



Ministério da Educação
**Universidade Tecnológica Federal do
Paraná**
Campus de Ponta Grossa



**OFICINA DE LUTERIA E LABORATÓRIO DE ACÚSTICA:
GUIA ADIDÁTICO**

**Bogdan Skorupa Ribeiro dos Santos
Marcos Cesar Danhoni Neves
Josie Agatha Parrilha da Silva**

**PONTA GROSSA
2017**

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Exemplos de instrumentos musicais de diferentes famílias (dimensões proporcionais)..... | 6 |
| Figura 2: Esquema feito com problemas encontrados em prática da luteria..... | 16 |
| Figura 3: imagem do resultado da inscrição, iniciada a partir da definição de dois pontos..... | 26 |
| Figura 4: forma geral e peças essenciais para construção de um Dispositivo Educacional de Musicalidade Ordinária funcional. O número de cordas dependerá de colocar mais pinos e sulcos (no cavalete e pestana)..... | 31 |
| Figura 5: Demonstração da montagem modificada. O dispositivo pode conter mais cordas (sugeridas quatro)..... | 32 |
| Figura 6: Exemplo simples e funcional de balança de baldes pensada e montada por estudantes num curso de extensão realizado na UEPG em 2015..... | 34 |
| Figura 7: ressonadores (que evidenciam uma frequência) de Helmholtz (esquerda) e de Koenig (direita) que tem a frequência de ressonância ajustada através da junta telescópica.. | 51 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: lista de atividades centrais do projeto para serem escolhidas..... | 12 |
| Quadro 2: lista inicial de noções necessárias para elaborar o projeto..... | 13 |
| Quadro 3: sugestões de materiais de referência para a atividade de construção de um violino. | 14 |
| Quadro 4: sugestão de referência sobre ferramentas para luteria..... | 14 |
| Quadro 5: Sugestões que possibilitam a estruturação de uma situação-problema prática da luteria..... | 15 |
| Quadro 6: exemplo de informações para elaborar uma situação-problema, resultando numa mensagem fictícia..... | 17 |
| Quadro 7: Exemplo de lista (produzida por estudantes de luteria) em resposta às perguntas anteriores..... | 21 |
| Quadro 8: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial da Geometria..... | 25 |
| Quadro 9: lista dos materiais, ferramentas e conceitos diante do desafio inicial das Tensões em estruturas..... | 29 |
| Quadro 10: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial das Interferências entre Sons..... | 42 |
| Quadro 11: sequência de notas musicais, dispostas em escala..... | 46 |
| Quadro 12: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial de Diferenciações, Percepções e Manipulações do Timbre..... | 48 |
| Quadro 13: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial sobre os Modos de Vibração e Efeitos da Ressonância..... | 53 |
| Quadro 14: Linhas gerais planejadas para projeto interdisciplinar de estudo de instrumentos musicais..... | 68 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. APRESENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS..... | 5 |
| APRESENTAÇÃO DO GUIA ADIDÁTICO..... | 7 |
| 2. IDEIAS PARA PROJETOS..... | 8 |
| 3. GUIA ADIDÁTICO..... | 11 |
| 3.1. OFICINA DE LUTERIA: PROJETOS E SITUAÇÕES-PROBLEMA..... | 12 |
| ETAPA 0 – Escolha do que fazer e das noções envolvidas..... | 12 |
| ETAPA 1 – Encontro com uma situação-problema..... | 15 |
| ETAPA 2 – Panorama aprofundado sobre a situação-problema..... | 20 |
| ETAPA 3 – Consulta a especialistas e especialidades..... | 22 |
| ETAPA 4 – Ida a campo..... | 22 |
| ETAPA 5 – Abertura de caixas-pretas..... | 23 |
| 3.2. LABORATÓRIO DE ACÚSTICA: MEIOS PARA ADAPTAÇÃO..... | 24 |
| Grupo I: Geometria..... | 25 |
| Grupo II: Tensões em estruturas..... | 29 |
| Grupo III: Interferências entre sons..... | 42 |
| Grupo IV: Diferenciação, percepção e manipulação do timbre;..... | 48 |
| Grupo V: Modos de vibração e efeitos da ressonância..... | 53 |
| 4. CONCLUSÃO..... | 59 |
| REFERÊNCIAS..... | 61 |
| APÊNDICE A – DISCUSSÃO SOBRE A FORMAÇÃO DO <i>LUTHIER</i> ENTRE ACÚSTICA E LUTERIA..... | 64 |
| APÊNDICE B – UM PRIMEIRO PROJETO ENTRE ACÚSTICA E LUTERIA..... | 66 |

1. APRESENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS

Encontrar o que é um instrumento musical em essência não é simples, mas tem um simples resumo em palavras: “umas tripas de carneiro estendidas sobre um pedaço de madeira podem extasiar a alma do homem” (CARPEAUX, 2009, p. 13). Shakespeare, quando escreveu esta frase, falava do violino na Renascença. Neste êxtase, há um pouco mais.

Alaúdes, guitarras acústicas, mandolins, contrabaixos, violinos, violas da gamba... (Figura 1). O universo instrumental musical feito em madeira e corda se estende aos horizontes da imaginação.

Cada família contém incontáveis variações em torno de semelhanças: uso da corda para produzir sons, a presença de corpo e braço, a madeira. As diversidades encontram-se através da chamada luteria, personificada por seu praticante: o luthier. Bastará ter dois violinos para notar os detalhes modificados entre um instrumento e outro, mesmo que mais sutis, nas curvas, na cor aplicada, no brilho. Marcas de épocas e autores.

Os instrumentos musicais também são revelados através da música, em alturas musicais, intensidades, harmonias e timbres. São os luthiers imbuídos da tarefa de transformar a madeira em som para os músicos. Colocar a música e o som em foco de experiência e reflexão orienta um encontro pelos mais diversos aspectos que fazem parte da acústica.



Figura 1: Exemplos de instrumentos musicais de diferentes famílias (dimensões proporcionais).

1 – Alaúde de J. Has, Veneza (1586); 2 – Teorba de W. Tieffenbrucker, Pádua (1606). 3 – Guitarra, Veneza (séc. XVII); 4 – Guitarra de Vuillaume e Giron, Troyes (final do séc. XVIII); 5 – Guitarra (conhecido Violão) de R. Bouchet (1959); 6 – Cavaquinho (depois de 1932). 7 – Mandolim Napolitano de A. Gagliano, Nápole (1795); 8 – Mandolim Milanês de J. C. Hoffmann (1745). 9 – Guitarra Portuguesa de A. Duarte, Porto (séc. XX); 10 – Viola,

Brasil (?); 11 – Viola de Cocho, Brasil (?); 12 – Contrabaixo com três cordas, Itália (séc. XVIII); 13 – Violoncelo de J-B. Vuillaume, Paris (1872); 14 – Violino de N. Amati, Cremona (1636); 15 – Viola da Gamba, soprano, de N. Bertrand, Paris (1714); 16 – Viola da Gamba, soprano, de N. Bertrand, Paris (1721); 17 – Viola da Gamba, tenor, de N. Bertrand, Paris (1720). Dimensões não exatamente proporcionais.

Fonte: adaptado de MIMO (2016).

APRESENTAÇÃO DO GUIA ADIDÁTICO

Guia tem sentido aqui como um texto que indica um caminho. Assim, guiar a realização de um projeto que envolva instrumentos musicais, indo de encontro com alguns aspectos acústicos. Junto da pesquisa de mestrado que possibilitou sua elaboração, toma parte do objetivo de delinear uma contribuição para favorecer a relação entre acústica e luteria com sentido próprio de ser-luthier.

Teve suas primeiras elaborações através de abordagens alternativas para a formação do luthier, após encontrar algumas problemáticas. Ao mesmo tempo, disponibiliza elementos de sua prática para curiosos pela luteria.

Entretanto, por que é chamado de *Adidático*? Para não alimentar uma ilusão de que este Guia cumpra um papel didático. Noutras palavras, não substitui a interação necessária entre professor, estudante e saber ensinado.

Cabe, sobre isto, uma diferenciação dos materiais ditos didáticos e paradidáticos. Os primeiros tratariam (ao pensar na nomenclatura) de serem didáticos: suprir a interação como entre professor e estudante. Conteriam alguma forma de propiciar o saber ao estudante, por exemplo, através da escrita, representação, proposição de demonstrações, etc.. Os segundos (paradidáticos), acompanham as atividades didáticas, como material de apoio.

No sentido deste Guia Adidático, orienta organizações do meio, apontando materiais e ferramentas utilizados e a disposição deles como entre participantes numa sala de aula. Especificamente, encaminha o confronto com situações próprias de atividades da luteria e acústica junto aos instrumentos musicais. Confronto independente de professores e instituições, ainda que o meio seja elaborado para fins didáticos. Este tratamento têm base em conceitos próprios da Teoria das Situações Didáticas, de Guy Brousseau (1996; 2008).

O professor, de maneira geral, permanece personagem responsável por oferecer aos estudantes os meios para aprendizagem, condizentes com aquele encontrado fora do ambiente didático. Orienta ainda a superação de obstáculos que surjam durante o confronto dos estudantes com o meio. A ação de oferecimento do meio para efeitos de aprendizagem ganha sentido próprio através de Brousseau (2008) através da ação chamada *devolução*.

2. IDEIAS PARA PROJETOS

(aos professores ou interessados)

A realização parcial de um primeiro projeto junto da finalização da pesquisa de Mestrado indicou novas ideias para projetos (Apêndice 2). Uma conclusão surgida da reflexão sobre a pesquisa é que, antes de realizar qualquer atividade prática, conceitos de acústica e luteria são fundamentais. Ter estes conceitos de antemão orienta a própria capacidade de realização das atividades (saber-fazer) e a reconhecida responsabilidade do luthier (sendo até mesmo um pouco repetitivo em dizer isto) por transformar os materiais em som para fazer música.

Significar assumir: “vou *fazer isto*”. Então, “do que preciso para *fazer isto*?”. Noutros termos, assemelha a perguntar: “quais conceitos, quais teoremas são necessários para prática?”. Ainda assim, todas estas questões poderiam ser substituídas pela solução pronta que o uso de *modelos de referência*¹ oferece.

Ora, a literatura e a experiência numa profissão dispõe aos interessados tais conceitos e teoremas. Permeia o corpo complexo do conhecimento prático da área, em suas decorrências históricas, longe da linearidade encontrada nos livros escolares. Trata da conformação dos saberes², próprios das mais diversas áreas, tal qual luteria e acústica. Em didática, enquanto saberes guardados ao entendimento daqueles mais envolvidos e especializados na área, tem nome de *saber sábio*.

Após esta primeira questão sobre quais conceitos precisam ser relacionados à prática, surge outra, tão importante quanto a primeira: como apresentar estes conceitos aos estudantes? Uma questão que provém da necessidade de formação de novos praticantes de uma área. Para a luteria, aquilo que propicie a continuidade da feitura de instrumentos musicais em sua dimensão cultural – a possibilidade de vir a ser luthier.

O desafio envolve outro personagem: o professor. Em termos formais, seria quem é incumbido por propiciar o saber sábio aos estudantes, como parte da cultura envolvente destes, do professor e também de uma instituição.

1 Referências para a visualidade e sonoridade do instrumento musical antes de transformá-lo através da prática. Há de ser relevada a existência de modelos implícitos, muito próprios da prática, tanto quanto explícitos, quando representados ou descritos/explicados por meio de linguagens.

2 Por *saber*, entendemos o conhecimento passado para um caráter explícito, passível de ser comunicado. Brousseau (2008) e Chevallard (in: BRUN, 1996) apresentam mais detalhadas acerca do termo, inclusive diferenças entre *saber sábio*, *saber a ensinar* e *saber ensinado*.

A forma *como ensinar* associa, diretamente, a forma de atuação do professor. Em princípio, qualquer forma que possibilite a criação de sentido do saber pelos estudantes é válida para justificar a atividade de ensino.

Comunicar aos estudantes o saber em sua forma expressa, entretanto, não é suficiente. O *saber sábio* apresenta grandes dificuldades em ser comunicado sem, no mínimo, sofrer uma tradução entendível pelos estudantes – tradução que já modifica o saber inicial. Além disso, deixa-se de retratar todo o caminho percorrido até chegar ao saber para resumí-lo numa informação (não deixa de ser útil para comunicá-lo).

Assume-se que o sentido, como a própria criação de significado para o saber, precisa ser proveniente da construção do conhecimento, não suprido apenas pelas formas resumidas e traduzidas do saber. Especialmente para o *luthier*, isto tem a ver com a experiência com os instrumentos musicais, próprio do fazer luteria.

O meio formado pelos instrumentos musicais envolve o *luthier* em experiências muito próprias. Os estudantes da área entram em conflito com tal meio e precisam se adaptar. O próprio meio pode ser manipulado para propiciar a adaptação necessária e, então, o aprendizado. Exemplo disto é dispor situações menos complexas, que possibilitem acesso para outras mais complexas. Particularmente, cada situação carece de conhecimentos para ser controlada, diferenciados de acordo com as instabilidades do confronto.

Nada exclui a necessidade de explicitar os conhecimentos utilizados em atividade. Para isto, entretanto, serão necessárias formas comunicáveis, próprias da construção de conceitos (representações e estruturas linguísticas). Além disso, os conhecimentos usados e os conceitos elaborados precisam passar por validação. Por fim, uma instituição assume o papel por confirmar a efetividade daquilo elaborado pelos estudantes.

Todas estas considerações, rapidamente apresentadas aqui (ciente do risco de simplismo, mas configurando um marco teórico), envolvem os três tipos de situações listadas por Brousseau (2008): ação, formulação, validação. Encontram certa coerência ao ensino-aprendizagem de luteria.

Assume-se uma busca por efetivar a adaptação desejada. Através da devolução, o meio é propiciado aos estudantes. A comunicação de informações faz parte, mas provém da atividade realizada. Em nenhum momento o professor poderá comunicar o saber, pois, tiraria a possibilidade do próprio estudante desenvolvê-lo.

Este sentido para a atividade didática reserva papéis para o professor e estudantes no processo de ensino-aprendizagem. Parte destas considerações apoiam-se na reflexão sobre atividades desenvolvidas por estudantes durante a atuação do pesquisador como professor.

Particularmente, tem por foco a produção de um projeto baseado na invenção de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (FOUREZ, 1997; SCHMITZ, 2004). Muitos de seus elementos aparecem na Seção 3, seguinte.

No Apêndice 1 e 2 podem ser encontradas informações adicionais que levaram à realização de um projeto, como invenção de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade, e a efetivação parcial em sala de aula durante a pesquisa de Mestrado. O Apêndice 1 contém também uma discussão mais aprofundada sobre a formação do luthier.

3. GUIA ADIDÁTICO

A partir de agora, encontraremos os primeiros elementos para realizar seu projeto. Na Seção 3.1, poderá escolher desde o *que fazer*, passando pela reunião dos primeiros materiais necessários (especialmente, os *modelos de referência* disponíveis), até chegar a uma forma de encontrar situações-problema associadas à prática da luteria.

Depois, já na Seção 3.2, encontraremos uma organização de diferentes meios, exclusivamente, para contato com a acústica. Cada um destes meios nos desafia de forma diferente, precisando da articulação de conhecimentos para enfrentá-los.

No todo, aparecem dentro de cinco grupos de noções, que contém saberes associados. O confronto com o meio tem foco principal na relação entre acústica e luteria, mas também relaciona outras áreas, como matemática e música.

Vale ressaltar que nada elimina a necessidade de acompanhamento de professores durante uma formação séria como luthier³. Porém, os principais atores coparticipantes durante o processo são os colegas sejam *luthiers*, músicos, cientistas, além de outros possíveis interessados no assunto. Antes de qualquer atividade iniciada aqui, será o interesse pelos instrumentos musicais a nos guiar em colaboração mútua.

3 A parcela didática está ausente neste Guia. Específica ao contexto onde seja aplicado, depende da interação entre professor, estudante e saber dentro de uma instituição. O papel de um professor será necessário, de forma a oferecer uma sequência de adaptações de acordo com a escolha de uma situação-problema e um projeto a ser realizado.

3.1. OFICINA DE LUTERIA: PROJETOS E SITUAÇÕES-PROBLEMA

Ferramentas, bancadas, diversos materiais (ainda que predomine a madeira). Esta rápida aparência em palavras para uma oficina de luteria ainda deixa muito mais para detalhar e comentar. Entretanto, alguns elementos não aparecem simplesmente ao olhar (nem, muitas vezes, ao olhar apurado). Tal como para a música, para a luteria a palavra não supre a essência de sua prática.

Ainda assim, será em palavras que será sugerida a realização de um projeto a partir de agora. Vem colaborar, desta forma, como meio de iniciação, tanto quanto de continuidade. Em outras palavras, para qualquer interessado em fazer algo com instrumentos musicais – e aí sim encontrar as essências de sua prática.

ETAPA 0 – Escolha do que fazer e das noções envolvidas.

Um projeto começa com uma primeira escolha diante de uma primeira questão:

O que pretendo/pretendemos fazer?

Ao pensar na prática da luteria, algumas opções são (se quiser, assinale no quadro):

| X | AÇÃO CENTRAL DO PROJETO |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | Construção de algum instrumento musical ⁴ ; |
| <input type="checkbox"/> | Restauração de algum instrumento musical; |
| <input type="checkbox"/> | Manutenção de algum instrumento musical; |
| <input type="checkbox"/> | ... |

Quadro 1: lista de atividades centrais do projeto para serem escolhidas.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Nada impede pensar noutras atividades em prática (por isto o último quadro em branco). Logo após esta primeira escolha, uma pergunta muito astuta seria:

O que precisamos para fazer isto?

