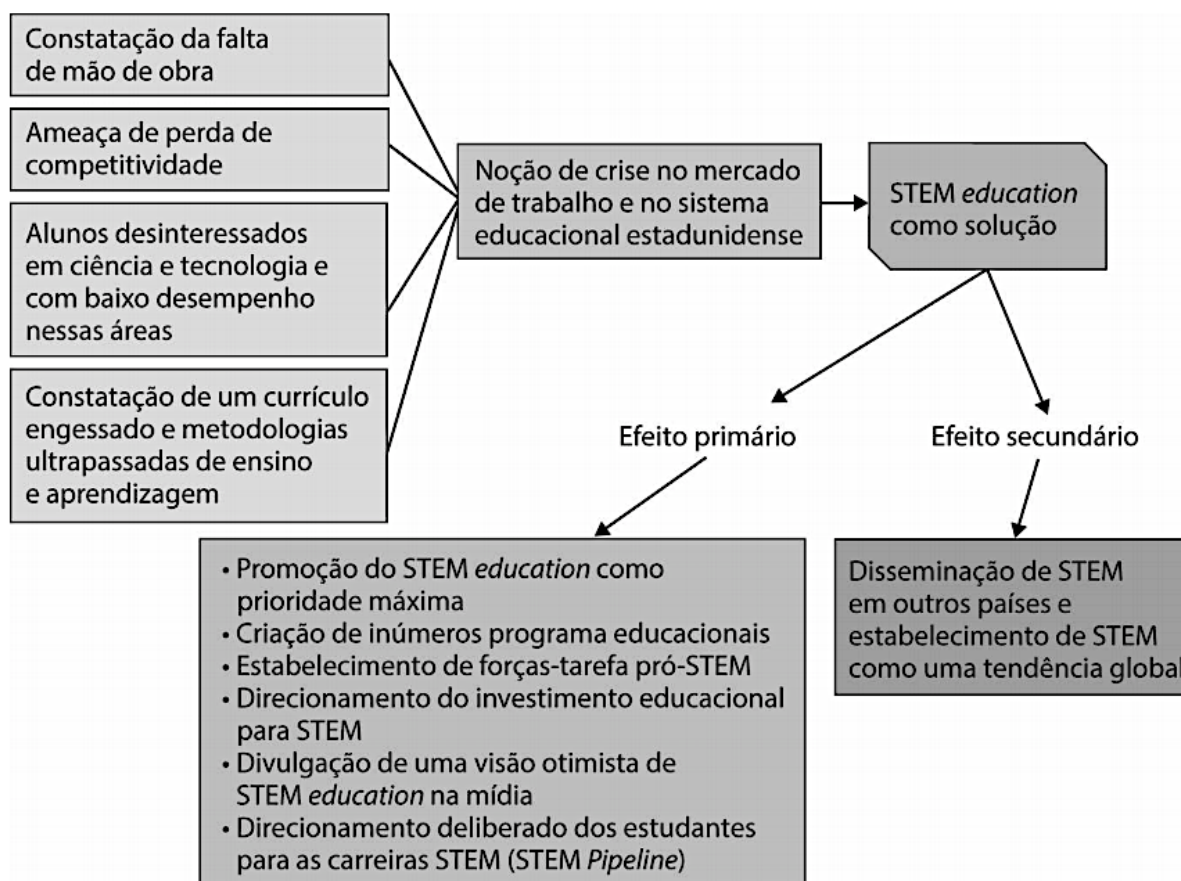
investir em educação para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática é fundamental para o futuro dos Estados Unidos e sua economia, pelas seguintes razões: a) os postos de trabalho do futuro serão trabalhos voltados a STEM; b) o sistema educacional da Educação Básica Americana está abaixo da média dos 33 países que fazem parte da OCDE (Organization for Economic Cooperation and Development) que recentemente participaram do estudo PISA (Programme for



International Student Assessment). Doze (12) desses países têm melhores scores que os Estados Unidos em Ciências e 17 deles têm melhores scores em matemática; c) progresso em relação ao Plano STEM é crítico no sentido de construir uma sociedade justa e inclusiva.

A intenção do plano era alcançar impactos significativos com foco em pontos específicos que contemplassem a educação básica, o incentivo a carreira STEM entre os jovens, a qualidade dos programas de graduação em STEM, a inclusão dos grupos historicamente mal representados socialmente e a criação de programas de pós-graduação para a força de trabalho STEM. Em meio às novas tendências sociais e disputas no mercado econômico mundial, a educação com abordagem STEM é apresentada como uma das soluções para trabalhar competências e desenvolver habilidades no estudante que poderá se tornar um profissional qualificado e competitivo no futuro. Baseado nesse histórico, Bacich e Holanda (2020, p. 16) traçam no fluxograma a seguir (Figura 1) um panorama com os efeitos primários e secundários do STEM.

Figura 1 – Panorama da Educação STEM.



Fonte: Bacich e Holanda (2020).

Essa tendência global, apresentada como efeito secundário no fluxograma acima, se concretiza e tem alcançado vários países. Segundo a plataforma de informação GETChina Insights (2022), o Ministério da Educação da China anunciou, em 2017, a inclusão do STEM no currículo do país e, em



2018, em Pequim, lançou um plano de ação para educação STEM com metas até 2029. O plano inclui equipamentos para as escolas, cooperação de cientistas, empresas em parceria com o governo chinês com objetivo de promover inovação científica e tecnológica, entre outros. De acordo com a Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority (Autoridade Australiana de Currículo, Avaliação e Relatório – ACARA), em 2016, a Austrália lançou o programa denominado *National STEM School Education Strategy* (Estratégia de Educação Escolar STEM) com duração até 2026. O programa tem como objetivo preparar os estudantes na carreira STEM para construir uma Austrália forte e competitiva no mercado econômico mundial.

