

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE COMPUTAÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

VINÍCIUS DIAS VALÉRIO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA INTERFACE
VIBROTÁTIL PARA APRENDIZAGEM DE MOVIMENTOS DE
ARTICULAÇÃO DAS MÃOS PARA A EXECUÇÃO DE
PADRÕES RÍTMICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

VINÍCIUS DIAS VALÉRIO

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA INTERFACE
VIBROTÁTIL PARA APRENDIZAGEM DE MOVIMENTOS DE
ARTICULAÇÃO DAS MÃOS PARA A EXECUÇÃO DE
PADRÕES RÍTMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação do Departamento Acadêmico de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Me. Filipe Roseiro Côgo

Coorientador: Prof. Dr. Radames Juliano Halmeman

CAMPO MOURÃO

2016

Resumo

Valério, Vinícius. Desenvolvimento e Avaliação de uma Interface Vibrotátil para Aprendizagem de Movimentos de Articulação das Mãos para a Execução de Padrões Rítmicos. 2016. 28. f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Ciência da Computação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar um dispositivo com interface vibrotátil, a fim de ser usado no contexto da aprendizagem musical. Esse dispositivo, poderá auxiliar alunos na aprendizagem de movimentos específicos de articulação, usados durante o acompanhamento de um padrão rítmico. Para que pudesse ser avaliado, tal dispositivo foi aplicado à um contexto real de uso, onde alunos de música teve a oportunidade de utilizá-lo. Esta avaliação foi feita por meio de um estudo em campo, com observação direta dos participantes, no intuito de verificar se o uso de uma interface vibrotátil é útil para informar os movimentos de articulação na aprendizagem de padrões rítmicos, especificamente no contexto de uma aula de música com a presença de um professor.

Palavras-chaves: Interface vibrotátil, movimentos de articulação, acompanhamento de padrões rítmicos, aprendizagem musical.

Abstract

Valério, Vinícius. Development and evaluation of simulators for Physics education. 2016. 28. f. Graduation Project (Bachelor of Computer Science), Federal University of Technology – Paraná. Campo Mourão – PR – Brazil, 2016.

The aim of this work is to develop and evaluate a device with a vibrotactile interface in order to be used in the musical learning context. This device can help students in the specific movements learning of pivoting, used during a rhythmic pattern accompaniment. In order to evaluate, such device was used in a real context of use, where music students had the opportunity to use it. This evaluate was done through of a field study with direct observation of participants, in order to verify if the use of a vibrotactile interface is useful to inform the pivoting movements in the rhythmic patterns learning, specifically in the context of a music class with the presence of a teacher.

Keywords: Vibrotactile interface, pivoting movements, rhythmic patterns accompaniment, musical learning.

Lista de figuras

3.1	Dispositivo construído.	10
3.2	Ritmo musical “cipó preto”.	10
4.1	Ritmo musical “bossa nova”.	15
5.1	Gráfico <i>box plot</i> que representa as respostas dos questionários.	17

Sumário

1	Introdução	5
1.1	Objetivo geral	6
1.2	Objetivo específico	6
2	Revisão Bibliográfica	7
2.1	Movimentos de articulação	7
2.2	Acompanhamento	7
2.3	<i>Strumming</i>	7
2.4	Interfaces vibrotáteis	8
3	Desenvolvimento	9
4	Método de pesquisa	12
4.1	Estudo em campo	13
5	Resultados e discussão	16
6	Conclusões	19
6.1	Trabalhos futuros	20
	Referências	20
	Apêndices	22

Introdução

Em música, o termo “acompanhamento” designa um conjunto de elementos vocais e instrumentais que estão subordinados à parte principal, realçando-a pelo seu poder expressivo, caráter rítmico e riqueza harmônica. Serve, portanto, como apoio rítmico e harmônico a uma linha solista vocal ou instrumental, podendo aplicar-se também à orquestra ou ao órgão em relação a um coro ou à parte orquestral de uma ópera ou concerto. Um padrão rítmico pode ser descrito como um movimento coordenado, uma repetição de intervalos musicais regulares ou irregulares, fortes ou fracos, longos ou breves, presentes na composição musical.

A fim de executar o acompanhamento de um padrão rítmico, é necessário que o instrumentista articule os movimentos de suas mãos de maneira adequada, de modo que o início e a duração dos acordes estejam alinhados com a estrutura geral rítmica. Entre muitas técnicas de articulação que podem ser aplicadas aos movimentos das mãos, existem dois movimentos verticais consecutivos de ascendência e descendência, que são chamados de *strumming* (Krout, 2003). *Strumming* é uma habilidade específica para executar o acompanhamento, através da divisão dos movimentos presentes ao longo do padrão rítmico, os quais são específicos em instrumentos de cordas como: violão, bandolim, ukulele, banjo e cavaquinho. Nesses casos, os instrumentistas são capazes de apoiar o aspecto rítmico de um acompanhamento, através de movimentos para cima e para baixo, usando a mão dominante (Moore *et al.*, 1992)

Aprender a executar a técnica de *strumming* de forma precisa apresenta aos instrumentistas, alguns desafios. Padrões rítmicos complexos requerem altas demandas cognitivas e, para se tornar capaz de executar confortavelmente todos os movimentos biomecânicos, normalmente se leva muito tempo. Além disso, há uma dificuldade para expressar esses movimentos verbalmente, que é prejudicial para aqueles que estão aprendendo através de aulas com professores (Lense; Dykens, 2013). É difícil também para o aluno, usar sua própria intuição e “descobrir” os movimentos necessários para acompanhar um padrão rítmico específico. Dessa forma, ele precisa saber o exato instante para executar tais movimentos em seu próprio instrumento musical, a fim de sustentar o ritmo que está sendo tocado. Dentre todas as abordagens existentes, a mais usada na aprendizagem do acompanhamento é o apoio auditivo, onde muitas das vezes o aluno precisa ter uma boa percepção da memória auditiva para realizar os movimentos específicos.

Tendo em vista, os problemas acerca da aprendizagem de movimentos de articulação para se executar um acompanhamento rítmico, percebeu-se a necessidade de desenvolver um dispositivo, o qual pudesse auxiliar instrumentistas no intuito de aprender o acompanhamento de um padrão rítmico. Tal dispositivo, foi construído com base em uma interface vibrotátil. Interfaces vibrotáteis são um caminho comunicativo direto entre uma pessoa e um dispositivo externo. A principal característica dessas interfaces é

fornecer *feedback* tátil, a fim de orientar pessoas em diversas tarefas. Todavia, neste trabalho, essas interfaces são usadas no contexto da aprendizagem musical, com o objetivo de comunicar pessoas sobre padrões de movimentos de articulação, os quais devem ser realizados no momento em que se toca instrumentos musicais. O uso de *feedback* vibrotátil para tarefas musicais é um assunto ainda pendente a ser explorado em situações reais de uso e estudos em campo foram pouco explorados.