4 As atividades pensadas aqui tem por foco instrumentos musicais que usem cordas para gerar sons, tenham corpo e braço e sejam feitos, predominantemente, em madeira

Percebamos que o projeto precisa de noções fundamentais para que seja realizado. O momento é propício para pensar nalgumas delas e listá-las.

| X | NOÇÕES |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | Entalhe, colagem e encaixes de madeira (e habilidades envolvidas); |
| <input type="checkbox"/> | Afiação de ferramentas; |
| <input type="checkbox"/> | Acústicas (colocadas em foco na Seção 3.2); |
| <input type="checkbox"/> | Químicas (dentre ações como mineralização, cristalização, diluição, coloração, etc.); |
| <input type="checkbox"/> | Ergonômicas (para adaptação do instrumento ao músico); |
| <input type="checkbox"/> | Estéticas, entre sonoras e visuais; |
| <input type="checkbox"/> | Éticas (especial atenção a esta, pela responsabilidade das ações realizadas com o projeto). |
| <input type="checkbox"/> | ... (quais outras são necessárias?) |

Quadro 2: lista inicial de noções necessárias para elaborar o projeto.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A lista dificilmente encontra um fim, ainda que algumas noções sejam mais centrais para a prática da luteria. Certamente, depende da escolha do que fazer durante o projeto.

SUGESTÃO

O foco deste Guia são as noções acústicas. Assim, a partir do início do projeto, ficarão pontas soltas para serem resolvidas com auxílio de, talvez, outros Guias.

Que referências, materiais e ferramentas temos disponíveis?

É interessante reunir o que há disponível. Livros, manuais, plantas, esquemas, tabelas auxiliam como referências – uma busca numa biblioteca ou na internet poderá bastar. Materiais e ferramentas serão específicas ao que será colocado em prática – por exemplo, para entalhe de madeira, precisamos de formões e goivas, assim como da madeira (obviamente).

Um exemplo de lista de referências para a construção de um violino (coerente ao estilo da escola de Cremona) aparece a seguir. A partir delas, também encontram-se indicações de ferramentas e materiais utilizados durante a construção.

| Tipo | REFERÊNCIAS |
|---------|--|
| Livro | SACCONI, Simone F. I “Segreti” di Stradivari . Cremona: Libreria del Convegno, 1972. |
| Manuais | JOHNSON, Cris; COURTNALL, Robert. The Art of Violin Making . Londres: Robert Hale, 1999. |
| Plantas | DENIS, François. Traité de Lutherie . 2006 |
| Tabelas | Il Violino e i Suoi Formati . Quaderno di Liuteria nº 13. Cremona: Gruppo Studi Liutai, 1980. |
| ... | ... |

Quadro 3: sugestões de materiais de referência para a atividade de construção de um violino.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Especificamente sobre ferramentas.

| | FERRAMENTAS (outras) |
|---------|--|
| Artigos | OLSEN, Tim (Ed.); BURTON, Cyndy (Ed.). Lutherie Tools: Making hand and power tools for string instrument building . Tacoma: Guild Of American Luthiers, 1990. |
| ... | ... |

Quadro 4: sugestão de referência sobre ferramentas para luteria.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

Com a Etapa 0 concluída, parecerá mais clara uma sequência de caminhos para o projeto. Já nos perguntamos o que pretendemos fazer, do que precisamos para fazer e o que temos disponível. Temos pistas e expectativas para resultados das etapas seguintes.

ETAPA 1 – Encontro com uma situação-problema.

Construir, restaurar e realizar a manutenção de instrumentos musicais envolve desafios formidáveis. Porém, além da técnica, o luthier também enfrenta outros tipos de desafios. Assim, precisaria atuar junto a diversos outros grupos sociais que tem contato com instrumentos musicais, especialmente, músicos (iniciantes e profissionais).

Para encontrar situações-problema próprias da prática da luteria precisamos nos aproximar (mesmo que imaginativamente) da atuação do luthier, ou seja, dos problemas reais e atuais de sua profissão. Vale perguntar, então:

Quais situações-problema envolvem a prática da luteria?

Conseguiremos encontrar situações-problema ao identificar os problemas relacionados à prática da luteria. A escolha entre Construção de Instrumentos, Restauração ou Manutenção contém problemas próprios para desvendarmos. Noutras palavras, cada uma delas leva a situações-problema diferentes. O Quadro 1 traz sugestões para entender melhor estas diferenças. Fique à vontade para sugerir outros problemas.

| Escolha do que fazer | Exemplos de Problemas Iniciais |
|-----------------------------|---|
| Construção... | <ul style="list-style-type: none"> • Escolha de materiais para construção. • Qual modelo é seguido. • Ferramentas disponíveis. |
| Restauração... | <ul style="list-style-type: none"> • Modificação (as vezes nocivas) das características de instrumentos musicais históricos para adaptação ao uso na atualidade. |
| Manutenção... | <ul style="list-style-type: none"> • Contato dificultoso entre músico e <i>luthier</i>. |

Quadro 5: Sugestões que possibilitam a estruturação de uma situação-problema prática da luteria.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

O EXEMPLO 1, a seguir, apresenta uma forma de encontro de uma situação-problema. Inicia de um problema identificado na prática da luteria para, depois, encontrar outros relacionados.

Os problemas estão presentes e podem ser identificados dentro das mais variadas vivências com os instrumentos musicais. Esta etapa ajudará a contextualizar seu projeto, inclusive, ao aproximar-se de uma realidade.

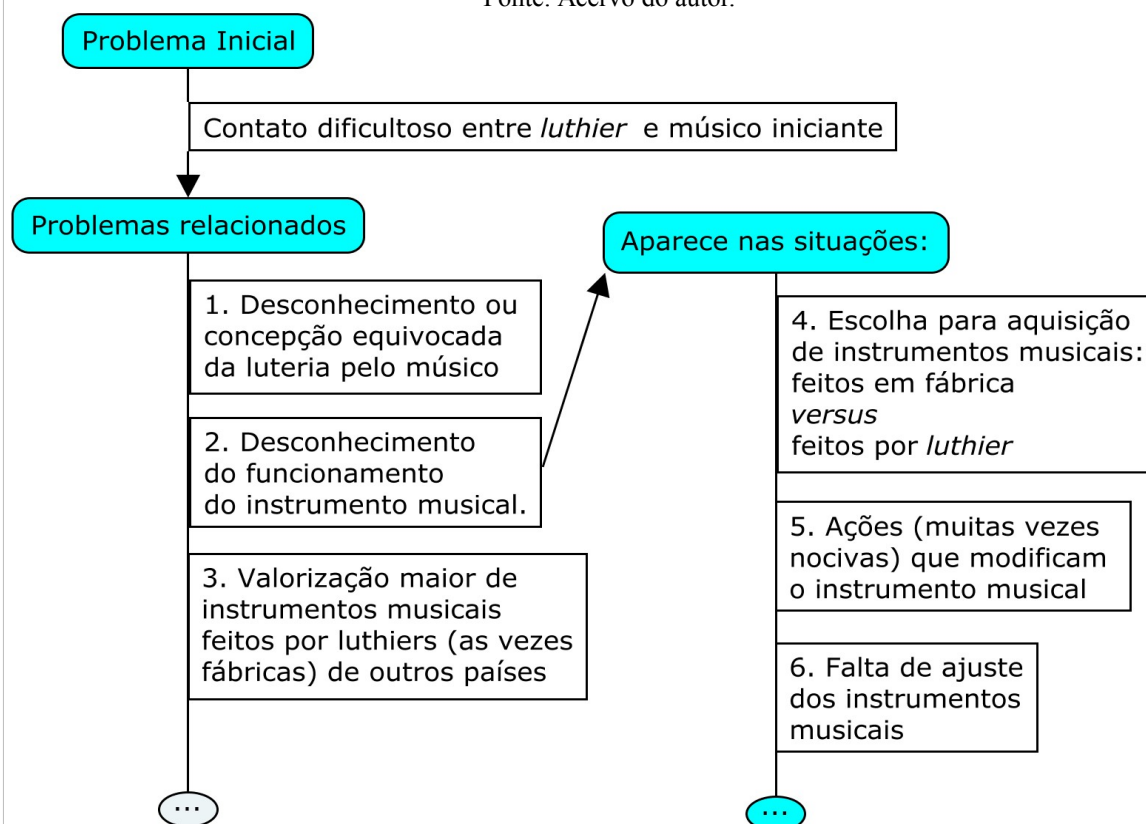
SUGESTÃO

Bastará substituir um Problema Inicial no esquema da Figura 2 e explorar associações com outros problemas e situações particulares. O esquema foi construído com o programa CmapTools (CMAP, 2017). Nada impede construir uma rede de problemas iniciais e relacionados junto de outras pessoas, algumas delas com vivências diferentes com instrumentos musicais.

EXEMPLO 1

Se escolhida Manutenção de Instrumentos Musicais como ação central do projeto.

Figura 2: Esquema feito com problemas encontrados em prática da luteria.
Fonte: Acervo do autor.



Com os problemas identificados, pode ser elaborada uma mensagem fictícia, como se tivesse sido escrita por um iniciante em música para um luthier. Ainda que fictícia,

mantém associação aos diversos relatos reais com que foi elaborada, assim como pode ser acompanhada de materiais ilustrativos (relatos em fóruns na internet, conversas reais, etc.).

Olá!

Consegui seu contato através de um professor do conservatório. Achei que deveria buscar uma opinião, igual ele disse, de quem sabe do assunto. Então, vamos lá.

Comecei a tocar há mais de um ano com um instrumento bem meia boca (me disseram que é chinês), que é emprestado. Daí estava pensando em investir alguma grana num instrumento pra mim. Sinceramente, sei lá qual comprar.

Pensei em comprar um da mesma marca que o meu; mas daí olhei bem e vi que meu instrumento é de um luthier de outro estado. Achei confuso... porque meus amigos do conservatório achavam que era de fábrica. Todos eles me elogiaram pelo instrumento de luthier quando descobri isto... meu professor falou pra eu confirmar com você. Na real, não acho o instrumento muito bom. Se fosse trocar por um instrumento novo queria que fosse de luthier. Meu professor disse que os melhores são os italianos, pros meus colegas que tocam guitarra recomendou alguns dos EUA, mas que, por agora, um brasileiro serviria.

Queria ele ajustado pra mim, sabe? Um instrumento que funcionasse bem, fosse bonito, com bom som; até porque o que eu tenho tá me limitando bastante. E tem também o ajuste, que de qualquer forma me falaram pra fazer; mas também não sei pra que serviria exatamente, porque nunca ajustei o meu instrumento. Todos no conservatório ficariam felizes em conhecer mais sobre estes assuntos, que dão muita confusão.

Fico muito feliz em ter a opção de seu contato aqui na cidade, ainda mais se puder contar com a sua ajuda!

Em nome do Conservatório Providencial do Drama Musical

Quadro 6: exemplo de informações para elaborar uma situação-problema, resultando numa mensagem fictícia.

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

SUGESTÃO

Aos professores.

Para o professor que utilize este Guia, é interessante codificar a situação-problema (como a Mensagem do EXEMPLO 1) para que os estudantes desvendem os problemas. Assim, criem associações próprias diante de suas vivências com os instrumentos musicais.

SUGESTÃO

Para encontrar uma situação-problema.

Realizar buscas simples na internet sobre temas relacionados à luteria auxilia encontrar uma situação-problema. Ao usar palavras-chave como nomes de *luthiers* (Stradivari, Guarneri, Amati, Panormo, Torres), ou mesmo ao buscar termos: *luthiers* famosos, falsificações, restauração de instrumentos, entre outros, encontramos diversas informações. Em geral, para o projeto, servem para enriquecer o contato com o senso comum difundido sobre a luteria.

Interessante notar que, para um *luthier* em atividade profissional, a escolha do projeto e o confronto de situações-problema fazem parte, naturalmente, da prática dentro da Oficina de Luteria. Não necessariamente são feitas como sugeridas as etapas deste Guia, nem, tampouco, descritas de maneira explícita.

INTERLÚDIO

Teremos dificuldades de resolver sozinhos ou com nossos conhecimentos muitos dos problemas encontrados anteriormente. Vejamos como uma oportunidade para aprofundar e detalhar o projeto. Temos algumas opções a serem abordadas nas Etapas seguintes:

- Encontrar (por conta própria e em discussões com colegas) mais detalhes sobre a situação-problema:
ETAPA 2 – Panorama aprofundado sobre a situação-problema.....19
- Procurar pessoas ligadas aos instrumentos musicais como especialistas em alguma área:
ETAPA 3 – Consulta a especialistas e especialidades.....21
- Ir a campo, ou seja, entrar numa oficina de luteria, acompanhar e registrar parte de seu funcionamento:
ETAPA 4 – Ida a campo.....21
- Abordar noções que auxiliem a articular conhecimentos para a prática e para descobertas sobre os instrumentos musicais. Relembrando o objetivo deste Guia, a Seção 3.2 oferece meios para trabalho com noções acústicas:
ETAPA 5 – Abertura de caixas-pretas.....22

Para continuar, optamos pela Etapa que mais auxiliaria no momento (qualquer uma delas. Depende do que julgar necessário). Muitas vezes, depois de passar para outras, precisaremos voltar em alguma Etapa que já realizamos.

A busca é sempre por ampliar as informações e articulação de conhecimentos para conseguir finalizar o projeto. O foco, relembrando, é o aprendizado.

ETAPA 2 – Panorama aprofundado sobre a situação-problema.

Situações-problema reais contém muitos detalhes para explorar. Da mesma forma, ocorre com o cotidiano de prática da luteria. Falar sobre o meio que nos envolve é um desafio, mesmo para quem esteja imerso em prática.

Uma forma de facilitar o encontro com detalhes de situações-problema é através de algumas questões. Ao respondê-las, conseguiremos ter um panorama mais aprofundado sobre a situação-problema encontrada anteriormente. Particularmente, colocando-a num contexto.

1. Quem está envolvido, pessoas e grupos sociais, na situação-problema? (Atores).
2. Quais normas regem a situação-problema? (Normas).
3. Quais condições (naturais, sociais) envolvem a situação-problema? (Condições).
4. Quais posições os envolvidos tomam dentro da situação-problema? (Posturas).
5. Que conflitos de interesses existem entre os envolvidos? (Tensões).
6. Quem poderia ajudar a desenvolver o projeto? (Especialistas).
7. Onde poderíamos achar informações adicionais que ajudariam a desenvolver o projeto? (Especialidades).
8. O que precisamos descobrir sobre os instrumentos musicais? (Caixas-pretas)
9. Que escolhas irreversíveis seriam tomadas diante dos problemas encontrados? (Bifurcações).

SUGESTÃO

A organização das respostas em listas auxilia uma visualização do panorama aprofundado. Os elementos que cada questão envolve, orientam seis listas (abaixo). As três colunas foram preenchidas para exemplificar, usando como base o EXEMPLO 1. Depende totalmente dos elementos que consigamos encontrar na situação-problema escolhida.

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|-----|
| Atores envolvidos | Músico iniciante | <i>Luthier</i> | Professores de música | ... |
| Normas e Condições | Precisa ter um instrumento musical | Realiza a manutenção de instrumentos musicais. | Conhece sobre música e formas de ensiná-la | ... |
| Posturas e Tensões | Tem dúvidas para escolha de instrumentos musicais | Conheceria justificativas para escolha de certos instrumentos | Responsável por ensinar música ao músico iniciante | ... |
| Especialistas e Especialidades | Músicos (profissionais, iniciantes, etc.) | <i>Luthiers</i> (da cidade, professores, pesquisadores, etc.) | Professores de música (de conservatórios, de universidades, etc.) | ... |
| Caixas-pretas | Madeira usada no instrumento; Corda utilizada; Adaptação ao instrumento; ... | Ajuste; Tensão da corda; Medidas padrão; Timbre; Entalhe; Cravelhas ou Tarraxas; ... | Técnica de execução do instrumento; Ergonomia; ... | ... |
| Bifurcações | Instrumento de luthier ou de fábrica? | Recomendar ajuste, troca ou construção de um instrumento? | Escolha entre modelos de instrumentos. | ... |

Quadro 7: Exemplo de lista (produzida por estudantes de luteria) em resposta às perguntas anteriores.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

ETAPA 3 – Consulta a especialistas e especialidades.

Nesta etapa, procuramos informações ligadas aos instrumentos musicais com especialistas em alguma área. Depois de registrar o que tem a dizer sobre o(s) problema(s) levantado(s) pelo projeto, trazem perspectivas esclarecedoras para a situação-problema. Vale sempre lembrar que algumas formas de registro são mais adequadas que outras, assim como os especialistas devem autorizar o registro. Os meios para conseguir estas consultas são diversos, assim como os registros. Algumas sugestões:

- Entrevistas (gravação em som, escrita...);
- Troca de mensagens (e-mail, redes sociais...);
- Palestras (gravações em som e/ou vídeo, tópicos abordados, assuntos explicados...);
- Oficinas (sequência de atividades, artefatos construídos, tópicos abordados...);
- Aulas expositivas (tópicos abordados, assuntos explicados...);
- Outras formas de consulta...

Por especialidades, contribuem livros, artigos, manuais, etc., ou qualquer outra fonte de informações mais confiáveis sobre o assunto. As informações importantes encontradas nestas fontes podem ser apresentadas em:

- Fichamentos;
- Resumos;
- Resenhas;
- Outras forma de organizar as informações coletadas...

