

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

Gabriel Lopes Rocha

**Batucada Bit: Desenvolvimento de  
Instrumentos Musicais Digitais para  
Musicalização**

São João del-Rei

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

Gabriel Lopes Rocha

**Batucada Bit: Desenvolvimento de Instrumentos  
Musicais Digitais para Musicalização**

Monografia apresentada como requisito da disciplina de Projeto Orientado em Computação II do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da UFSJ.

Orientador: Flávio Luiz Schiavoni

Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ

Bacharelado em Ciência da Computação

São João del-Rei

2024

Gabriel Lopes Rocha

# **Batucada Bit: Desenvolvimento de Instrumentos Musicais Digitais para Musicalização**

Monografia apresentada como requisito da disciplina de Projeto Orientado em Computação II do Curso de Bacharelado em Ciência da Computação da UFSJ.

Trabalho aprovado. São João del-Rei, 11 de setembro de 2024:

---

**Flávio Luiz Schiavoni**  
Orientador

---

**Milene Barbosa Carvalho**

---

**Guilherme de Castro Pena**

---

**Júlio César de Sousa**

São João del-Rei  
2024

*Este trabalho é dedicado a todos aqueles que fazem da música o seu espaço de expressão e aos "loucos"(sonhadores) que escolheram nadar contra as correntezas da sociedade.*

*Viva a contracultura!*

# Agradecimentos

Agradeço ao professor Flávio Luiz Schiavoni por toda a sua paciência, carinho e dedicação em minha orientação. Agradeço a todos os membros atuais e aos que já passaram pelo laboratório ALICE(Arts Lab in Interfaces, Computers, and Everything Else)<sup>1</sup> pelo apoio que me deram nesta longa jornada que é a graduação e no grande universo da pesquisa acadêmica. Agradeço a todos os moradores e agregados do apartamento 201, em especial ao Diego, Genilson, Leonardo, Marco Túlio, Rodrigo, Lucas e Jéssica por terem me tratado como parte da família durante o tempo que passamos juntos. Agradeço a PROAE por terem me dado o apoio necessário para estudar nesta universidade. Agradeço também aos meus pais, Janina e Geraldo, por terem me criado com todo o amor do mundo e pela fé incondicional que sempre tiveram em mim.

---

<sup>1</sup> <<https://alice.dcomp.ufsj.edu.br/>>

*Música, arte e poesia são do que este mundo  
realmente é feito. Todo o resto são apenas  
ilusões, pedaços de papel e números sem sentido.  
Não se deixe enganar por sombras e ecos  
distorcidos, prazeres vazios e desejos decadentes.  
Ame tudo o que você puder, pois o amor é a única verdade.  
(Versos de um poeta adormecido em mim)*

# Resumo

Computadores são atualmente uma parte indispensável da indústria musical. Além de produzir e editar músicas com o computador, também é possível criar novos instrumentos musicais. Estes instrumentos são chamados Instrumentos Musicais Digitais (IMDs). O ensino de música envolve a escolha de um instrumento musicalizador, cujas características melhor se encaixam no auxílio da musicalização. A aquisição de instrumentos musicais tradicionais é cara e muitas escolas no Brasil não possuem infraestrutura para o ensino de música. Por outro lado, uma grande parcela da população tem hoje acesso a tecnologias como celulares e computadores pessoais. Este trabalho aborda a criação de IMDs para o ensino de música em escolas e espaços informais de ensino. O design desses instrumentos é orientado para o contexto cultural periférico na tentativa de conectar o ensino de música aos movimentos musicais, vivências e realidades destas regiões. São apresentados no final alguns resultados práticos da aplicação de IMDs produzidos por esta pesquisa.

**Palavras-chaves:** Computação Musical. Música. Musicalização. Instrumento Musical Digital.

# Abstract

Computers are nowadays an indispensable part of the music industry. In addition to producing and editing music with the computer, it is also possible to create new musical instruments. These instruments are called Digital Musical Instruments (DMIs). Music teaching involves choosing a musical instrument whose characteristics best fit the musicalization aid. The acquisition of traditional musical instruments is expensive and many schools in Brazil do not have the infrastructure for teaching music. On the other hand, a large portion of the population today has access to technologies such as cell phones and personal computers. This work addresses the creation of DMIs for teaching music in schools and informal teaching spaces. The design of these instruments is oriented towards the peripheral cultural context in an attempt to connect music teaching to the musical movements, experiences and realities of these regions. Some practical results of the application of DMIs produced by this research are presented at the end.

**Key-words:** Computer Music. Music. Musicalization. Digital Musical Instrument.



# Lista de ilustrações

Figura 1 – Modelo de um IMD . . . . .	15
Figura 2 – Exemplo de um patch em Pd . . . . .	27
Figura 3 – Janela de ajuda sobre blocos de mensagem em Pd . . . . .	27
Figura 4 – Editor de interfaces do MobMuPlat . . . . .	28
Figura 5 – Desenho de concepção da interface . . . . .	32
Figura 6 – Interface do LMMS . . . . .	33
Figura 7 – Sinais de mão para regência . . . . .	33
Figura 8 – Tela de configuração . . . . .	35
Figura 9 – Tela de execução dos ritmos . . . . .	36
Figura 10 – Patch principal do IMD . . . . .	37
Figura 11 – Patch SampleCommunication . . . . .	37
Figura 12 – Patch TableGroup . . . . .	37
Figura 13 – Patch Instrument . . . . .	38
Figura 14 – Oficina realizada no laboratório de pesquisa . . . . .	40
Figura 15 – Oficina realizada no laboratório de pesquisa . . . . .	41
Figura 16 – Oficina realizada no laboratório de pesquisa . . . . .	42

# Sumário

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
2	<b>PESQUISA</b>	12
2.1	Trabalhos Relacionados	12
2.2	Instrumentos Musicais Digitais	15
2.3	Expressividade, Performance e Idiomática	21
2.4	Musicalização e Espaços de Ensino	24
2.5	Tecnologias Utilizadas	26
3	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	30
3.1	Projeto do IMD	30
3.2	Implementação	35
3.3	Resultados	39
4	<b>CONCLUSÃO</b>	43
	<b>REFERÊNCIAS</b>	45

# 1 Introdução

O computador participa hoje de diferentes processos dentro do contexto musical. Seja na composição, produção e distribuição de produções musicais temos a utilização de ferramentas computacionais. Em determinados estilos já é comum que a composição das obras seja feita sem a participação de instrumentos musicais tradicionais. A possibilidade de gravar, criar e editar o som através do computador gerou novas maneiras de se pensar música. Computação Musical é a área da computação que abrange este assunto. Além de questões técnicas como a representação e processamento de sinais de áudio digital, a Computação Musical também se preocupa com os resultados artísticos que seus métodos possibilitam. Alguns exemplos destes resultados são as áreas de composição algorítmica, live coding e instrumentos musicais digitais. A Computação Musical nos permite compreender e interagir com música de formas não antes possíveis.

Uma área que também se beneficia com ferramentas disponíveis em computadores e celulares é o ensino de música. Estas ferramentas dão suporte a diferentes atividades envolvidas no estudo de música. Existem inclusive opções FLOSS (Free Libre Open Source Software) que facilitam a acessibilidade (GONÇALVES; SCHIAVONI, 2020). Neste contexto, a possibilidade de criação de instrumentos musicais digitais (IMDs) (MIRANDA; WANDERLEY, 2006) nos levam a questões interessantes. "A musicalização é a iniciação do indivíduo à aspectos musicais como pulsação, forma, partes da música, percepção rítmica e melódica, entre outros" (JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023). Existem diferentes métodos de musicalização que estão também relacionados à escolha de instrumento. No caso de novos IMDs que não possuem repertório estabelecido, podemos discutir qual método de musicalização é mais adequado. Podemos também a partir de IMDs pensar no computador quanto instrumento musicalizador (JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023).

Diferentes instrumentos musicais podem ser utilizados para auxiliar o processo da musicalização. Fazer música com o computador, como é comum atualmente, já leva a um espaço de aprendizado de aspectos musicais. Desta forma, é possível pensar em musicalização a partir do ensino de produção musical via computador (JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023). O design de IMDs nos permite desenvolver instrumentos musicalizadores para atender a necessidades específicas de repertório e idiomática. A idiomática de um instrumento está relacionada às características e limitações de um instrumento que influenciam na maneira de tocá-lo (JORDÃO; ROCHA; SCHIAVONI, 2022). Podemos projetar a idiomática de IMDs para facilitar o processo de aprendizado. Podemos também criar IMDs personalizados para atender a determinados públicos e contextos.

Ao abordar o ensino de música, também precisamos nos preocupar com os ambien-

tes onde este ensino acontece e a qual público atende. Existem diversos espaços informais e não formais onde o ensino de música ocorre de maneira não tradicional. Um exemplo destes espaços são movimentos culturais populares como a Batucada das Minas, um coletivo feminista que se manifesta através da música(OLIVEIRA; MIRANDA, 2021). A Batucada das Minas foi utilizada como ambiente de testes para o IMD desenvolvidos através deste trabalho. Existem também vários artistas dentro do cenário underground(SOUSA; SOUSA; SCHIAVONI, 2023) que buscam se capacitar para criar produções independentes. Este é um cenário importante por incluir artistas cujas produções culturais vão de contra ao que é definido padrão pela grande mídia e indústria musical. Desta forma, o cenário underground é um espaço para o fortalecimento da cultura periférica, de movimentos musicais não se encaixam no padrão estético de mercado.

