

UM ESTUDO SOBRE INSTRUMENTOS MUSICAIS ELETRACÚSTICOS: MODULAÇÃO SONORA

Matheus Guimarães Soares ¹; Lucas Crecencio de Souza ²; Nicolle Pereira Camargos³; Chrisley Bruno Ribeiro Camargos (orientador)⁴; Marco Antônio Silva Pereira (coorientador)⁵

1 Matheus Guimarães Soares, Bolsista (IFMG), Curso: Engenharia Elétrica, IFMG *Campus* Formiga, Formiga - MG; matheus.gsoaresbob@gmail.com

2 Lucas Crecencio de Souza, Colaborador Externo, Escola Estadual Aureliano Rodrigues Nunes, Formiga – MG

3 Nicolle Pereira Camargos, Curso Técnico em Informática, IFMG *Campus* Formiga, Formiga – MG

4 Orientador: Prof. Dr. Chrisley Bruno Ribeiro Camargos, Pesquisador do IFMG, *Campus* Formiga; chrisley.camargos@ifmg.edu.br

5 Coorientador: Prof. Me. Marco Antônio Silva Pereira, Pesquisador do IFMG, *Campus* Formiga; marco.silva@ifmg.edu.br

RESUMO

O objetivo desse projeto foi analisar formas de se aliar diferentes saberes de maneira interdisciplinar, para isso, foram desenvolvidas atividades relacionadas a teorias que envolvem a música eletroacústica e a construção de instrumentos musicais. Neste contexto, foram analisadas e implementadas estratégias para a construção dos instrumentos, trabalhando formas possíveis de manipulação dos sons, envolvendo componentes eletroeletrônicos. Em meio ao desenvolvimento desse projeto, foram relacionadas diferentes áreas de atuação, como: a matemática, a música e a engenharia elétrica, por meio da composição de uma equipe multidisciplinar com professores das três áreas descritas. Com o desenvolvimento das atividades, os alunos envolvidos trabalharam formas artísticas, criando diferentes fontes sonoras (instrumentos musicais), propiciando à instituição um possível instrumento de incentivo à política de pesquisa e de inovação, por meio da iniciação tecnológica e de pesquisa. A pesquisa inicial foi de análise bibliográfica, sendo realizadas pesquisas bibliográficas sobre aportes teóricos envolvendo temas como: a música eletroacústica, modulação sonora, a criação de instrumentos musicais eletroacústicos e eletrônicos, amplificação utilizando piezo elétrico, dentre outros temas relacionados. Em sua fase de desenvolvimento, a pesquisa foi realizada com apoio do Laboratório de Inovação, Criatividade e Empreendedorismo Universitário - LICEU *LabMaker*, onde foram desenvolvidos protótipos resultantes da pesquisa, sobre tipos possíveis de instrumentos para se construir e formas de amplificação e manipulação sonora, consoante aos objetivos do LICEU envolvendo pressupostos sobre a cultura *maker*. Com essa pesquisa, foram analisadas estratégias para realização de trabalhos interdisciplinares, envolvendo diferentes áreas de atuação no *Campus*, tendo como resultados a criação de três instrumentos musicais: harpa eletroacústica com quatorze cordas, protótipo de harpa laser em versão de teste e harpa laser em versão consolidada, com sete lasers e sensores de luminosidade. Também foi desenvolvido um minicurso interdisciplinar, objetivando a divulgação de atividades do Projeto e socialização dos conhecimentos desenvolvidos à comunidade acadêmica, esse minicurso foi apresentado em maio de 2023 na semana acadêmica do Curso de Licenciatura em Matemática do IFMG *Campus* Formiga.