Fica a critério de quem realiza o projeto escolher especialistas e/ou especialidades de forma a esclarecer alguns dos problemas encontrados. Ao mesmo tempo, cumprir as necessidades do projeto. Porém, é importante lembrar de não definir o projeto somente com a opinião dos especialistas e especialidades. A autonomia é exercida aqui com negociação.

ETAPA 4 – Ida a campo.

O luthier, de certa forma, é um especialista que pode ser consultado. Entrar numa oficina e acompanhar parte de seu funcionamento vai muito além de uma simples conversa. Oferece uma experiência mais enriquecedora. Anotações sobre esta ida a campo oferecem referências concretas para o projeto.

ETAPA 5 – Abertura de caixas-pretas.

Nesta etapa, as noções listadas ao início poderão ser abordadas. Em geral, para colocar em prática o projeto, alguns conhecimentos precisam ser articulados. Concomitantemente, o momento é propício para descobrir algo mais sobre os instrumentos musicais e ampliar horizontes culturais.

Os problemas elencados na situação-problema (ETAPA 2) envolvem certo tema. Caso do EXEMPLO 1, onde estava explícito o ajuste de instrumentos musicais para o músico. Para o ajuste, especificamente, alguns desafios envolvem: descoberta das técnicas usadas para execução de músicas no instrumento musical; tornar o instrumento mais fácil de tocar, chamada tocabilidade; conseguir melhor aproveitamento do que o instrumento pode oferecer; eliminar ou reduzir defeitos estruturais e sonoros; entre outras.

Em geral, cada atividade coloca-nos diante de confrontos com desafios. Conseguir resolver estes desafios depende da articulação de conhecimentos. Ao pensar nisto, esta etapa objetiva propiciar meios para a construção de alguns conhecimentos, agrupados em noções.

Por razão do foco deste Guia, a Seção 3.2 aborda noções acústicas particularmente. Por isto, não aparecem meios propícios para todas as noções que possam ter sido elencadas pelo projeto (uma motivação para pensar noutros meios para favorecer tais noções).

3.2. LABORATÓRIO DE ACÚSTICA: MEIOS PARA ADAPTAÇÃO.

Diante da realização do projeto (do que pretendemos fazer), diversos problemas são encontrados, assim como caixas-pretas. Algumas delas relacionam uma grande gama de fenômenos relacionados ao som.

Um laboratório parece ser local propício para criar algumas noções acústicas (cinco Grupos). Qualquer curioso e interessado pelos instrumentos musicais encontrará, dentro dele, meios para manipular fenômenos sonoros.

Cada um dos cinco Grupos associa uma noção com diferentes conceitos entre acústica e luteria. Não há necessidade de realizar todas as atividades. Também não é preciso seguir a ordem como estão escritas. Entre jogos, atividades e desafios propostos, importa encontrar aqueles que colaborem para abrir caixas-pretas e auxiliem a continuidade do projeto. Muitas vezes, continuidade dependente de tomar parte da amplitude de nossa cultura.

Um último ponto a comentar é sobre fazer sozinho cada uma das atividades. Apesar da possibilidade, discussões, diálogos, trocas de informações e experiências, assim como a complementaridade de habilidades e conhecimentos, são de grande proveito e enriquecimento, conseguidos ao realizar as atividades com outras pessoas.

Grupo I: Geometria.

O interesse pelo desenho dos instrumentos é também pelo seu som, na busca por harmonia de formas e funcionalidade.

| DESAFIO PRINCIPAL Desenhar Instrumentos Musicais | |
|--|---|
| FERRAMENTAS | MATERIAIS |
| <ul style="list-style-type: none"> • Lápis; • Régua (sem gradação); • Compasso. | <ul style="list-style-type: none"> • Folha de papel (em branco; A4, A3 ou A2); |
| ALGUNS CONCEITOS ASSOCIADOS | |
| Segmento de reta; Figuras geométricas (triângulo, quadrado, circunferência); | Seções (geométricas, harmônicas, subharmônicas); Proporções (alguns elementos). |

Quadro 8: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial da Geometria.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

i. Primeiras formas.

Organização dos materiais: folhas de papel em branco (tamanho A4).

... e ferramentas: régua (sem gradação) e compassos. Lápis.

Organização do meio: a princípio de regularidade, o participante opera a partir de pontos definidos com lápis. Começa com dois pontos. Depois de defini-los, conecta-os com linhas retas – segmentos de reta. Com os mesmos dois pontos e a régua, consegue outra figura ao fixar a distância entre eles e “arrastar” um dos pontos com a régua mesmo.

Após esta primeira variação, o participante recebe um compasso para “arrastar” a mesma figura a partir de um dos pontos. Diversas outras figuras surgem ao desvendar formas de manipulação variadas para a régua e compasso.

1ª modificação do meio (triângulo equilátero e linha perpendicular): a partir do segmento de reta com dois pontos consegue-se fazer triângulos. Como auxílio extra, o compasso participa desta tarefa. Não se pode usar um ponto extra, apenas os dois pontos iniciais. Aliás, ao conseguir realizar esta tarefa, de bônus, há uma forma de encontrar o ponto central entre os dois pontos iniciais.

2ª modificação do meio (quadrado): volta-se mais uma vez ao segmento de reta feito entre dois pontos. Consegue-se fazer um quadrado começando dos dois pontos. Mais

uma vez, o compasso vem em auxílio, mas é preciso saber encontrar o centro entre dois pontos. O quadrado ficará inscrito na circunferência, igual a Figura 3.

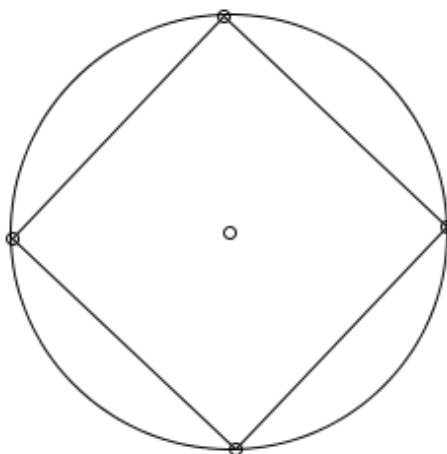


Figura 3: imagem do resultado da inscrição, iniciada a partir da definição de dois pontos.

Fonte: acervo do autor, produzido através do programa C.a.R (GROTHMANN, 2017).

Explorações futuras: a partir da régua e compasso, e com o sucesso ao manipular as duas modificações do meio geométrico, tem-se princípios para começar quaisquer outras explorações geométricas do desenho. Instrumentos musicais podem ser desenhados a partir do quadrado.

ii. Compassos alterados.

Organização dos materiais...: folhas de papel em branco (tamanho A4).

... e ferramentas: taxinhas ou pregos pequenos e, ainda, pedaços de material cilíndrico (com diâmetros diferentes, porém, sempre pequenos) que possam ser fixados. Cordas de pequena espessura e não elásticas. Lápis.

Organização do meio: começando a atividade, o participante conta com uma taxinha, corda e lápis. Com estas ferramentas, sobre a folha em branco, consegue formar figuras regulares sempre a partir de dois pontos (Figura).

1ª modificação do meio: depois de desenhar uma figura usando apenas os dois pontos definidos a lápis, fixando a taxinha num deles, o participante ganha mais uma taxinha. Agora, procura inscrever o desenho com as duas taxinhas dentro da figura produzida na organização do meio. Na sequência, recebe mais uma taxinha, modificando o desenho. E assim por diante.

2ª modificação do meio: ao invés da taxinha, o participante recebe um pedaço de material cilíndrico. Tentará, novamente, inscrever a figura que formar dentro de uma circunferência inicial.

iii. Cortes (ir)racionais dos desenhos.

Organização dos materiais...: folha de papel em branco tamanho A4. Se for começar o desenho de um instrumento musical, folha de papel tamanho A3 ou A2 (sugestão: iniciar testes em folhas A4, mais baratas).

... e ferramentas: régua (sem gradação), compasso e lápis.

Organização do meio: um quadrado já deve estar desenhado na folha de papel, o qual será “cortado” através dos desenhos seguintes. Os participantes dispõem de régua, lápis e compasso. Antes de continuar, mais um segmento de reta precisa ser acrescentado ao quadrado.

1ª modificação do meio: para realizar uma primeira forma de corte, usa-se segmentos de reta e/ou partes de circunferência a serem inseridas no quadrado. Os pontos disponíveis são apenas os quatro vértices. Com esta disposição será possível obter, no mínimo, duas seções do desenho do quadrado.

Uma terceira provém do quadrado seccionado na metade. Após isto, mais uma seção pode ser alcançada também a partir de segmentos de reta e/ou de partes de circunferência.

O desenvolvimento desta noção ficou limitado (neste Guia). Careceu do aprofundamento em conhecimentos de geometria (professores de matemática, matemáticos). O que apresenta até aqui é suficiente para uma primeira exploração na área. Com estes meios, consegue-se princípios do trabalho geométrico, ainda que uma pequena noção.

SUGESTÃO

Leituras, programas e aplicativos.

Para aprofundamento, seguem referências para abordar a noção:

- Tratado de luteria de *François Denis* – apresenta formas de construir o desenho de instrumentos musicais numa aliança entre a noção de proporção e o ato de medir. Concepções usadas no Renascimento (e no próprio surgimento da luteria), foram abandonadas com o passar do tempo pela maneira analítica de focar a

representação. As possibilidades surgem para desenhar qualquer instrumento musical desde a folha em branco, sempre usando régua e compasso, bem como lógicas construtivas geométricas para resolver problemas geométricos. DENIS, François. **Traité de Lutherie**: The violin and the art of measurement. 2006. Disponível (para comprar) em: www.traitedelutherie.com. Acesso em: 21 fev 2017.

- Mairson (2013) discute o *Traité de Lutherie* de Denis, e apresenta uma forma de linguagem computacional para elaborar e resolver os problemas geométricos (usando geometria). Traz flexibilidade para o desenho de instrumentos, ao mesmo tempo que o traz ao campo virtual.
- O programa C.a.R (traduzido como Régua e Compasso), desenvolvido por René Grothmann, permite construções geométricas dinâmicas em computador. Diversos conceitos de geometria podem ser abordados, assim, como construções de desenhos. Disponível em: http://car.rene-grothmann.de/doc_en/index.html. Acesso em: 21 fev 2017.
- O aplicativo *Euclidea* para *smartphone* apresenta sequências de desafios de geometria. Os quebra-cabeça (em grupos nomeados com letras gregas) aumentam gradativamente em dificuldade. Cada um deles relaciona conceitos e teoremas geométricos de forma prática. Não é pago (a não ser que queira pular para outro grupo de desafios sem resolver os anteriores).

Grupo II: Tensões em estruturas.

A funcionalidade do instrumento se dá, em parte, no equilíbrio entre rigidez e resistência estrutural às tensões provocadas, inicialmente, pela corda.

| DESAFIO PRINCIPAL Controlar Tensões em Instrumentos Musicais | |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">FERRAMENTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dinamômetro; • D.E.M.O. (Dispositivo Educacional de Musicalidade Ordinária⁵, como suporte para cordas); • Instrumento musical (como suporte para cordas). | <p style="text-align: center;">MATERIAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cordas (com diversas espessuras, composições materiais e comprimentos), de preferência, com baixo custo para fazer os testes; • Molas helicoidais (de tração e compressão); • Ripas de madeira para suportes; • Tiras de madeira para reforços; • Placas de madeira. |
| ALGUNS CONCEITOS ASSOCIADOS | |
| Tensão; Força (peso, elástica); Baricentro; Deformação elástica e plástica. Ruptura; Densidade linear; Intensidade sonora; | Vetores; Inércia; Massa; Rigidez/Elasticidade; Amplitude de vibração; |

Quadro 9: lista dos materiais, ferramentas e conceitos diante do desafio inicial das Tensões em estruturas.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

i. Corda solta.

Organização dos materiais...: cada pessoa começa com uma corda solta, de qualquer tipo. Seja destinada para usar em instrumentos musicais ou qualquer outro material que sirva como corda (materiais para varais, elásticos, linhas de pesca, etc.). Na verdade, como existem muitas opções, cada um que participe desta atividade pode usar várias cordas que tivermos disponíveis (neste começo, as mais baratas, de preferência).

... e ferramentas: é preciso ter pedaços de madeira com comprimento maior que a largura e altura, proporcionalmente. Outros materiais são: parafusos, cravelhas (iguais às usadas em violinos ou parecidas – o importante é que permitam prender as cordas e esticá-las)

⁵ Qualquer aparato que sirva de suporte para cordas, assim como que permita manipular tensões. O nome está relacionado ao uso sofrível do dispositivo para fazer música – apelidado ao pensar nas impressões de estudantes e colegas de pesquisas acústicas e luteria. Também associa a músicas em *versão de demonstração*. Neste outro significado, torna-se algo como uma versão DEMO de um instrumento musical.

ou tarraxas e pedaços menores de madeira (para sustentar cordas como cavalete e pestana). Serão usados na montagem posterior do D.E.M.O. (Dispositivo Educacional de Musicalidade Ordinária).

Organização do meio: cada participante recebe diversas cordas soltas. Buscam fazer sons com as cordas e as entre si, demonstrando aquelas *melhores* que encontraram. Isto requer levantar algumas razões para serem *melhores*. Os participantes deixam de lado as cordas que não funcionem bem para produção de som. Entretanto, deixadas reservadas de lado, sem descartar.

Depois deste começo, a atividade muda para fazer aparecer os sons encontrados nas cordas “melhores”.

1ª modificação do meio: os participantes se distribuem em pares, cada qual com sua corda preferida. Afastam-se para cantos opostos, como numa sala. Um deles terá que fazer o outro ouvir o som gerado pela corda usando dos materiais que tiver no seu entorno. Enquanto não for possível, continuam as tentativas. Depois de cada dupla resolver seus problemas, procuram alcançar distâncias maiores em que é possível ouvir o som de suas cordas, em comparação com outras duplas. Se a corda arrebentar ou for danificada, a dupla é desclassificada.

D.E.M.O.: Neste momento, um professor ou uma pessoa responsável pelas atividades (e pela segurança dos participantes) prepara os tocos de madeira. As cordas terão uma extremidade presa em pinos fixos (ex. Parafusos) e a outra extremidade presa num pino móvel (cravelha, tarraxa, parafuso borboleta). A quantidade de pinos depende de quantas cordas se quer colocar (e quantas cabem) no toco de madeira (quatro cordas é suficiente). Esta é a montagem básica do D.E.M.O. (Figura 4), que serve para muitos testes de tensão.

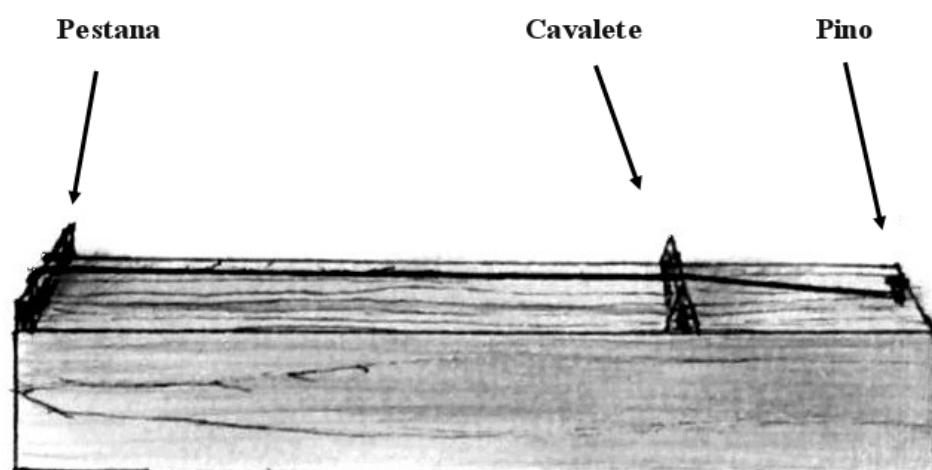


Figura 4: forma geral e peças essenciais para construção de um Dispositivo Educacional de Musicalidade Ordinária funcional. O número de cordas dependerá de colocar mais pinos e sulcos (no cavalete e pestana).

Fonte: acervo do autor (2016).

2ª Modificação do meio: com o D.E.M.O., uma das duplas monta as cordas preferidas, procurando gerar um som parecido com o conseguido na mesma corda anteriormente (necessária certa memória sonora). Os outros grupos, um por vez, tocam suas cordas preferidas procurando esconder o som da corda esticada no D.E.M.O. Os participantes têm disponível, novamente, apenas o que tiverem ao seu redor. A atividade será finalizada quando cada dupla encontrar uma estratégia para fazer aparecer melhor o som da sua corda. Trocar de cordas é uma opção. Arrebrantar ou danificar uma corda, vale lembrar, desclassifica a dupla. Depois, as funções podem ser trocadas.

ii. Tensão essencial de cordas (sugestão: adicione em *v.*).

Organização das ferramentas...: O D.E.M.O. (com feitura descrita na atividade *i.*) precisa estar montado, com cordas esticadas (recomendadas quatro). As cordas precisam ter características diferentes. As cravelhas ou outras peças usadas precisam funcionar da forma mais fácil possível para tensionar as cordas. Baldes (da atividade *iii.*, de preferência, um por grupo), assim como Dinamômetros, réguas e molas (da atividade *iv.*) fazem parte das modificações.

... e materiais: Se alguma corda foi rompida na atividade *i.*, requer a troca por uma nova corda. Uma sugestão para estes casos é sempre procurar justificativas para o porquê da corda ter rompido. Erros bem conduzidos levam a esclarecimentos.

Organização do meio: os participantes reúnem-se em grupos. Cada um deles recebe um D.E.M.O. com quatro cordas. Só poderão usar estas mesmas cordas até o final.