No Reino Unido, segundo a plataforma *Parlament UK*, o governo publicou um relatório, em 2018, que esclareceu a preocupação nas duas últimas décadas em melhorar nos estudantes britânicos habilidades em STEM para aprimorar a força de trabalho, crescimento econômico no país, além de enfatizar a valorização das mulheres na carreira STEM. Segundo Shin *et al.* (2018), depois da crise financeira asiática de 1997, o governo coreano iniciou uma política nacional de investimentos em carreiras STEM, no intuito de melhorar a motivação acadêmica e profissional dos estudantes nessa área do conhecimento. Um exemplo foi o *Bain Korean 21* (BK21), um projeto nacional coreano que visava ao apoio de estudantes de graduação em Ciência e Tecnologia que resultou no aumento do número de cotas para os que desejam ingressar nessas áreas.

Em 2008, no Instituto Politécnico e Universidade Estadual da Virgínia (*Virginia Tech*) nos EUA, surgiu a proposta de Georgette Yakman da inclusão da letra “A” na sigla STEM, representando Arte e Design, uma proposta que defende a aprendizagem conectada à formação cognitiva, social e emocional do estudante. A Figura 2 mostra o diagrama do STEAM proposto por Yakman (2018). Essa aprendizagem holística no topo da pirâmide apresenta conhecimentos estimulados por procedimentos educacionais que tenham significado para o estudante, em que a conexão das áreas do conhecimento na base da pirâmide ultrapasse a visão multidisciplinar.

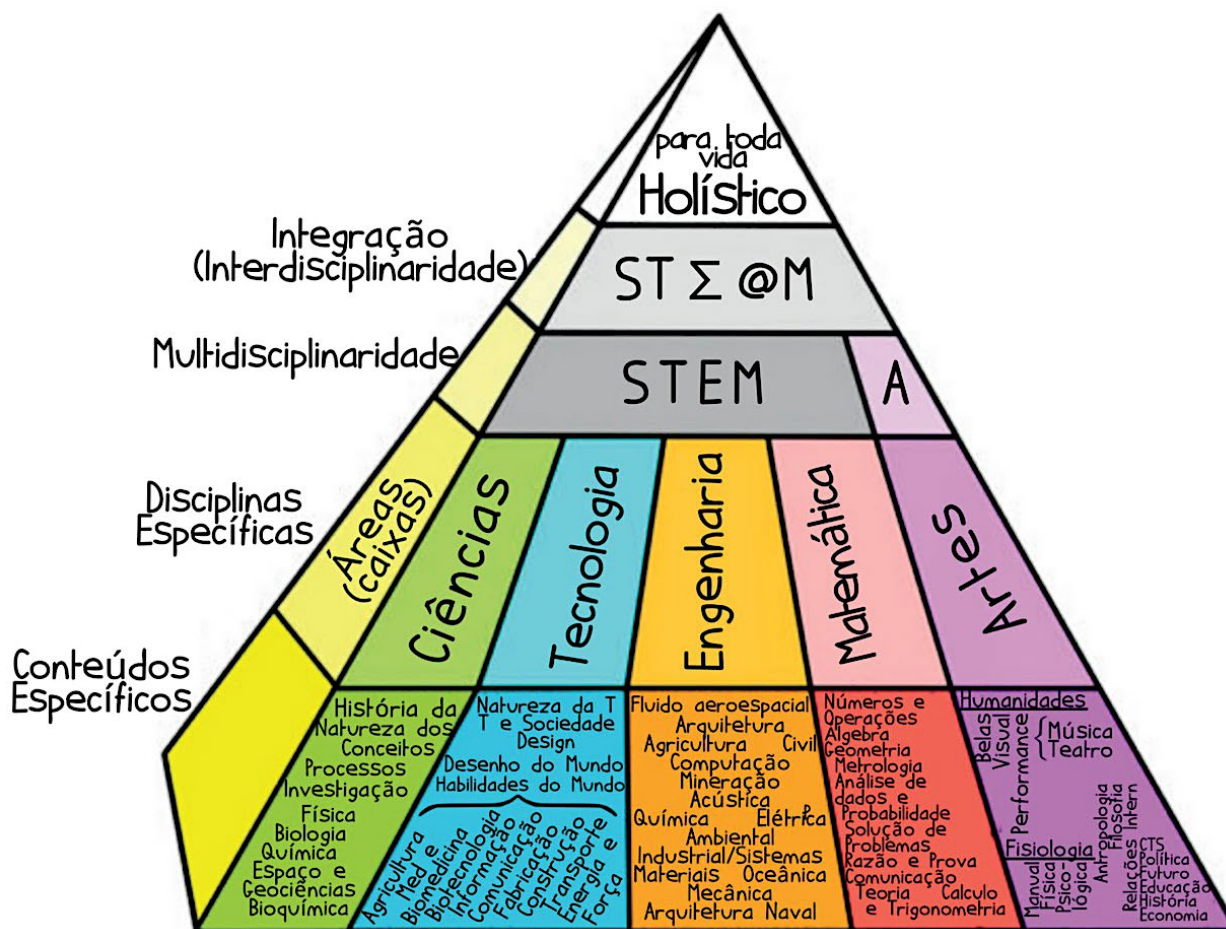
O movimento STEAM chega, então, ao Brasil com objetivos diferentes dos outros países relatados anteriormente, uma vez que em âmbito internacional existia interesse dos governos nas áreas do conhecimento abrangidas pela sigla. A percepção que a educação na escola está ligada aos avanços científicos, tecnológicos, políticos e econômicos é bem nítida com os planos desses governos voltados para um projeto de educação. Em nosso país, o movimento não surge apenas da vontade política, pois emerge da escola e da academia, com educadores antenados na busca por inovações no ensino e na aprendizagem. Um dos fatores associados ao fato de o movimento STEAM chegar de forma tardia ao Brasil decorre da economia baseada na exportação de *commodities* (matérias-primas essenciais que possuem baixo nível de industrialização) e a escassez de qualificação na área STEAM não impactar, em um primeiro momento, o mercado de trabalho, pois em relação aos outros países o Brasil produz pouca tecnologia e consome muitos dispositivos tecnológicos.