Pesquisas recentes apontam que o uso de interfaces vibrotáteis apresentam resultados positivos quando são aplicadas à aprendizagem musical. Por exemplo, Holland *et al.* (2010), utilizaram essa abordagem no contexto da aprendizagem de padrões de movimentos para tocar bateria, enquanto (Johnson *et al.*, 2011), criaram um sistema baseado em interfaces vibrotáteis, que foram aplicadas ao contexto da aprendizagem da coordenação bimanual, e da correção de movimentos relacionados ao aprendizado de violino. Ambas as pesquisas apresentaram resultados positivos quando a aprendizagem foi apoiada por interfaces vibrotáteis. Estes resultados também apontam que, com o uso de interfaces vibrotáteis, os indivíduos puderam aprender padrões de movimentos específicos a serem realizados em seus instrumentos musicais.

Dessa forma, o principal foco deste trabalho, foi desenvolver um dispositivo que possa ser usado no contexto da aprendizagem musical, com o intuito de informar aos alunos o instante exato em que se deve realizar movimentos ascendentes e descendentes de articulação, fazendo, assim, que eles aprendam a acompanhar um padrão rítmico a partir de um *feedback* vibrotátil. O dispositivo foi avaliado em um cenário real de uso com alunos de música. Esta avaliação, foi realizada com observação direta dos participantes, seguida da aplicação de um questionário, no intuito de verificar se o uso de tal dispositivo auxiliou no entendimento dos movimentos de articulação para executar os padrões rítmicos considerados no estudo.

1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um dispositivo baseado em uma interface vibrotátil, o qual é usado para auxiliar alunos na aprendizagem da articulação de movimentos para executar o acompanhamento de padrões rítmicos, e avaliá-lo em um contexto real de uso.

1.2. Objetivo específico

A partir do objetivo geral, este trabalho também apresenta-se o objetivo específico:

- Determinar uma maneira de comunicar os movimentos necessários para executar padrões rítmicos, por meio da interface.
- Verificar a experiência de uso do dispositivo por parte dos alunos de música que participaram do estudo em campo.
- Determinar se o dispositivo pode ser usado em sala de aula, a fim de auxiliar os alunos a aprenderem os movimentos de articulação para o acompanhamento de padrões rítmicos.

Revisão Bibliográfica

Nas próximas sessões serão revisados assuntos relevantes à fundamentação teórica da proposta de estudo apresentada nesse trabalho.

2.1. Movimentos de articulação

Para que um ritmo musical seja sustentado, um instrumentista deve realizar movimentos específicos com sua mão dominante em seu instrumento musical, que podem ser chamados de articulação. (Sá, 2012), diz que esses movimentos são uma habilidade específica, a qual envolve movimentos da mão, do punho, do antebraço e dos dedos. Geralmente, as diversas escolas de música têm entre suas características, um determinado tipo de sonoridade definida a partir da maneira como se articula. Em muitas escolas de violão, por exemplo, a articulação inclui a angulação dos dedos em relação ao momento de ferir as cordas.

Grandes instrumentistas do século XIX até os dias de hoje, têm demonstrado uma preocupação maior pela mão que realiza a articulação. Quando lecionava, o bandolinista norte-americano Samuel Siegel, por exemplo, sugeria que seus alunos ficassem estudando única e exclusivamente a articulação durante quatro meses, pois para ele, atingir uma determinada sonoridade específica, depende muito da maneira em que se articula movimentos com a mão dominante ao longo das cordas.

2.2. Acompanhamento

Entende-se por acompanhamento, uma linha musical executada simultaneamente ao solista, que serve de suporte rítmico e harmônico. Dessa forma, o acompanhamento em música é um conjunto de sons, que pode ser fornecido por qualquer número ou tipo de instrumento musical e/ou vozes, que vai desde uma simples batida de pé no chão, até várias vozes de um apoio orquestral, que acompanham uma melodia ou um tema tocados por um ou mais músicos (Tagg, 2000).

2.3. *Strumming*

Strumming é uma técnica usada para tocar instrumentos de corda, de modo que o instrumentista realize movimentos ascendentes e descendente com a mão dominante, enquanto a outra mão se preocupa em realizar os acordes (Phithak *et al.*, 2015).

Cada música, possui o seu próprio aspecto rítmico. Dessa forma, o instrumentista geralmente segue um mesmo padrão de *strumming* para sustentar o padrão rítmico da música, isto é, os tipos de movimentos de articulação realizados pela sua mão, serão sempre repetidos durante a duração da música.

2.4. Interfaces vibrotáteis

As interfaces vibrotáteis são interfaces sensíveis ao tato, que fornecem *feedback* vibrotátil por meio da aplicação de vibração, usando atuadores que são incorporados em roupas ou em um dispositivo portado pelas pessoas, como um telefone celular, por exemplo (Papetti *et al.*, 2015).

No contexto musical, o uso de interface vibrotátil pode ser usado para fornecer *feedback* vibrotátil, a fim de orientar as pessoas no aprendizado de um instrumento musical, como uma bateria ou violino. Por exemplo, o MusicJacket (Johnson *et al.*, 2011) foi desenvolvido para ajudar os violinistas novatos a aprenderem a segurar o seu instrumento corretamente e a desenvolverem boas ações de curvatura. O *feedback* vibrotátil é fornecido pelo casaco, dando respostas em lugares específicos no braço e tronco para informar ao aluno quando ele está manuseando seu violino incorretamente ou quando sua trajetória de inclinação se desviou de um caminho desejado. Um estudo de usuário com violinistas novatos mostrou que eles foram capazes de reagir ao *feedback* vibrotátil e, em resposta, ajustaram sua inclinação ou postura. Por sua vez, (Holland *et al.*, 2010) desenvolveram o *Haptic Drum Kit* (utilizado por bateristas), que consiste num conjunto de quatro atuadores vibrotáteis com bandas elásticas, um placa de circuito eletrônico com Arduino e uma bolsa de cinto, e além de outros dispositivos e *softwares* necessários. Os atuadores são montados entre pequenos blocos de plástico, para protegê-los de danos. Tiras de velcro elásticas são utilizadas para fixá-los em cada membro: dois para os pulsos, e dois para os tornozelos. Os atuadores vibrotáteis são ligados por fios à placa Arduino que os controla. Esta disposição permite que uma pessoa vestindo os vibrotáteis mova todos os quatro membros de forma independente, sem impedimentos quando sentado em um banquinho de bateria.

Interessados em explorar as possibilidades de aprendizagem passiva com as mãos e os pés, os pesquisadores realizaram um experimento para testar o *Haptic Drum Kit*. Professores profissionais começavam executando os movimentos e, sem olhar para o professor, os alunos, de diferentes níveis de conhecimento, tinham a tarefa de repetir os mesmos movimentos. A partir do experimento os resultados indicam que os bateristas iniciantes são capazes de aprender, sozinhos, complexos padrões de bateria a partir dos estímulos táteis. Os modos táteis e áudio foram os modos de apresentação preferido pelos indivíduos (Holland *et al.*, 2010). Em termos de atitudes gerais, todos os participantes manifestaram interesse em utilizar a interface vibrotátil em uma outra oportunidade e a maioria achou que o sistema é confortável de usar. No entanto, todos acharam o áudio mais claro para atender do que a apresentação tátil. Da mesma forma, todos acharam mais fácil para tocar no tempo com a apresentação de áudio do que na apresentação tátil. Das três formas de apresentação (apenas áudio; apenas táteis; e áudio e táteis), todos preferiram áudio e táteis.