INTRODUÇÃO:

A constante preocupação educacional por parte do governo federal em se criar parâmetros nacionais curriculares, objetivando estabelecer currículos básicos comuns, são constantes desde o final do século XX. A partir do ano 2000, observa-se reformas curriculares estabelecidas que procuraram dividir as diferentes áreas de conhecimento mediante uma perspectiva de organização entre as similaridades e objetivos, porém, essa divisão não pretendeu isolar tais áreas, conforme verifica-se nos PCNs (Ensino Médio), há uma estruturação por área de conhecimento, que justifica-se por “assegurar uma educação de base científica e tecnológica, na qual conceito, aplicação e solução de problemas concretos são combinados com uma revisão dos componentes socioculturais” (BRASIL, 2000, p. 190).

Atualmente, há uma busca por se trabalhar em diferentes áreas perpassando por áreas aparentemente distintas, tendo como base uma ideologia interdisciplinar envolvendo a cultura escolar, conforme verifica-se na nova BNCC (BRASIL, 2018), em que o currículo apresenta um papel complementar em meio às ações conjuntas entre escola, família e comunidade que, entre outras ações, devem:

[...] decidir sobre formas de organização interdisciplinar dos componentes curriculares e fortalecer a competência pedagógica das equipes escolares para adotar estratégias mais dinâmicas, interativas e colaborativas em relação à gestão do ensino e da aprendizagem; (BRASIL, 2018, p. 16).

Em meio a essa perspectiva de associação entre saberes que evoquem concepções aliando cultura, sociedade, ciência e tecnologia, algumas ações isoladas foram feitas por meio de iniciativas particulares, como o desenvolvimento de pesquisas na área de matemática aplicada, ensino / educação que envolviam relações interdisciplinares, como por exemplo, em pesquisas envolvendo tendências da Educação Matemática, uma dessas conhecida como “Modelagem Matemática” no ensino de matemática, movimento iniciado por volta das décadas de 70 e 80, que teve como um dos patronos o pesquisador Rodney Bassanezi, atualmente, professor/pesquisador atuante na Universidade Federal do ABC.

Com o surgimento dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, consoante à Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, essas instituições *multicampi* vêm objetivando tornarem-se “agentes de um desenvolvimento local que, em seu lócus, faz valer uma concepção de educação tecnológica em sintonia com os valores universais do homem” (BRASIL, 2008, s/p). Para isso, mostrou-se necessário desenvolver pesquisas e ações até então desenvolvidas exclusivamente em universidades, portanto, passaram a fazer parte do eixo de trabalho dos institutos federais, promover atividades de pesquisa e extensão evocando saberes culturais, humanistas e científico/tecnológicos.

Mediante tal perspectiva, com esse projeto foram desenvolvidas ações aliando conhecimentos de matemática, da música e da engenharia elétrica, desenvolvendo instrumentos eletroacústicos baseados em uma perspectiva musical inspirada em artistas como Pierre Schaeffer, John Cage, Koellreutter, dentre outros. Sob uma perspectiva musical contemporânea, por exemplo, as ideias descritas por Koellreutter (1997) foram aplicadas no sentido de que os tipos de música não se restringem às regras tradicionais da música que envolvem leitura, alturas definidas e treinamento. Assim, o objetivo desse projeto compreendeu a análise de formas de se aliar diferentes saberes de maneira interdisciplinar, desenvolvendo atividades relacionadas a teorias que envolvem a música eletroacústica e a construção de instrumentos musicais. Como objetivo secundário, foram analisadas e implementadas estratégias para a construção dos instrumentos, trabalhando formas possíveis de manipulação dos sons, envolvendo componentes eletroeletrônicos.

Para contemplação dos objetivos da proposta, inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre temas como: a música eletroacústica, modulação sonora, a criação de instrumentos musicais eletroacústicos e eletrônicos, amplificação sonora utilizando células piezoelétricas e monitoramento de sinais utilizando o Arduino, que se trata de uma plataforma de prototipagem eletrônica capaz de executar tarefas de acordo com uma programação preestabelecida. Dentre os trabalhos encontrados nesta pesquisa, destaca-se a aplicação descrita em CHAVES (2021), onde a programação previamente carregada no Arduino possibilita que se façam “varreduras” verificando uma condição específica e tomando determinada ação a partir desta. Em (MENDES; STEVAN, 2013) é possível verificar o uso do sensor de luminosidade denominado como LDR, de forma que uma variação significativa do feixe de luz incidente em sua estrutura acarretará no envio de um sinal elétrico para o arduino, que se torna responsável por emitir, com o auxílio de um alto falante, uma determinada nota musical.