Não se percebe, na educação básica pública, investimentos para desenvolver a educação STEAM, mas sim apenas tentativas isoladas por meio de projetos com educadores que pesquisam sobre a proposta. Algumas instituições privadas de ensino já investem na criação de programas STEAM, com, por exemplo, a troca dos laboratórios de informática por ambientes de aprendizagem *maker* (ambiente escolar com objetivo de promover criação, investigação e resolução de problemas), inclusão de robótica e ações relacionadas à formação de professores. Além das escolas privadas,



surgem algumas *startups* (empresas emergentes) na educação com propostas de produtos para atender a essa nova realidade. Mesmo com todo o cenário brasileiro desfavorável em relação aos outros países, o STEAM apresenta propostas também alinhadas ao perfil do estudante brasileiro do século XXI e à BNCC, e começamos a encontrar, tanto na escola como na academia, ações para a promoção da Educação STEAM.

Figura 2 – Diagrama do STEAM.



Fonte: Resende e Pereira (2022, p.15) adaptada de Yakman (2018).

Após a inserção da letra "A" na sigla STEAM, surgiram movimentos de apoio com expressão significativa, como, por exemplo, o do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e da Universidade de Harvard. A *Rhode Island School of Design* (RISD), uma faculdade de artes plásticas e designs, propôs a Arte como elemento motivador para ativar a aprendizagem dos estudantes e considera a criatividade como elemento primordial nesse processo. Segundo Root-Bernstein e Root-Bernstein (2001), as pessoas mais criativas do mundo relatam com palavras e atos a essência da criatividade, que podem ser desenvolvidas por



ferramentas que incluem a capacidade de observar, evocar imagens, abstrair, reconhecer padrões, formar padrões, fazer analogias, pensar com o corpo, ter empatia, pensar de modo dimensional, criar modelos, brincar, transformar e sintetizar. [...] Cientistas, artistas e músicos falam todos de “ver” mentalmente representações de coisas que, na verdade, nunca viram, de “ouvir” sons e canções que ainda não foram feitos, e de “sentir” as propriedades sensoriais de coisas que nunca tocaram realmente. (ROOT-BERNSTEIN; ROOT-BERNSTEIN, 2001, p. 35)

É importante observar que a música está inserida na base da pirâmide proposta por Yakman (2008) na Figura 2 e pode ser um potencial para trabalhar Artes no STEAM. Segundo Bacich e Holanda (2020, p. 205), existe uma aproximação entre Ciência e Arte e, de forma poética, relata que “caminhantes como errantes em busca, na maioria das vezes, do que não há condição de saber antes da caminhada. É o que faz o investigador, seja ele cientista, seja ele artista”. Assim, a prática da investigação aproxima a Ciência da Arte no STEAM e reforça essa caminhada por diferentes saberes e interação entre as diferentes áreas do conhecimento.

É possível encontrar, na literatura científica, trabalhos que propõem a Música no campo do ensino em diferentes áreas do conhecimento, que apresentamos, a seguir, alguns desses como uma revisão de literatura sobre o tema. Na dissertação de Camargos (2010), foi proposta a utilização de modelos matemáticos com Música nos estudos de Progressão Aritmética (PA) e Progressão Geométrica (PG) para construir uma flauta com tubos de PVC e, na mesma ação, construir também outro instrumento musical, uma marimba de garrafas para estudar frações. Silva (2020) inseriu a música como recurso pedagógico no ensino de Química, descrevendo o interesse e a motivação dos estudantes no contato com a música ao utilizar em sua prática o violão no acompanhamento de canções nos desdobramentos das teorias de Química. Carvalho (2020) investigou as relações entre a Música e a Matemática com objetivo didático na proposta de aprendizagem da Matemática como suporte às estruturas musicais.

Para isso, recorreu aos estudos de Pitágoras para justificar a proporcionalidade que existe na escala musical, enfatizando a importância da interdisciplinaridade nesse processo. Araujo *et al.* (2017) relataram em seu trabalho a música como ferramenta de ensino na disciplina de Ciências Naturais com objetivo de discutir a relação entre Ciência e Música. De forma lúdica, esses autores trabalharam o sistema solar com paródias, palmas e instrumentos musicais. Souza, Pires Neto e Silva (2020), por meio da análise de vídeos no *YouTube*, fizeram uso da música como recurso didático-pedagógico no ensino de eletroquímica, trabalhando com vídeos de músicas com fenômenos do cotidiano, conteúdos interdisciplinares e paródias com teorias de Química. Sartori e Faria (2020) realizaram análises de trabalhos publicados nas últimas quatro edições do Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM) e estabeleceram relações entre Música e Matemática. Eles analisaram trabalhos que utilizavam a música no ensino de frações, a forma lúdica de abordar essas áreas do conhecimento e a problematização utilizada.