Desenvolvimento

Visto que, interfaces vibrotáteis podem ser utilizadas no contexto musical e, considerando os problemas acerca da aprendizagem dos movimentos de articulação para executar o acompanhamento rítmico, neste trabalho, foi desenvolvido um dispositivo que pode ser utilizado por alunos de música, a fim de auxiliá-los na execução dos movimentos específicos de um aspecto rítmico. Dessa forma, houve a necessidade de criar um *hardware* específico, cuja função principal é enviar *feedback* vibrotátil aos usuários, no intuito de informá-los sobre os instantes em que se deve articular movimentos em seu instrumento musical.

O dispositivo é capaz de enviar vibrações táteis aos seus usuários, de acordo com as características de um aspecto rítmico. Dessa forma, o aluno tem a possibilidade de receber orientações táteis e saber quais são os instantes em que se deve realizar movimentos específicos de articulação. Esta interface, possui dois micro-motores com um pêndulo acoplado ao eixo do motor, o qual permite que ele cause vibrações com alta eficiência sem danificar sua estrutura. Os micro-motores são responsáveis pelo envio do *feedback* vibrotátil. Acoplados à um garrote elástico, estes componentes são fixados à mão do usuário. Deste modo, para vestir a interface, foi necessário estabelecer um padrão de configuração para que o usuário pudesse diferenciar a vibração de um micro-motor para o outro.

O primeiro micro-motor é fixado próximo ao polegar, assim, foi estabelecido que este componente seria responsável por comunicar todos os movimentos ascendentes que o aluno precisa executar durante o acompanhamento rítmico. De maneira análoga, o segundo micro-motor fica preso próximo ao dedo mínimo, onde ele também pode enviar o *feedback* vibrotátil, porém, em relação aos movimentos descendentes do aspecto rítmico. Assim, houve a necessidade de isolar este pêndulo pelo fato de que se ele for bloqueado, o motor não produzirá tais vibrações. Tal isolamento, foi feito com espaguete termo-retrátil e canudinhos de plástico.

Para que os micro-motores realizassem a comunicação do instante em que o usuário deve articular um movimento, foi necessário a utilização de um Arduino UNO, que é uma plataforma de prototipagem eletrônica. Geralmente, esta plataforma é usada para a criação de dispositivos inteligentes que são capazes de interagir com o ambiente, por meio de sensores e atuadores. Deste modo, juntamente com os micro-motores, transistores e diodos foram ligados ao Arduino para que a interface vibrotátil funcionasse. Para conectar estes componentes ao Arduino, houve a necessidade de construir um *shield*, com o intuito de facilitar o acoplamento. *Shield* é o nome dado às placas de expansão de *hardware* que encaixam na placa Arduino principal. Através da Figura 3.1 é possível ver a imagem do dispositivo.

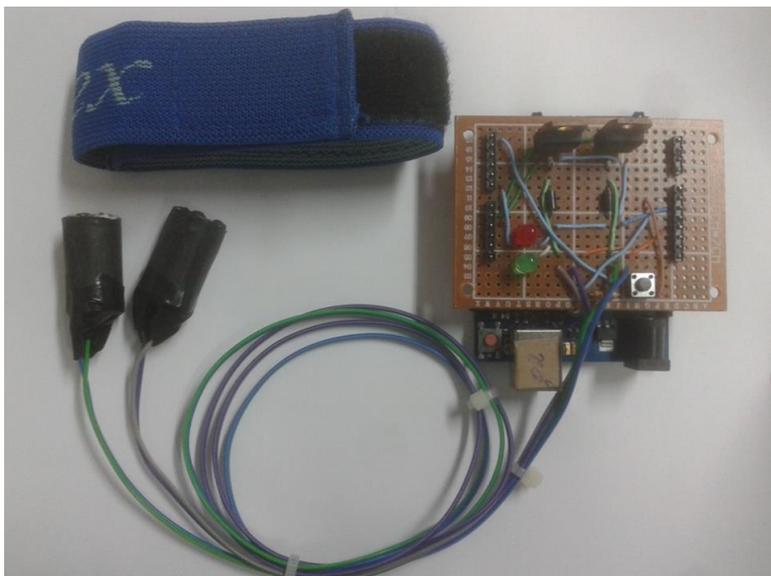


Figura 3.1. Dispositivo construído.

Tendo a parte física construída, foi necessária a implementação do software para acionar os micro-motores. Basicamente, cada ritmo tem suas variações de movimentos que um instrumentista deve executar para realizar o acompanhamento. Dessa forma, foi desenvolvido um algoritmo com o objetivo de representar as articulações de um ritmo específico. Tomemos como exemplo o ritmo musical “cipó preto”, ilustrado na Figura 3.2.

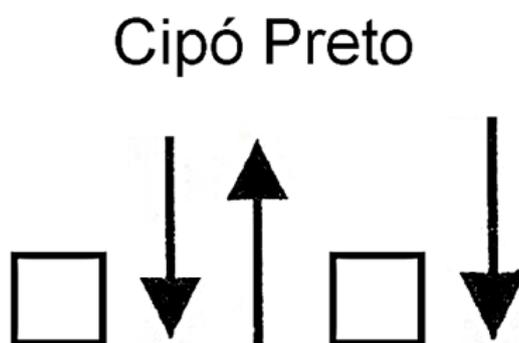


Figura 3.2. Ritmo musical “cipó preto”.

A Figura 3.2, mostra a variação de movimentos e as pausas existentes no ritmo. Os movimentos ascendentes e descendentes são representados pelas direções das setas e, as pausas, pelos quadrados. Pausas musicais são intervalos de tempo em que deve haver silêncio, isto é, nenhuma nota deve ser tocada nesse instante.

A fim de representar este ritmo por meio de um software, o algoritmo foi desenvolvido com base na fórmula de compasso musical do ritmo “cipó preto”. A fórmula de compasso, permite-lhe definir numa partitura, o número e tipo de notas que esta contém. Neste caso, o ritmo possui 3 notas, as quais são representadas por figuras rítmicas.

As figuras rítmicas indicam a duração proporcional dos sons e silêncios ao longo da música. A primeira e a segunda nota do ritmo “cipó preto” são representadas por uma semicolcheia e a terceira, por uma colcheia. Dessa forma, no software, foi desenvolvida uma função, nomeada de “cipopreto()”, a qual

representa o tempo e a duração dessas notas, bem como suas pausas. A implementação da função pode ser vista no Algoritmo 1.

Algoritmo 1: “CIPOPRETO”

```

1 begin
2   PAUSADECOLCHEIA()
3   TEMPOSEMICOLCHEIA()
4   TEMPOSEMICOLCHEIA()
5   PAUSADECOLCHEIA()
6   TEMPOCOLCHEIA()
7 end

```

De acordo com o aspecto rítmico do “cipó preto”, o Algoritmo 1 realiza os cálculos do tempo de cada nota musical que é tocada ao longo do ritmo, como pode ser observado a partir das linhas 2, 3, 4, 5 e 6.