Após a realização de tais estudos, foram criados modelos (desenhos / esboços) sobre os tipos de instrumentos a serem desenvolvidos: harpa eletroacústica com quatorze cordas, protótipo de harpa laser (versão de teste com tubos de PVC) e harpa laser (versão consolidada com corpo de madeira), sendo compostas por sete conjuntos de lasers e sensores LDR. Também foi desenvolvido um minicurso interdisciplinar para divulgação de atividades do Projeto e socialização dos conhecimentos desenvolvidos à comunidade acadêmica, esse minicurso foi apresentado na semana acadêmica de um dos Cursos Superiores do campus de origem do projeto, realizado em maio de 2023.

É importante ressaltar que as atividades de construção dos instrumentos musicais foram desenvolvidas com apoio do Laboratório de Inovação, Criatividade e Empreendedorismo Universitário - LICEU *LabMaker* (IFMG - Campus Formiga), tendo como perspectiva promover relações entre saberes de maneira interdisciplinar, possibilitando perpassar conhecimentos em meio à música, à tecnologia e à matemática, além de estimular a criatividade dos envolvidos no projeto em construir formas diferentes de instrumentos alheios às formas tradicionais.

METODOLOGIA:

Essa pesquisa apresentou quatro etapas principais de desenvolvimento e uma etapa final, ainda em execução, que envolve a construção do relatório final. A primeira etapa compreendeu: revisão bibliográfica sobre os temas envolvendo a Música Eletroacústica, modulação sonora e a criação de instrumentos musicais. Também fez parte dessa etapa as análises e discussões sobre os modelos de instrumentos eletroacústicos e eletrônicos possíveis de serem desenvolvidos no laboratório do *Campus*. Mediante análise dos modelos pesquisados, os pesquisadores definiram os possíveis modelos de instrumentos que poderiam ser desenvolvidos em laboratório: formatos, materiais necessários, estimativa de tempo para construção, ligações e possibilidades de amplificação conforme descritas em Beduschi, Weiss e Wolf (2013) e Duarte (2011). Assim, foram realizados esboços (desenhos) sobre modelos a serem desenvolvidos, definição do material a ser utilizado, obtenção dos materiais necessários e reserva do espaço do laboratório para início das atividades de construção dos instrumentos.

A segunda etapa compreendeu a “Construção dos Instrumentos Eletroacústicos e Eletrônicos”. Nessa fase foram utilizados conhecimentos técnicos relacionados à engenharia elétrica, à matemática e à música. Primeiramente foi criado o corpo ou base do instrumento escolhido, a saber uma harpa, com pedaços de madeira doados por uma marcenaria da cidade de Formiga / MG. Foram discutidos e esboçados esquemas com os tamanhos do corpo da harpa, assim foram estipulados: suas dimensões, seu formato e seus princípios de acústica.

Uma harpa, por definição, é um instrumento composto de cordas estendidas numa moldura aberta, sendo os sons emitidos ao dedilhá-las com as mãos. Para construir sua estrutura, foram selecionadas peças de madeira para a construção, adaptando-se suas medidas para obter o maior número de cordas possíveis, respeitando um espaçamento adequado entre elas. O modelo idealizado, em função dos recursos disponíveis, é composto por quatorze cordas, conforme pode ser avaliado pela Figura 1. Nota-se, que as cordas são presas na parte superior da Harpa Eletroacústica por cravelhas, as quais foram construídas com o auxílio de uma impressora 3D.