Em concordância com Barros (2008), existem aproximações científicas entre Arte e Ciência, sendo a música uma das Artes mais ligadas ao campo da Matemática e da Física. A criatividade impulsiona tanto o artista quanto o cientista, e alcança dimensões subjetivas que implicam aspectos sensoriais, nos envolvendo no campo da emoção. Dessa forma, o contato com a música desenvolve sentimentos expressos por meios dos sons, e, se utilizados em propostas educacionais lúdicas, podem facilitar a



aprendizagem de conceitos científicos. De acordo com Cerri (2017), as atividades lúdicas acionam o pensamento e a memória, geram oportunidades para expansão das emoções, aguçam as sensações de prazer e incentivam a criatividade. Mesmo que o objetivo dessa pesquisa não seja o funcionamento cerebral, vale a pena salientar que a música é perfeita para desenvolver o intelecto, uma vez que sua prática desenvolve habilidades como a memória auditiva, memória cinestésica, memorial tátil e memória lógico matemática.

3. DESENVOLVIMENTO DOS ARTEFATOS E DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Ateliê do Som é um ambiente de aprendizagem colaborativa para o estudo das ondas sonoras, intitulado assim pelo autor da pesquisa, e concebido a partir de sete (7) artefatos que o compõem: a própria cítara quebra-cabeças, um manual de montagem do instrumento musical, um itinerário pedagógico e quatro (4) dinâmicas de aprendizagem desenvolvidas por meio de desafios. A confecção desse conjunto de materiais se apoia na metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (APB) e no sociointeracionismo de Vygotsky para o aprendizado das ondas sonoras. Esse conjunto de artefatos juntamente com o vídeo como produto educacional visam mostrar que a estratégia é factível e poderá ser implementada em um espaço físico como uma sala de aula, laboratório ou qualquer espaço arejado com eletricidade e ponto de internet. O termo “ateliê” foi escolhido, pois remete ao local ou oficina onde pessoas experimentam, criam e produzem arte e artesanato, e, em alguns casos, trabalham de forma cooperativa.

O objetivo inicial era aplicar a estratégia com estudantes, porém as restrições impostas pela pandemia direcionaram a pesquisa para um produto audiovisual voltado para professores na forma de um vídeo tutorial para apresentar o uso pedagógico da cítara quebra-cabeças, os materiais didáticos e as ferramentas utilizadas no Ateliê do Som. Esse produto foi, então, validado por meio da exibição do vídeo para docentes de Matemática e Ciências da Natureza da Educação Básica e aplicação de um questionário online, cujas respostas subsidiaram nossos resultados.

3.1 Cítara quebra cabeças

A cítara é um instrumento musical muito antigo, mas, nesta pesquisa, sofreu adaptações em sua fabricação visando se alinhar à prática pedagógica da abordagem STEAM. Após vários testes, foi projetada como um quebra-cabeças. Mesmo sem a utilização de cola ou vedação, houve uma preocupação na qualidade sonora do instrumento. A montagem, a afinação e a execução de composições musicais podem ser realizadas por qualquer pessoa, devido às codificações das partes musicais no formato de gráfico de linhas e uso da tecnologia digital por meio de aplicativos. A cítara quebra-cabeças faz jus ao nome devido aos encaixes de suas peças e manipulação das ferramentas, que requer um pensamento lógico-matemático em sua montagem. Sua fabricação primou pela qualidade sonora da acústica, mas sem utilização de cola, o que possibilita a montagem e desmontagem do instrumento apenas por meio dos encaixes de madeira e parafusos em sua vedação, e, principalmente, a sua reaplicação em diferentes salas de aulas e diferentes contextos após sua desmontagem. O kit básico de ferramentas para a montagem da cítara é composto por martelo, chave de fenda, chave philips, alicate e trena. A Figura 3 ilustra a cítara quebra-cabeça.



Figura 3 – Peças de encaixe da cítara quebra-cabeças.



Fonte: Acervo da pesquisa.

Cada Ateliê do Som foi projetado para atender a, no máximo, quatro (4) estudantes, resultando em um grupo de 20 estudantes. Para essa demanda, foram confeccionadas cinco (5) cítaras quebra-cabeças, conforme ilustra a Figura 4. Cabe ressaltar que a ideia associada à utilização pedagógica das cítaras envolve o desafio aos estudantes na montagem desse instrumento musical sem a ajuda do manual de montagem (ainda que ele exista, voltado mais para o professor/mediador) apresentado a seguir, além de instalar as cordas e afinar.

Figura 4 – Cítaras quebra-cabeças confeccionadas.



Fonte: Acervo da pesquisa.

3.2 Manual de montagem

O artefato do Ateliê do Som intitulado Manual de Montagem da Cítara Quebra-Cabeças foi confeccionado para orientar o professor que mediará a estratégia do Ateliê do Som na montagem do instrumento musical como o uso de ferramentas da marcenaria. Disponível em <https://www.dropbox.com/s/62z67raq85cb5s9/ManualCitara.pdf?dl=0>, é importante destacar que o manual não será disponibilizado aos estudantes, pois eles deverão ser desafiados a usar o raciocínio lógico-matemático para tal tarefa.

Além de sugerir uma sequência de encaixe das peças, o Manual apresenta as ferramentas apropriadas nessa empreitada e informações técnicas relevantes do instrumento. Essa experiência



de montagem oportuniza ao estudante as práticas de um luthier³ e conhecimentos básicos da engenharia de um instrumento de cordas.

3.3 Itinerário pedagógico

O artefato do Ateliê do Som intitulado Itinerário Pedagógico também é direcionado ao professor, que conhecerá de forma didática a linha metodológica e epistemológica do ambiente de aprendizagem colaborativa baseada na literatura científica, e que se encontra disponível para ser acessado em <https://www.dropbox.com/s/94ek5e5jv6gelt9/ItinerarioPedagogico.pdf?dl=0>.