A implementação dos tempos de cada padrão rítmico foi baseada na teoria musical. No caso do padrão rítmico “cipó preto”, o cálculo dos tempos de cada nota foi realizado da seguinte forma: para cada nota, o tempo de atuação do micro-motor está relacionado ao tempo de duração das notas musicais. Assim como nos demais padrões rítmicos, as notas musicais são representadas por figuras rítmicas, que são símbolos utilizados para representar os tempos de uma música. No padrão rítmico “cipó preto”, estão presentes as figuras da semicolcheia e a figura da colcheia. Uma semicolcheia equivale a metade do tempo de uma colcheia. Dessa forma, para a primeira e a segunda nota (linhas 3 e 4 do algoritmo “cipopreto()”), foram calculados os tempos das semicolcheias e esse tempo foi atribuído ao tempo de atuação do micro-motor. Analogamente, foi necessário calcular o tempo da colcheia, que equivale o dobro do tempo de uma semicolcheia, e atribuir esse tempo ao micro-motor, para que ele realizasse a comunicação da terceira nota (linha 6 do algoritmo “cipopreto()”). Para diferenciar o tempo entre uma nota e outra, foi necessário criar uma variável que representasse um tempo de “silêncio” entre as notas. No caso do padrão rítmico “cipó preto”, a figura rítmica da semicolcheia aparece duas vezes consecutivas. Na primeira vez, ela representa um movimento descendente e na segunda vez, um movimento ascendente. Sendo assim, entre essas notas, foi necessário incluir este tempo de silêncio para que os alunos pudessem diferenciar uma nota da outra.

Para finalizar a construção do dispositivo, o código foi gravado no Arduino. Assim, os micro-motores estão prontos para comunicar o instante dos movimentos ascendentes e descendentes a serem realizados no acompanhamento do padrão rítmico.

Método de pesquisa

Com o intuito de auxiliar na aprendizagem de movimentos usados durante o acompanhamento rítmico, o objetivo deste trabalho é desenvolver e avaliar um dispositivo, baseado em interfaces vibrotáteis, o qual comunica aos alunos de música, o instante exato para articular tais movimentos. Além disso, deseja-se saber se o seu uso possui alguma relação com a capacidade de aprender esses movimentos. Dessa forma, houve a necessidade de avaliar o dispositivo em um contexto real de uso, no qual alunos de música de diferentes níveis de conhecimento, pudessem usá-lo. Neste capítulo, será abordada a metodologia que foi utilizada para tal avaliação.

Para atingir um dos principais objetivos desta pesquisa, que é a avaliação do dispositivo aplicado ao contexto musical, foi necessária a realização de um estudo em campo, de modo a possibilitar alteração/melhora dos instrumentos para um estudo posteriormente maior. A pesquisa ou trabalho em campo, dentre outras, é a observação do fato ou fenômeno, “*in loco*”, isto é, como ele ocorre realmente, coletando dados, analisando e interpretando, com base em teorias pré-existentes, com o objetivo de compreender e explicar o problema que está sendo abordado (Borzak, 1981).

O estudo de campo é um dos vários métodos qualitativos que pesquisadores usam para entender melhor as vontades e necessidades das pessoas. O método é útil no início do desenvolvimento de um produto ou dispositivo, para reunir os requisitos das pessoas que estão utilizando e para o estudo de funções e processos atualmente executados. Este estudo é normalmente por meio através da observação direta ou indireta dos participantes, aplicação de questionários, perguntas abertas e fechadas, entrevistas, entre outros, com posterior interpretação e análise dos dados coletados.

Para que os dados pudessem ser coletados, além de observações e do *feedback* dos alunos, os participantes também foram convidados à responder um questionário adaptado da literatura de (Ritchie; Williamon, 2010), a qual é baseada na teoria da autoeficácia. Esta teoria, definida por (Bandura, 1994), refere-se às crenças de alguém em sua capacidade de organizar e executar ações requeridas para produzir certas realizações. No entanto, o questionário de autoeficácia aplicado apresentou problemas graves de validade de construção, impossibilitando que conclusões válidas fossem baseadas nas respostas aos questionários de *self-efficacy*. Ainda assim, pudemos perceber questões importantes sobre o uso do dispositivo a partir das questões abertas.

4.1. Estudo em campo

A pesquisa de campo é uma fase que é realizada após o estudo bibliográfico, para que o pesquisador tenha um bom conhecimento sobre o assunto, pois é nesta etapa que ele vai definir os objetivos da pesquisa, as hipóteses, definir qual é o meio de coleta de dados, tamanho da amostra e como os dados serão tabulados e analisados (Marconi; Lakatos, 1996).

Como o objetivo desta pesquisa é verificar o impacto de uma interface vibrotátil aplicada ao contexto musical, ampliando e aprofundado o conhecimento existente, ela pode ser considerada de natureza exploratória.

A fim de iniciar o estudo piloto em campo, foi necessário contatar um professor de música para possibilitar a condução do estudo. Este professor ministra aulas de vários instrumentos musicais, em um colégio estadual de Campo Mourão, para 2 turmas de 15 a 20 alunos. Desse total, apenas 16 aceitaram participar deste estudo. Os alunos possuem idade entre 11 e 15 anos. A princípio, o professor foi informado de que o objetivo do presente estudo é saber se o dispositivo pode ser devidamente utilizado em sala de aula, com o intuito de auxiliar seus alunos na articulação de movimentos para executar um acompanhamento rítmico.

Para que o dispositivo pudesse ser avaliado, foi necessário um encontro prévio com os alunos para que eles ficassem cientes sobre como o estudo seria aplicado e conduzido em suas aulas de música. Dessa forma, lhes foi apresentado o dispositivo, bem como o objetivo de tal estudo. Além disso, foi apresentado aos menores de 12 anos, o termo de assentimento, o qual significa que os alunos concordam em fazer parte de um grupo de adolescentes, de sua mesma faixa etária, para participarem de uma pesquisa, e o termo de consentimento livre e esclarecido, aos maiores de 11 anos e à seus responsáveis legais, sobre as informações da pesquisa que inclui: a apresentação da pesquisa, os critérios de inclusão e exclusão, a participação na pesquisa, os desconfortos, riscos e benefícios, a confidencialidade, o direito de sair da pesquisa e esclarecimentos durante o processo e o ressarcimento ou indenização. É importante ressaltar que este estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Como já foi mencionado, a construção do questionário foi baseada na teoria da autoeficácia e adaptado da literatura de (Ritchie; Williamon, 2010). Ele foi intitulado como: “Questionário sobre aprendizagem de um novo acompanhamento”. Este instrumento conta com 1 questão prévia, a qual poderia ser lida e marcada com um número entre 1 e 7, com o objetivo de saber o quanto o aluno concorda que tenha conseguido desenvolver bem a atividade do acompanhamento rítmico naquela aula. Após esta questão, o questionário também possui mais 9 questões, as quais têm como objetivo saber o quanto que o aluno concorda, caso necessita aprender um novo acompanhamento rítmico de igual complexidade nos próximos dias, utilizando os mesmos materiais e recursos. Cada uma dessas questões, possuem também respostas com um número entre 1 e 7, indicando que “concorda totalmente” com aquela questão, caso fosse respondida com o número 7, ou que “discorda totalmente”, caso a questão seja respondida com o número 1. As respostas com valores entre 2 e 6 deveriam indicar um grau intermediário de concordância com a questão. No fim, o questionário possui também uma questão aberta, a qual solicita ao aluno, comentar sobre a sua experiência em relação à utilização do dispositivo, destacando os pontos positivos e negativos com relação ao uso.