Quanto a espaços formais de ensino, a lei N<sup>o</sup> 11.769 de 2008, sancionada pelo presidente Luiz Inácio Lula da Silva, determina a obrigatoriedade do ensino de música na educação básica(SOUSA; SOUSA; SCHIAVONI, 2023). Entretanto, nem sempre esse objetivo consegue ser alcançado de maneira satisfatória no ensino público no Brasil. Existe nas escolas públicas uma deficiência em infraestrutura, profissionais capacitados e instrumentos necessários para o ensino de música. Estes fatores são agravados pelas dificuldades de acesso ao ensino geradas pela realidade sociocultural dos alunos e da desigualdade social. O uso de software livre e a pesquisa e desenvolvimento de aplicações gratuitas para o ensino de música ajudam a resolver o problema da falta de infraestrutura e instrumentos. Temos em muitas escolas públicas laboratórios de informática que não são utilizados pela falta de profissionais capacitados. A aquisição de notebooks, celulares e tablets pode sair mais barato do que alguns instrumentos tradicionais. Através de tecnologias como arduino e raspberry pi é possível criar interfaces musicais de baixo custo. Metodologias de ensino como a STEAM abordam os problemas deste cenário através de um processo multidisciplinar, com o estudante no papel principal e um ensino pratico voltado para sua realidade(SOUSA; SOUSA; SCHIAVONI, 2023).

Este trabalho aborda o desenvolvimento de IMDs para o contexto de ensino de música no Brasil. Para isto, abordamos as características deste cenário, os problemas existem nele e de que maneira podemos contribuir solucionar tais problemas através da tecnologia. Discutimos o conceito de musicalização e como esta pode ocorrer mediada pelo computador. Trabalhamos o conceito de Instrumentos Musicais Digitais, o seu processo de design e as possibilidades e desafios que surgem com ele. Apresentamos a argumento de que o design de IMDs pode ser orientado para o contexto cultural do aluno de música, em busca de um ensino mais participativo e inclusivo. No final, apresentamos alguns resultados práticos dessa pesquisa com a criação de um IMD para ser utilizado em alguns cenários práticos de ensino.

## 2 Pesquisa

Para a realização deste trabalho foi levantado um referencial teórico através da procura por livros e artigos científicos que trazem discussões relevantes para o tema. É importante destacar que muito dessa pesquisa foi influenciada pelo contato do aluno com outros estudantes do seu laboratório de pesquisa. O laboratório de pesquisa ALICE trabalha na interseção entre tecnologia e arte e reúne pesquisadores de diversas áreas de estudo. Desta forma, o trabalho possui uma natureza interdisciplinar abordando temas como Música, Ensino, Cultura, Educação e Tecnologia. Como um trabalho da área de Computação, existe um foco na produção de artefatos, os IMDs, que possuam aplicação prática para solucionar o problema apresentado. As próximas sessões deste capítulo apresentam algumas discussões importantes para a contextualização do problema e para entender a implementação das soluções propostas pelo autor.

### 2.1 Trabalhos Relacionados

Alguns trabalhos, embora não abordem IMDs especificamente, discutem o uso de computadores no ensino de música. Estes trabalhos foram importantes para formar as bases do nosso projeto. [Andrade et al. \(2021\)](#) apresentam um levantamento de ferramentas FLOSS que servem como suporte ao músico em atividades musicais. A aplicação destas ferramentas é discutida através da recriação da peça "Narcissus", da escocesa Thea Musgrave. Esta peça foi originalmente composta para ser tocada com uma flauta acompanhada por um sistema de delay. A recriação da peça se deu a partir de uma parceria entre o laboratório ALICE do departamento de Computação com o professor Iura de Rezende do departamento de música, ambos da Universidade Federal de São João del-Rei. O objetivo foi a utilização de softwares para reproduzir as funcionalidades do hardware utilizado na época.

[Gonçalves e Schiavoni \(2020\)](#) apresentam uma metodologia para a escolha e adoção de ferramentas FLOSS para o curso de Musica em universidades. Esta metodologia passa pelas seguintes etapas: levantamento das disciplinas ofertadas, levantamento das atividades realizadas nestas disciplinas, identificar categorias de ferramentas se aplicam a estas atividades, selecionar ferramentas FLOSS dentro destas categorias e avaliação das ferramentas. Esta metodologia é então explorada a partir de um estudo de caso de sua aplicação no curso de música da Universidade Federal de São João del-Rei. Um elemento importante mencionado pelos autores dentro deste contexto é a dificuldade de aceitação destas tecnologias por parte de professores e alunos. Esta dificuldade está relacionada a conhecimentos técnicos necessários para utilização das ferramentas, como também à uma

resistência em mudar a forma como o ensino ocorre tradicionalmente. Entretanto, dado o cenário atual de difusão da tecnologia, é inegável a necessidade de discutir a sua inclusão nos processos de ensino.

Jordão, Ribeiro e Schiavoni (2023) discutem o uso do computador quanto instrumento musicalizador. Com este objetivo eles exploram o conceito de musicalização, ensino de música e métodos de ensino. Estes são assuntos bastante relevantes para o nosso trabalho que serão abordados de maneira mais profunda na seção 2.4. Os autores defendem que as habilidades musicais necessárias ao se desenvolver em um processo de musicalização podem ser através do computador. Existem diversas aplicações desenvolvidas para dar suporte ao ensino de música, assim como para a produção musical. Hoje nos temos estilos musicais cuja composição é feita inteiramente pelo computador, como é o caso de Funk e do RAP. Com isso, é comum vermos a ascensão de artistas no cenário musical que produzem músicas de sucesso sem nunca terem passado por um processo formal de ensino. "Tonalidade, afinação, pulso, ritmo, melodia, timbre e diversos outros assuntos musicais são trabalhados no processo de produzir ou até de consumir músicas dos estilos rap, trap ou funk, por exemplo, e totalmente feito por meio de computadores"(JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023).

Parkita (2021) discute em seu artigo o suporte da tecnologia no ensino de Música dentro do cenário atual. A autora se debruça sobre questões importantes como qual é o papel do professor neste contexto e quais ferramentas e habilidades ele precisa conhecer para atender às novas necessidades dos alunos. Segundo a autora, é inegável os benefícios de tecnologias multimídia para um ensino mais interativo e focado nas necessidades e ritmo individual de cada aluno. Além disso, a utilização de espaços da internet como as wikis, blogs, redes sociais e ambientes para compartilhamento de arquivos serve para estimular a participação dos alunos. Entretanto, embora alguns estudos demonstrem uma aceitação dos professores sobre a necessidade de inclusão de tecnologias no ensino, poucos se sentem seguros para aplicar esse processo. A idade e falta de tempo foram mencionados como fatores que dificultam para os professores desenvolverem as habilidades necessárias.

Através destes trabalhos podemos entender a importância e as possibilidades associadas à inclusão da tecnologia no ensino de Música. A ubiquidade da tecnologia nos diversos setores da nossa sociedade faz com que seja importante que esta seja incluída e abordada no ensino. Esta é uma das motivações base para o desenvolvimento da nossa pesquisa no processo de design de IMDs para musicalização. Agora sobre IMDs, Pessoa et al. (2020) apresentam uma análise sobre as tendências e objetivos abordados nos artigos sobre desenvolvimento de IMDs para educação na Conferência Internacional em Novas Interfaces para Expressão Musical(New Interfaces for Musical Expression, NIME). O NIME é o maior evento internacional sobre o assunto de instrumentos musicais digitais, logo uma análise feita sobre artigos do evento é bastante relevante. A seleção de trabalhos para aná-

lise foi feita de acordo com a relevância destes para a área de educação em Música. Os trabalhos são divididos em três categorias: aqueles que abordam educação como tema principal, aqueles onde educação não é o tema principal, mas discutem aplicações para este tema e aqueles não relacionados a educação, mas apresentam resultados relevantes para a área. O artigo propõe uma taxonomia de classificação dos IMDs investigados de maneira a extrair informações úteis com relação às tendências de design. Os IMDs são classificados de acordo com as seguintes características:

- **Inter-atores:** um ator e um sistema computacional, vários atores e um sistema computacional, vários atores e vários sistemas computacionais.
- **Interface de entrada:** gestos, interfaces tangíveis, sensores, teclado musical, som, controle de videogame, luva, óculos de realidade virtual, interfaces semi-hápticas, interfaces hápticas.
- **Parâmetros de controle:** tom, duração, dinâmica, timbre, articulação, vibrato, outros efeitos de áudio.
- **Tipologia:** orientado à partitura, orientado à performance e híbrido.
- **Expertise necessária:** usuários leigos, usuários especialistas.
- **Curva de aprendizado:** elementar, avançada.

Alguns pontos importantes foram identificados pelas análises. Quanto a atores e interação, a maioria dos trabalhos focam na interação entre um músico e um sistema ou vários músicos e um sistema, o que vai de acordo com a tradição europeia dos instrumentistas tocarem sozinhos ou em orquestra. Existe uma prevalência dos IMDs voltados à partitura, embora a improvisação tenha crescido quanto espaço de pesquisa. A maior parte dos trabalhos analisados apresentam IMDs com uma curva de aprendizado simples, voltada para usuários não especialistas. Esta é uma tendência que vai contra os princípios usualmente aplicados ao design de IMDs. Existe uma preocupação de que os IMDs apresentem um certo nível de complexidade e explorabilidade para que assim alcancem maior capacidade expressiva. Por um lado, no contexto do ensino temos a vantagem dos alunos conseguirem resultados imediatos que incentivam a interação. Por outro, estes IMDs são muito simples se comparados a instrumentos tradicionais e se aproximam mais de brinquedos musicais. Quanto às vantagens dos IMDs para o ensino de música, os autores comentam sobre como o design de IMDs pode ser disruptivo ao abordar novas possibilidades de interação que quebram com os moldes tradicionais de ensino que seguem a norma ocidental europeia. Ao focar em interfaces de baixo custo e/ou alta disponibilidade como smartphones e tablets, conseguimos um maior acesso e portabilidade destas ferramentas.

Alunos são estimulados a participar ativamente do processo ao alcançarem bons resultados com pouco esforço e terem acesso facilitado aos IMDs. Além disso, é possível explorar a cultura e realidade dos alunos ao trabalhar com sons gravados da paisagem sonora local.