Com um breve histórico, é apresentado o histórico do STEM ao STEAM, onde e quando surgiram, as motivações que desencadearam essa proposta pedagógica. Além do cenário mundial, apresenta indícios dessa proposta no Brasil e aspectos peculiares publicados em documentos norteadores da Educação Brasileira. O Itinerário Pedagógico apresenta de maneira geral a proposta de trabalho dos conhecimentos científicos nas quatro (4) dinâmicas de aprendizagem com base em cada letra que compõe a sigla STEAM e que também se constituem como artefatos do Ateliê do Som, apresentadas na subseção seguinte.

3.4 Dinâmicas de aprendizagem

O uso pedagógico da cítara quebra-cabeças será realizado por meio das dinâmicas de aprendizagem com embasamento na abordagem STEAM, que utiliza a metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) sob a ótica do sociointeracionismo de Vygotsky. Elas foram idealizadas para serem utilizadas com estudantes que cursam a 1ª série do Ensino Médio e/ou o 9º ano do Ensino Fundamental. O modelo de planejamento das dinâmicas foi estruturado com base na concepção da ABP que contempla elementos que nortearão as ações e o aprendizado do estudante. Reflexões desses elementos levam as estratégias dos objetivos de aprendizagem que se pretende alcançar.

A questão norteadora é um elemento importante nessa prática, nas dinâmicas ela se apresenta como forma de desafios com base nos problemas reais no manuseio do instrumento musical e investigações dos conhecimentos científicos das ondas sonoras. A pesquisa é outro elemento que servirá para aprofundar os conceitos e realizar as tarefas propostas. O tema ondas sonoras será o problema real que fomentará a pesquisa, pois a investigação do som da cítara quebra-cabeças será discutida nas equipes. Bacich e Holanda, (2020, p. 81) diz que

Uma vez que se estabelece o tema de trabalho, com base em uma âncora ou um problema real, a pesquisa pode ser o momento de reunir informações que venham a contribuir com o que será concebido pelos estudantes. Diferentemente de uma pesquisa que se transforma em um simples relatório, é preciso que os estudantes processem e compartilhem o que foi encontrado.

O levantamento das ideias (*brainstorming*) promoverá discussões para chegar à resolução dos desafios propostos. Bender (2014) usa a expressão “pensar fora da caixa”, e relata que ideias originais ou não convencionais, portanto será preciso estratégias para alcançar a solução dos

³ Profissional especializado na construção e no reparo de instrumentos de cordas.



desafios propostos. A colaboração é mais um elemento que estimula a interação social que propicia a troca de experiências e diferentes maneiras de enxergar o problema. É importante destacar que segundo Vygotsky (2007) essa interação ocorre dentro da zona de desenvolvimento proximal nas discussões e troca de conhecimentos produzindo aprendizagens.

Nas dinâmicas, as equipes deverão, de forma colaborativa, chegar à solução dos desafios com a mediação do professor ou colega mais experiente da equipe. O estudante que necessitar de ajuda para aplicar os conceitos (nível de desenvolvimento potencial) com a troca de experiências poderá alcançar o nível real (nível de conhecimento apreendido). Assim, conseguirá a compreensão dos conceitos para contribuir na solução dos desafios em equipe. O lema será quem for ajudado poderá ajudar. Ao realizar o percurso e chegar à última dinâmica, cada equipe será desafiada a produzir um protótipo final. Uma faixa musical com o som da cítara quebra-cabeças e outros materiais que serão disponibilizados nesse encontro. Essa faixa será gravada como o auxílio de um *software* disponibilizado no Ateliê do Som.

Nos encontros do Ateliê do Som, as diferentes áreas do conhecimento que compõe a sigla STEAM ocorrerão durante a montagem e depois na manipulação do instrumento musical. No processo de montagem os estudantes usarão os princípios da engenharia no manuseio das ferramentas, planejamento, execução das tarefas práticas, exercendo o trabalho cooperativo em equipe em busca da melhor forma de executar as tarefas e administrar o tempo em cada passo da dinâmica para alcançar a solução do desafio proposto. Na afinação do instrumento musical, a tecnologia será uma grande aliada para tencionar as cordas e conseguir as sonoridades musicais. Os aplicativos de *smartphones* utilizados por músicos na afinação do instrumento musical de corda auxiliarão na afinação da cítara quebra-cabeças.

O uso da Ciência nos estudos das ondas sonoras releva a relação entre a Música e a Ciência. Cada nota musical quando tocada gera uma frequência em hertz. Por exemplo, o Lá padrão tem frequência de 440 Hz, ao tocar a corda do instrumento musical o aplicativo mostra a frequência equivalente à nota musical e outros parâmetro científicos. A Arte nessa pesquisa é expressa pela Música ao tocar um instrumento de corda, na apreciação musical, na aprendizagem de conceitos musicais básicos e no estímulo à criatividade. A Matemática está presente na formação das escalas musicais com as frações, nas representações gráficas das ondas sonoras e no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático.

As conexões desses conhecimentos científicos estão presentes nas quatro dinâmicas de aprendizagem que seguem o mesmo padrão de diagramação e a mesma proposta pedagógica com base na metodologia adotada, e podem ser acessadas em:

- Dinâmica 1 – <https://www.dropbox.com/s/nbaemau02jevqct/Dinamica1.pdf?dl=0>
- Dinâmica 2 – <https://www.dropbox.com/s/0rf15tfpzoqbw68/Dinamica2.pdf?dl=0>
- Dinâmica 3 – <https://www.dropbox.com/s/vwgfe3q3pnfmdtu/Dinamica3.pdf?dl=0>
- Dinâmica 4 – <https://www.dropbox.com/s/2ge626nob3xpq78/Dinamica4.pdf?dl=0>



3.5 Vídeo ateliê do som

O produto educacional, resultante dos sete (7) artefatos apresentados anteriormente, assumiu a forma do vídeo Ateliê do Som, com duração de quinze minutos e vinte e sete segundos (15:27) endereçado a docentes das áreas de Matemática e de Ciências da Natureza, disponibilizado na plataforma do Youtube em <https://youtu.be/wMmLRFbpvA4>.