O estudo em campo foi realizado com 4 dispositivos, os quais foram configurados de modo que ficassem fixados sobre uma mesa e ligados paralelamente à uma tomada. Durante o estudo, as atividades práticas de acompanhamento rítmico, foram realizadas com o uso do dispositivo em dois encontros distintos. Após o primeiro encontro, houve um intervalo de tempo de 23 dias para que o segundo também fosse realizado.

Na primeira aplicação do dispositivo nas aulas de acompanhamento rítmico, o professor apresentou inicialmente, o padrão rítmico denominado “cipó preto”, que foi apresentado no capítulo anterior. Os alunos estavam ao violão e a aprendizagem foi apoiada auditivamente. Em seguida, o professor mostrou o ritmo ao

violão e demonstrou algumas músicas que são baseadas nele. Além disso, transcreveu o “cipó preto” na lousa para que os alunos pudessem saber suas variações. O ritmo foi explicado de forma que o polegar faça o 1º movimento descendente, o indicador o 2º movimento ascendente e todos os dedos o 3º movimento descendente. Naquele momento, o professor achou mais conveniente explicá-lo também de forma que os alunos batessem palma no instante de movimentação das mãos. Este exercício foi treinado individualmente por cerca de 2 minutos. Em seguida, o professor solicitou que os alunos vestissem a interface vibrotátil para que se iniciasse a aula prática, e então, o dispositivo foi utilizado, também individualmente, por quatro alunos a cada vez, durante aproximadamente 10 minutos.

Inicialmente, no primeiro contato com a interface vibrotátil, a maioria dos alunos prestaram mais atenção aos padrões de vibração, ao invés de usar um apoio de memória auditiva. Depois de um tempo eles perceberam, com facilidade, quais eram os instantes em que deveriam realizar os movimentos de articulação ao violão, para sustentar o ritmo “cipó preto”, e assim, foram capazes de executar bem o acompanhamento do padrão rítmico.

Após a utilização do dispositivo, cada aluno foi convidado a responder o questionário para concluir sua participação no estudo. Alguns alunos relataram que em alguns instantes, a interface vibrotátil causava cócegas e que foi divertido a sua interação com o dispositivo, pelo fato de ser uma novidade para eles. Segundo o professor, de modo geral, o comportamento dos alunos foi mais satisfatório, em relação à concentração e atenção durante o uso da interface, se comparado às aulas normais.

Depois de 23 dias, teve-se a oportunidade de realizar a segunda aplicação do dispositivo às aulas de música. Assim, o professor solicitou que a programação do ritmo “bossa nova” fosse realizado no dispositivo. As variações deste ritmo podem ser vistas na Figura 4.1 . O procedimento foi quase parecido com o primeiro: inicialmente, o professor informou aos alunos que o ritmo a ser estudado naquela aula seria a “bossa nova”, em seguida, mostrou o ritmo ao violão e demonstrou algumas músicas que podem ser tocadas, baseadas neste ritmo, como por exemplo, a canção “Garota de Ipanema”, de Tom Jobim, um dos grandes compositores de música popular do século passado. Ademais, o professor também transcreveu o ritmo na lousa e, com o violão, mostrou os tipos de movimentos que seus alunos deveriam executar, de forma que o polegar faça o 1º movimento descendente, todos os dedos o 2º movimento ascendente, novamente o polegar o 3º movimento descendente e por fim todos os dedos o 4º movimento ascendente. Analogamente à primeira aplicação, o professor pediu para os alunos baterem palma no instante de movimentação das mãos. Além disso, ele resolveu fazer um exercício diferente. Os alunos foram separados em grupo de 3 e assim, foi solicitado à eles que executassem o ritmo ao sinal do professor, com o objetivo de verificar se os alunos eram capazes de realizar a tarefa com sincronismo. Quando o ritmo era executado em grupo, os alunos apresentavam dificuldade para realizá-lo. Posteriormente, cada aluno, teve a oportunidade de treinar o ritmo individualmente, por alguns instantes. Nesse momento, diferentemente do exercício em grupo, foi notado que os alunos conseguiam executar o ritmo sem muita dificuldade, e assim, deu início à utilização do dispositivo. Enquanto alguns usufruíam da interface vibrotátil, o professor resolveu montar um círculo para ir treinando o ritmo com o restante da turma. E assim, foi feito um revezamento, com o objetivo de todos conseguirem, respectivamente, executar o ritmo vestindo a interface e responder o questionário.



Figura 4.1. Ritmo musical “bossa nova”.

Cientes que de o ritmo “bossa nova” era mais complexo de executar, de maneira análoga à primeira aplicação, a maioria dos alunos preferiram prestar mais atenção aos padrões de vibração, ao invés de usar um apoio de memória auditiva. Porém, eles já tinham mais ciência de como iriam receber a comunicação das vibrações e assim, mesmo que o padrão rítmico “bossa nova” seja mais complexo de executar, se comparado com o “cipó preto”, de modo geral, todos os alunos tiveram um bom desempenho quanto à execução dos movimentos.

A maioria dos alunos e inclusive o professor, relatavam que o dispositivo estava sendo muito útil para aprender o padrão rítmico “bossa nova”, pois, por ser um ritmo mais complicado de executar, usando a interface, eles conseguiam perceber os momentos em que executavam os movimentos fora do padrão. O professor também disse que até seus alunos com pouquíssimo conhecimento, foram capazes de acompanhar o ritmo quando estavam utilizando a interface e que eles nunca tinham conseguido executar padrões rítmicos de igual complexidade antes.

Resultados e discussão

É sabido, que a avaliação deste trabalho, foi realizada sobre o instrumento de coleta de dados e por meio das observações e relatos que ocorreram durante o estudo piloto em campo.

Dentre todos os alunos que participaram deste estudo piloto, a maioria deles não foram capazes de compreender as questões presentes no questionário. Dessa forma, para quase todas as respostas, eles preferiram escolher ou 1, afirmando que "discorda totalmente", ou 7, afirmando que "concorda plenamente". Diante dessas evidências, não foi possível medir de maneira válida a variável psicométrica de *self-efficacy*. Todavia foi medido o coeficiente alfa de Cronbach (forma de estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa), só que seu valor foi muito baixo, indicando que o instrumento, da maneira como foi compreendido pelos alunos, não apresenta validade de construção. Porém, foi gerado o gráfico *box plot* que representa as respostas dos alunos. Dos 16 alunos que participaram e responderam o questionário, foi necessária a exclusão de um dos questionários, pois o participante não respondeu por completo este instrumento. Na Figura 5.1 é possível observar o gráfico que representa cada uma das respostas que foram dadas pelos alunos.