Agora, consegue-se controle de quanto soltar ou esticar as cordas. Os limites de quanto pode ser esticada permanecem desconhecidos. Entretanto, tentar esticá-la o máximo possível pode gerar rupturas, desperdiçando cordas, além do perigo de se ferir. Os participantes esticam as cordas o mínimo que julgarem necessário. Depois de certas decisões, contam com as decisões tomadas pelos outros grupos para comparação.

1ª modificação do meio: uma das pontas da corda é atada (com cuidado e sem torcê-la muito) à alça de um balde (ou ferramenta parecida). Cada grupo usufrui de um balde para identificar variações na corda (Figura 5). Os baldes contêm materiais com mesmo peso (a

atividade detalhada para investigar a quantidade adicionada ao balde, em alguma medida, ocorre como no item *iii.*).

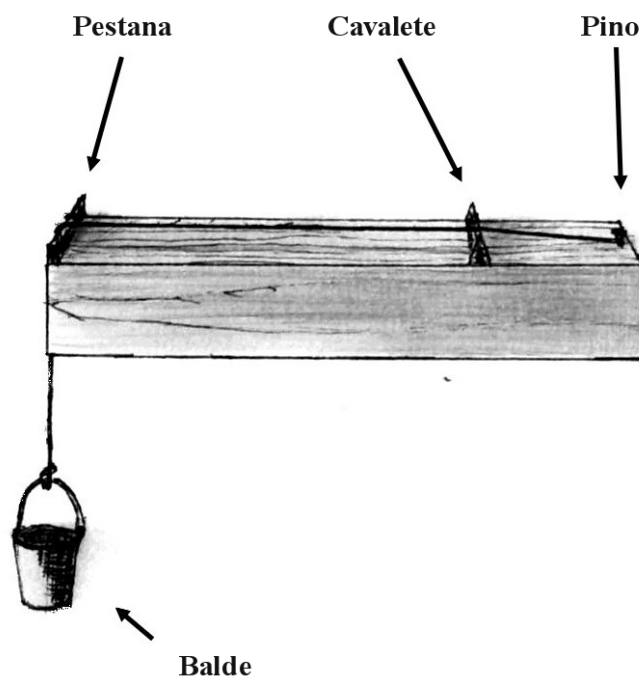


Figura 5: Demonstração da montagem modificada. O dispositivo pode conter mais cordas (sugeridas quatro).

Fonte: acervo do autor (2016).

O balde é retirado para que a corda seja esticada pelas cravelhas novamente. Entretanto, precisa-se de garantias para manter a tensão igual entre todas as cordas. Diante disto, cada grupo elabora estratégias. Tem opção de usar o balde, mudando o peso usado. Dispõe também de réguas para medir deformações na corda.

2ª modificação do meio: depois de todos elaborarem estratégias, os grupos fazem uma jogada em pares. Ambos afrouxam um pouco as cordas, exceto duas (sem que o outro grupo saiba qual é). Trocam o D.E.M.O com outro grupo. Estes, por sua vez, ajustam todas as cordas com igual tensão – a comunicação sobre as ações só pode acontecer dentro dos grupos, usando as estratégias desenvolvida anteriormente. Por fim, comparam as tensões das cordas entre os dois D.E.M.O. Se a tensão não for a mesma, os D.E.M.O. retornam ao grupo de origem e o processo é reiniciado.

As trocas continuam até que consigam igual tensão em todas as cordas. (sugestão: após finalizar esta atividade, para controle do som gerado pelas cordas, seguir no Grupo III, especialmente, *i.* e *ii.*, ou, simplesmente, usar referências de frequências para afinar as cordas, como afinadores ou instrumentos musicais).

3ª modificação do meio: cada grupo recebe dinamômetros ou molas helicoidais para serem atadas a uma das extremidades das cordas (ou àquela presa ao pino, ou à extremidade usada para mudar a tensão). Recebem também régua (veja item *iv.*). Mais uma vez, a busca é por garantir que a tensão usada em cada corda seja a mesma.

A atividade da 1ª modificação é repetida no momento em que os grupos colaboram numa jogada comum.

4ª modificação do meio: um grupo ajusta as tensões de cada uma das cordas de acordo com aquelas do D.E.M.O. de outro grupo, usado como referência. Transmite as tensões para outro grupo e assim por diante, até que todos tenham a mesma referência de tensões.

Então, em pares, um dos grupos é escolhido como referência sonora. Outro grupo tentará igualar as frequências produzidas em cada corda. Decide alterar a tensão da corda, a posição do cavalete e/ou trocar a corda que utiliza. Quando terminar de fazer suas escolhas, mede a tensão de cada uma de suas cordas e transfere-as para o grupo que iniciou a atividade. Depois de modificar as tensões, se as frequências produzidas diferirem, refazem a atividade, invertendo as funções dos grupos.

Outras modificações do meio: consegue-se variar os efeitos usando diversas cordas. Também variam ao escolher instrumentos musicais, afinadores, ou quaisquer outras fontes sonoras como referências de frequência/notas musicais. Entretanto, é preciso cuidado para não romper ou danificar as cordas.

iii. Balança de baldes (sugestão: adicione em *ii.*, *iv.*, *v.*).

Organização das ferramentas...: no mínimo, dois baldes centram esta atividade. Todos os participantes têm acesso a eles (com mais baldes, consegue-se dividir grupos menores). A balança requer uma haste central que possa suportar os dois baldes. Cada um será colocado numa de suas extremidades. A haste precisa de um apoio, alto o suficiente para que os baldes fiquem suspensos, fino o suficiente para que tenha que ser equilibrada (a dificuldade condiz com a escolha de apoios mais finos. A todo custo, a haste não poderá escorregar).

Dois recipientes com volumes exatamente iguais, menor do que o volume dos baldes, servem de unidade de medida de volume. Um deles é destinado para materiais secos, o outro para a água. Dois funis também são de auxílio, cada um deles, também destinado para materiais secos ou para a água.

... e **materiais:** água é um material indispensável aqui, pois servirá para comparação de peso (de forma grosseira, mas funcional). Outros materiais escolhidos precisam ser mais densos (ex. Areia), passíveis de colocar dentro do balde e que se assentem bem (não deixando grandes espaços de ar). A preferência deve ser dada a materiais não aderentes, evitando sobras no balde.

Organização do meio: uma haste é colocada ao centro da sala, para quem queira tentar colocá-la sobre o apoio (fulcro), ainda sem os baldes. Depois de conseguir equilibrá-la, passa-se a equilibrar os baldes nas extremidades da haste (Figura 6).



Figura 6: Exemplo simples e funcional de balança de baldes pensada e montada por estudantes num curso de extensão realizado na UEPG em 2015.

Fonte: acervo do autor (2015).

A partir disto, dois grupos conduzem a atividade, deixando cada parte responsável por uma função: ou medir o volume dos materiais nos dois recipientes de referência, ou equilibrar o peso dos baldes com materiais (a cada teste os materiais devem poder ser retirados dos recipientes e dos baldes sem deixar muita sobra). Primeiramente, cada um dos grupos realiza tarefas sem interferir nas decisões do outro grupo. Um grupo passa o material que teve o volume medido para o outro grupo. Este, por sua vez, equilibra a balança com o outro material e devolve este ao grupo que mede, novamente, o volume. A ordem também pode ser invertida entre medições de peso e volume.

1ª modificação do meio: os grupos só atuam em conjunto num último teste. Neste, o grupo que mede o volume deverá oferecer, para o outro grupo, o volume de cada material que equilibraria a balança (usando apenas os dois recipientes disponíveis para referência de

volume). Terão apenas uma chance. Se a balança não equilibrar, as funções são trocadas. Poderão tentar novamente depois das tentativas do outro grupo.

2ª modificação do meio: agora, um dos grupos usa a balança de baldes para controlar o peso. O grupo deverá oferecer o peso de cada um dos materiais de forma que atinja a medida de volume dos respectivos recipientes para referência (usando os devidos baldes da balança). O grupo tem apenas uma chance. Se os recipientes transbordarem ou forem preenchidos com menor volume, as funções são trocadas. Poderão tentar novamente depois das tentativas do outro grupo.

iv. Molas e réguas: dinamômetro (sugestão: utilize os resultados em *ii.*, *v.*, *vi.*), bem como no Grupo V).

Organização dos materiais...: diversos tipos de molas podem ser usadas, mas o maior proveito tirado é com molas helicoidais de tração (encontradas em lojas de ferragens, feitas em espiras de metal). Um gancho em cada ponta da mola é preciso para prender objetos ou segurá-la com a mão.

... e ferramentas: Os participantes ainda dispõe de réguas graduadas. Ao menos um dinamômetro terá que estar disponível para uso de todos. Os baldes com peso conhecido (através da atividade *iii.*) também fazem parte do meio. Em ripas de madeira poderão ser postos parafusos para pendurar as molas com pesos.

Organização do meio: cada grupo de participantes recebe, ao menos, uma mola com certas características iguais aquelas recebidas pelos outros grupos e outra diferente. Utilizarão as mesmas até o fim da atividade – se alguma delas for deformada, não é possível continuar. Também recebem uma régua graduada.

Então, cada grupo recebe objetos com diferentes pesos (desde que tenham como serem prendidos na mola) e Baldes (do item *iii.*). Em experiências iniciais, identificam as alterações geradas no comprimento das duas molas pelos pesos. Anotam as alterações de comprimento, medidas com régua.

Depois destas experiências, as anotações são trocadas entre os grupos (com as alterações identificadas como Mola 1, Mola 2, respectivas ao Grupo 1 ou 2 ou 3 ou...). Os pesos são levados junto com as anotações. Os grupos penduram os pesos trocados em suas molas. Então, anotam as alterações de comprimento abaixo das anotações anteriores. Esta exploração continua até que tenham experimentado alterações com os pesos usados por todos os outros grupos. Ao fim, as anotações voltam ao grupo inicial.

1ª modificação do meio: dois membros de diferentes grupos juntam-se em dupla, cada qual com suas respectivas (duas) molas e anotações. Cada um deles recebe um suporte com um parafuso para suspender a mola. Os pesos disponíveis, agora, são outros.

O primeiro participante, na sua vez, escolhe um peso (o balde com materiais dentro é uma opção) e oferece ao adversário. O primeiro participante faz uma marca na madeira do seu suporte (a lápis) mostrando o comprimento imaginado (poderá testar o peso em sua própria mola) que a mola assumirá com o peso que ofereceu. O adversário prende sua mola ao suporte e suspende o peso. Se errar, invertem as funções. Se acertar, ganha o peso para seu grupo. Ao término de cada jogada, os grupos têm certo tempo para discutir novas estratégias.

No final, cada grupo terá um suporte com diversas marcas. Demarcam os comprimentos a que foram esticadas as molas dos adversários, relacionados aos pesos ganhos. Com isto, os grupos juntam-se para elaborar um único dispositivo com gradação. Basicamente, tem um dinamômetro, que pode ser aferido (a padronização depende da relação entre massa e aceleração. O item *iii.* ajuda a definir certo padrão em relação ao peso).

Toda a atividade, desde a primeira organização do meio, pode ganhar variações no número de molas. Nesta 1ª modificação, ter mais molas permite confundir as jogadas do adversário, enquanto os pesos definem a quantidade de jogadas possíveis.

v. Flexões de cordas.

Organização dos materiais...: cordas esticadas no D.E.M.O. e pedaços de madeira para produzir pestanas e cavaletes com diferentes alturas.

... e ferramentas: um D.E.M.O. com cordas esticadas, contendo um dinamômetro ou mola numa das extremidades da corda – a tensão de cada corda precisa ser conhecida (sugestão: se necessário, fazer os itens *ii.*, *iii.*, *iv.*). Instrumentos musicais servem também para manter cordas esticadas (ainda que requisitem cuidado para não sofrerem danos).

Também ficarão disponíveis dinamômetros com molas de compressão e tração (se não houver disponíveis, o item *iv.* envolve a elaboração do dinamômetro de tração, com princípios iguais ao de compressão, assim como dispõe meios de aplicação).

Organização do meio: os grupos precisam ter, a princípio, o D.E.M.O. com tensão igual entre as cordas. Os participantes começam experimentando pressionar as cordas. Em instrumentos musicais afinados, fazem o mesmo, pressionando as cordas contra região do braço destinada para este fim (ex. escala de violões e espelho de violinos). Decorrem como se estivessem tocando-as, ou seja, gerando sons com as cordas.

Na sequência, os D.E.M.O têm as suas cordas modificadas seguindo alguma referência de frequência (precisa ser explícita e pode ser sugerida por um professor). Exemplo disto é afiná-las com notas musicais iguais aos instrumentos musicais disponíveis (o Grupo III traz meios para guiar atividades de afinação e outras comparações entre sons), respeitando os limites de tensão que as cordas podem ser esticadas. Os D.E.M.O. tem molas atadas na extremidade das cordas, servindo de referência para saber as tensões de cada corda (que podem ser diferentes).

1ª modificação do meio: os D.E.M.O. são trocados entre os grupos, com as cordas afinadas. Depois da troca, os participantes pressionam as cordas contra a superfície abaixo delas. Farão uma nova pestana e um novo cavalete que facilite pressionar todas as cordas. Contam com pedaços de madeira para fazer as peças que substituirão as atuais. Porém, as peças anteriores não são descartadas.

Depois da troca das peças, todos devem garantir que as tensões das cordas são as mesmas de quando foram recebidas (comparando o registro da distensão das molas atadas na extremidade das cordas). Uma alternativa é revisar se a afinação é a mesma de antes.

Os D.E.M.O., agora, com cavaletes e pestanas alterados, voltam aos grupos de origem. Dentro deste, os participantes trocam entre as peças (cavalete e pestana) novas e anteriores, procurando a que torna mais fácil pressionar as cordas em diferentes regiões para gerar sons diferentes. A cada troca de peças, precisam garantir que a tensão em cada corda seja a mesma da registrada. Dentre as peças, escolhem aquelas que mais facilitam pressionar as cordas no seu D.E.M.O.

2ª modificação do meio: o cavalete mais adequado já foi definido. Agora, cada grupo dispõe de dois dinamômetros (um de compressão e outro de tração), todos com propriedades semelhantes. Com as novas ferramentas, os participantes pressionam cada corda individualmente até encostá-las na superfície abaixo. Então, elaboram estratégias para descobrir a altura de cada corda, mas sem medi-la com régua, usando apenas os dinamômetros. Registram os resultados que encontrarem (exemplo, através de desenhos, gráficos, etc.). Trocam os D.E.M.O., mas mantém guardados os registros.

Depois da troca, tentam descobrir a altura de cada corda recebida, mais uma vez, apenas pressionando-as com os dinamômetros. Registram os resultados (em desenho, gráfico, etc.). Não alteram as peças.

As trocas são desfeitas. Então, os grupos comparam os registros de alturas de corda. Se diferirem e não entrarem num consenso, trocam o D.E.M.O. novamente. Se entrarem num acordo, seguem para a próxima atividade.

3ª modificação do meio: dois grupos ficam frente a frente. Ambos afrouxam ou esticam as cordas do D.E.M.O. do adversário aleatoriamente. Testam, com o dinamômetro, a marca alcançada na corda menos tensionada ao encostá-la na superfície abaixo. Definem uma marca do dinamômetro a ser alcançada pelo grupo adversário ao pressionar as cordas quando tentarem encostá-la na superfície abaixo – menor do que a marca alcançada na corda menos tensionada. Definem uma altura de cavalete e pestana inicial. Devolvem os dispositivos um ao outro.

Os grupos, na sua vez, procuram adequar a altura do cavalete e pestana para cada corda. Para isto, diminuem a altura inicial das peças com corte da madeira, sabendo qual a marca do dinamômetro precisarão alcançar. Depois de fazer as alterações, oferecem o D.E.M.O. para o outro grupo. Estes testam as cordas. Se, ao chegar na marca definida para ser alcançada no dinamômetro, não conseguirem fazer com que as cordas encostem na superfície abaixo delas, é a vez do grupo adversário. Se, ao chegar na marca, a corda já tiver encostado na superfície, o grupo perde e começam um novo cavalete ou pestana a partir da altura inicial. Se conseguirem alcançar exatamente a marca no dinamômetro, ganham e a atividade reinicia embaralhando as tensões novamente.

vi. Tensões de cordas através de placas.

Organização dos materiais...: placas de madeira (por placa, significa que tem comprimento e largura consideravelmente maiores que a altura, chamada espessura). É interessante dispor de placas com diferentes tipos de madeira, dimensões, áreas e espessuras. Preferível que as placas de madeira tenham espessuras maiores. Fita adesiva e pequenos grampos (para roupa ou para papel) serão usados para fixar uma régua na outra.

Para reforços, precisa-se de tiras de madeira na forma de paralelepípedo, com grande comprimento (ex. 20 centímetros), pouca largura (menos de 1 centímetro) e com diferentes alturas (entre décimos de centímetro e pouco mais de um centímetro). Uma das bases da largura deve encostar em toda a superfície da placa (a princípio, reta).

... e ferramentas: um D.E.M.O., com cavaletes e pestanas de diferentes alturas (como aqueles feitos no item v.). O cavalete precisa encostar nas placas onde for colocado sem deixar espaços perceptíveis. Ainda serão necessários pequenos pedaços de madeira para suspender a placa (a altura em relação à superfície do D.E.M.O. é escolhida de acordo com o máximo de deformação permitido para as placas). Por fim, uma régua reta, uma régua

graduada pequena (ou outra forma de medição), grampos para fixar peças de madeira, dinamômetros de tração e compressão.