O vídeo foi produzido pelo autor da dissertação de mestrado na cidade de Petrópolis, região serrana do RJ, com a participação de dois colaboradores para filmagem e edição. Seu conteúdo apresenta a proposta pedagógica do artefato Cítara Quebra-Cabeças por meio dos artefatos Itinerário Pedagógico e Manual de Montagem direcionados ao professor mediador do Ateliê do Som e sugestões de quatro dinâmicas de aprendizagem. Ele foi gravado no hotel Quitandinha por meio de planos médios e gerais (enquadram a maior parte do ambiente) mais longos (poucos cortes e edição).

Com o auxílio do aplicativo Da Tuner disponível no *Google Play Store*, o instrumento musical foi afinado e, ao final do vídeo, foi executada a 9ª sinfonia de Beethoven, demonstrando a qualidade sonora do instrumento musical montado. É possível observar na Figura 5 a codificação musical utilizando gráfico em linhas, o que possibilita qualquer pessoa tocar a cítara quebra-cabeças, mesmo sem conhecimento musical prévio.

Figura 5 – – Execução da 9ª sinfonia de Beethoven no vídeo Ateliê do Som.



Fonte: Acervo da pesquisa.

4. RESULTADOS DA APLICAÇÃO

A aplicação do vídeo Ateliê do Som ocorreu no primeiro semestre de 2022, com prazo limite de 30 de junho, por meio do envio de um formulário Google para docentes das áreas de Matemática e Ciências. O formulário continha nove (9) perguntas, um espaço para sugestões, críticas, comentários, além de o vídeo contido como exibição no próprio formulário. As perguntas visavam atender ao nosso último objetivo específico e assim apresentar a estratégia pedagógica utilizada no Ateliê do Som e verificar impressão docente na maneira de ensinar ondas sonoras utilizando a abordagem STEAM. A escolha dos professores foi realizada de forma aleatória, e o link do formulário



foi disparado em grupos do aplicativo de mensagens *WhatsApp* de diferentes escolas públicas da rede pública municipal e estadual de ensino, com a uma mensagem convite para docentes, resultando em 23 respondentes, que lecionavam Ciências, Biologia, Física, Matemática e/ou Química.

Todos os respondentes afirmaram que a estratégia apresentada pode facilitar o estudo das ondas sonoras, sendo a integração entre música, ciências e matemática um diferencial. Brady (2014) afirma que os conhecimentos associados à Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática são certamente importantes, mas a interação entre as crianças são fundamentais no processo de aprendizagem. Corroborando, Bacich e Holanda (2020) relatam que a proposta STEAM promove integração entre as diferentes áreas do conhecimento para desenvolver competências que podem ser trabalhadas com diferentes componentes curriculares. Da mesma forma, Coelho e Machado (2015) relataram associações nas áreas de Ciência e música por meio de um modelo Matemático que permitiu confrontos entre teoria e prática, que despertou a curiosidade dos estudantes ao tocar um instrumento musical, facilitando a aprendizagem dos conhecimentos científicos. Esses achados estão em acordo com as respostas dos docentes que responderam ao questionário.

Essa integração é citada também por Moura e Bernardes Neto (2011), ao observarem que a conexão entre a Física e a Música pode ser eficaz no processo de aprendizagem quando trabalhadas na prática, e que o funcionamento e construção de instrumentos musicais estimulam a pesquisa, a imaginação, o planejamento, a organização, a criatividade, sendo, por isso, um ótimo meio para desenvolver a capacidade de elaborar e executar projetos. Quanto à integração entre as áreas do conhecimento, todos os docentes concordaram que as práticas de ensino interdisciplinar ou transdisciplinar podem atender ao perfil do estudante do século XXI e que a integração da Música, Matemática e Ciências pode ser um caminho de mudança no processo de ensino e aprendizagem. Esse achado encontra eco, sobre a transdisciplinaridade, em Moran, Freitas e Nicolescu (1994, p.2), ao afirmarem que: “a visão transdisciplinar está resolutamente aberta na medida em que ela ultrapassa o domínio das ciências exatas por seu diálogo e sua reconciliação não somente com as ciências humanas mas também com a arte, a literatura, a poesia e a experiência espiritual”.

A viabilidade da utilização da estratégia também foi considerada por todos os professores respondentes, bem como o fato de ela ser uma abordagem que integra Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, ou seja, as áreas do conhecimento sugeridas no acrônimo STEAM. Essas respostas poderiam nos levar ao questionamento da confiança, uma vez que só encontramos resultados positivos e em 100%, porém a honestidade ficou evidente quando os professores responderam à pergunta 9 do questionário, em que 39% afirmaram não conhecer a educação com abordagem STEAM, aspecto relevante para o aprofundamento de pesquisas dessa natureza, ainda que o universo seja pequeno, pois confronta com o fato de que 100%, nas perguntas 5 e 6, consideraram que estratégias de ensino como a desta pesquisa podem atender ao perfil do estudante contemporâneo e integram diferentes áreas do conhecimento.

Mais interessante e como resultado principal da aplicação do vídeo foram as respostas abertas dadas ao espaço destinado a comentários, críticas e sugestões após as nove perguntas. Dos 23 respondentes, 18 (78%) se manifestaram, e optamos por registrar na íntegra suas falas a seguir:

Muito interessante o projeto e dinâmico, pois permite a interação entre si dos conteúdos em prol do aprendizado do discente. Penso que esse projeto vai para



além das matérias mencionadas, pois trabalha a atenção, coordenação motora, socialização entre outros aspectos. Parabéns pelo projeto!