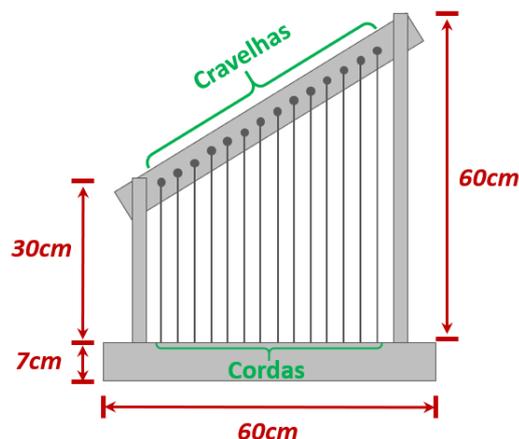


Figura 1: Modelos da Harpa Eletroacústica.

Em seguida, a equipe da engenharia elétrica analisou um esquema para amplificação da emissão dos sons deste primeiro instrumento. A parte inferior da estrutura (com altura de 7cm) é utilizada para fixação de células piezoelétricas, conectadas em paralelo, as quais são responsáveis por captar as vibrações provenientes da harpa e convertê-las em sinais elétricos que podem ser enviados, com o auxílio de um cabo P10, para uma caixa amplificadora e, desta forma, obter sons em amplitude adequada.

Findada a criação do instrumento eletroacústico, os integrantes do projeto trabalharam no desenvolvimento de um instrumento eletrônico que permitiria realizar modulação sonora. Assim, na terceira etapa, foi desenvolvido um protótipo inicial de harpa eletrônica com corpo de canos de PVC, conforme modelo ilustrado pela Figura 2a. Nessa fase, foram utilizados conhecimentos técnicos relacionados à engenharia elétrica, à eletrônica, e à música para construção desse segundo instrumento musical, cujo modelo inicial foi utilizado apenas para testar e validar a ideia proposta.

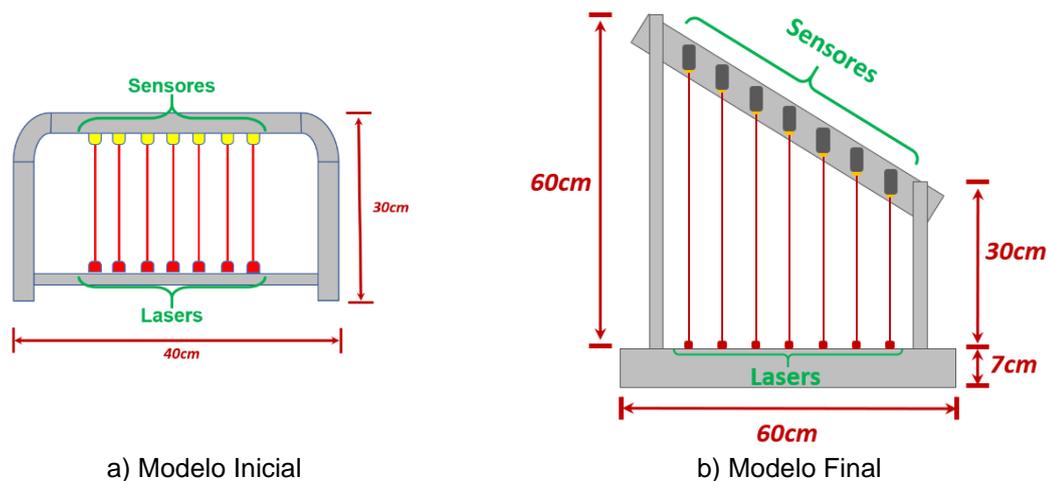


Figura 2: Modelos da Harpa Eletrônica.