Organização do meio: os participantes recebem, cada grupo, um D.E.M.O. sem as cordas, uma placa e pedaços pequenos de madeira. Desde o começo, é preciso disporem de meios para saber a tensão das cordas (sugestão: como conseguidos através dos itens *iii.*, *iv.*). Todos ajustam as placas abaixo de onde ficará o cavalete, usando dois pedaços de madeira com altura suficiente para suspender a placa acima da superfície do D.E.M.O.. Então, esticam as cordas apenas o suficiente para que não fiquem soltas. Depois disto, tem uma última chance para trocar a placa que usarão.

Os participantes definem as notas musicais ou tensões (medidas anteriormente) para serem usadas nas cordas. Ao mesmo tempo que esticam as cordas, observam a placa, evitando que sofra deformações permanentes ou ruptura. Se não for possível alcançar a mesma tensão ou notas musicais, alteram a posição dos pedaços de madeira abaixo da placa. A posição dos pedaços de madeira delimita o comprimento útil da placa, imaginando que a sobra além deles será cortada (sem fazer o corte). Não há opção de trocar de placa. Quando alcançarem uma montagem estável, passam para a próxima atividade.

1ª modificação do meio: os participantes recebem uma régua reta (não precisa ser graduada, apenas suficientemente reta) e uma régua com gradação. Para fixar uma régua na outra, dispõe de pequenos grampos ou fita adesiva.

Reunidos em grupos, afrouxam as cordas e reiniciam a atividade anterior. Procuram aproveitar o máximo de comprimento da placa, com o mínimo de deformação – sem encostá-la na superfície do D.E.M.O. e evitando rupturas e deformações permanentes. Quando definirem um comprimento, prendem a placa com grampos para madeira sobre os pedaços de madeira que a sustentam, ao mesmo tempo, fixando-os no D.E.M.O..

Se o comprimento da placa precisar ser maior que o do D.E.M.O., os pedaços de madeira que sustentam a placa são trocados por outros com menor altura. Se os participantes conseguirem evitar que a placa encoste na superfície do D.E.M.O., sua placa tem a espessura reduzida e reiniciam a atividade.

2ª modificação do meio: todos os grupos revelam o comprimento útil máximo conseguido nas placas. Agora, o comprimento útil das placas é padronizado de acordo com o comprimento disponível no D.E.M.O. para todos.

Antes de mudar o comprimento útil, as cordas são retiradas. Os grupos recebem diversas tiras de madeira que servirão para reforço das placas, todas com a mesma altura. Escolhem duas tiras, comparando-as com aquelas escolhidas pelos outros grupos. Marcam

linhas a lápis onde colarão as tiras como reforços na área da placa que fica virada para a superfície do D.E.M.O.. Mas ainda não os colam.

Define-se, para todos os grupos, uma altura inicial dos dois pedaços de madeira que suspendem a placa. A altura precisa ser suficiente para não encostar a placa ou os reforços na superfície do D.E.M.O. (exemplo, deixando 1 milímetro de distância).

Os participantes precisarão zerar as deformações da placa quando for montada abaixo do cavalete com as cordas tensionadas. Contam com os reforços que escolheram. Também tem a informação da tensão com que cada corda é esticada e com dinamômetros de compressão. Só colam os reforços quando tiverem certeza de que não acontecerão deformações – para evitar perderem o tempo necessário para secagem da cola.

Após a secagem da cola: os grupos retiram a placa no seu D.E.M.O. para diminuir a altura dos reforços, cortando madeira. Montam a placa novamente e esticam as cordas sobre o cavalete sobre a placa (sempre garantindo que estão com igual tensão que antes). A placa ou os reforços não poderão encostar na superfície do D.E.M.O. (nem os reforços). Se não encostar, continuam a diminuir a altura dos reforços.

Procuram gerar uma pequena deformação na placa, menor do que a altura que a placa está suspensa sobre a superfície do D.E.M.O. – exemplo: se a altura foi definida como 1 milímetro, a deformação deverá ser menor que 1 milímetro. Quando um grupo conseguir uma pequena deformação, ganha dois novos reforços para colarem na placa. Se um dos grupos deformar a placa até encostar na superfície do D.E.M.O., terá que cortar fora todo o reforço atual, colar um novo, esperar secar e começar a atividade novamente.

A atividade continua até ter reforços com (baixa) altura suficiente para evitar deformações. Uma opção é alterar a deformação a ser controlada a cada reforço novo adicionado, por exemplo, até chegar a décimos de milímetros ou menos (sugestão: seguir para atividades do Grupo V, envolvendo controle de modos de vibração da placa, depois, para atividades do Grupo IV, controlando o timbre e, retornando para estas colocadas aqui). O tipo de cordas utilizadas pode ser mudado (aço, nylon, tripa, etc.) para explorar os efeitos na deformação.

3ª modificação do meio: nas atividades anteriores, o cavalete e pestana utilizados tinham sempre a mesma altura. Depois de terminar reforços que zerem a deformação da placa, agora, os participantes de cada grupo recebem dois cavaletes: um com altura maior e outro com altura menor do que o atual. O cavalete mais alto tem a base mais larga.

Numa primeira experiência, trocam entre os cavaletes disponíveis. A cada troca, ao esticar as cordas novamente, devem alcançar a mesma tensão inicial. Para zerar as

deformações, dispõe de uma pequena peça de madeira cilíndrica (com diâmetro de 6 milímetros ou menos) para ser encaixada abaixo da placa antes de montá-la (a altura da peça precisa ser cortada na hora, adequada à altura da placa em relação à superfície do D.E.M.O.).

Depois dessas experiências, recebem pestanas com alturas iguais a cada um dos cavaletes (uma com maior altura, outra com menor altura). A pestana mais alta precisa ter a base mais larga. Novamente, tem momento para experiências, alternando pestanas e cavaletes. A cada troca, sempre devem esticar as cordas até a mesma tensão inicial. Continuam dispondo da pequena peça de madeira. Agora, também dispõe de outros pequenos pedaços de madeira para apoiar a pestana e/ou cavalete.

A atividade é repetida em pares entre os participantes. Um deles pede que o outro participante troque as peças. Porém, ao fazer isto, deve sugerir onde colocar a pequena peça de madeira (para evitar deformações) e apoios para que a pestana e/ou o cavalete não caiam. Não poderá mostrar ou comunicar ao outro como fazer isto, a não ser por algum desenho, esquema, gráfico, etc.. O outro participante troca as peças. Continuam tentando até que, ao esticar as cordas, não ocorram deformações e evitando que o cavalete ou pestana caiam. Quando conseguirem realizar a atividade, entregam seu esquema para outra dupla, que tenta decodificá-lo e realizar a tarefa.

Grupo III: Interferências entre sons.

Sistemas de organização dos sons, como em escalas musicais, tomados pela música e luteria dependem de noções como consonância e dissonância, intrínsecas à harmonia, melodia e afinação.

| DESAFIO PRINCIPAL Gerar Efeitos com Combinações Sonoras | |
|---|---|
| FERRAMENTAS | MATERIAIS |
| <ul style="list-style-type: none"> Gerador de frequências (rodas dentadas, sirenes ou gerador eletrônico). | <ul style="list-style-type: none"> Cordas (para gerar diferentes frequências); |
| ALGUNS CONCEITOS ASSOCIADOS | |
| Frequência; Fase; Amplitude; Interferências; Batimentos; Consonância e dissonância; | Afinação; Regiões nodais; Escala musical; Harmonia musical; Temperamento; |

Quadro 10: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial das Interferências entre Sons.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

i. Primeiras notas afinadas.

Informações iniciais: os participantes poderão escolher entre três funções dentro da equipe que formarem: operadores dos geradores de frequência, afinadores das cordas ou transmissores das informações entre os operadores e afinadores. Cada função poderá ter mais de um participante (dois, três ou mais), dependendo do número total de pessoas em sala e do número de instrumentos musicais e D.E.M.O. disponíveis.

Organização das ferramentas: gerador de frequência e caixa de som com altofalante, ou outra fonte sonora que possa ter a frequência controlada (todas serão chamadas de geradores de frequência). Aplicativos de celular servem como geradores com baixo custo e fácil operação. Cada equipe recebe um gerador.

Um instrumento musical ou D.E.M.O. com cordas esticadas para cada equipe (sugerida a montagem no Grupo II, item *ii.*). Escolhe-se, previamente, quais serão as frequências para afinar cada uma das cordas. Antes de começar, são desafinadas.

Organização do meio: no D.E.M.O. ou num instrumento musical as cordas estão desafinadas, apesar de esticadas (ver Grupo II, item *ii.*). Neste primeiro momento, os participantes dispõem livremente do gerador de frequências para comparar os sons gerados em cada corda. Após certo tempo de contato com as ferramentas e materiais, recebem referências de frequência para afinar cada corda – devem evitar rompê-las ou danificá-las, senão não conseguirão continuar as atividades.

1ª modificação do meio: os participantes organizam-se em equipes. Dentro delas, escolhem uma das funções: operadores do gerador de frequências, afinadores das cordas ou transmissores da informação de frequência entre os outros dois. Os operadores do gerador de frequências ficam em local afastado de quem afina as cordas – por exemplo, numa sala separada. As cordas são desafinadas novamente, afrouxando-as ou esticando-as um pouco. As referências de frequência são definidas iguais para todos os trios e ficam disponíveis para os operadores do gerador de frequências.

O jogo inicia com os afinadores das cordas, que mostram o som produzido por uma das cordas para os transmissores. Estes caminham até os operadores e comunicam o som produzido pela corda. Os operadores mostram a diferença entre a frequência da corda e a referência (registrada antes). Os transmissores retornam aos afinadores e comunicam o som de referência. Os afinadores usam a referência para afinarem a corda. A atividade reinicia quantas vezes for necessário até que tenham certeza de que as cordas estão afinadas. Inclusive, dependendo das dificuldades, podem colaborar entre as equipes, mas sempre mantendo operadores e afinadores separados (sem comunicarem-se).

2ª modificação do meio (adaptação livre do jogo “telefone sem fio”): as equipes reúnem-se e ficam em fileira com as outras equipes (ou semicírculo, afastando o primeiro trio do último). A primeira da fila transmite as afinações de suas cordas à próxima equipe, que transmite para a próxima e assim por diante. Todos usam apenas as próprias cordas e observam a transmissão entre outras equipes sem interferir. A última equipe confere a afinação com as referências (fixadas no início da 1ª modificação), usando um gerador de frequências.

Então, retrocedem o sentido de afinação da última para a primeira. Ao chegar na primeira, conferem a afinação com a última. Se as cordas estiverem desafinadas, a afinação reinicia a partir da primeira equipe até a última novamente. Ao chegar na última não poderão conferir a afinação com o gerador de frequências e retornam a afinação mais uma vez.

ii. Mapa de sons no ambiente.

Organização dos materiais...: folhas de papel em branco ou graduadas para fazer mapas.

... e ferramentas: gerador de frequências *puras* (que possa ser ligado em caixas de som) e duas caixas de som (no mínimo). Fitas métricas fazem parte das ferramentas.

O jogo requer avaliação da sala de aplicação por quem assumirá o controle do som (como um professor). Este procura, então, uma melhor posição para colocar as caixas de som e escolhe as frequências que funcionam para gerar regiões onde o som seja menos perceptível (regiões nodais). Reverberação demasiada pode ser usada a favor do jogo ao usar apenas uma caixa para emitir sons contra uma superfície refletora.

Organização do meio: os jogadores dividem-se em grupos. Cada grupo atua num local onde realizará a atividade (por exemplo, dividindo uma sala em quatro partes iguais). Quem assumir o controle do jogo liga as caixas de som numa das frequências predefinidas. Uma pessoa de cada grupo por vez tentará apontar, ao menos, uma região onde o som seja menos perceptível (com intensidade menor ou quase nula, chamadas regiões nodais) dentro do ambiente. Ao mesmo tempo, os membros de outros grupos realizam tentativas.

Depois de todos realizarem a experiência, os grupos discutem entre si aonde estão as regiões nodais. Dispõe de folhas de papel em branco e de uma fita métrica para criação de um mapa destas regiões.

1ª modificação do meio: a experiência recomeça, mas de forma diferente. Os grupos permanecem em seus locais definidos enquanto apenas um de seus membros vai até o local de experiência de outro grupo. O som é deixado desligado enquanto elaboram estratégias. Quando todos estiverem prontos, o som é ligado e procuram encontrar as regiões nodais no local estrangeiro. O grupo que faz parte daquele local compara as regiões encontradas com o seu mapa. As discussões são amparadas por uma fita métrica, para demarcação.

2ª modificação do meio: cada grupo elabora uma estratégia para encontrar regiões nodais em qualquer local, sem realizar tentativas iniciais. Primeiramente, os grupos procuram (sem experiência sonora) mapear as regiões em seus locais. Depois, mais uma vez, um dos membros vai até o local mapeado de outro grupo. Utilizará das estratégias desenvolvidas anteriormente no local estrangeiro. Apenas após todos estarem seguros de que apontam uma região nodal, as caixas de som são ligadas. A cada erro, precisam encontrar outra região. A cada acerto, completam seu mapa.

3ª modificação do meio: agora, o som gerado terá sua frequência modificada. Cada grupo precisará elaborar uma estratégia para encontrar as regiões, independente do local, mas

também independente da frequência gerada. Mais uma vez, cada grupo mapeia seu local para, depois, um de seus membros aplicar a estratégia no local de outro grupo. Dispõe da fita métrica e da informação da frequência que é produzida pelas caixas de som. O som só será ligado depois de todos estarem seguros que encontraram regiões nodais.

Outras modificações do meio: a variação de efeitos é conseguida ao aplicar o jogo em diferentes salas, assim como, ao variar as frequências geradas pelas caixas de som. Obstáculos colocados na sala também modificam o meio sonoro. Aumentando a complexidade, pode-se usar frequências diferentes em cada caixa com valores em razões de 2:1, 3:2, 4:3 e 5:4, respectivamente, intervalos musicais de: oitava, quinta, quarta e terça (para manipulação de intervalos, seguir em *iii.*).

SUGESTÃO

Para instrumentos musicais.

A atividade de mapeamento de interferências num ambiente mantém relações com mapeamentos de outros materiais. Assim, a atividade pode ser aplicada imaginativamente em instrumentos musicais, guardadas limitações das analogias. Um mapeamento também de transmissões, reflexões, refrações e difrações das vibrações e do som. Para diferentes materiais, as ferramentas adequadas são outras.

iii. Ordem dos sons em escalas musicais.

Organização das ferramentas: instrumentos musicais com cordas esticadas. Geradores de frequência com caixa de som e altofalante (opcional: rodas dentadas e sirenes para demonstrações empíricas da frequência).

Organização do meio: os participantes se concentram (em equipes) em torno de instrumentos musicais com cordas esticadas. Não é seguro, por enquanto, considerar que cordas diferentes estão afinadas entre si. Aliás, possuem notas musicais diferentes e respectivas às propriedades de cada corda – que permitem produzir certa faixa de frequências seguramente. O item *i.* possibilitava que cordas fossem afinadas numa mesma frequência entre equipes com diferentes instrumentos musicais (sugestão: realizar as atividades do item *i.* antes). Agora, as afinações acontecerão entre cordas com diferentes frequências, seguindo as doze notas musicais em escala proporcionalmente (Quadro 4).

| | | | | | | | | | | | |
|----|------|----|------|----|----|-------|-----|-------|----|------|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Dó | Dó # | Ré | Ré # | Mi | Fá | Fá# | Sol | Sol # | Lá | Lá # | Si |
| Ou | | | | | | | | | | | |
| Dó | Ré b | Ré | Mi b | Mi | Fá | Sol b | Sol | Lá b | Lá | Si b | Si |

Quadro 11: sequência de notas musicais, dispostas em escala.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

A princípio de experiência, consegue-se variações de notas musicais ao pressionar uma corda contra a superfície abaixo dela. Além de saber quais afinações realizar entre cordas com propriedades diferentes, fica faltante uma forma de saber onde pressionar (exatamente) a corda para conseguir uma nota musical desejada.

1ª modificação do meio: as equipes têm um momento inicial para explorarem as afinações entre as cordas que julgarem consonantes. Esticam-nas ou afrouxam-nas o necessário para esta afinação. Ao fim deste momento, sugerem as formas de afinar às outras equipes (atenção às diferentes propriedades das cordas que não permitem serem afinadas em certas frequências/notas musicais sem esticá-las demasiadamente, podendo romper – se isto acontecer não há como continuar a atividade). Escolhem-nas de acordo com os efeitos de afinação conseguidos.

A seguir, os participantes afrouxam ou esticam um pouco as cordas aleatoriamente. Quando forem afiná-las novamente, não modificarão a afinação da corda mais grave. Nas cordas restantes, realizam a afinação. Mais uma vez, sugerem as afinações aos colegas e escolhem-nas para repetição. Para teste das formas das diferentes equipes, afrouxam ou esticam um pouco cada uma das cordas, exceto a mais grave (mantida sem modificações).

Depois de uma repetição da desafinação aleatória, os participantes só poderão usar a corda mais grave como referência para afinar a corda seguinte. Noutras palavras, precisarão encontrar frequências/notas musicais nesta corda que sirvam como referência. Demonstrarão a forma de conseguir a referência para os colegas, de forma que consigam utilizá-la para afinar qualquer corda que produza frequências/notas musicais diferentes.

Atenção: não é confiável pressioná-las contra a superfície abaixo da corda, mesmo se existirem trastes colocados (como em violões), a não ser que demonstrem garantias do porquê pressioná-las em certo ponto. Ao mesmo tempo, os pontos podem ser diferentes daqueles que conseguem descobrir (ou estarem errados simplesmente).