## 2.2 Instrumentos Musicais Digitais

Nesta seção abordaremos todos os conceitos importantes que aprendemos ao longo de nossa pesquisa em instrumentos musicais digitais. IMDs são definidos a partir da relação entre a interface de controle e o mecanismo de produção sonora (MIRANDA; WANDERLEY, 2006). A interface de controle é composta por uma superfície ou sistema de captação gestual dotado de sensores que capturam a interação com o instrumentista. A produção sonora acontece digitalmente através da utilização de sintetizadores ou da manipulação e reprodução de sons pré-gravados. Desta forma, existe uma separação entre as ações realizadas sobre o corpo do instrumento e o som alcançado, o que difere os IMDs de instrumentos tradicionais. Em um instrumento acústico, como por exemplo o violão, o som é resultado direto da energia aplicada sobre a interface de controle, neste caso as cordas. Este resultado é regido pelas leis da física de forma que a relação entre gesto e som se dá de maneira complexa e não linear (HUNT; WANDERLEY; PARADIS, 2003). Em IMDs, os gestos são capturados pela interface de entrada e transformados em parâmetros de controle. Os sintetizadores possuem parâmetros de síntese que variam de acordo com suas implementações e métodos de síntese utilizados. Cabe ao designer do IMD determinar como os parâmetros de controle estarão conectados aos parâmetros de síntese. A figura 1 representa a arquitetura usual de um IMD.

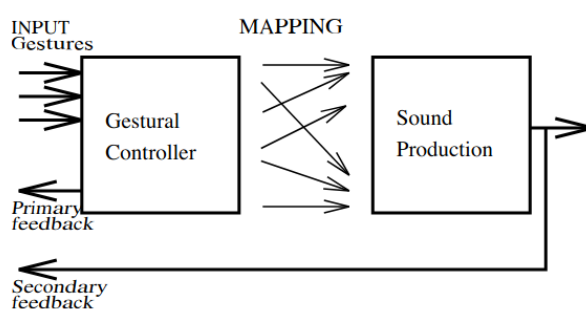


Figura 1 – Modelo de um IMD

Nesta representação se destaca uma camada intermediária entre a interface de entrada e a unidade de produção sonora. A esta damos o nome de camada de mapeamento. É muito importante que a camada de mapeamento receba a devida atenção no processo de design uma vez que esta tem grande impacto no resultado do IMD. Um mapeamento muito simples pode ser insuficiente para dar ao IMD a complexidade necessária para que ele se aproxime das capacidades expressivas encontradas em instrumentos acústicos (HUNT;



KIRK, 2000; HUNT; WANDERLEY; PARADIS, 2003; HUNT; WANDERLEY; KIRK, 2000). Discutiremos a camada de mapeamento em mais detalhes mais adiante nessa seção. Antes, desenvolvermos a camada de controle, os tipos de gestos e interfaces utilizados e a camada produção sonora, os métodos e parâmetros de síntese.

O conceito de gesto pode ser explorado e definido de diferentes maneiras em diferentes contextos. Para este trabalho, usamos a palavra gesto no sentido apresentado por Miranda e Wanderley como "qualquer ação realizada com o objetivo de gerar som"(MIRANDA; WANDERLEY, 2006). Miranda e Wanderley apresentam em seu livro diferentes classificações para estes gestos de acordo com o critério utilizado. Quanto a presença ou não de uma interface física, temos:

- **Gestos livres, semióticos ou de mão vazia:** Não envolvem o contato com um dispositivo físico.
- **Gestos manipuladores, hápticos ou instrumentais:** Envolvem o contato com um dispositivo físico.

Quek et al. (2002 apud MIRANDA; WANDERLEY, 2006) utilizam uma abordagem parecida para classificar os gestos entre manipuladores, aqueles utilizados para manipular alguma entidade de maneira dinâmica, e gestos semaforicos, um conjunto de gestos estáticos que seguem um vocabulário definido. Entretanto, entendemos que estas classificações apresentadas podem se aplicar tanto a gestos instrumentais quanto a gestos livres. Um exemplo de gesto instrumental semaforico são as posições de mão usadas no braço do violão para formar acordes, ou as posições dos dedos numa flauta. Gestos manipulativos, no sentido usado por Quek et al., podem ser livres quando a entidade que eles manipulam existe virtualmente. Podemos ainda analisar de que forma as movimentações sutis utilizadas nestes gestos transmitem significado. Assim, é possível separar os movimentos em um gesto semaforico que transmitem um significado em seu vocabulário de movimentos que transmitem parâmetros específicos. Seguindo o exemplo do violão, as posições da mão esquerda, no caso de uma pessoa destra, montam os acordes, mas também é possível usar essa mão para influenciar o som gerado.

O estudo dos gestos também é um assunto de grande relevância na área de música. Neste contexto, segundo Delalande (1988 apud MIRANDA; WANDERLEY, 2006), podemos separar os gestos em:

- **Gestos efetivos:** Possuem impacto direto no som gerado pelo instrumento.
- **Gestos de acompanhamento:** Fazem parte da performance mas não são realizados com o objetivo de produzir som.

- **Gestos figurativos:** São percebidos pelo ouvinte mas não correspondem diretamente a um movimento executado pelo performer, como mudanças na articulação ou variações na melodia.

O design de IMDs envolve a escolha dos gestos que serão utilizados para interagir com o instrumento. Este processo tem como foco os gestos efetivos. Entretanto, todas estas classificações são importantes na compreensão dos conceitos de performance e expressividade. Os vários gestos executados pelo músico são capazes de influenciar a maneira como o ouvinte percebe a expressão musical (DOBRIAN; KOPPELMAN, 2006). Desta forma, as possibilidades expressivas de um instrumento também envolvem gestos de acompanhamento e gestos figurativos.

Os gestos efetivos, sejam eles gestos livres ou gestos manipuladores, precisam de alguma forma ser capturados e enviados como sinais de controle para a unidade de produção de som. Para isto utilizamos diversos tipos de interfaces de entrada ou, neste caso, controladores gestuais. Com relação aos controladores gestuais, Miranda e Wanderley apresentam as seguintes classificações:

- **Instrumentos aumentados:** São instrumentos tradicionais que possuem a sua interface expandida através da adição de diferentes sensores. O instrumento mantém suas características básicas enquanto novos gestos são possibilitados pela modificação.
- **Controladores semelhantes a instrumentos:** Buscam reproduzir um determinado instrumento musical de maneira mais próxima possível. Tem como vantagem a possibilidade de reaproveitar habilidades já desenvolvidas por instrumentistas. A estrutura dos DMIs permite utilizar controladores semelhantes a instrumentos existentes para explorar novas possibilidades de timbre, embora tais controladores compartilhem as mesmas limitações de controle dos instrumentos em que foram baseados.
- **Controladores inspirados em instrumentos:** Tem o seu design inspirado por um instrumento musical tradicional mas não buscam reproduzi-lo de maneira perfeita. Compartilham parte do vocabulário gestual com o instrumento original, mas trazem a possibilidade de ir além das limitações deste.
- **Controladores alternativos:** Novas interfaces que não são baseadas em nenhum instrumento existente. Podem apresentar diferentes formas, como controles baseados em instrumentos do cotidiano ou no mecanismo de produção de som presente em insetos, entre outros. Alguns controladores inspirados em instrumentos podem ser considerados também como controladores alternativos.

Os controladores alternativos são aqueles que dão maior liberdade para o design de IMDs. Entretanto, como não são baseados em um instrumento, não conseguem reaproveitar nenhum vocabulário gestual desenvolvido pelo instrumentista. Uma alternativa é o reaproveitamento de alguma interface já utilizada no dia a dia. Controles de videogame são um exemplo em que os usuários já possuem um vocabulário gestual que pode ser reaproveitado no contexto musical. Segundo Mulder(MULDER, 2000), os controladores alternativos podem ser divididos nas seguintes classificações:

- **Controladores de toque:** Possuem uma interface física com a qual o instrumentista precisa interagir. Podem ser móveis ou fixos em um lugar.
- **Controladores de alcance expandido:** Requerem algum ou nenhum grau de contato físico, mas possuem um conjunto limitado de gestos reconhecíveis, de maneira que o instrumentista consegue sair da área de controle.
- **Controladores imersivos:** Os movimentos do instrumentista são captados e mapeados de maneira que qualquer movimento que ele faça possui um resultado sonoro. O instrumentista não consegue sair da área de controle.

Controladores imersivos e de alcance expandido aumentam as possibilidades de interação com a utilização de gestos livres. Esta interação pode ser projetada de maneira a atender as necessidades da performance ou às limitações motoras do performer. Há muito a se explorar sobre a interação a partir de gestos que não dependem da manipulação de um objeto físico. Entretanto, um problema encontrado neste contexto está na falta de resposta háptica. Instrumentos acústicos respondem aos gestos do instrumentista não só de maneira sonora, mas também física e tátil. Forma, peso, textura, vibração e tensão, todas estas informações contribuem para a percepção do músico sobre o instrumento(MIRANDA; WANDERLEY, 2006). Ao remover a necessidade de interação com um objeto físico, perdemos a capacidade de transmitir estas informações para o performer.

Uma vez que entendemos os gestos e de que maneira nos podemos capturá-los, a ideia é que estes sejam utilizados para gerar algum resultado sonoro. Em IMDs a produção sonora é realizada de maneira digital. Existem diferentes técnicas de síntese sonora que podem ser utilizadas com este objetivo. A citar, temos as sínteses AM, FM, PM, aditiva, subtrativa, granular, entre outras(ROADS, 1996). Neste trabalho não discutiremos os métodos de síntese a fundo, existe uma boa quantidade de sintetizadores disponíveis na internet seja em ambientes pagos ou gratuitos. Cada sintetizador possui seus próprios parâmetros de síntese que variam de acordo com sua implementação. Alguns deles são bastante complexos e vão requerer um certo nível de treinamento caso o projetista do IMD queira reproduzir algum som específico. Uma outra possibilidade de produção sonora é a reprodução de amostras de áudio pré-gravadas. Desta forma é possível de maneira simples

reproduzir o som de um instrumento, ou trabalhar com sons fora do contexto musical como elementos da paisagem sonora. Os arquivos de áudio podem ser manipulados para alcançar resultados sonoros específicos. Também é possível utilizar filtros de áudio para mudar as características do som(ROADS, 1996).