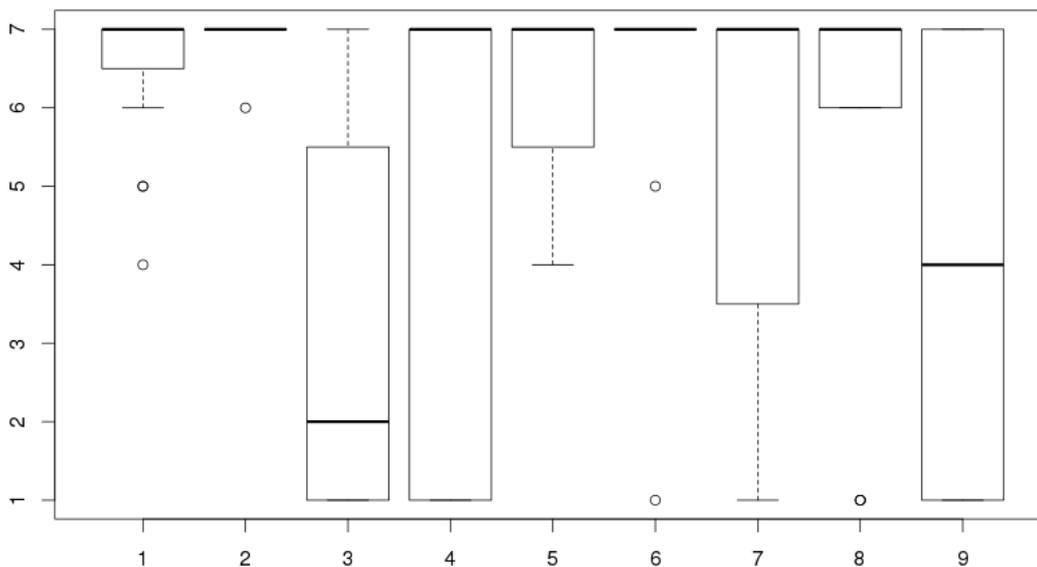


Figura 5.1. Gráfico *box plot* que representa as respostas dos questionários.

Todavia, ainda assim, é possível perceber que os participantes perceberam como positivo o uso do dispositivo em suas aulas de música.

Logo na questão prévia, quando foram perguntados o quanto concordavam que tinha conseguido desenvolver bem a atividade daquela aula, mais da metade dos alunos, escolheram um número próximo ou igual ao que representa a resposta de "muito bem". Assim, pode-se afirmar que, com o uso do dispositivo, esses alunos puderam executar bem a atividade do acompanhamento rítmico sugerido naquela aula.

Da mesma forma, ainda por meio do questionário, quando foi apresentado aos alunos uma situação em que eles necessitassem aprender um novo acompanhamento rítmico, de igual complexidade nos próximos dias, utilizando os mesmos materiais e recursos, a maioria deles apresentaram respostas quase que similares.

Na primeira questão, foi perguntado aos alunos se eles estavam confiantes de que podem aprender um novo acompanhamento rítmico, 12 alunos marcaram a resposta 7, indicando que "concorda plenamente". A segunda questão, por sua vez, questiona os alunos o quanto eles concordam se continuam tentando aprender um novo acompanhamento rítmico até conseguir. Com exceção de um aluno, todos marcaram a resposta 7. Outra questão que apresentou respostas positivas, foi a número 6. Nela, é perguntado aos alunos se mesmo que uma dificuldade os impedisse de aprender um novo acompanhamento rítmico, eles se esforçariam para vencê-la. Dos 16 alunos, 13 marcaram que "concorda totalmente", isto é, eles estariam dispostos à se esforçarem para treinar os movimentos específicos do acompanhamento, afim de vencer a dificuldade para executá-lo.

Dentre todas as questões presentes no questionário, houve uma que apresentou as respostas mais divergentes, que foi a questão número 8. A questão foi feita no intuito de saber se a possibilidade de não conseguir aprender um novo acompanhamento rítmico, faria os alunos trabalharem ainda mais para atingir este objetivo. Nota-se que houve muita diferença de opinião entre os participantes do estudo, pois as respostas variaram muito. Isso, possivelmente aconteceu, porque alguns alunos puderam estar mais interessados em aprender o acompanhamento rítmico por meio do dispositivo, e se esforçaram para responder de maneira precisa o questionário, enquanto os outros não tiveram o mesmo interesse.

Com relação ao restante das questões que não foram mencionadas aqui, percebeu-se que estas foram as questões que mais foram mal compreendida pelos alunos. Isto foi percebido durante o preenchimento do questionário, onde os alunos questionavam sobre o que a questão estava querendo dizer.

Como já foi mencionado, as respostas de cada aluno também foram coletadas através de uma questão aberta, onde lhes foi pedido para comentar sobre a sua experiência utilizando o dispositivo, destacando os pontos positivos e negativos. Através das palavras de um dos alunos é expressado:

Eu gostei de usar o dispositivo porque é confortável, e é seguro. Ele vibra contando as notas que devem ser tocadas. O dispositivo contribui para aprendermos um novo acompanhamento rítmico. Além do conforto ele facilita a aprendizagem e transmite segurança.

Vejamos também o que disseram alguns dos outros alunos acerca da viabilidade do uso do dispositivo em sala de aula:

Eu achei que eu fui bom [sic] e só falta mais um pouco se eu for treinando eu acho que eu vou melhorar e já vou tar [sic] tocando !

O dispositivo usado na aula de hoje contribui para o meu aprendizado, e eu sinto que quando vibra, ele me ajuda a realizar o exercício peça [sic] na aula, é confortável e traz uma segurança do que estou fazendo.

A experiência foi bem ótimo [sic] gostei. Eu senti uma vibração eu pensei que eu ia levar choque. Levei um susto eu não tava preparada mais depois passou o meu medo e foi super ótimo.

Eu gostei muito quando eu crescer vou tentar criar uma coisa parecida com essa.

Estes relatos dizem muito a respeito da viabilidade de se aplicar o dispositivo em aulas de música. Além do mais, apesar dos alunos não terem compreendido as questões do questionário, através desses relatos, fica evidenciado que tal dispositivo pode ajudar alunos de música a executar o acompanhamento de um padrão rítmico.

Por meio das observações, pode-se notar também que o desempenho dos alunos, quando estavam realizando o acompanhamento do padrão rítmico usando o dispositivo, nunca era pior ou igual quando estavam ao violão sem o apoio vibrotátil. Como já foi mencionado, em todos os momentos, de início, os alunos preferiam prestar mais atenção aos padrões de vibração, ao invés de utilizar um apoio de memória auditiva. Posteriormente, eles começavam a arriscar a execução dos movimentos e dentro de alguns minutos eram capazes de realizar o acompanhamento do padrão rítmico solicitado pelo professor.