2ª modificação do meio: todas as equipes participarão da montagem de uma escala musical, tomando por base a sequência de notas do Quadro 4. As afinações de notas musicais

diferentes entre as cordas dos instrumentos musicais já precisam estar definidas (como através da atividade da 1ª modificação do meio).

Nesta modificação do meio, contam com o apoio de harmônicos e dos geradores de frequência. Portanto, num primeiro momento, procuram harmônicos. Para isto, tocam a corda num ponto, enquanto um dedo é colocado em outros pontos, buscando gerar sons limpos e com longa duração (sons abafados são desconsiderados). Separam aqueles que seriam úteis para a montagem da escala. Anotam os valores de frequência de cada harmônico encontrado.

Depois de todos elaborarem estratégias suficientes, organizam-se em fileira (ou semicírculo, afastando o primeiro trio do último) e iniciam uma jogada comum. A primeira equipe inicia produzindo uma nota musical com sua corda. A próxima produz a mesma nota (se quiser, para garantia do som ouvido) e (obrigatoriamente) uma nota musical diferente através de um harmônico. O intervalo entre as duas notas será utilizado para montar a escala. A equipe seguinte utiliza-o, aumentando ou diminuindo a frequência, procurando adicionar uma nota musical à escala. Ao sugerir uma nota, um membro de sua equipe registra a frequência. As equipes continuam até finalizar, o máximo possível, a escala.

O único intervalo que precisa ser padronizado é a oitava (diferença entre o som de uma corda tocada solta e o som produzido na mesma corda ao tocá-la encostando o dedo na metade do seu comprimento). Se preciso, os participantes reúnem-se com as equipes para nova discussão. Repetem a atividade usando diferentes maneiras de gerar intervalos (a sugestão aqui foi usar os harmônicos).

Ao finalizarem a montagem de algumas escalas, procuram identificar alguns problemas de afinação. Como teste, os participantes afinam suas cordas para produzir acordes de acordo com as frequências encontradas para cada nota musical. Então, tocam as cordas a mesmo tempo, produzindo diferentes notas musicais. Exemplo: Dó – Mi – Sol, depois, Ré – Fá# – Lá, então, Láb – Dó – Mib, entre outros. Cada problema encontrado tem soluções diversas mudando a frequência das notas musicais.

SUGESTÃO

Para marcação de trastes.

Uma opção é também registrarem a escala numa folha de papel graduado, representando a corda presa pelas extremidades, sob a qual completarão com traços de onde a corda produziria cada nota musical (como trastes num violão).

Grupo IV: Diferenciação, percepção e manipulação do timbre;

A noção de qualidade sonora de um instrumento musical, bem como do som, em geral, influencia nos critérios tomados para diferenciação, percepção e controle do seu efeito sonoro.

| DESAFIO PRINCIPAL Compor Timbres com Ingredientes Sonoros. | |
|---|--|
| FERRAMENTAS | MATERIAIS |
| <ul style="list-style-type: none"> • Geradores de frequências; • Instrumentos musicais com cordas; • Ressonadores (Helmholtz, Koenig); | <ul style="list-style-type: none"> • Folhas de papel (branco e graduado); • Lápis; • Sons controláveis. |
| ALGUNS CONCEITOS ASSOCIADOS | |
| Intensidade relativa à percepção; Componentes harmônicos; Série harmônica; Componentes não-harmônicos; Espectro discreto; Espectro contínuo; | Harmonia musical; Timbre; Distorções; Sub-harmônicos; Batimentos. |

Quadro 12: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial de Diferenciações, Percepções e Manipulações do Timbre.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

i. Audiometria coletiva.

Organização dos materiais...: folhas de papel graduado.

... e ferramentas: um gerador de frequências (que permita gerar sons com frequência conhecida e aumentar seu valor gradativamente) e uma caixa de som (apenas uma, para evitar interferências como exploradas no Grupo III, item *ii.*). Os sons gerados devem ser suficientemente puros.

Organização do meio: a caixa de som é disposta em frente aos participantes. Estes colocam os dois braços esticados à frente do corpo, na altura da barriga. Os participantes são instruídos a levantar o braço direito de acordo com a intensidade percebida no ouvido direito, enquanto levantam o braço esquerdo de acordo com a intensidade percebida no ouvido esquerdo.

1ª modificação do meio: num teste inicial, os participantes ficam em duplas, frente a frente (um participante fica de costas para a caixa de som, o outro de frente). Ouvem um som que tem a intensidade modificada lentamente (pelo controle de volume do gerador de

frequências). A frequência não é alterada (sugestão de frequência: 440 oscilações por segundo, ou seja, 440 Hertz). O som precisa passar de imperceptível para suficientemente intenso (não ensurdecedor) e, novamente, para imperceptível. Quando não ouvirem mais o som, os braços voltam à posição inicial.

Depois do teste, todos colaboram para definir uma altura até a qual a mão será levantada e, conseqüentemente, a intensidade máxima. Quando chegarem a um acordo, todos juntos, levantam as mãos gradativamente, enquanto quem controla o gerador de frequências acompanha aumentando a intensidade do som. Procuram definir uma intensidade confortável para audição do som gerado. Por fim, em papel graduado, registram linhas retas para a altura máxima, confortável e mínima em que levantam os braços.

2ª modificação do meio: os participantes, mais uma vez em duplas, voltam os braços à posição inicial. Num novo teste, quem controla o gerador de frequências aumentará gradativamente a frequência a partir de 20 oscilações por segundo (20 Hertz) até 20.000 oscilações por segundo (20.000 Hertz), sem alterar a intensidade do som (usada aquela definida como confortável na 1ª manipulação do meio). Frente a frente, as duplas acompanham (com as mãos) as alterações de intensidade percebida.

Depois da experiência, cada dupla define a faixa de frequências audível, ou seja, cortando fora as frequências em que seus braços ficavam abaixados. Dentro da faixa audível, elaboram estratégias para que suas mãos fiquem paradas numa mesma altura, proporcional a uma intensidade confortável. Para registro, dispõe da folha de papel graduado com as linhas indicando a altura máxima, confortável e mínima para levantarem os braços.

O teste pode ser repetido algumas vezes. Durante as repetições, os participantes sugerem alterações na intensidade, mas sem serem efetivadas por quem controla o gerador de frequências. Apenas quando todos os participantes apresentarem suas soluções, colaboram para equilibrar a intensidade percebida num nível confortável. O aumento de frequências é feito lentamente, alterando a intensidade de acordo com as sugestões compartilhadas entre todos os participantes.

Indicações para audições de timbre: o resultado registrado em papel graduado serve para diversas outras atividades. Indica um registro consciente da forma como ouvimos sons em diferentes frequências puras. Entretanto, deixa questões em aberto, por exemplo, a saber como conseguimos ouvir bem instrumentos graves como trombones, violoncelos, um cantor tenor, entre outros. A partir daqui, o registro feito serve de comparação para componentes de frequência revelados noutros sons, ou seja, para comparação dos espectros de frequências.

ii. Espectros de componentes numa corda.

Organização dos materiais...: cordas montadas em instrumentos musicais (de preferência) ou num D.E.M.O..

... e ferramentas: cordas para manipulação de componentes. Régua graduada, lápis e papel. Ressonadores (análogos aos de Helmholtz ou de Koenig) ou outros aparatos para isolar frequências em sons complexos (compostos por diversos componentes de frequências). Sugestão: usar os registros feitos em *i.* para comparar a forma de percepção dos sons e os espectros de componentes revelados, inclusive, com a audição.

Organização do meio: a atividade começa com a divisão em grupos. O número de grupos depende do número de instrumentos musicais disponíveis.

Iniciam com certo tempo para exploração do máximo de sons diferentes que consigam produzir sem ruídos ou distorções, ou seja, musicais. No decorrer desta exploração, ao aproximarem os instrumentos e tocarem, um deles não poderá encobrir o som gerado no outro. Por padrão, todos os grupos tocam a mesma frequência (nota musical). Escolhem uma das cordas para tocar (as outras são abafadas) e não poderão pressioná-la com os dedos contra a superfície abaixo (como contra a escala ou espelho). A cada som diferente conseguido, anotam as formas usadas para produzi-los, dispondo de régua, lápis e papel.

1ª modificação do meio (lista de sons possíveis): após estarem certos de que produziram o máximo de sons possíveis, os grupos trocam de instrumentos musicais. Repetem a atividade e fazem novas anotações. Após a repetição, pegam novamente os primeiros instrumentos.

Numa jogada conjunta, dois participantes (um membro de cada grupo) sentam-se de costas um para o outro. Um deles começa produzindo um único som com base num daqueles anotados. O outro participante ouve o som produzido e tenta reproduzi-lo no seu instrumento. Conta com auxílio do grupo e das anotações para ambos os instrumentos. Terá uma chance para reproduzir o som para o outro grupo. Se errar, as funções invertem. Se acertar, continua a adivinhação.

A cada som semelhante conseguido, o grupo que adivinha faz anotações numa lista. Ao fim, precisa ter uma lista que permita produzir novamente os sons.

2ª modificação do meio (harmônicos): na falta de meios para conseguir gerar mais sons diferentes ou mostrar (e mesmo justificar) as diferenças encontradas, os grupos voltam a atuar separadamente.

Agora, procuram sons diferentes de outra maneira. Enquanto tocarem a corda, mantém um dedo da outra mão (ou de outro participante) encostando em qualquer ponto da corda, sem pressioná-la. Durante certo tempo exploram formas possíveis para produzir sons, sem soarem abafados, mas sim limpos e com longa duração (chamados de harmônicos). Anotam as formas descobertas para produzi-los para que sejam repetidas.

Os grupos voltam a fazer uma jogada conjunta, novamente, com dois participantes de costas um para o outro. Seguem as mesmas regras definidas desde o começo. Contam com as anotações anteriores (dos sons produzidos nos dois instrumentos) e novas (dos harmônicos), assim como com o apoio do grupo.

Quem começa produz um som. O outro participante, primeiro, tenta reproduzi-lo no seu instrumento e, depois, produz um dos harmônicos presentes no som que ouviu. Se errar, as funções invertem. Se acertar, continua a atividade. Um som já produzido poderá ser usado novamente para identificar mais harmônicos presentes. A cada acerto, o grupo amplia sua lista que permita repetir os sons, assim como, relaciona os harmônicos presentes em cada um deles.

3ª modificação do meio: os participantes continuam procurando o máximo de sons diferentes. Recebem ressonadores de diferentes dimensões (ex. ressonadores de Helmholtz e de Koenig, Figura 7). Repetem as atividades das duas modificações anteriores, contando com estas ferramentas. Ao final, colaboram para demonstrações das diferenças entre sons.



Figura 7: ressonadores (que evidenciam uma frequência) de Helmholtz (esquerda) e de Koenig (direita) que tem a frequência de ressonância ajustada através da junta telescópica.

Em geral, diferentes dimensões possibilitam diferentes frequências de ressonância.

Fonte: Ganot e Manéuvrier (1894).

Numa jogada comum entre os grupos, um deles gera um som que sabe conter alguns componentes de frequência. Pede que o outro grupo adivinhe certo número de componentes (um, a princípio, aumentando para dois e assim sucessivamente, a cada jogada). Confere o acerto pela reprodução do componente através da execução de algum harmônico na corda. O

grupo que acerta, propõe um novo som. A adivinhação perdura dependendo do máximo de variabilidades de timbre geradas e da capacidade de encontrar os componentes.

SUGESTÃO

Para continuação.

A composição de novos timbres começa a ser explorada a partir desta última modificação do meio. De certo, criar timbres também envolve saber controlar seus componentes e, essencialmente, saber isolá-los. O controle destes componentes pode ser feito através de outros materiais, como placas de madeira (sem reforços, com reforços, coladas em outras peças) e, certamente, através de um instrumento musical pronto.

Grupo V: Modos de vibração e efeitos da ressonância.

O comportamento de vibração do instrumento musical, de suas peças e como um todo, é influenciado pela manipulação de propriedades físicas dos materiais, aparentes como pelo efeito de ressonância.

| DESAFIO PRINCIPAL | |
|--|--|
| Manipular Efeitos dos Modos de Vibração em Materiais. | |
| FERRAMENTAS | MATERIAIS |
| <ul style="list-style-type: none"> • Corda elástica para demonstração (por exemplo, feita de garrote); • Cordas em instrumentos musicais; • Gerador de oscilações (barbeador, relé de carro); • D.E.M.O; | <ul style="list-style-type: none"> • Pacote plástico e gesso em pó; • Areia fina (ou outros materiais granulados, que não aglutinem); • Placas (metal, madeira) de diferentes formatos (quadradas, retangulares, no formato de tampos e fundos de instrumentos musicais); |
| SABERES ASSOCIADOS | |
| Ressonância; Nós e Ventres; | Densidade; Rigidez/Elasticidade; Frequência. |

Quadro 13: lista dos materiais, ferramentas e conceitos articulados diante do desafio inicial sobre os Modos de Vibração e Efeitos da Ressonância.

Fonte: elaborado pelo autor (2017).

i. Modos ampliados em cordas.

Organização dos materiais...: Cordas esticadas num instrumento musical ou D.E.M.O.. Folha de papel, régua e lápis.

... e ferramentas: corda elástica com grande comprimento (~3 metros), por exemplo, feita de garrote. Opcional: gerador de oscilações com frequência conhecida (barbeador ou outro aparelho elétrico).

Organização do meio: os participantes distribuem-se igualmente em torno dos instrumentos musicais ou D.E.M.O. disponíveis. O momento é propício para experimentarem as cordas livremente, usando apenas os dedos para tocá-las. De preferência, elaboram uma lista com efeitos descobertos através das diferentes formas usadas para tocar as cordas.

1ª modificação do meio: À vista de todos (como ao centro de um semicírculo formado pelos participantes), uma corda elástica e comprida tem suas extremidades atadas

(firmemente) em pontos fixos distantes. É esticada apenas o suficiente para não ficar solta. Da forma como for esticada, deverá poder oscilar livremente.

Um participante de cada grupo por vez terá uma chance para demonstrar um modo de vibração, usando apenas um toque. Usa como referência a lista de modos encontrados anteriormente para vibrar uma corda de seu instrumento musical ou D.E.M.O.. Todos que estiverem presentes precisam conseguir observar o movimento provocado na corda.

A atividade inicia com a corda parada. Um membro de cada grupo faz uma tentativa (todos tentam). Se um grupo (ou mais) não havia registrado um dos modos demonstrados, registra-o e (um por vez) tentam gerar um novo modo – sempre devolvem aos outros grupos o mesmo número de modos que registraram (que emprestaram para sua lista).

Numa segunda rodada, um grupo por vez faz novas tentativas sem repetir modos. Se demonstrar um modo novo, é a vez de outro grupo. Se repetir o modo que algum grupo já apresentou, precisam apresentar outro. Se um grupo discordar que o modo é diferente daqueles já demonstrados, o grupo (que provoca as vibrações) tem mais uma chance e, depois, quem discordou faz uma demonstração. Quando um grupo usar todas os modos de sua lista, reúne-se e discute novos modos para fazer vibrar a corda.

2ª modificação do meio (harmônicos): quando os participantes esgotarem certa quantidade de modos de vibração da corda, ficam escassas as referências para continuar a atividade anterior. Quando isto acontecer, as demonstrações passarão a acontecer em duplas.

Um dos componentes da dupla tocará a corda, seguindo as mesmas regras anteriores: utiliza apenas um toque. O outro componente poderá apenas encostar na corda com um dos dedos. Portanto, antes de começar, os grupos elaboram novas estratégias, procurando ampliar sua lista de modos.

Com a lista de modos, a atividade da 1ª modificação é repetida. As duplas demonstram, no mínimo, duas vezes cada modo – todos precisam ter certeza de que não foi produzido aleatoriamente. As outras duplas repetem o modo e apresentam os seus próprios.

Após esgotarem as possibilidades, a atividade reinicia aumentando a quantidade de participantes por demonstração (trios, quartetos, etc.), sempre buscando o máximo de modos de vibração na corda.

3ª modificação do meio (vibração forçada): a atividade da 1ª e 2ª modificação é repetida. Diferentemente, quem faz a demonstração não toca a corda ao centro da sala, mas segura-a com os dedos. Primeiramente, os grupos imaginam estratégias para gerar modos de vibração desta maneira na corda elástica esticada ao centro da sala. Então, um participante por vez, faz tentativas. Quem conseguir manter um modo estável durante certo tempo contará, na

próxima, rodada com o auxílio de mais um participante – atuando em dupla, depois, trios, quartetos e assim por diante.

Variações para uma 4ª modificação do meio: a mesma atividade feita sem tocar a corda elástica de grande comprimento, mas segurando-a, consegue adaptações para qualquer outro tipo de corda – exemplo das cordas esticadas em instrumentos musicais e nos D.E.M.O. disponíveis desde a primeira organização do meio. A proposta desta adaptação requisita ferramentas diferentes – a serem buscadas pelos próprios participantes.

ii. Entalhes e composições de modos de vibração através de placas.

Organização dos materiais...: placas de madeira com diferentes dimensões, áreas, formatos (como de instrumentos musicais) e espessuras. Uma opção é usar a placa com reforços já colados, por exemplo, se tiver sido iniciada no Grupo II, item vi.. Placas de madeira para violino (opcional, pela dificuldade envolvida para escavá-las). Areia (ou outro material granulado e leve).