A quarta etapa envolveu o desenvolvimento de um minicurso envolvendo música, inteligências múltiplas, instrumentos eletroacústico e eletrônico. Foi realizada uma apresentação do minicurso desenvolvido em maio de 2023, na Semana Acadêmica do Curso de Licenciatura em Matemática. Os protótipos desenvolvidos até o momento foram apresentados aos inscitos no minicurso, sendo apresentados os processos de construção, os princípios utilizados em sua afinação e amplificação. Também foram discutidas as utilizações dos diferentes saberes: musicais, matemáticos e da engenharia, no desenvolvimento dos instrumentos. Por fim, também está sendo desenvolvido nessa etapa o modelo final de instrumento eletrônico com corpo de madeira, conforme formato ilustrado pela Figura 2b. O objetivo principal desta nova construção é tornar o instrumento esteticamente agradável (similar à harpa eletroacústica) e robusto para que o mesmo possa ser manuseado sem perder suas funcionalidades e ajustes.

Ambos os modelos da harpa eletrônica utilizam 7 lasers alinhados à 7 sensores fixados na parte superior da estrutura. Estes sensores, denominados como LDR (*Light Dependent Resistor*), alteram sua resistência elétrica em função da luminosidade incidente em seu encapsulamento. A ideia é que, dessa forma, seja possível identificar quando um feixe de luz é interrompido para que seja emitida uma nota musical correspondente. A lógica envolvida neste processo passa por um Arduino UNO, que foi programado para executar o fluxo mostrado na Figura 3a. Na Figura 3b é possível identificar a conexão elétrica de todos os componentes eletrônicos utilizados, onde a saída está representada por um alto falante sendo que, na prática, se refere à uma caixa amplificada que recebe os sinais provenientes do Arduino.

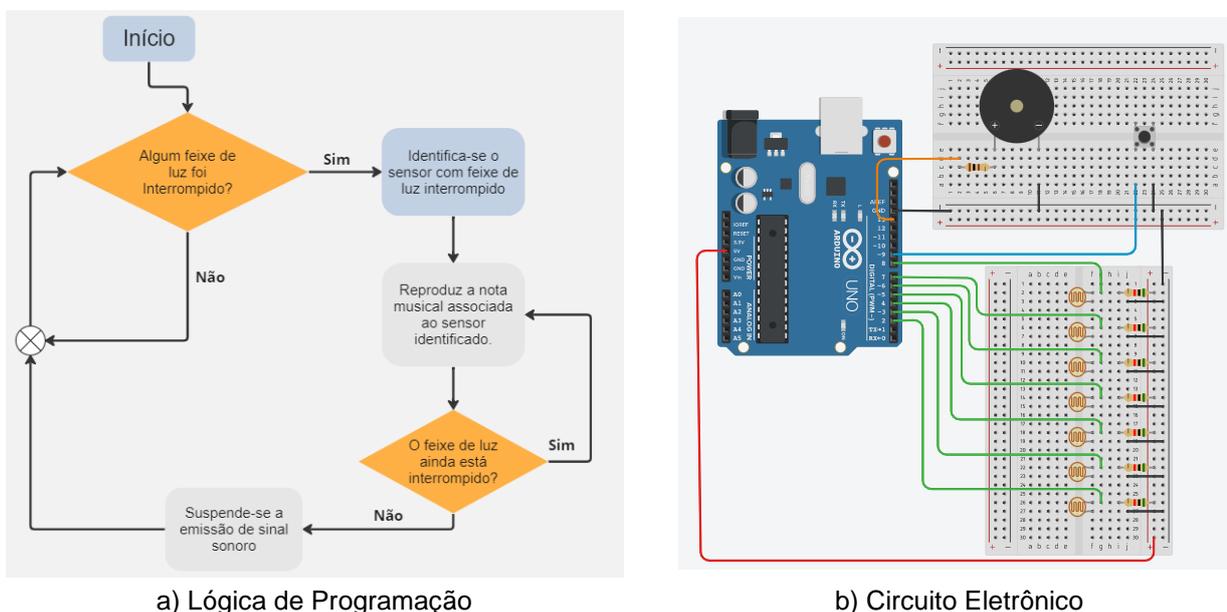


Figura 3: Circuito Eletrônico e sua Lógica da programação.