Embora os parâmetros de síntese mudem de acordo com o método escolhido, eles podem ser agrupados de acordo com as características do som. Este agrupamento facilita o design e compreensão da camada de mapeamento. Estas características são:

- **Altura:** Uma onda sonora pode ser composta da combinação de várias frequências. A altura do som diz respeito ao valor da sua frequência fundamental. Sons agudos possuem frequências altas enquanto sons graves frequências baixas. É importante ressaltar que altura neste contexto diz respeito à frequência do som e não sua intensidade.
- **Intensidade:** Diz respeito ao volume do som, a quantidade de energia que a onda carrega representada em sua amplitude. Sons mais fortes possuem uma amplitude alta e sons mais baixos amplitude baixa.
- **Timbre:** Definir o timbre é uma tarefa mais complicada, de forma que é mais fácil defini-lo a partir daquilo que ele não é. Dado dois sons que possuam a mesma altura e intensidade, o timbre é a qualidade que permite o ouvinte diferencia-los. Alguns autores defendem que para sons musicais o timbre é definido pela formato da onda que, por sua vez, depende de seu espectro de frequências. No entanto, esta definição possui as suas limitações(RISSET; WESSEL, 1999).
- **Envelope:** O envelope ADSR(Attack, Decay, Sustain, Release - Ataque, Sustentação, Decaimento, Liberação) modela o comportamento da intensidade do som ao longo do tempo. O ataque vai desde quando o som se inicia até chegar em sua intensidade máxima. A intensidade então decai até um ponto onde ela se sustenta de maneira uniforme. Após a sustentação a intensidade do som começa a ser liberada até o som desaparecer. Cada instrumento possui o seu próprio envelope característico e nem todos possuem todas as fases. Sons percussivos como o de um tambor possuem ataque e decaimento curtos sem nenhuma sustentação ou liberação. Instrumentos como o violão ou o piano possuem uma liberação mais longa, mas não permitem sustentar uma nota. Já em instrumentos de sopro a sustentação depende apenas do fôlego do instrumentista.

Quando desenhamos a maneira como os gestos estarão relacionados aos resultados sonoros em um IMD, é mais fácil organiza-los em questão das características do som do que diretamente aos parâmetros do sintetizador. Pensamos em de que maneira se dará o controle do tom(altura), dinâmica(intensidade e envelope) e timbre do instrumento

que estamos criando. Estes conceitos após bem definidos podem ser traduzidos para os parâmetros de de síntese correspondentes.

Agora que definimos a camada de controle e a camada de síntese em IMDs, podemos analisar a camada de mapeamento. O mapeamento acontece ao se estabelecer a conexão entre os parâmetros de controle e os parâmetros de síntese. Como já mencionamos, diferente do que acontece em instrumentos acústicos esta camada precisa ser definida manualmente pelo projetista do IMD. É muito comum que o mapeamento seja criado a partir de conexões simples e diretas. Isto é um problema pois este método tende a gerar instrumentos muito simples e pouco exploráveis (HUNT; KIRK, 2000; HUNT; WANDERLEY; KIRK, 2000; HUNT; WANDERLEY; PARADIS, 2003). As seguintes estratégias podem ser utilizadas na elaboração do mapeamento (MIRANDA; WANDERLEY, 2006):

- **Mapeamento um-para-um:** É o método mais simples onde cada parâmetro de síntese é manipulado por um parâmetro de controle.
- **Mapeamento um-para-muitos:** Um único parâmetro de controle é utilizado para manipular vários parâmetros de síntese.
- **Mapeamento muitos-para-um:** Um único parâmetro de síntese sofre influencia de vários parâmetros de controle.
- **Mapeamento muitos-para-muitos:** Combinação dos mapeamentos descritos acima. Cada parâmetro de controle influencia vários parâmetros de síntese ao mesmo tempo que os parâmetros de síntese sofrem influencia de diferentes parâmetros de controle.

Através da camada de mapeamento somos capazes de atribuir significados sonoros aos gestos capturados pela interface de controle. Desta forma, variações na camada de mapeamento são suficientes para mudar completamente a identidade de um IMD (HUNT; WANDERLEY; PARADIS, 2003). Devido a isto, é muito importante que esta camada receba a devida atenção durante o processo de design. Idealmente, o mapeamento de um IMD deve seguir a estratégia muitos-para-muitos para que o instrumento consiga garantir expressividade musical, uma vez que controle do som é diferente de expressividade (DOBRIAN; KOPPELMAN, 2006). Hunt e Kirk (2000) discutem dois diferentes modos de raciocínio utilizados pelos seres humanos: o analítico e o holístico. No modo analítico nós quebramos as informações em partes discretas para decodificá-las. Comumente utilizamos este modo na tentativa de entender sistemas complexos ou na resolução de problemas. Tocar instrumentos musicais, por outro lado, é uma atividade que ocorre através do pensamento holístico. O pensamento holístico possui uma definição mais abstrata, nele o indivíduo percebe o sistema como um todo, absorve vários fluxos de informações simultaneamente para tirar as suas conclusões. Instrumentistas não estão preocupados com detalhes da formação dos gestos ou parâmetros sonoros, eles conseguem transmitir suas

intenções a partir de uma relação intuitiva com o instrumento. Desta forma, instrumentistas conseguem entrar em um "modo de performance" onde podem explorar instrumento a partir da relação entre diversas combinações de gestos e seus resultados (HUNT; KIRK, 2000).

Entretanto, principalmente no caso de controladores alternativos onde não temos a referência de um instrumento tradicional, chegar neste mapeamento muitos-para-muitos não é uma tarefa fácil. Uma possível estratégia é a utilização de camadas intermediárias em que diferentes sinais de controle ou de síntese são agrupados a partir de significados pré-definidos (HUNT; WANDERLEY; PARADIS, 2003). Conceitos como "energia", "frequência de variação" e "distância" podem ser atribuídos aos sinais de controle, enquanto "brilho", "suavidade" e "tom" podem ser atribuídos ao som. Assim, a frequência e a distância de um gesto podem influenciar o "tom" e o "brilho" enquanto a energia torna o som mais "agressivo". Outra possibilidade é a reutilização de interfaces que já são utilizadas em outros contextos. O "Ha Dou Ken Music" é um instrumento tocado através de um controle de videogame que utiliza o vocabulário gestual frequentemente utilizado em jogos de luta (ROCHA; ARAÚJO; SCHIAVONI, 2019).

## 2.3 Expressividade, Performance e Idiomática

O processo de design de IMDs pode ser desnorteante. A arquitetura do IMD permite uma grande liberdade com relação à escolha de interface, gestos, interação, resultados sonoros e a relação entre estes. Existe a armadilha do pesquisador entrar em um ciclo infinito de prototipação e nunca chegar a um resultado concreto, pois sempre existe algo a mais para testar. Também existe a armadilha de tentar fazer um instrumento que faça de tudo, altamente customizável, que não possua limitações claras para orientar o design. Além de tudo isso, existe a questão do mapeamento, como chegar um mapeamento muitos-para-muitos que consiga alcançar a tão desejada expressividade. Para resolver este problema, nos dedicamos a estudar os conceitos de expressividade e performance no contexto da música para aprimorar o nosso processo de desenvolvimento. Essa pesquisa nos levou a o conceito de idiomática de um instrumento musical que pode ser usado para orientar o desenvolvimento de um IMD. Trabalharemos todos estes conceitos nesta seção.

Em uma orquestra, os músicos possuem uma partitura com a melodia a ser tocada. Eles seguem a partitura junto com as orientações do condutor para realizar sua performance. Se os músicos seguem uma melodia predefinida, ao irmos assistir uma orquestra tocar ao vivo, estamos interessados apenas na demonstração de habilidade destes com seus instrumentos? Existe diferença entre ouvir duas orquestras diferentes tocarem o mesmo repertório? Podemos entender a expressividade em dois momentos distintos. Primeiro temos a expressividade no momento da composição. Música tem a capacidade

de transmitir impressões e sentimentos. O compositor canaliza as suas intenções e significados durante a confecção de sua obra. No momento da performance, o músico coloca a sua própria interpretação adicionando sinais e nuances na execução da peça (DOBRIAN; KOPPELMAN, 2006).

Músicos possuem um mecanismo no qual conseguem demonstrar as suas intenções através de sinais utilizados ao tocar (POEPEL, 2005 apud DOBRIAN; KOPPELMAN, 2006). Estes sinais envolvem ações como mudanças de intonação, tempo, intensidade e articulação. O público se baseia nestes sinais para formar a sua percepção da performance. Desta forma, concluímos que a expressividade também depende de um vocabulário compartilhado entre o instrumentista e a plateia (DOBRIAN; KOPPELMAN, 2006). Este vocabulário inclusive pode variar de acordo com a escolha de estilo musical e repertório. Kirke e Miranda (2012) definem o termo ações performáticas para se referir aos gestos utilizados pelos instrumentistas para transmitir expressividade. Gestos neste caso incluem também a definição de gestos figurativos. Estas ações performáticas podem acontecer em diversos níveis estruturais da música e não só em parâmetros individuais do som. É por esse razão que mapeamentos um-para-um se mostram insuficientes. A expressividade requer o controle sutil de diversos parâmetros simultaneamente.