... e ferramentas: D.E.M.O. para suporte das placas abaixo do cavalete encimado por cordas. Gerador de frequências eletrônico (aplicativos em *smartphone* são suficientes). Caixa de som e protetores auriculares (para alguns usos das caixas de som). Relé (pode ser ligado ao gerador de frequências para gerar vibrações, então, aplicadas nas placas). Arco de violino. Placa de metal fixada pelo centro num suporte.

Organização do meio: o número de equipes de trabalho formadas depende da quantidade de placas de madeira disponíveis – sem ou com reforços (apenas se foram colados previamente). Não é necessário que as placas sejam iguais. Tem em comum o objetivo futuro de utilizar as placas (ou outros materiais) em instrumentos musicais (para produzir sons usados pela música). Neste momento de experiência com os materiais, os participantes operam com as mãos, inclusive de seus colegas de equipe. Para que consigam comunicar o que conseguirem, anotam as formas descobertas para produzir sons nas placas.

1ª modificação do meio: depois do momento de experiência livre com as placas, as equipes aproximam-se em pares. Uma equipe pede para outra que toque a placa num ponto de sua escolha, marcado a lápis. Uma equipe por vez toca sua placa no ponto pedido, tentando produzir algum som audível. Se uma delas não conseguir gerá-lo a partir do ponto dado, mostra alguma maneira encontrada para produzir som – a equipe adversária marca-a em sua placa. Caso não tenham como fazer a demonstração, precisam descobri-la antes de continuar. Enquanto isto, a outra equipe tem tempo para produzir som através do toque no ponto pedido.

A cada som produzido no ponto indicado pela outra equipe, marcam a lápis o local onde tocaram, bem como o local (ou locais) onde seguraram a placa. As marcações também valem para as demonstrações de uma equipe para a outra. Continuam a atividade até que ambas as equipes não consigam mais continuar – ou tenham as placas suficientemente preenchidas.

2ª modificação do meio: as marcações feitas pelas equipes na atividade anterior servem de orientação e referência para uma nova atividade. Cada equipe tem acesso a um suporte onde qualquer placa possa ser presa por diferentes pontos (à escolha dos participantes). Ao lado do suporte, têm acesso à areia ou outro material granulado e leve (sugestão: usar sacos plásticos ou algum recipiente ao redor do suporte para recolher o material derrubado). A princípio, as equipes elaboram demonstrações de todas as formas que encontraram para produzir sons com a placa. Quando estiverem satisfeitos com certo número delas, a atividade começa.

Numa primeira rodada, todos montam suas placas nos suportes e dispersam areia sobre ela. Um por vez, fazem suas demonstrações usando apenas dos dedos para tocar a placa (uma variação da atividade é conseguida usando pequenos martelos macios, como de borracha para tocar a placa). Todas as outras equipes procuram produzir, na areia, o mesmo efeito que a equipe da vez. Continuam até que todos tenham feito suas demonstrações.

Numa segunda rodada, os participantes que tenham conseguido gerar apenas efeitos iguais às outras equipes (ou somente reproduzido aqueles demonstrados) iniciam procurando novos efeitos. Depois de demonstrarem os efeitos novos, a rodada continua da mesma forma como a primeira.

SUGESTÃO

Para continuações.

As equipes procurarão esgotar os efeitos possíveis. Entretanto, para continuar a atividade têm algumas alternativas, por exemplo: trocar de placas, mudar o formato da placa atual (como ao cortá-la num formato mais próximo de algum instrumento musical), reduzir a espessura da placa, colar reforços (veja o Grupo II, item *vi.*), montar a placa em faixas laterais (como durante a construção de instrumentos musicais), entre outras. Após as decisões pelas mudanças, repetem a atividade desta modificação ou da anterior. Os efeitos gerados são outros e podem ser comparados entre as repetições.

3ª modificação do meio: uma opção para provocar vibrações nas placas é utilizar um D.E.M.O. (utilizado desde a colocação de reforços na placa, como mostrado no Grupo II,

item *vi.*). Assim, já ficam dispostas sob um cavalete encimado por cordas para serem tocadas – entretanto, as placas precisam suportar a força aplicada, sempre pensando-as para funcionar em instrumentos musicais.

Mais uma vez, os participantes possuem areia para espalhar sobre a placa. Tem certo tempo para seus experimentos com a placa sob o cavalete e as cordas. Enquanto isto, um gerador de frequências ligado a uma caixa de som com altofalante é disposta ao centro da sala. Preferencialmente, de forma que os observadores ouçam seu som apenas em nível confortável (ex. que não impeça conversação). Quem for usar o altofalante ou estiver próximo utiliza protetores auriculares.

As equipes testam suas placas na montagem apenas quando tiverem uma sugestão de frequência que imaginem gerar algum efeito. Não precisam saber qual será o efeito propriamente dito. Nas primeiras rodadas, depois de uma sugestão de sucesso de uma equipe, todas as outras poderão testar o mesmo efeito em suas placas. Se uma não conseguir (inclusive a primeira a fazer a sugestão), procuram demonstrar um novo efeito na placa aos seus colegas. Nos momentos intermediários às rodadas, para procurar novos efeitos para gerar, assim como quando tiverem efeitos suficientes, as equipes voltam a controlá-los na placa quando abaixo do cavalete e das cordas.

SUGESTÃO

Para esta modificação, igual à 2ª modificação, vale a SUGESTÃO (para continuações) dada ao final. Aqui, cabe acrescentar algumas modificações para fazer:

- No cavalete, através de trocas e cortes, todos justificados por efeitos que se queira produzir;
- Nas placas, propriamente, decorrem da retirada de madeira de certas regiões, assim como de diminuição da altura dos reforços colocados. Depende de saber a influência da retirada da madeira em cada modo de vibração encontrado na placa.
- Nas placas, ao colar outras partes. As partes que gerarão vibrações também podem ser usadas como materiais investigados neste item. Isto vale até mesmo para o ar enclausurado dentro do corpo de um instrumento musical.

iii. Modos de vibração de membranas em luz laser.

Organização dos materiais...: lata metálica ou outro cilindro (ex. Pedacos curtos de canos de PVC). Bexiga (couro ou qualquer outro material que sirva como membrana). Fita crepe, garrote ou outra maneira de fixar a membrana utilizada.

... e **ferramentas:** dispositivo emissor de luz laser (cuidado com a utilização! Evite apontar aos olhos).

Organização do meio: os participantes recebem uma lata metálica e uma membrana. Dispõe-se em equipes de acordo com a disponibilidade dos materiais. Após terem as membranas esticadas sobre uma das aberturas da lata, conseguem manipular suas vibrações através da outra abertura (ex. ao falar, cantar ou tocar outro instrumento musical) ou mesmo ao tocar a membrana com os dedos.

1ª modificação do meio: sobre a membrana é colado (preferência para cola de contato, por ser flexível) um pedaço de material refletivo – ex. CD com película refletiva ou apenas alguma película refletiva. Os participantes aproveitam desta montagem com um dispositivo emissor de luz laser.

O efeito da reflexão do ponto de luz é aproveitado ao gerar sons na abertura da lata. Todos os participantes, por princípio, acertam a geração do ponto de luz. Dependendo do som escolhido pelos participantes o efeito no ponto de luz é diferente. Registram as escolhas de som e os efeitos.

2ª modificação do meio: em duplas de participantes, usando as membranas esticadas sobre as latas, um pede para que o outro gere um efeito no ponto de luz. Tem certo tempo para discussão com sua equipe e conferência das escolhas de sons e efeitos registrados – num nível mais avançado da atividade, este tempo pode ser retirado. Caso não consiga gerar o efeito pedido, mostra um daqueles que tem registrado. Se acertar, é a sua vez de pedir para que o outro participante gere um efeito. E assim sucessivamente.

Ambos procuram adivinhar os efeitos descobertos pelo outro na respectiva membrana, ao mesmo tempo que escondem os efeitos que registraram. Se todos os efeitos forem descobertos, as equipes modificam as suas membranas e latas de alguma forma, ou mesmo trocam-nas. A atividade reinicia.

Adaptações para outros materiais: esta forma de atividade com reflexão de luz laser pode ser adaptada para outros materiais. Entretanto, depende de superar algumas dificuldades relacionadas à reflexão e precisão. No mínimo, quando conseguir resolver a reflexão, carecerá de uma forma de ampliar os efeitos no ponto de luz.

4. CONCLUSÃO

A proposta de projetos interdisciplinares se mostra uma alternativa para guiar atividades de ensino de longa duração. Particularmente, diante de objetos como os instrumentos musicais, auxilia a levar em consideração uma parcela de riqueza e diversidade que envolvem. Ao mesmo tempo, enfrentar desafios técnicos e problemas reais da prática com articulação de perspectivas diferenciadas, como noções essenciais para o projeto.

Junto da amplitude interdisciplinar caminha o trabalho analítico de conceitos e saberes próprios à interação com os fenômenos. Particularmente a este Guia, no caminhar em direção às essências dos fenômenos sonoros, intercedem acústica e luteria, mas também música, matemática e física em geral.

O Guia procurava ir em sentido contrário a algumas concepções comuns ao ensino-aprendizagem decorrido em sala de aula – maneira de formação na luteria ainda nova para os *luthiers* (com menos de 10 anos para a comunidade estudada pela pesquisa). Concepções identificadas com alguns sentidos.

Na busca por uma alternativa, durante o projeto, focou-se na manipulação do meio ao invés da manipulação da forma de apresentação do conhecimento (como da informação). As possibilidades do trabalho do professor foram multiplicadas à proporção das variabilidades imaginadas de como organizar o meio em sala de aula (tornando-o menos ou mais complexo, adicionando tal ou outro elemento, ferramenta, material, etc.).

A tarefa do professor se mostrou mais difícil de efetivar do que ser descrita (ou falada). Até porque, nos princípios destas alternativas, os estudantes ainda esperam do professor a comunicação daquilo que deveriam aprender. E o professor cedia diante de sua responsabilidade por explicar, perdendo de oferecer outros meios para o aprendizado, mas que, a princípio, não conseguiria oferecer.

Sentidos para a atividade didática foram reencontrados nos confrontos da prática da luteria. Noutras palavras, as situações de referência para oferecer os meios para aprendizagem em sala de aula foram encontradas fora do ambiente didático. Ainda que, antes de serem escritas neste Guia, passaram por transformações e adaptações pensando no uso em sala de aula.

Paradoxalmente, isto envolve as instituições em grande importância para a formação do *luthier*. Oferecem os alicerces fundamentais aos estudantes, assim como possibilidades de

enfrentamento dos obstáculos que venham a interpor o conhecimento e a técnica. A própria continuidade da luteria como prática alinhada a uma cultura musical depende disto.

Com estas considerações, uma conclusão pode ser tecida, firmando as atividades propostas neste Guia como uma (dentre diversas) perspectivas para o processo de ensino-aprendizagem.

Logo se nota que é através da disposição real aos desafios da prática que perduram os saberes das mais diversas áreas – para luteria decorre através da responsabilidade pela transformação de materiais para controle de fenômenos sonoros usados para fazer música. Sentido surgido das essencialidades que envolvem ser-luthier – desveladas durante a pesquisa em sua própria perspectiva.

Ludibriar desafios é possível. As opções surgem através do (re)produzir instrumentos musicais oferecidos por manuais de receitas e modelos de referência. Há ainda a possibilidade de esquecer dos sons em favor da estética visual e do senso artístico genérico. As dificuldades começam a ser superadas quando deixamos dos limites do pensar e agir, inerentes aos subjetivismos tanto quanto aos saberes constituídos em blocos independentes.

Alianças precisam ser reencontradas. Exemplo do reencontro entre teoria e prática ou entre acústica e luteria. Dualidades superadas quando compreendidos os papéis próprios que cada maneira de pensar assume – seja pela percepção, intuição, lógica, razão – em confronto com a complexidade que o ato de viver consciente se envolve dentro da realidade e, assim, o controle pelo ato próprio de conhecer. Neste sentido, construir, restaurar ou manter instrumentos musicais, entre outras ações relacionadas à luteria, acústica, música... são formas de vivência em atos de conhecimento.

REFERÊNCIAS

ABDOUNUR, Oscar J. **Matemática e Música: O pensamento analógico na construção de significados**. São Paulo: Escrituras, 1999.

ALMEIDA, Gisleine M. de; PIRES, Alzira. A Arte da Luteria no Brasil. **Revista Educação**, v. 7, n. 1, p. 68-76, 2012.

BACHELARD, Gaston. **O novo espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BOWER, Rudi. **An historic-hermeneutic critique of luthiery with specific reference to selected south african guitar builders**. 2008. 284 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculty of Arts, Nelson Mandela Metropolitan University, 2008.

BROUSSEAU, Guy. **Fundamentos e Métodos da Didática da Matemática**. In: BRUN, Jean (Coord.). Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao Estudo da Teoria das Situações Didáticas: Conteúdos e métodos de ensino**. São Paulo: Ática, 2008.

BRUNÉ, R. E. Lutherie: Yesterday, Today and Tomorrow. Palestra: American Lutherie: The Quartetly. **Journal of the Guild of American Luthiers**, v. 3, n. 107, 2011.

CARPEAUX, Otto M. **O Livro de Ouro da História da Música**. 2.ed. Rio de Janeiro: Quorum Editora, 2009.

CMAP. CmapTools. v. 6.02. IHMC. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/cmaptools/>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

DONOSO, José P.; TANNÚS, Alberto; GUIMARÃES, Francisco; FREITAS, Thiago C. A Física do Violino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 30, n. 2, p. 2305 (1-21), 2008.

FOUREZ, Gérard. **Alfabetización Científica y Tecnológicas: Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Bruxelas: De Boeck-Wesmael, 1997.

GANOT, Adolphe; MANÉUVRIER, Georges. **Traité Élémentaire De Physique**. Librairie Hachette, Paris 1894. Disponível em:

<<https://archive.org/details/traitlmentaired00manegoog>>. Acesso em: 25 jul 2015.

GROTHMANN, René. C.a.R. (Compass and Ruler). Disponível em: <http://car.rene-grothmann.de/doc_en/download.html>. Acesso em: 02 mar. 2017.

HENRIQUE, Luís L.. **Acústica musical**. 4ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2011.

HUTCHIN, Carleen M. The acoustics of violin plates. **Scientific American**, v. 245, n. 4, p. 170, out. 1981.

HUTCHIN, Carleen M. Plate Tuning for the Violin Maker. **Catgut Acoustical Society Journal**, n. 39, p. 25-32, 1983b.

JOHNSON, Cris; COURTNALL, Robert. **The Art of Violin Making**. Londres: Robert Hale, 1999.

MAIRSON, Harry G. Functional Geometry and the Traité de Lutherie: functional pearl. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUNCTIONAL PROGRAMMING, 13, set. 2013. **Anais eletrônicos...** ACM SIGPLAN Notices, v. 48, n. 9, 2013.

MIMO. Musical Instruments Museums Online. Home. Disponível em: <http://www.mimo-international.com/MIMO/accueil-ermes.aspx>. Acesso em: 11 set 2016.

NEVES, Marcos C. D. (orgs.); PEREIRA, Ricardo F (orgs.). **Divulgando a ciência: de brinquedos, jogos e do vôo humano**. Maringá: Massoni, 2006.

PEREIRA, Rafael A. **A física da música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PhET, University of Colorado. **Interactive simulations** <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em: 05 ago. 2016.

PRADO, L. A. G. **Matemática, física e música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica para um ensino interdisciplinar**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SCHLESKE, Martin. On making “tonal copies” of a violin. **Catgut Acoustic Society Journal**, Series 2, v. 3, n. 2, p. 18-28, 1996.

SCHLESKE, Martin. Empirical Tools in Contemporary Violin Making: Part I. Analysis of Design, Materials, Varnish, and Normal Modes. **Catgut Acoustic Society Journal**, v. 4, n. 5, p. 50-54, 2002a.

SCHMITZ, César. **Desafio Docente: As Ilhas de Racionalidade e seus elementos interdisciplinares**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

WEISSHAAR, Hans; SHIPMAN, Margaret. **Violin Restoration: A manual for violin maker**. Los Angeles: Weisshaar-Shipman, 1988.

APÊNDICE A – DISCUSSÃO SOBRE A FORMAÇÃO DO *LUTHIER* ENTRE ACÚSTICA E LUTERIA

(bônus para professores)

Entre acústica e luteria há um passo anterior. Antes da música feita nos palcos. Antes das formas finais dos instrumentos musicais (como da Figura 1)... Precisamos voltar ao momento da concepção do instrumento.

O *luthier* (leia-se lutiê) tem papel essencial nisto. Será responsável por transformar um objeto apenas imaginado num instrumento musical, usando de alguns materiais, nada mais do que, a princípio, madeira e corda. As necessidades de ferramentas, outros materiais, conhecimentos de diversas áreas acompanham esta transformação.

Imaginar se mostra tão importante quanto difícil enquanto não se consegue interiorizar a aparência em imagem e som de um instrumento musical. Outro aspecto desta dificuldade aparece no saber-fazer, por exemplo, envolvido na construção de um instrumento musical. O *luthier* interage com o material que manipula de maneira muito personalizada, transformando-o e sendo transformado pelas adaptações da prática.

A adaptação não ocorre de pronto, como se num fôlego só fosse possível aprender luteria (ou mesmo acústica). Obstáculos se interpõe às adaptações como desafios a serem superados. Ainda assim, de alguma maneira, o *luthier* precisa conseguir realizar as atividades da luteria.

Uma maneira de apaziguar os desafios da prática é usar *modelos de referência*⁶: plantas, moldes, medidas, figuras, etc., em geral, que apresentam predefinições de como será a aparência do objeto em imagem e som. Existem manuais de *como fazer* (muito próximos da forma de receitas), indicando mesmo como é possível fazer algo como um instrumento musical. Desta forma, um dos fatores essenciais para formação do *luthier* é o uso de *modelos de referência*.