Ao final do estudo piloto, o professor relatou que o uso do dispositivo foi importante em dois aspectos: o primeiro é que com a interação da interface vibrotátil, os alunos puderam ficar mais concentrados, fazendo assim que suas aulas rendessem mais, e que ele avalia como positivo usar a tecnologia como auxílio ao aprendizado de instrumentos musicais; o segundo aspecto é o fato de que a maioria dos alunos foram capazes de realizar o acompanhamento rítmico estudado em ambas as aulas, assim, o professor concluiu que as interfaces vibrotáteis podem ser úteis na comunicação de movimentos específicos de articulação.

Logo, a partir das respostas obtidas pelo questionário, das observações e dos relatos, conclui-se que os resultados obtidos na avaliação foi satisfatório em relação à capacidade dos alunos conseguirem executar o acompanhamento rítmico, e que o uso de interfaces vibrotáteis, aplicadas ao contexto musical, são confiáveis e positivas.

Conclusões

Com a avaliação em campo, o intuito deste trabalho era determinar se o dispositivo pode ser devidamente utilizado em sala de aula, a fim de auxiliar os alunos a aprenderem os movimentos de articulação para executar o acompanhamento de padrões rítmicos. A partir dos resultados obtidos, se constatou que as interfaces vibrotáteis são úteis para o aprendizado de instrumentos musicais. Mais especificamente, esta tecnologia pode ser aproveitada no contexto musical, como ferramenta de aprendizagem, quando aplicada às aulas de acompanhamento de padrões rítmicos. O uso de micro-motores, para enviar *feedback* vibrotátil, é capaz de comunicar aos alunos o instante exato em que os movimentos de articulação devem ser realizados. Assim, pode-se afirmar que essas interfaces podem ser usadas como apoio ao aprendizado de padrões de movimentos de articulação, que são usados na tarefa do acompanhamento rítmico.

Neste trabalho, foi constatado também, a importância da realização de pré-testes para melhorar e testar a técnica de coleta de dados, pois com o instrumento utilizado, verificou-se a necessidade de esclarecer mais as questões não objetivas, a fim de se obter respostas mais consistentes dos participantes. Dessa forma, recomenda-se a realização de novos estudos com a adaptação do instrumento de coleta de dados, com questões que possam ser compreendidas pelos participantes, de acordo com sua maturidade, a fim deles poderem ser capazes de interpretar o objetivo de cada questão.

Na análise dos resultados, mesmo que o questionário utilizado tenha apresentado problemas para validar a construção baseada na teoria da autoeficácia, ainda assim, através das questões abertas, pode-se perceber que o uso do dispositivo não foi descartado pelos alunos em suas aulas de música. Sendo assim, as respostas abertas, mostraram que o dispositivo construído foi bastante útil durante as aulas, fazendo com que os alunos conseguissem executar desde um padrão rítmico básico (“cipó-preto”), até um padrão rítmico complexo (“bossa nova”).

Portanto, mesmo que falhas graves tenham ocorrido no momento de se elaborar o instrumento de coleta de dados, é possível dar maior relevância e robustez à pesquisa, pois os resultados indicaram que o uso de interfaces vibrotáteis pode aumentar a capacidade de um aluno para executar padrões de movimentos específicos, a fim de sustentar um acompanhamento rítmico. Além do mais, o uso do dispositivo, fez com que a maioria dos alunos conseguissem executar o acompanhamento de um padrão rítmico mais complexo, se comparado aos que eles já haviam aprendido com o professor antes de utilizar o dispositivo.

6.1. Trabalhos futuros

Para um entendimento mais abrangente do uso de interfaces vibrotáteis no contexto da aprendizagem musical, os seguintes estudos são sugeridos:

- Utilizar um acelerômetro junto com a interface vibrotátil, a fim de saber se a aceleração da mão dos alunos, seguem um mesmo padrão de movimentos, durante a articulação.
- Estender o estudo em campo e analisar previamente, a amostra dos alunos que irão participar da pesquisa, para que o instrumento de coleta de dados se adeque ao entendimento dos participantes.

Referências

- BANDURA, Albert. *Self-efficacy*. [S.l.]: Wiley Online Library, 1994.
- BORZAK, Lenore. *Field study: A sourcebook for experiential learning*. [S.l.]: Sage Publications, Inc, 1981.
- HOLLAND, Simon; BOUWER, Anders J; DALGELISH, Mathew; HURTIG, Topi M. Feeling the beat where it counts: fostering multi-limb rhythm skills with the haptic drum kit. In: *Acm. Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction*, 2010. p. 21–28.
- JOHNSON, Rose; LINDEN, Janet van der; ROGERS, Yvonne. Real-time feedback for learning the violin. In: *British computer society. Proceedings of the 25th BCS Conference on Human-Computer Interaction*, 2011. p. 535–538.
- KROUT, Robert E. Essential guitar skill development considerations for the contemporary music therapist. *Music Therapy Today*, v. 4, n. 2, 2003.
- LENSE, M; DYKENS, E. Musical learning in children and adults with williams syndrome. *Journal of intellectual disability research*, Wiley Online Library, v. 57, n. 9, p. 850–860, 2013.
- MARCONI, M de A; LAKATOS, Eva Maria. *Técnicas de pesquisa: planejamento de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados*. [S.l.]: São Paulo: Atlas.[Links], 1996.
- MOORE, Randall S; STAUM, Myra J; BROTONS, Melissa. Music preferences of the elderly: Repertoire, vocal ranges, tempos, and accompaniments for singing. *Journal of Music Therapy*, Oxford University Press, v. 29, n. 4, p. 236–252, 1992.
- PAPETTI, Stefano; SCHIESSER, Sébastien; FRÖHLICH, Martin. Multi-point vibrotactile feedback for an expressive musical interface. In: *Proc. International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2015.
- PHITHAK, Thawatphong; ANGSKUN, Jitimon; ANGSKUN, Thara. A machine learning-based approach for strumming pattern recognition from ukulele songs. *International Information Institute (Tokyo). Information*, International Information Institute, v. 18, n. 2, p. 705, 2015.
- RITCHIE, Laura; WILLIAMON, Aaron. Measuring distinct types of musical self-efficacy. *Psychology of Music*, Sage Publications, p. 0305735610374895, 2010.
- SÁ, Paulo. Palheta e articulação no bandolim: uma contextualização para compositores, arranjadores e instrumentistas. *Música em Contexto*, v. 1, p. 63–84, 2012.
- TAGG, Philip. Melody and accompaniment. *Articles for Encyclopedia of Popular Music of the World (EPMOW)*. <http://www.tagg.org/articles/xpdfs/melodaccomp.pdf>, Citeseer, 2000.

Apêndices

QUESTIONÁRIO SOBRE APRENDIZAGEM DE UM NOVO ACOMPANHAMENTO RÍTMICO

O questionário a seguir possui o objetivo de medir a sua percepção a respeito da capacidade que você possui em aprender um novo acompanhamento rítmico em seu instrumento musical. Para tanto, pedimos que você responda às questões seguintes com o máximo de precisão que puder. Caso não se sinta confortável em responder qualquer uma das perguntas seguintes, você é livre para deixá-la sem resposta. **Esse questionário não é uma prova e não será utilizado para nenhuma avaliação de desempenho.**

Nome do respondente: _____

Data: ____/____/____

Gostaríamos que você considerasse a atividade de acompanhamento rítmico que foi realizada na aula de música hoje. Por favor, marque o quanto você concorda que tenha conseguido desenvolver bem essa atividade.