Ao término do projeto, ainda será realizada a quinta etapa que compreenderá a elaboração do relatório final e a divulgação dos resultados do projeto em encontros, congressos ou revistas científicas, por meio de comunicação científica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Como resultado deste projeto de pesquisa, têm-se a construção de dois modelos de Harpa Eletrônica e um modelo de Harpa Eletroacústica. A Figura 4 ilustra o modelo inicial da harpa eletrônica, a qual foi desenvolvida para realização de testes e validação da proposta.

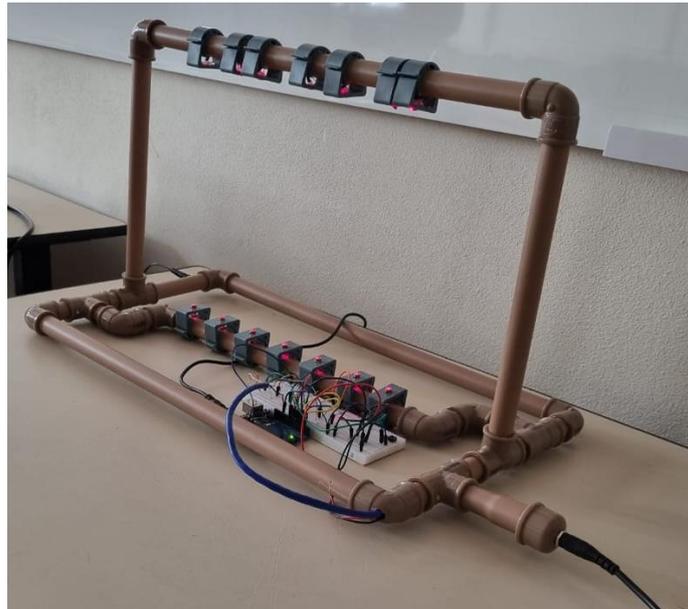


Figura 4: Harpa Eletrônica Desenvolvida - Modelo Inicial.

A Figura 5 ilustra os demais modelos desenvolvidos, sendo o modelo final da Harpa Eletrônica à esquerda e o modelo Eletroacústico à direita.



Figura 5: Harpa Eletrônica Desenvolvida - Modelo Final e Harpa Eletroacústica.

Pode-se dizer que os resultados do projeto demonstraram que ambas as harpas foram capazes de funcionar corretamente. A harpa de cordas apresentou um desempenho satisfatório, amplificando

eficientemente o som das cordas através dos captadores piezoelétricos. A afinação das cordas foi realizada com sucesso utilizando as cravelhas impressas em 3D, permitindo ajustes precisos. No entanto, a harpa a laser apresentou a necessidade de ajustes adicionais para garantir o seu correto funcionamento. Os lasers e os LDRs foram instalados corretamente na estrutura, mas foi identificada a ocorrência de alguns falsos disparos. Esses falsos disparos ocorreram devido a interferências de luz ambiente que afetam os sensores LDRs. Para mitigar esse problema, ao utilizar a harpa, a luz do ambiente foi parcialmente desligada. Essas alterações ajudaram a reduzir significativamente os falsos disparos, mas ainda são necessários aprimoramentos adicionais para garantir um funcionamento mais consistente.

CONCLUSÕES:

Com o desenvolvimento do projeto, foram realizadas ações que envolveram o estudo de dispositivos tecnológicos na geração de sons mostrando relações entre componentes elétricos e/ou eletrônicos utilizados para testes e suas influências nos sons produzidos, possibilitando interpretações matemáticas por meio dos modelos desenvolvidos. Entende-se que as atividades do projeto propiciaram momentos relevantes de incentivo à política de pesquisa e de inovação do IFMG, devido à sua atuação na área tecnológica envolvendo instrumentos eletroacústicos e eletrônicos, além de permitir ações interdisciplinares entre alunos do curso técnico em Informática e da graduação em Matemática e Engenharia Elétrica.