Com o uso dos modelos de referência, surgem primeiras decisões em detrimento ou favorecimento da autonomia, da responsabilidade pelos resultados das ações feitas – por exemplo, entregar um instrumento condizente às necessidades de músicos – e da comunicação daquilo que sabemos fazer. As decisões consolidam negociações entre interesses pessoais e

6 Referências para a visualidade e sonoridade do instrumento musical antes de transformá-lo através da prática. Há de ser relevada a existência de modelos implícitos, muito próprios da prática, tanto quanto explícitos, quando representados ou descritos/explicados através de linguagens.

iniciais – como quando se deseja construir instrumentos musicais – com condições do ambiente natural e social⁷.

A própria existência dos modelos de referência resulta da consideração de diversos aspectos, não apenas advindos do exercício isolado da luteria. Outros profissionais surgem em colaboração. Relações surgem com arte (ALMEIDA; PIRES, 2012), ao mesmo tempo tecnologia (BOWER, 2008); matemática e, logo, geometria (MAIRSON, 2013); química; tecnologia da madeira; física e, então, acústica (HENRIQUE, 2011); sociologia (SENNETT, 2009); acima de qualquer outra, uma história simbiótica à música cobrindo mais de cinco séculos (CARPEAUX, 2009; BRUNÉ, 2011). Inclui nisto o contato com outros luthiers, exemplo dos *mestres*⁸ na prática.

Todas estas relações apontavam, então, perspectivas diferenciadas sobre os instrumentos musicais e à música que permitem fazer (e com que são feitos). Isto, entretanto, somente ao notá-las como áreas inter-relacionadas à concepção dos instrumentos musicais em sua riqueza, complexidade e diversidade.

Por esta interdisciplinaridade inerente e sem barreiras para a gênese inicial da luteria, perigamos cair numa generalidade de assuntos e de relações ao assumir o intuito de guiar parte da formação do luthier. Ou mais simplesmente, ao abandonar a interdisciplinaridade, recair em simplismos, reducionismos, ou mesmo em zonas confortáveis de disciplinas.

Estas problemáticas surgem cruciais para a atividade de ensino. Relações podem ser simplificadas em áreas isoladas, como em disciplinas e permanecer desconexas do todo das atividades do *luthier* junto aos instrumentos musicais. Ao mesmo tempo, deixar de lado os sentidos históricos das transformações dos instrumentos musicais, relegando ao esquecimento as inter-relações do trabalho de músicos, físicos, matemáticos, luthiers, entre outros colaboradores.

Este Guia Adidático apresenta, diante deste cenário de formação do luthier, uma proposta de projeto com possibilidades interdisciplinares. Utiliza de embasamentos em Fourez (1997) e Schmitz (2004) para a elaboração de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade. Surge diante de um primeiro objetivo: favorecer a relação entre acústica e luteria em sala de aula. Por tema principal (central, gerador de outros temas) teve o estudo do som dos instrumentos musicais e a noção de *modelo de referência*.

7 Autonomia, responsabilidade, comunicação e negociação fazem parte dos objetivos da Alfabetização Científica e Tecnológica, apontados por Fourez (1997). Neste parágrafo, abrangem objetivos para a formação do luthier.

8 Pessoas com saberes consolidados na prática da luteria (através de diversas formas, como estudo e experiência). Certa diferenciação pode ser feita em questão da personalidade do mestre, ou seja, se é uma pessoa real ou está implícito aos modelos de referência (mestre invisível).

APÊNDICE B – UM PRIMEIRO PROJETO ENTRE ACÚSTICA E LUTERIA

(ou, simplesmente, *Making Off* do Guia Adidático).

Através da proposta de oficinas didáticas ainda no segundo semestre de 2015, algumas situações envolvendo luteria e acústica foram explicitadas e, depois, resumidas em cinco temas de estudo:

1. Geometria usada para desenho do instrumento musical;
2. Resistência às tensões aplicadas na estrutura de instrumentos musicais;
3. Interferência entre sons executados concomitantemente para formação de harmonias e escalas musicais;
4. Diferenciação, percepção e manipulação do timbre;
5. Modos de vibração e fenômenos da ressonância relacionados.

São alguns dos possíveis temas acerca dos instrumentos musicais, alguns deles de grande relevância para o conhecimento conjunto entre luteria e acústica. Para deixar claro, não cobrem a totalidade do que envolve a acústica. Por exemplo, deixa de lado a acústica de ambientes – como do estudo de salas para concertos musicais –, analogias com sistemas elétricos – tanto explicativas sobre fenômenos acústicos, como fez Schelleng (1963), como para produção e modificação de sons –, dentre outros⁹.

Junto a um curso de luteria, seis aulas foram desenvolvidas entre pesquisador (como professor) e estudantes, em formação como *luthiers*. A participação do pesquisador em sala começou com observação de aulas anteriores, ministradas pelo professor titular (da primeira até a nona aula). Procurou explorar o funcionamento do contexto da instituição, para depois, na metade do semestre, propor a elaboração de um projeto de estudo de instrumentos musicais. Tinha em foco a noção de *modelos de referência* e uma situação-problema própria da luteria.

A estrutura geral do projeto decorreu como apresentada no Quadro 5. Cada linha apresenta as sugestões de atividades, perpassando etapas para elaboração de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (FOUREZ, 1997; SCHMITZ, 2004). A coluna *Forma de registro* descreve como cada atividade foi registrada durante a elaboração do projeto. Na coluna *Foco da atividade* são descritos os materiais necessários em cada atividade, alguns deles desenvolvidos nas etapas anteriores.

⁹ Sugerimos a leitura de Henrique (2011) para contato mais amplo com a acústica musical. Outra sugestão é o *Traité élémentaire de physique* de Ganot e Manéuvrier (1894), que apresenta diversos experimentos físicos, com um capítulo exclusivo para acústica.

| Etapa | Linhas gerais Quem faz – Atividade | Forma de registro (do quê?) | Foco da atividade |
|--------------|---|--|--|
| (0) | <i>Estudante</i> – escreve experiências no curso até o momento. – escreve “como é a relação entre acústica e luteria para você?”; – escolhe um pseudônimo (dentre nomes de luthiers); – unem-se um grupo. | Portfólio (identidade de vivência) | Identidades das vivências dos participantes em pseudônimos. |
| | <i>Professor</i> – sugere o projeto de estudo dos instrumentos musicais. Começa a abordar os modelos de referência usados em prática. – elenca o entendimento dos estudantes sobre modelos. <i>Estudante</i> – busca e registra modelos de referência para sua prática. | Portfólio (anexo – modelos de referência) | Modelos de referência para práticas com instrumentos musicais. |
| (1) | <i>Professor</i> – Apresentação da situação-problema. | Gravação em vídeo (leitura e interpretações da mensagem) | Mensagem (comunicação com personagens) |
| | <i>Estudante</i> – lê uma mensagem representativa da situação-problema e registra seu entendimento. Elabora uma primeira resposta à mensagem. | Portfólio | Identificação da situação-problema. |
| | <i>Em grupo e entre grupos</i> – discussão e interrogações sobre as respostas elaboradas. | Diário de campo e Gravação em vídeo (falas dos estudantes) | Expressões espontâneas sobre a situação-problema. |
| - | <i>Professor</i> – diante das expressões dos estudantes sobre a situação-problema, elenca o que é: admitido por todos, objetos de debate e juízos de valor. | Diário de campo e Gravação em vídeo (diálogos e pontos elencados) | Pontos elencados. |
| (2) | <i>Grupo</i> – discute uma contextualização para as representações do clichê. <i>Estudante</i> – lista os elementos presentes e interliga-os. | Portfólio (grelha de leitura e esquemas) | Panorama sobre a situação-problema. |
| | <i>Professor</i> – auxilia na listagem de acordo a elaboração de um panorama. | Gravação em vídeo (diálogos) | Elementos apontados pelos estudantes. |
| | <i>Estudante e grupo</i> – revisam as listas e esquemas. | Portfólio (grelha de leitura e esquemas de interligações) | Listas e esquemas de elementos da situação-problema. |
| (3)* | <i>Estudante</i> – seleciona especialistas, especialidades e caixas-pretas. | Portfólio (elementos selecionados) | Panorama espontâneo (listas e esquemas). |
| * | <i>Em grupo</i> – discussão da seleção e descrição de critérios para contato com o especialista. – Define como fazer as consultas. <i>Professor</i> – requisita critérios para seleção. – Aponta recomendações. | Gravação em vídeo (diálogos) | Crítérios para seleção dos elementos pertinentes ao projeto. |
| (4)* | <i>Estudantes</i> – escolhem o campo diante do projeto e da situação-problema. – Apontam quem, o que e aonde procuram. <i>Professor</i> – elenca os campos e respectivos parâmetros, registros e reflexões para escolha (justificativas) | Portfólio (campo escolhido, formas de registro) Diário de Campo (elenca justificativas) | Prévias ao trabalho de campo. |

| | | | |
|--------------|---|--|--|
| Ext. (3)* | <i>Externo. Em grupo</i> – buscam e consultam especialistas de diferentes especialidades | Portfólio (quem e o que foi consultado) | Pontos de vista diferentes sobre a situação-problema e caixas-pretas |
| Ext (4)* | <i>Externo. Em grupo</i> – registros do funcionamento da situação-problema em campo. | Portfólio (quem, o que e aonde) | Aspectos concretos da situação-problema e do projeto. |
| (5) | <i>Em grupo</i> – escolha de caixas-pretas para abordar. – associação a estudos da acústica. <i>Professor</i> – registro das atividades de estudo e organização. <i>Estudantes e professor</i> – diálogos sobre os estudos: ações, formulações e validações. | Portfólio (todo material produzido pelo estudo) Gravação em vídeo (estudos) Diário de campo (ações, formulações e validações) | Estudo de noções sobre os instrumentos musicais |
| | <i>Grupos e professor</i> – discussão sobre as conclusões e utilidade ao projeto ou culturalmente. | Gravação em vídeo (falas da discussão) | Resultados dos estudos em relação ao projeto |
| (6)* | <i>Estudantes</i> – reunião do material produzido e organização. | Portfólio (organização do material produzido) | Material conseguido durante o projeto |
| (7)* | <i>Em grupo</i> – abertura de caixas-pretas com recursos próprios. – esclarecimento da independência exercida em debates. – justificativas para as decisões. | Portfólio (registros da abertura e dos debates) Gravação em vídeo (diálogos sobre ações) | Caixas-pretas abertas |
| * | <i>Professor</i> – elenca aspectos das ações: práticos, econômicos e materiais. | Diário de Campo (aspectos das ações) | Ações dos estudantes, registradas ou não |
| * | <i>Em grupo</i> – ajustes das sínteses. | Portfólio (remendos e mudanças) | Resumos e modelos de referência |
| * | <i>Entre grupos</i> – comunicação das sínteses. – debates sobre decisões, justificativas e conclusões. <i>Professor</i> – devoluções e institucionalizações dos conhecimentos explícitos pelos estudantes. | Diário de Campo (observações e pontos de debate) Gravação em vídeo (diálogos e posturas) | Sínteses em resumos e modelos de referência |
| Final* | <i>Em grupo</i> – reunião do material produzido e organização. <i>Professor</i> – exposição do alcançado com a ilha produzida. – destino do resultado do projeto. | Portfólio (resultado do projeto) | Síntese em resposta à mensagem e modelo anexo. |
| * | <i>Estudante</i> – escreve experiências no curso até o momento. – escreve “como é a relação entre acústica e luteria para você?”; | Portfólio (identidade de vivência) | Identidades das vivências dos participantes |

Quadro 14: Linhas gerais planejadas para projeto interdisciplinar de estudo de instrumentos musicais.

Embasado na estratégia da IIR, adaptado de Fourez (1997) e Schmitz (2004). As etapas não aplicadas estão marcadas com '*' (asterisco); as etapas realizadas fora de sala estão marcadas com 'Ext,' (externa).

Fonte: elaborado pelo autor (2016).

As atividades didáticas do pesquisador, junto da sua maneira de agir em sala de aula, resumem-se em tópicos como segue:

- Conteúdos: diferindo da abordagem conteudista, ocorreu de acordo com o contexto do projeto (FOUREZ, 1997; SCHIMITZ, 2004). Os meios escolhidos para abordar conceitos fundamentais da relação entre luteria e acústica foram embasados nas Seções 2.1 e 2.3 da dissertação: Oficina de Luteria e Laboratório de Acústica.
- Foco do projeto: iniciou tratando da noção de *modelos de referência*. Procurou mostrar o uso de modelos como fundamental à prática da luteria logo no 1º encontro.
- Situação-problema: problematizou o projeto ao apresentar uma mensagem fictícia de um músico iniciante. Reunia diversas problemáticas reais e comuns à luteria. A primeira e segunda etapas da IIR decorreram em discussões sobre a mensagem.
- Postura do professor: a condução de discussões nas primeiras etapas gerou desentendimento, revelado pelos estudantes, sobre *a finalidade do que estavam fazendo*. O leque de possibilidades estava demasiadamente amplo. Depois, durante a abertura de caixas-pretas, foi preciso focar no meio que o professor queria a que os estudantes se adaptassem – abordando o *conteúdo* do projeto. Foram escolhidos meios encontrados fora das intenções didáticas, elaborados com fins didáticos (BROUSSEAU, 1996; 2008).
- Avaliação: em parte, ocorreu através do portfólio (quantidade completada) – dois estudantes entregaram completo até a etapa realizada, enquanto os outros não finalizaram. Outra parte ocorreu sobre os conhecimentos revelados durante a interação em sala. Usava como parâmetro a finalização das atividades propostas (se conseguiam completá-la ou não e os porquês) e expressões de conhecimentos sobre a situação-problema (durante as discussões) e após realização das atividades. Frisava o debate para chegar a termos comuns, assim como superação de concepções alternativas demonstradas em atividade.

Portanto, havia um objetivo implícito à atuação do professor, para favorecer a relação entre acústica e luteria com sentido para os estudantes através da:

- Problematização da luteria diante de uma situação-problema: diálogo com um músico iniciante. Aparentemente, não tinha relação direta com acústica.
- Articulação de noções acústicas da luteria com problemas encontrados na situação-problema – encontrando elementos da acústica *escondidos*.

O projeto foi encerrado antes da conclusão de todas as atividades (iniciou na décima primeira aula e seguiu até a décima quinta), por motivos de limitação de tempo – na última

aula do semestre, décima sétima, o projeto foi revisado, relevando o que foi abordado. As etapas não realizadas durante a aplicação da pesquisa estão marcadas com '*' (asterisco).

Durante a realização do projeto, ocorreu saturação de atividades junto às outras disciplinas que os estudantes cursavam concomitantemente. Estes também não teriam disponibilidade para realizar atividades fora de sala de aula (como os estudos de campo e consultas aos especialistas). Desta forma, o portfólio também foi preenchido parcialmente. Em acordo mútuo, concordou-se em usar apenas o tempo da disciplina para realizar as propostas, uma manhã a cada semana.

Seis encontros, foram insuficientes para realizar o que é proposto neste guia, como projeto. Ainda conseguiu-se chegar até a Etapa 5 e articular conhecimentos da acústica ao realizar duas das atividades, depois, transcritas para as organizações do meio na Seção 3.2. Por esta razão, o restante das atividades propostas teve aplicação noutras oportunidades, em oficinas e minicursos. Algumas delas são variações imaginadas pra articulação de certo conhecimento.

Alguns dos encontros dividiram tempo da aula com o professor titular, de acordo com o seu plano inicial para expor conteúdos da acústica. Também tinha parte das aulas destinadas para apresentações dos estudantes sobre curiosidades e assuntos relacionados à acústica. A avaliação da disciplina, pelo professor titular, ocorreu através de duas provas escritas (perguntas sobre conceitos da acústica), uma parcial e outra ao final do semestre, e também através das apresentações dos trabalhos. As atividades realizadas pelo pesquisador não compunham tal nota aos estudantes, ainda que as avaliasse.

As dificuldades dos estudantes apareciam diante da realização das primeiras etapas, em especial a segunda. O maior êxito ocorreu na Etapa 5, quando puderam ser abordados assuntos coerentes à situação-problema. As etapas anteriores começavam a ser melhor entendidas, bem como, as atividades encaminhavam mais concretamente o desenvolver de conhecimentos pelos estudantes (favorecendo, inclusive, a expressão destes conhecimentos).

Do encerramento antecipado apareceram novos objetivos a assumir para os próximos projetos, sugerindo:

- Manter repositório de situações cotidianas à prática da luteria, acústica, música, entre outras áreas correlacionadas aos instrumentos musicais, servindo de *matéria-prima* para situações-problema a serem abordadas em ambiente de ensino;
- Trazer os problemas das outras disciplinas como parte das situações-problema. Exemplo da construção de instrumentos realizada pelos estudantes, ainda

que, para esta atividade, mantivesse em foco o desenvolvimento de habilidades técnicas;

- Integrar instituições externas, tomando parte também de outros cursos (com foco inicial em cursos de música), para integrarem a realização de projetos;
- Focar na organização do meio para os estudantes (como através da organização de atividades propostas na Seção 3.2), de forma que possam realizar adaptações sucessivas e conseguir finalizar o projeto;
- Optar pela produção de produtos finais do projeto mais adaptados às situações cotidianas de prática da luteria, como *modelos de referência* que os estudantes possam utilizar em prática.
- Iniciar o projeto logo ao início da disciplina, dispensando maior tempo para realização – sugestão dos próprios estudantes.