Mapeamentos muito-para-muitos estimulam o instrumentista a pensar de maneira holística. Este estímulo é bem vindo na interação com o instrumento pelas razões que apresentamos. Entretanto, criar este mapeamento não é uma tarefa fácil. Um mapeamento muito complexo pode dificultar a compreensão da relação entre os gestos e o resultado sonoro. Isto é um problema tanto para o processo de aprendizado do músico quanto para a plateia. Expressividade também depende que os ouvintes consigam conectar os gestos do instrumentista com o som que eles estão ouvindo (DOBRIAN; KOPPELMAN, 2006). Para encontrar alguma maneira de pensar o mapeamento de IMDs, principalmente no caso de controladores alternativos, chegamos no conceito de idiomática. A idiomática de instrumentos musicais está relacionada às possibilidades e limitações intrínsecas à sua forma e natureza (JORDÃO; ROCHA; SCHIAVONI, 2022). Instrumentos de sopro permitem a sustentação e variação do tom de uma nota após ser tocada. Por outro lado, eles não permitem tocar várias notas simultaneamente para formar um acorde. Um piano por outro lado permite tocar acordes, mas não permite a sustentação. Estas possibilidades e limitações moldam a maneira como um instrumentista interage com o instrumento, assim como influenciam a maneira como compositores criam as suas peças. Ao compor uma melodia para tocar com a guitarra, você dificilmente usará muitas notas distantes entre si em sequência, devido ao trabalho de deslocar constantemente a sua mão pelo braço do instrumento. Da mesma forma, uma obra composta para piano irá levar em consideração o posicionamento das duas mãos do pianista.

Uma forma de orientar o mapeamento de um IMD é pensar em sua idiomática,



considerar as suas possibilidades e, principalmente, definir limitações claras(JORDÃO; ROCHA; SCHIAVONI, 2022). Uma outra possibilidade, mesmo para controles alternativos, é pegar emprestado a idiomática de instrumentos existentes. Você pode pegar a lógica utilizada em um violão, uma mão define os tons enquanto a outra toca as notas, para mapear os gestos em um controle de videogame. Você pode até mesmo combinar diferentes idiomáticas para pensar os gestos de seu IMD. É importante ter em mente que o seu instrumento não precisa e não deve fazer de tudo. É mais simples e produtivo pensar a idiomática de um instrumento de acordo com o seu objetivo ou necessidades da performance.

Já faz um tempo que alguns estilos como o RAP, Hip Hop e o Funk baseiam a sua produção musical inteiramente no computador. Em muitos casos o computador é utilizado apenas como ferramenta de composição. Entretanto, alguns artistas também utilizam ferramentas digitais para performances ao vivo. Desta forma, já existe uma idiomática relacionada a pensar o computador quanto instrumento musical. Este é o caso da idiomática do DJ. Este é um contexto interessante pois no leva a pensar a relação entre gesto e resultado sonoro de outra forma. A performance de um DJ não envolve a reprodução de notas ou frases e sim a manipulação de melodias prontas. Este é um caso onde tocar está muito mais próximo do paradigma de um maestro em uma orquestra. Trabalhar sobre parâmetros mais abstratos a serem aplicados em uma melodia em execução trás novas possibilidades expressivas(KIRKE; MIRANDA, 2012).

No artigo "Just push play! - Expressividade e idiomática de instrumentos musicais digitais"(ROCHA; SCHIAVONI, 2022), levamos ao máximo a ideia de limitação na interface ao propor um instrumento constituído por apenas um botão. A princípio pode parecer impossível que este instrumento funcione, pois as possibilidades de controle são muito pobres. No entanto, é possível tocar todo um repertório vasto com este instrumento. Basta ter todas as músicas gravadas e executá-las ao apertar o "play". Claro, um instrumento que funcione desta maneira não é nada expressivo. Mas o segredo aqui está em balancear os níveis de controle e automação. Você pode utilizar combinações de mapeamento um-para-muitos de maneira que gestos simples consigam gerar resultados complexos. Um instrumento em que você aperta um botão e ele faz tudo não é nada interessante. Mas, se por exemplo, for possível controlar a dinâmica da música a partir da frequência em que o botão é pressionado, já conseguimos alguma possibilidade de performance. A questão é pensar que os resultados sonoros de um IMD podem acontecer em diversos níveis. Então você pode sacrificar algumas possibilidades de controle, como influenciar nota por nota, para focar a expressividade em estruturas mais complexas, como tocar frases inteiras.



## 2.4 Musicalização e Espaços de Ensino

Musicalização é um processo que busca introduzir o indivíduo a uma série de conceitos e habilidades pertinentes ao contexto musical. Segundo [Jordão, Ribeiro e Schiavoni \(2023\)](#):

A ideia de musicalizar uma pessoa baseia-se em conceder a ela uma vivência e uma experiência com parâmetros musicais e, a partir disso, desenvolver reflexões sobre estes parâmetros tornando-os mais palpáveis, entendíveis, e ligado à sua própria experiência. Desse modo, é possível desenvolver uma sensibilidade musical, ajudando o aluno a compreender e tomar para si as ideias musicais mais rudimentares ou avançadas.

Segundo os autores, estas ideias musicais são habilidades como "[...]os princípios básicos de ritmo, harmonia e melodia, alcançando também assuntos como escalas, altura, notação musical, timbre, dinâmica, agógica, dentre diversos outros tópicos musicais" ([JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023](#)).

Ao discutirmos educação musical é importante refletirmos sobre o conceito de educação em si e os processos e espaços pelos quais esta acontece. [Alves \(2012 apud JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023\)](#) destaca a importância de uma educação onde o aluno consiga refletir sobre o conteúdo a partir de sua própria vivência em detrimento de um modelo engaçado onde este conteúdo e sua interpretação são impostos pelo professor. Metodologias de ensino mais atuais como a STEAM buscam aliar teoria e prática de uma maneira interdisciplinar a partir de projetos que abordem questões do cotidiano e onde os alunos são os agentes que orientam o processo de aprendizado ([VIEIRA; LUNHANI; SCHIAVONI, 2021](#)). Em todo caso, vemos uma necessidade de que o processo de ensino esteja ancorado no contexto sociocultural do aluno e onde este consiga ter uma participação ativa.

É importante garantir que o processo de musicalização leve em consideração as diferentes experiências, interesses e realidades do aluno. Assim, ele se torna capaz de usar as habilidades desenvolvidas para interpretar os diferentes processos pelo qual passa no ambiente social em que está inserido e se orientar quanto indivíduo ([WILLE, 2005](#)). Torna-se mais fácil apropriar-se do conhecimento quando é possível criar pontes entre este conhecimento e as suas vivências pessoais. O ensino de música no Brasil ocorre muitas vezes a partir de uma tradição clássica europeia ([JORDÃO; RIBEIRO; SCHIAVONI, 2023](#)). Desta forma, os métodos formais utilizados apresentam instrumentos e estilos musicais que nem sempre se alinham com a realidade brasileira. Isto pode afastar os alunos do processo de musicalização por eles não reconhecerem estes conhecimentos como parte do seu mundo. Não adianta chegar em uma escola pública de uma região periférica, onde alunos possuem mais contato com estilos populares como o RAP e o FUNK e querer ensinar música clássica. Isto não quer dizer que os jovens nunca vão se interessar pelos estilos clássicos, apenas que é mais fácil começar por aquilo que eles tem familiaridade.

É importante ressaltar que educação é um processo que se estende para além do ambiente escolar. Libâneo (2000 apud WILLE, 2005) classifica a educação entre modalidades: intencional e não-intencional. Ele utiliza o termo educação informal para se referir à educação não-intencional, sobre a qual também utiliza o termo educação paralela. A educação informal surge da interação do indivíduo com o meio que o cerca, incluindo questões sociais, políticas, econômicas e questões individuais e coletivas. Por surgir naturalmente por meio das interações, esta educação não possui um objetivo preestabelecido, pois não ocorre de maneira consciente. A educação intencional é dividida entre a educação formal e não-formal. A educação formal é aquela bem estruturada e planejada que ocorre em ambientes convencionais de ensino, como é o caso das escolas e conservatórios. Já a educação não-formal é aquela onde há intencionalidade, mas ocorre a partir de interações pedagógicas não formalizadas. Segundo Wille (2005):

A educação informal perpassaria as modalidades de educação formal e não-formal, pois o contexto da vida social, política, econômica e social, bem como a família e a rua, também produzem efeitos educativos sem constituírem instâncias claramente institucionalizadas. (WILLE, 2005)

Logo, existe uma necessidade de se conectar educação que ocorre nas instituições de ensino com aquelas relacionadas aos espaços informais e não-formais. Sobre espaços não-formais, podemos considerar manifestações musicais e culturais populares como é o caso da Batucada das Minas (OLIVEIRA; MIRANDA, 2021) de onde surgiu as motivações deste trabalho. Na Batucada das Minas, aplica-se tanto métodos formalizados quanto não formalizados que surgem das interações e experiências das participantes. Estas manifestações populares também se encaixam dentro de cenário da cultura underground, outro espaço importante para se discutir educação não-formal. Segundo (SOUSA; SOUSA; SCHIAVONI, 2023):

Por definição, a cultura underground é um movimento que se vê em contraste ao que é bem sucedido comercialmente, aquilo que não está em conformidade com o mainstream. [...] Ao contrário do underground, o mainstream é o cenário musical onde os artistas são conhecidos da grande mídia, possuem contratos com grandes gravadoras e fazem mega concertos, ou podem também possuir seus próprios selos musicais.

Grandes vertentes do underground são movimentos de origem periférica como o Hip-Hop, o Miami Bass e o Funk (SOUSA; SOUSA; SCHIAVONI, 2023). Movimentos estes que são muito presentes no contexto cultural dos alunos da rede pública de ensino. O espaço de produção musical dos artistas independentes é muito importante pois, uma vez que não estão presos ao que é aceito e popularizado pelas grandes gravadoras, dão espaço a uma maior pluralidade cultural e para preservação e evolução de manifestações periféricas. Além disso, movimentos como o Hip Hop e o Funk adquirem uma grande relevância para o nosso trabalho, pois surgem a partir da utilização de tecnologias eletrônicas e digitais. Quando discutimos o conceito de idiomática, mencionamos como a idiomática do DJ influenciou a nossa visão sobre a camada de mapeamento de IMDs.

Este foi um elemento muito importante para a evolução do nosso processo de design. Uma das aplicações do desenvolvimento de IMDs para a musicalização está na disponibilização de ferramentas gratuitas para o desenvolvimento de habilidades musicais focadas no contexto de artistas independentes inseridos nestes movimentos. A educação musical tradicional focada nos moldes clássicos ainda falha em reconhecer a importância destes estilos musicais alternativos.