A pesquisa sobre instrumentos musicais eletroacústico e eletrônico, especificamente o processo de construção da harpa de cordas e da harpa a laser, proporcionou insights valiosos e resultados promissores no que tange às possibilidades de desenvolvimento trabalhos envolvendo uma equipe multidisciplinar. A amplificação de instrumentos acústicos por meio de captadores piezoelétricos foi confirmada como uma técnica viável, como demonstrado pela harpa de cordas. A utilização de sensores LDR em conjunto com lasers mostrou-se uma abordagem interessante para a criação de instrumentos musicais eletrônicos.

No entanto, mais pesquisas e melhorias são necessárias para aprimorar a harpa a laser, especialmente no que diz respeito à redução de falsos disparos causados por interferências de luz ambiente. Recomenda-se investigar outras soluções técnicas, como o uso de filtros ópticos ou sensores mais sensíveis, a fim de melhorar a precisão e a confiabilidade do instrumento.

Além disso, é importante ressaltar que ambos os projetos têm potencial para inspirar novas abordagens e inovações na construção de instrumentos musicais, explorando a intersecção entre tecnologia, música e arte. O uso de materiais acessíveis, como a impressão 3D, facilita a prototipagem rápida e a personalização dos instrumentos, permitindo que mais pessoas experimentem e criem sua própria música.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BEDUSCHI, Ciro D.; WEISS, Cristhopher; WOLF, Lucas S. **Transdução da energia sonora para sinais elétricos utilizando material piezoelétrico**. 2013. 90 f. Trabalho de conclusão de curso - Engenharia Industrial Elétrica Ênfase em Automação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Os institutos federais de educação ciência e tecnologia – IFET**. Brasília: MEC, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/ifet_bases.pdf>. Acesso em jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em jun. 2023.

CAMARGOS, C. B. R. **Músicas que ultrapassam as estruturas regidas por números: Uma análise de práticas matemáticas em construções de instrumentos musicais**. Tese (Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2017.

CAMARGOS, C. B. R e CALDEIRA, A. D. Rupturas em limites de estruturas matemáticas da música ocidental. **Hipátia**, v. 4, n. 2, p. 215-229, dez. 2019.

CAMARGOS, C. B. R e CALDEIRA, A. D. Práticas matemáticas ou musicais?... Jogos de aproximações na construção de instrumentos musicais. **Revista de Educação, Ciência e Cultura**. Canoas: RS, v. 25, n. 1, p. 285-301, mar. 2020.

CHAVES, C. **Accionando um LED automaticamente com sensor de luminosidade e Arduino**. Inovaedu, 2021. Disponível em: <<https://inovaedu.tech/ldr-arduino-parte1/?cn-reloaded=1>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

DUARTE, R. T. D. **Harpa Laser para Controle de Síntese Sonora**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores, FEUP – 2011.

MENDES, J., J., A., STEVAN, S., L. **LDR e sensores de luz ambiente: funcionamento e aplicações**. SEA (Semana de Eletrônica e Automação) da UTFPR, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/287958715_LDR_E_SENDORES_DE_LUZ_AMBIENTE_FUNCIONAMENTO_E_APLICACOES>. Acesso em: 16 ago. 2023.

KOELLREUTTER, H. J. Por uma nova teoria da música, por um novo ensino da teoria musical. In: KATER, C. (Org.). **Educação musical: cadernos de estudo**. Belo Horizonte, Travez/EMUFMG/FEA/FAPEMIG, n° 6, 1997. p. 45-52.

SCHAFER, R. M. **O ouvido pensante**. Trad.: Marisa Trench de O. Fonterrada, Magda R. Gomes da Silva, Maria Lúcia Pascoal. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 2012.