	<i>Muito mal</i>				<i>Muito bem</i>		
	1	2	3	4	5	6	7
Eu penso que pude executar o acompanhamento rítmico sugerido							

Imagine agora que você necessita aprender um novo acompanhamento rítmico de igual complexidade nos próximos dias, utilizando os mesmos materiais e recursos utilizados na atividade de acompanhamento rítmico de hoje. Por favor, marque o quanto você concorda com cada uma das seguintes afirmações, considerando especificamente a aprendizagem de um novo acompanhamento rítmico.

	<i>Discordo totalmente</i> (0%)				<i>Concordo plenamente</i> (100%)		
	1	2	3	4	5	6	7
1. Estou confiante que posso aprender um novo acompanhamento rítmico							
2. Se eu não consigo aprender um novo acompanhamento rítmico rapidamente, eu continuo tentando até conseguir							
3. Mesmo que eu considerasse importante, dificilmente eu conseguiria aprender um novo acompanhamento rítmico							
4. É mais provável que eu desista de aprender um novo acompanhamento rítmico antes que, de fato, eu o aprenda							
5. Se eu decidisse aprender um novo acompanhamento rítmico, certamente eu trabalharia para fazê-lo							

6. Mesmo que uma dificuldade me impedisse de aprender um novo acompanhamento rítmico, eu me esforçaria para vencê-la	1	2	3	4	5	6	7
7. Quando eu começo a aprender um novo acompanhamento rítmico, eu desisto se não consigo logo	1	2	3	4	5	6	7
8. A possibilidade de não conseguir aprender um novo acompanhamento rítmico me faz trabalhar ainda mais para esse objetivo	1	2	3	4	5	6	7
9. Eu não sou capaz de lidar com a maioria das dificuldades que poderiam surgir quando estivesse aprendendo o novo padrão rítmico	1	2	3	4	5	6	7

Agradecemos amplamente a sua participação.

```

int motorPin1 = 9;
int motorPin2 = 10;

float bpm = 150.0;
float beatTime = (60.0 / bpm); // o tempo de uma batida em segundos
float compassTime = 2.0;
float unitTime = 4.0;

float barTimeSilent; //tempinho para diferenciacao entre notas

float tempoMinima;
float tempoSeminima;
float tempoColcheia;
float tempoSemicolcheia;

int ledum=13;      // led no pino 13
int leddois=7;
int botao=2;      // bot o no pino 2
int var=0;        // valor instantaneo enviado pelo bot o
int var2=0;       // valor guardado
int estado = 0;   // guarda o valor 0 ou 1 (HIGH ou LOW)

int contador = 0;

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  pinMode(motorPin1, OUTPUT);
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);

  pinMode(ledum,OUTPUT);
  pinMode(leddois,OUTPUT);
  pinMode(botao,INPUT);

  setTimes(90.0, 2.0, 4.0);
}

void loop(){

  if (estado == 0){
    for(int i = 0; i < compassTime * 2.0; i++){
      digitalWrite(ledum, HIGH);
      delay(tempoSemicolcheia);
      digitalWrite(ledum, LOW);
      delay((beatTime - tempoSemicolcheia));
    }
    estado = 1;
  }

  bossaNova();

}

void setTimes(float bpm, float timeCompass, float timeUnit){
  beatTime = (60.0/bpm);
  compassTime = timeCompass;
  unitTime = timeUnit;

  if(timeUnit == 2.0){
    tempoMinima = (2.0 * beatTime) * 1000;
    tempoSeminima = beatTime * 1000;
    tempoColcheia = (beatTime / 2.0) * 1000;
    tempoSemicolcheia = (beatTime / 4.0) * 1000;
  }

  if(timeUnit == 4.0) {

```

```

    tempoMinima = (4.0 * beatTime) * 1000;
    tempoSeminima = (2.0 * beatTime) * 1000;
    tempoColcheia = beatTime * 1000;
    tempoSemicolcheia = (beatTime / 2.0) * 1000;
}

beatTime = beatTime * 1000;

Serial.print("U.C.: ");
Serial.print(compassTime, DEC);
Serial.print("\n");

Serial.print("U.T.: ");
Serial.print(unitTime, DEC);
Serial.print("\n");

Serial.print("Bpm: ");
Serial.print(bpm, DEC);
Serial.print("\n");

Serial.print("Beat time:");
Serial.print(beatTime, DEC);
Serial.print("\n");

Serial.print("Tempo da colcheia:");
Serial.print(tempoColcheia, DEC);
Serial.print("\n");

Serial.print("Tempo da semicolcheia:");
Serial.print(tempoSemicolcheia, DEC);
Serial.print("\n");
}

void cipoPreto(){
//barTimeSilent vale um decimo da figura que sera tocada a seguir
barTimeSilent = ((1.0/10.0) * tempoSemicolcheia);
if (barTimeSilent < 100.0){barTimeSilent=100.0;}

digitalWrite(motorPin1, HIGH); //uma semicolcheia pra baixo
delay(tempoSemicolcheia - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin1, LOW);
delay(barTimeSilent);

digitalWrite(motorPin1, LOW); //uma pausa de colcheia
digitalWrite(motorPin2, LOW);
delay(tempoColcheia);

digitalWrite(motorPin2, HIGH); //uma semicolcheia pra cima
delay(tempoSemicolcheia - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin2, LOW);
delay(barTimeSilent);

barTimeSilent = ((1.0/10.0) * tempoColcheia);
if (barTimeSilent < 100.0){barTimeSilent=100.0;}

digitalWrite(motorPin1, HIGH); //uma colcheia para pra baixo
delay(tempoColcheia - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin1, LOW);
delay(barTimeSilent);

digitalWrite(motorPin1, LOW); //uma pausa de colcheia
digitalWrite(motorPin2, LOW);
delay(tempoColcheia);
}

void bossaNova(){
//barTimeSilent vale um decimo da figura que sera tocada a seguir
barTimeSilent = ((1.0/10.0) * tempoColcheia);

```

```
if (barTimeSilent < 100.0){barTimeSilent=100.0;}

digitalWrite(motorPin1, HIGH); //uma colcheia pra baixo
delay(tempoColcheia - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin1, LOW);
delay(barTimeSilent);

digitalWrite(motorPin2, HIGH); //uma colcheia pra cima
delay(tempoColcheia - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin2, LOW);
delay(barTimeSilent);

barTimeSilent = ((1.0/10.0) * tempoColcheia);
if (barTimeSilent < 100.0){barTimeSilent=100.0;}

digitalWrite(motorPin1, HIGH); //uma semicolcheia pra baixo
delay(tempoSemicolcheia - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin1, LOW);
delay(barTimeSilent);

digitalWrite(motorPin2, HIGH); //uma colcheia para pra cima
delay((tempoColcheia + tempoSemicolcheia) - barTimeSilent);
digitalWrite(motorPin2, LOW);
delay(barTimeSilent);

}
```