Sobre espaços formais de ensino, como já mencionamos, a obrigatoriedade do ensino de música na educação básica é garantida por lei. Entretanto, esta lei nem sempre consegue ser aplicada de maneira devida. Existe nas escolas públicas um deficit com relação à infraestrutura necessária, disponibilidade de instrumentos musicais e profissionais capacitados. A aquisição de instrumentos musicalizadores tradicionais tende a ser muito cara. Por outro lado, temos hoje uma maior disponibilidade de recursos tecnológicos como smartphones, tablets e laboratórios de informática que muitas vezes não são utilizados. O uso de IMDs como instrumentos musicalizadores surge como uma possibilidade de reaproveitar estas tecnologias. Além disso, o processo de desenvolvimento destes IMDs pode ser orientado para abordar os contextos socioculturais dos alunos e apresentar práticas disruptivas em relação a educação musical tradicional (PESSOA et al., 2020). Temos a possibilidade e explorar estilos musicais e paisagens sonoras relacionadas à vida cotidiana dos alunos.

## 2.5 Tecnologias Utilizadas

Nesta seção, descreveremos todas as tecnologias utilizadas na implementação do nosso IMD, além de algumas questões técnicas relevantes. Começaremos pela apresentação do Pure Data<sup>1</sup>. Desenvolvido por Miller Puckette, o Pure Data, também conhecido como Pd, é um ambiente de programação visual voltado para o domínio específico das artes digitais. O objetivo do Pd é permitir que artistas e pesquisadores consigam desenvolver seus trabalhos de arte digital com pouco conhecimento em programação, sem a necessidade de escrever linhas de código. Através do Pd é possível realizar a criação e tratamento de áudio digital, imagens, vídeos, gráficos 2D e 3D e montar a comunicação das aplicações com interfaces de entrada e saída, sensores e atuadores com protocolos comuns na área de música computacional como o OSC e MIDI ou até mesmo protocolos de rede como o TCP e o UDP. A programação em Pd é realizada através da criação de diagramas de blocos conectados. Estes blocos possuem diferentes tipos e funções como objetos, mensagens, números, listas, entre outros. As conexões indicam trocas de mensagens ou sinais de áudio digital. Um diagrama em Pd é chamado de patch. Os patches em Pd podem ser modularizados através da criação de subpatches permitindo assim uma melhor organização

---

<sup>1</sup> <<https://puredata.info/>>

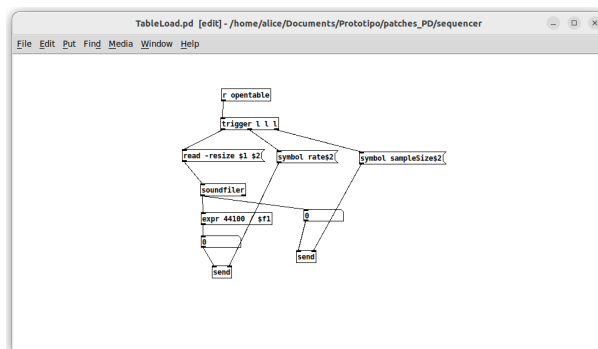


Figura 2 – Exemplo de um patch em Pd

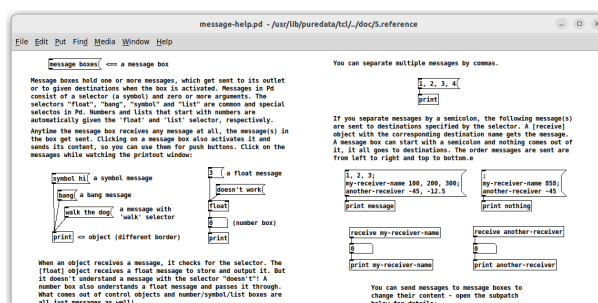


Figura 3 – Janela de ajuda sobre blocos de mensagem em Pd

e reaproveitamento de funções. A figura 2 mostra o exemplo de um patch desenvolvido em Pd.

O Pd possui uma alta curva de aprendizado inicial, uma vez que a princípio o ambiente apresenta apenas uma página em branco e a implementação depende do conhecimento prévio dos objetos disponíveis. Entretanto, uma vez que o usuário aprende os conceitos básicos, a utilização da ferramenta torna-se mais fácil. O Pd conta com um manual dotado de exemplos implementados na própria ferramenta. Basta clicar com o botão direito em um objeto e selecionar ajuda para abrir uma janela com suas especificações e exemplos de utilização. A figura 3 mostra a janela de referência para o funcionamento dos blocos de mensagem em Pd.

O Pd é uma ferramenta de código aberto e conta com uma comunidade ativa que contribui para o seu desenvolvimento. Existe muito material como cursos e tutoriais disponíveis de forma gratuita na internet. Além da distribuição principal do Pd, também chamada de “Pd Vanilla”, o ambiente conta com outras distribuições disponibilizadas pela comunidade que apresentam funcionalidades adicionais.

O MobMuPlat (Mobile Music Plataforma)<sup>2</sup> é uma aplicativo disponível para iOS e Android desenvolvida por Daniel Iglesia. Através do MobMuPlat é possível importar e reproduzir instrumentos desenvolvidos em Pd pelo celular. As interfaces destes instrumen-

<sup>2</sup> <<https://danieliglesia.com/mobmuplat/>>

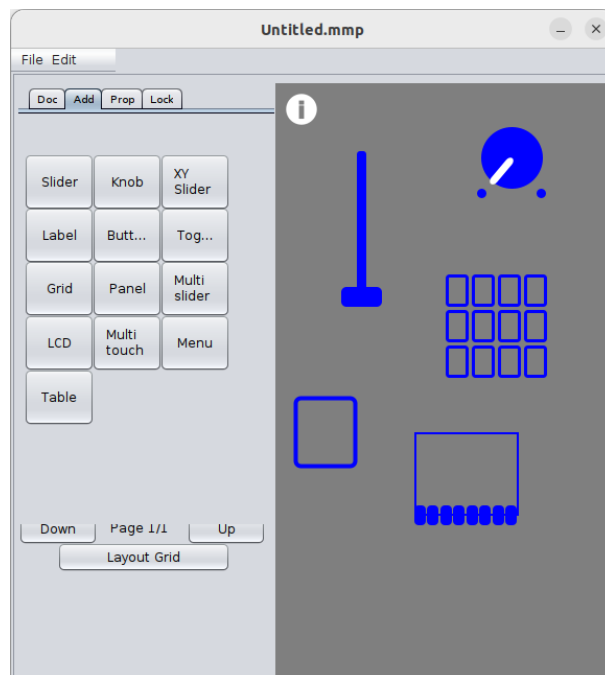


Figura 4 – Editor de interfaces do MobMuPlat

tos podem ser desenvolvidas a partir de um editor disponibilizado em versões para Java e OSX. Os patches de Pd junto com a interface devem ser empacotados em um arquivo comprimido no formato zip. Este arquivo pode ser então importado para a aplicação de celular. A figura 4 mostra uma imagem do editor utilizado na confecção das interfaces.

O editor disponibiliza uma série de objetos de controle, como botões, controles deslizantes, painéis e menus assim como elementos gráficos como imagens e caixas de texto que podem ser utilizados na composição da interface. A comunicação com os patches é implementada de maneira simples, utilizando objetos do próprio Pd. Embora o editor apresente algumas limitações, como a composição da interface depender dos objetos disponíveis e suas capacidades limitadas de customização, ele também trás vantagens como a simplicidade e agilidade no processo de desenvolvimento. Isto somado às características do Pd quanto um ambiente de programação visual de domínio específico, faz com que esta combinação de ferramentas seja bastante adequada para um processo de prototipação.

Para a produção sonora de nosso instrumento nos utilizamos a reprodução de samples. Um sample ou amostra de áudio trata-se da representação de um sinal contínuo a partir de uma série de valores discretos(ROADS, 1996). Samples também são utilizados no contexto musical para indicar trechos recortados de uma música ou gravação. Os samples possuem algumas características como a taxa de amostragem, tamanho e resolução(ROADS, 1996). Sons são reproduzidos a partir de uma onda contínua que navega pelo ar. A taxa de amostragem diz respeito à quantidade de valores que utilizados ao passar esta onda contínua para uma representação discreta. Mais especificamente a quantidade de amostras que retiramos da onda sonora em um intervalo de tempo. Uma taxa de amos-

---

tagem muito comum utilizada é 44100 Hz, ou 44100 amostras por segundo. O tamanho do sample está relacionado à quantidade de amostra que este possui. A resolução do som por sua vez é a quantidade de bits utilizados na representação de cada amostra.

## 3 Desenvolvimento

Neste capítulo discutimos o processo de desenvolvimento do nosso IMD, desde sua motivação e projeto até sua implementação e resultados encontrados. Apresentamos aqui todos os contextos e objetivos que nos levaram a cada tomada de decisão no projeto e escolha de implementação. Descreveremos a interface do nosso protótipo final, criada através da ferramenta MobMuPlat, e as formas de interação, assim como detalhes da implementação com exemplos dos patches desenvolvidos na ferramenta Pure Data. Por fim, discutimos formas de aprimorar este protótipo assim como alguns projetos futuros e horizontes de pesquisa.

### 3.1 Projeto do IMD

A motivação do trabalho surgiu da combinação de minha pesquisa em instrumentos musicais digitais no laboratório ALICE (Arts, Lab in Interfaces, Computers and Everything Else) com a discente Josiane Ribeiro do departamento de Música da UFSJ e também membra do laboratório. A Josiane é percussionista e participa de um projeto chamado Batucada das Minas. A Batucada das Minas é um conjunto exclusivamente feminino que atua na região de São João del-Rei e Tiradentes e conta com a participação de mulheres de diversas cidades, idades, cores e classes sociais (OLIVEIRA; MIRANDA, 2021). O conjunto funciona não só como um espaço de manifestação musical e cultural, como também um movimento feminista que trás discussões importantes sobre a realidade da mulher através e para além da música. A Batucada das Minas constitui um espaço muito importante de representatividade feminina em uma região de forte tradição musical, tanto no campo da música erudita como em manifestações populares no carnaval de rua, que também trás tradições relacionadas à religiosidade local. A batucada conta uma limitada disponibilidade de instrumentos musicais. Não existe a possibilidade das participantes levarem os instrumentos para casa, e nem todas tem condições de adquirir seus próprios instrumentos. Daí surge a necessidade da criação de alguma ferramenta que permita estudar os ritmos aprendidos nos ensaios em casa. Desta forma, precisávamos de uma ferramenta que fosse barata e portátil, focada no estudo de ritmos de percussão. Decidimos trabalhar o desenvolvimento de um IMD que pudesse resolver esse problema.