A proposta de trabalho é, simplesmente, espetacular! Tanto do ponto de vista do docente quanto do discente, acredito eu. Todas as conexões, todo o conhecimento empregado faz do Ateliê do Som um projeto incrível. Parabéns, meu amigo!! Deus te abençoe cada vez mais! Sucesso! Pra mim foi um prazer e uma honra participar.

Ateliê do som é bem motivante para o educando da atualidade. O jovem ter o produto final feito por suas mãos.

Poderia detalhar no vídeo de maneira mais visual as etapas.

Parabenizo [...] pela constante busca pelo saber.

Excelente proposta apresentada [...]. O trabalho desenvolvido irá auxiliar a abordagens de diversos conteúdos em sala de aula.

Preciso ler sobre a educação STEAM.

Muito bom!

Excelente trabalho, tem potencial para despertar o interesse científico em qualquer aluno! Foi um prazer participar.

Grande Mestre! Parabéns por mais um excelente trabalho desenvolvido. Seus projetos enriquecem a nobre missão de ministrar os conteúdos de ciências exatas, além de proporcionarem uma experiência inovadora para docentes e discentes.

Interessante a criatividade!

Ótimo desenvolvimento na área.

[...] parabéns pelo seu trabalho. Com certeza os alunos vão amar aprender ondas sonoras com o Ateliê do som. Tudo perfeito. Parabéns!!!

Parabéns professor, a educação vai muito além da sala de aula. A troca de informações é infinita.

Parabéns professor [...]. Um dos melhores professores de matemática que já conheci.

Grande Mestre! Parabéns por mais um excelente trabalho desenvolvido. Seus projetos enriquecem a nobre missão de ministrar os conteúdos de ciências exatas, além de proporcionarem uma experiência inovadora para docentes e discentes.

Parabéns pelo excelente trabalho!!! Com certeza o processo de ensino e aprendizagem será muito mais significativo!!

Excelente trabalho, parabéns!

Assim, podemos afirmar que o vídeo atendeu às expectativas de apresentação do Ateliê do Som como uma estratégia pedagógica em potencial segundo a maioria dos docentes que participaram da pesquisa, endossada por trabalhos científicos com estratégias de ensino citadas anteriormente. Espera-se, assim que possível, que o Ateliê do Som assuma a forma presencial e explore a totalidade de suas potencialidades didáticas no processo de ensino e aprendizagem.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relato, propusemos uma estratégia baseada na Educação STEAM para o estudo das ondas sonoras na montagem do instrumento musical Cítara Quebra-Cabeças, um dos artefatos que deram origem ao produto educacional. Assim, a pesquisa gradualmente tomou forma com a confecção de cinco (5) Cítaras e a produção das Dinâmicas de Aprendizagem com o aprofundamento na literatura científica, visando à aplicação da estratégia com estudantes, que não foi possível em função do período da pandemia de Covid-19, resultando na reorganização da pesquisa e direcionamento aos professores, que podem ainda se tornar multiplicadores do Ateliê do Som.

Por meio dos artefatos Dinâmicas de Aprendizagem, ao manipular e analisar os sons produzidos pelo instrumento é possível ocorrer investigações relacionadas, por exemplo, à Matemática da escala musical e à Ciência das ondas sonoras geradas pelas frequências das notas musicais da Cítara Quebra-Cabeças. Essas Dinâmicas foram elaboradas tomando como bases teóricas a educação com abordagem STEAM, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e o sociointeracionismo de Vygotsky, manifestadas por meio dos desafios e do trabalho em grupo propostos. Tudo isso com o auxílio dos artefatos Manual de Montagem e Itinerário Pedagógico, desenvolvidos exclusivamente para o professor que precisará conhecê-los previamente para que possa mediar a estratégia do Ateliê do Som, considerado nosso produto educacional materializado por meio da produção de um vídeo que foi endereçado também, exclusivamente, a docentes das áreas de Matemática e Ciências da Natureza.

Assim, diante do cenário pandêmico ao longo de 2020 e 2021, o redirecionamento da pesquisa retirou o caráter de produto aplicado e tornando os artefatos aplicáveis em sala de aula, e o produto educacional – o vídeo – aplicado com professores das áreas de Matemática e Ciências da Natureza que atuam na Educação Básica pública. Com isso, o potencial de uso dos materiais produzidos foi apresentado como sugestão aos que desejam a aplicação prática dos conhecimentos científicos, conectando o currículo ao mundo real em momento oportuno com o retorno das aulas presenciais. Os resultados decorrentes das respostas de 23 professores da Educação Básica das áreas de Matemática e Ciências da Natureza que foram selecionados aleatoriamente evidenciam que atingimos o objetivo de aplicar o produto educacional junto a professores para verificar a estratégia Ateliê do Som, ainda que, neste momento, ainda não tenha sido possível aplicar o Ateliê em condições reais de sala de aula com estudantes. Esse resultado endossou a necessidade de mudança na forma de ensinar Matemática e Ciências da Natureza e a proposta apresentada foi cogitada por eles como uma possibilidade para isso. Destacamos, ainda em relação a esse objetivo, a vantagem de a coleta de dados ter sido realizada de forma remota e de forma assíncrona, em um período razoável de tempo, garantindo que cada professor pudesse participar da pesquisa respondendo ao questionário no seu tempo.

Esperamos, com este relato, contribuir com o processo de ensino e aprendizagem das ondas sonoras ao montar e manejar um instrumento musical de cordas e incentivar os docentes na busca de novas práticas didáticas que promovam um aprendizado dinâmico, atraente e motivador. Para isso, apresentamos como sugestão o uso da abordagem STEAM nas práticas pedagógicas, com uma proposta que visa desenvolver no estudante competências e habilidades para um cidadão ativo, crítico e criativo, capaz de enfrentar os desafios na sociedade. Existe a pretensão de continuidade



desta pesquisa, primeiramente e prioritariamente, com a aplicação do Ateliê do Som em condições reais de sala de aula, e também com a fabricação de outros instrumentos musicais para estudos de diferentes conceitos no campo das Ciências Naturais, Artes e Matemática. Esse estudo pode servir de caminho aos que pretendem trabalhar música na educação e métodos de ensino ativo.

Na educação brasileira, hoje, o processo de ensino e aprendizagem da Matemática e Ciências da Natureza está diante de grandes desafios, e que ainda foram agravados no período de pandemia da Covid-19. Assim, é importante a busca por estratégias pedagógicas que possam atender ao perfil do estudante do século XXI. Espera-se, com isso, contribuir com a prática docente dos professores de Matemática e Ciências da Natureza junto aos estudantes com os artefatos e o produto educacional confeccionados para esta dissertação de mestrado e voltados para eles, professores, a fim de potencializar a curiosidade de compreensão dos seus estudantes nos conhecimentos científicos relacionados às ondas sonoras ao trabalharem com o produto educacional Ateliê do Som, incentivando também o interesse pela música.

6. REFERÊNCIAS

- ARAUJO, D. C. dos S.; MOTTA, A. de N.; LIMA, R. A. O uso da música como auxílio no processo de aprendizagem: um recurso pedagógico. **South American Journal of Basic Education, and Technical and Technological**, v. 4, n. 1, 2017.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. **STEAM em sala de aula**: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica [recurso eletrônico] Porto Alegre: Penso, 2020.
- BARROS, L. M. Cântico dos Quânticos: ciência e arte nas canções de Gilberto Gil. **Revista Fronteiras – estudos midiáticos**, v. 10, n. 1, p. 14-22, 2008.
- BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.
- BRADY, J. STEM is incredibly valuable, but if we want the best innovators we must teach the arts. **The Washington Post**, 5 set. 2014. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2014/09/05/stem-is-incredibly-valuable-but-if-we-want-the-best-innovators-we-must-teach-the-arts/>. Acesso: 17 set. 2022.
- BREINER, J. M. et al. What is STEM?: a discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. **School Science and Mathematics**, v. 112, n. 1, 2012.
- CAMARGOS, C. B. R. **Música e matemática**: a harmonia dos números revelada em uma estratégia de modelagem. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.
- CARVALHO, J. de, T. C. A Matemática aplicada ao processo A Matemática aplicada aos processo de ensino e aprendizagem da música. **Revista Científica Fundação Osório**, v. 5, n. 1, 2020.
- CERRI, J. C. **A música como importante ferramenta de ensino nas aulas de Matemática**. 2017. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, 2017.
- COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, 2015.



GESSER, V.; DIBELLO, L. Educação para Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática e as Relações com a Política de Avaliação em Larga Escala na Educação Básica. **Educação (UFSM)**, v. 41, n. 1, p. 81-94, 2016.

GETChina Insights. **Educação STEM da China em Ação**: Observações, Iniciativas e Reflexões. Disponível em: <<https://edtechchina.medium.com/chinas-stem-education-in-action-observations-initiatives-and-reflections-a20d6cd43a0c>>. Acesso em: 17 set. 2022.

MAKUCH, F. B.; MARTINS, M. A. O uso do PhET Simulations no ensino de frações. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, 2018.

MOURA, D. A.; BERNARDES NETO, P. O ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.

MORAN, E.; FREITAS, L. de; NICOLESCU. Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade Convento de Arrábida, Portugal, 2-6 novembro, 1994.

MONTEIRO JUNIOR, F. N.; CARVALHO, W. L. P. D. O ensino de Acústica nos livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a física e o mundo do som e da música. **Holos**, v. 1, 2011.

RESENDE, A. F. de L.; PEREIRA, G. R. **STEAM na prática**. Disponível em: <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/705262>>. Acesso em: 14 jun. 2022.

ROOT-BERNSTEIN, R.; ROOT-BERNSTEIN, M. **Centelhas de gênios**: como pensam as pessoas mais criativas do mundo. São Paulo: Nobel, 2001.

SARTORI, A. S. T.; FARIA, J. E. S. Problematizando as relações entre Matemática e Música na Educação Matemática. **Boletim online de Educação Matemática**, v. 8, n. 17, p. 108-127, 2020.

SHIN, S.; RACHMATULLAH, A.; ROSHAYANTI, F.; HA, M.; LEE, J. K. Career motivation of secondary students in STEM: a cross-cultural study between Korea and Indonesia. **International Journal for Educational and Vocational Guidance**, v.18, n. 2, p. 203–231, 2018.

SILVA, C. A. R. **Experimentos sonoros**: uma proposta para a educação musical no ensino médio. 2020. 196 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Artes) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2020.

SOUZA, I. B. S.; PIRES NETO, J. P.; SILVA, T. P. da. A música como instrumento didático-pedagógico no ensino de eletroquímica. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 14, n. 28, p. 16 - 28, 2020.

VAZ, L. J. L. da R.; PINHO, M. de O. Música e matemática – um minicurso interdisciplinar. **Zetetike**, v. 19, n. 1, 2011.

YAKMAN, G. **STEAM education**: an overview of creating a model of integrative education. 2008. Disponível em: <<https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>>. Acesso em: 18 set. 2022.

Submetido em: 18/10/2022

Aceito em: 26/09/2025