Começamos o design desse IMD pela escolha da interface a ser utilizada. Criar uma interface do zero com a utilização de sensores e tecnologias embarcadas como o ARDUINO era uma possibilidade. Entretanto, este processo tomaria tempo e geraria custos. Uma outra abordagem para esse caso é a reutilização de interfaces já disponíveis. A tecnologia está difundida hoje de tal maneira que, embora ainda exista desigualdade,

uma grande parcela da população tem acesso a celulares *smartphone*. Assim, decidimos que o nosso IMD seria uma aplicação para celular. Desta forma, conseguimos resolver a questão do custo e da portabilidade. Além disso, com celulares nós temos a possibilidade de trabalhar colaboração e sincronização em rede. Isto pode ser interessante para o caso de ensaios coletivos.

Quanto ao método de síntese sonora, na época coincidiu de eu estar trabalhando com a reprodução de samples para a implementação do projeto "Universos Sonoros". O "Universos Sonoros" trata-se de uma aplicação a ser utilizada durante sessões de RPG (Role-Playing Game) para fazer a sonorização das cenas. O RPG é um jogo de interpretação de papéis bastante comum na cultura pop. Este projeto seria originalmente o tema do meu trabalho de conclusão de curso e eu já possuía algumas implementações prontas. Desta forma, decidimos utilizar samples gravados dos sons dos instrumentos utilizados na batucada. Esta é uma solução que se encaixa muito bem para instrumentos percussivos. É comum que este método seja utilizado para a composição das batidas em softwares de produção musical.

A última questão então seria projetar a interface da aplicação e pensar nos gestos utilizados. É importante ressaltar nesse contexto que o objetivo do projeto nos leva a pensar a implementação do IMD de uma maneira diferente da usual. Ao ter como foco o processo de musicalização, estamos menos preocupados com as capacidades expressivas do instrumento e e mais interessados na curva de aprendizado. Queremos que o aluno consiga desenvolver suas habilidades musicais. Além disso, é interessante que o instrumento permita bons resultados a partir de pouco esforço. Desta forma, a estudante é estimulada a continuar a praticar e desenvolver suas habilidades. Outro ponto importante é que a princípio este não é um instrumento pensado para performances ao vivo. Ele deve servir de maneira a permitir que as participantes da batucada consigam estudar os ritmos aprendidos nos ensaios.

Com todos estes conceitos em mente e com a colaboração da Josiane, começamos a discutir a interação com o instrumento. Através de nossas conversas, entendemos que o fator mais importante neste caso é a compreensão dos ritmos. Logo, não seria tão interessante buscar apenas reproduzir a idiomática dos instrumentos percussivos. Aprender a tocar seria feito melhor com o instrumento original em mãos. A questão que precisávamos abordar no nosso IMD é aprender o que tocar. Isto nos levou a pensar em representações de ritmo que fosse mais naturais. A forma tradicional de representar um ritmo ou uma melodia na música é através da partitura. O problema da partitura é que esta depende de conhecimentos específicos e treinamento para que a sua leitura se torne natural. Estes conhecimentos podem ser importantes em um ambiente de ensino formal em música. Entretanto, em movimentos sociais como é o caso da Batucada das Minas, existe um maior foco na atividade de tocar do que aprender teoria musical. Assim, estes ambientes pedem



por uma abordagem mais simples e prática no aprendizado.

A abordagem que decidimos adotar para nosso IMD foi usar uma idiomática mais próxima da do DJ, como discutimos na seção 2.3. A ideia é que a estudante consiga montar e ouvir diferentes ritmos a partir de uma representação visual que seja intuitiva. A figura 5 mostra o primeiro desenho, feito pela Josiane, de como ela gostaria que a interface fosse montada.

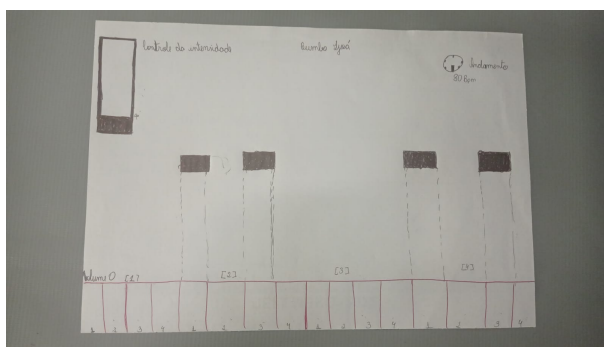


Figura 5 – Desenho de concepção da interface

Neste desenho podemos ver na parte inferior uma divisão da interface em 16 partes, agrupadas em grupos de 4. Esta representação busca simular um compasso quaternário, a estrutura de tempo utilizada pelos ritmos da batucada. Cada bloco individual nesta divisão simboliza o tempo da figura musical semicolcheia. Assim, um compasso quaternário possui quatro tempos, cada semicolcheia por sua vez representa um quarto de tempo. Grupos de quatro semicolcheias preenchem um tempo de forma que os 4 grupos montam o compasso. Na primeira e terceira posição do segundo e quarto grupo, temos blocos preenchidos posicionados acima das divisões. Estes blocos marcam uma batida e a altura dos blocos marca a intensidade. Outros elementos importantes presentes no desenho são o controle de intensidade no campo superior esquerdo, que funciona como um volume geral e o controle de andamento no campo superior direito.

Este desenho parte de duas inspirações principais. A primeira é como os softwares para produção musical, também conhecidos como DAWs (Digital Audio Workstation), implementam suas interfaces para a confecção de batidas.

A figura 6 mostra o exemplo da interface da ferramenta LMMS. No LMMS, de maneira bem semelhante a outras DAWs, escrevemos ritmos marcando a posição das batidas em um diagrama de blocos. A intensidade da batida é denotada pela intensidade da coloração destas marcações. Desta forma temos um processo de composição mais simples e voltado para a experimentação. Você desenha um ritmo em que você está pensando, escuta este ritmo tocar e vai fazendo modificações de acordo com o necessário. Uma diferença da organização proposta pela Josiane através do desenho é que a intensidade da batida é representada pela altura do bloco. O LMMS usa uma apresentação mais resumida

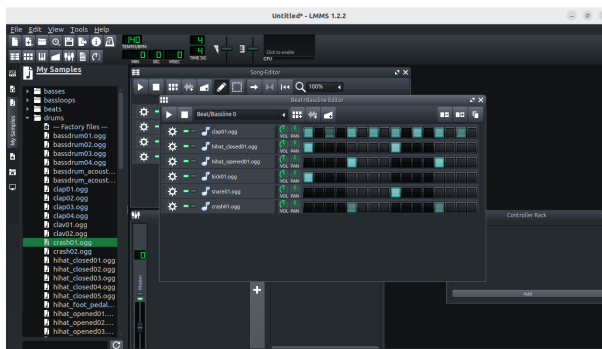


Figura 6 – Interface do LMMS

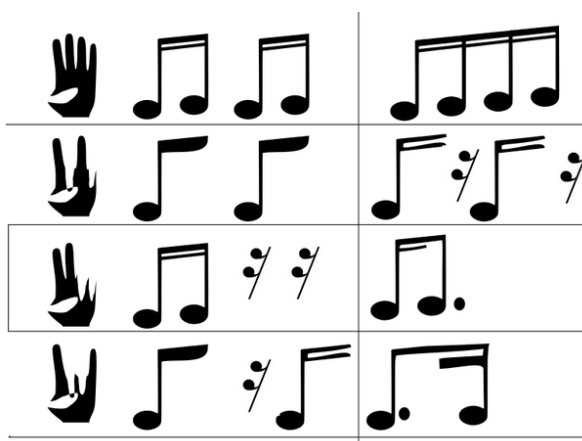


Figura 7 – Sinais de mão para regência

através da coloração, de maneira que em uma única tela é possível visualizar os ritmos de diferentes instrumentos. No nosso caso, escolhemos focar na legibilidade. Embora o desenho de um único instrumento ocupe toda uma tela, temos uma melhor representação visual para auxiliar que as instrumentistas consigam compreender os ritmos. A segunda inspiração está em códigos baseados na posição dos braços e mãos utilizados pela maestrina na regência. Estes códigos utilizam a configuração dos dedos da mão para sinalizar a organização das batidas dentro de um compasso.

A figura 7 mostra exemplos de sinais utilizados com as suas possíveis transcrições para a linguagem de partitura. Podemos notar que no caso da partitura o mesmo ritmo pode ser representado de maneiras distintas. Outro detalhe importante é que o mesmo sinal de mão pode ser interpretado de formas diferentes. Isto se dá pelo fato destes sinais que não darem informação sobre a duração das batidas. Em instrumentos de percussão, embora o som das batidas não possa ser estendido dado a natureza da interação, ele pode ser abreviado. Logo, embora estas representações simplificadas como o sistema de blocos ou os sinais de mão possam facilitar a compreensão, elas também possuem suas limitações. A interpretação dos sinais de mão vai depender do contexto e das convenções estabelecidas entre a maestrina e suas instrumentistas. Em DAWs como o LMMS é pos-

sível alterar a duração dos samples através de outra interface, caso isto seja necessário na composição. Para o nosso IMD nós poderíamos trabalhar estas possibilidades, mas julgamos que de início esta característica poderia ser aceita como uma limitação da idiomática. A implementação de uma maneira de trabalhar a duração dos samples poderia complicar a interface, o que nos afasta do objetivo de facilitar o aprendizado. A maneira que organizamos a nossa representação é suficiente para desenvolver as habilidades musicais de tempo e ritmo e já permite um bom nível de exploração.

O design de um IMD passa pelas etapas de escolha dos gestos efetivos, interface para capturar os gestos, unidade de produção sonora e esquema de mapeamento (MIRANDA; WANDERLEY, 2006). Além disso, defendemos a possibilidade da escolha de idiomática como parte do processo (JORDÃO; ROCHA; SCHIAVONI, 2022). Assim, apresentamos a seguir um breve resumo das escolhas realizadas no design do nosso IMD.

- **Interface:** Smartphones. Captura de gestos através do sensor de toque da tela.
- **Gestos:** Tocar na tela, deslizar e arrastar. Vocabulário de gestos comuns na interação com smartphones.
- **Produção Sonora:** Reprodução de samples gravados dos sons dos instrumentos.
- **Mapeamento:** Representação de ritmos através da divisão do compasso em colunas de um retângulo e blocos para representar as batidas. A altura destes blocos na coluna representam a intensidade da batida. Andamento representado pela escolha de BPM. Timbre selecionado pela escolha de instrumento.
- **Idiomática:** Inspirada na idiomática do DJ. O ato de tocar acontece pela composição e manipulação de ritmos. Combina a expressividade de composição com a de performance. Limitações relacionadas a não ser possível tocar samples individualmente e não controlar a duração dos samples.

A partir destas informações temos uma boa definição de como o IMD deve ser implementado. Com relação ao mapeamento que criamos, ele não se encaixa na classificação muitos-para-muitos. É verdade que isto de certa forma empobrece as capacidades expressivas do instrumento. O nosso IMD utiliza alguns mapeamentos um-para-muitos. Ao escolher um sample para tocar, mudamos completamente a altura, o timbre e o envelope do som. Ao clicar para ouvir um ritmo, o sample é tocado em uma sequência pré-determinada com variações no tempo e na intensidade. A intensidade também é influenciada por um controle geral de volume o que configura um mapeamento muitos-para-um. Por ter um objetivo didático relacionado à musicalização, o IMD apresenta maior simplicidade e se vale do recurso da automação para apresentar bons resultados musicais. Assim, a princípio apresentamos um maior foco na expressividade de composição, embora na implementação apresentaremos alguns recursos que permitem a expressividade de performance.

## 3.2 Implementação

A implementação do IMD se deu através da utilização das ferramentas Pure Data(Pd) e MobMuPlat descritas na seção 2.5. A escolha destas ferramentas se deu em grande parte pela familiaridade do aluno e pelo fato de alguns recursos necessários já terem sido implementados em projetos anteriores. No entanto, esta combinação de ferramentas concede algumas vantagens interessantes. O Pd, como um ambiente de programação visual e de domínio específico das artes digitais facilita o processo de prototipação. Uma vez que o usuário desenvolve uma boa compreensão dos patches do Pd, estes podem ser facilmente modularizados, reaproveitados e modificados. O Pd possui vários objetos com funções necessárias para a nossa implementação. O MobMuPlat possui um editor que, embora limitado, facilita o desenho da interface pois disponibiliza alguns controles prontos para montá-la. Através do MobMuPlat a comunicação do Pd com a interface pode ser implementada de maneira simples. Além disso, o MobMuPlat possui um aplicativo disponível gratuitamente nas lojas de aplicativo para iphone e android. A interface criada no editor pode ser empacotada junto com os patches em um arquivo zip e importada para a aplicação. Isto facilita a instalação do instrumento nos smartphones.

A implementação do instrumento se deu por um processo de tentativa e erro. Alguns protótipos foram desenvolvidos e enviados para serem testados pela Josiane. Estes protótipos eram então modificados de acordo com a sua avaliação. Desta forma, alguns erros como a disposição e tamanho dos controles foram corrigidos e algumas possibilidades foram adicionadas. Apresentaremos estas possibilidades em mais detalhes a seguir junto com a descrição da versão atual do protótipo.

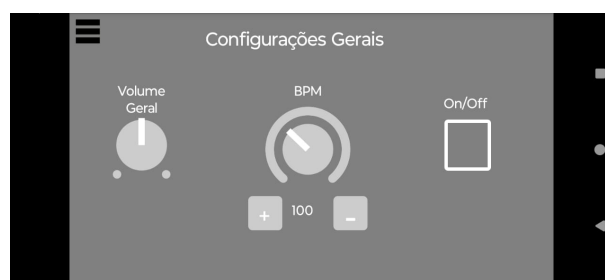


Figura 8 – Tela de configuração

Na figura 8 temos a tela de configuração. Nela, podemos alterar o volume geral, selecionar um valor de BPM para o andamento e ativar o metrônomo. Uma vez ativado, o metrônomo começará a enviar uma série de "ticks" ritmados utilizados para controlar a execução dos ritmos dos instrumentos ativos. O metrônomo em si não faz barulho algum. Tanto o volume quanto o BPM podem ser selecionados rotacionando os botões, o que irá mover o ponteiro branco. No caso do BPM, resolvemos adicionar botões de "mais" e "menos" que modificam o valor em uma unidade. Assim, torna-se mais fácil a seleção de valores específicos, uma vez que o controle através da rotação pode ser impreciso. Uma



Figura 9 – Tela de execução dos ritmos

questão que aprendemos com relação ao BPM é que o valor deve ser calculado com relação ao tempo da figura musical semínima. Na representação dos ritmos, que pode ser vista na figura?? que discutiremos a seguir, um compasso está dividido em 16 partes em relação ao tempo de uma semicolcheia. Lembrando que quatro semicolcheias formam o tempo de uma semínima, quatro semínimas completam um compasso quaternário. Inicialmente o tempo entre batidas era calculado a partir do BPM levando em consideração as semicolcheias. Ou seja, 60 BPM significava a execução de 60 semicolcheias por minuto. Entretanto, a maneira como músicos interpretam o BPM para um compasso quaternário leva em consideração as semínimas, uma vez que estas representam 1 tempo no compasso de quatro tempos. Logo, 60 BPM devem equivaler a execução de 60 semínimas por minuto, o que equivale a 240 semicolcheias. Desta forma, o BPM estava resultando em um ritmo quatro vezes mais lento do que o esperado e isto precisou ser corrigido.

A figura9 mostra a tela dos instrumentos. O elemento principal desta tela são os quatro quadrados na parte inferior que servem para escrever o ritmo. Cada quadrado representa o um tempo dentro do compasso. Os quadrados por sua vez são divididos em quatro tempos. Os blocos brancos dentro dos quadrados representam as batidas. É possível clicar em uma posição ou arrastar o dedo para posicionar os blocos. Quando o metrônomo está ativo, o fluxo da execução pode ser visualizado através de uma coloração azul que indica qual quadrado está sendo tocado. Originalmente o ritmo era representado por apenas um quadrado com dezesseis blocos. O IMD possuía uma só tela que era visualizada verticalmente. Entretanto, neste modelo o controle dos blocos era dificultado pelo seu tamanho, com um toque muitas vezes afetando mais de um bloco. Por esta razão, optamos por utilizar a tela horizontal e dividimos o quadrado em quatro para melhorar a clareza. O retângulo branco no centro da tela exibe uma imagem do instrumento selecionado. Ao clicar nele é possível ouvir o sample deste instrumento. Do lado esquerdo temos o controle de volume do instrumento, junto a um botão para ativar a execução deste. No canto superior direito temos um menu para selecionar um instrumento para ser tocado. Ao selecionar um instrumento, a interface é atualizada para mostrar as configurações atuais deste, de maneira que é possível tocar mais de um instrumento simultaneamente. No lado direito temos quatro botões utilizados para carregar ritmos predefinidos. Estes ritmos

podem ser escritos e salvos em um arquivo de texto. Assim, o IMD pode trazer exemplos de ritmos comuns no repertório do instrumento ou os ritmos que estão sendo estudados na batucada. Em versões anteriores do protótipo também era possível salvar os ritmos escritos na interface. Porém, isto poderia gerar um problema com os ritmos originais do IMD sendo sobrescritos e perdidos. Também existe a questão da limitação de espaço de tela. Por fim, julgamos que esta opção era desnecessária para o propósito do IMD, mas é uma possibilidade a ser explorada em outros projetos.

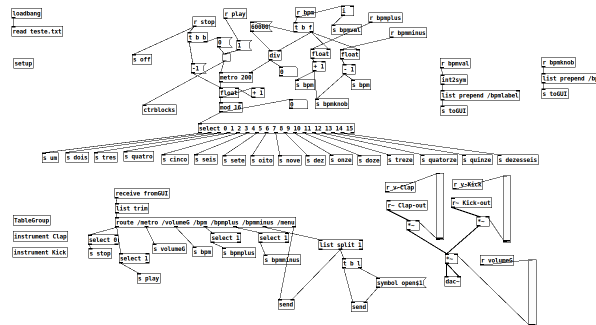


Figura 10 – Patch principal do IMD

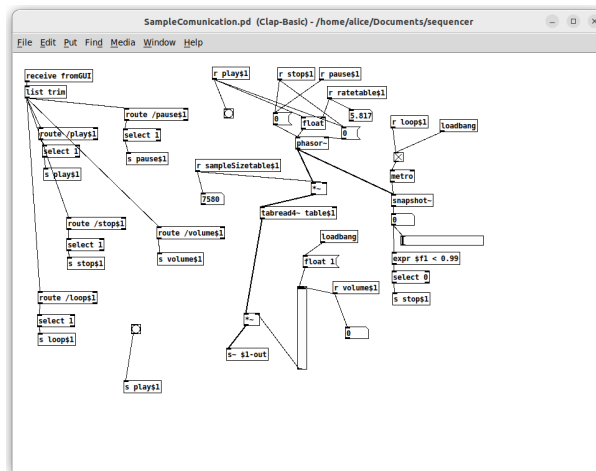


Figura 11 – Patch SampleCommunication

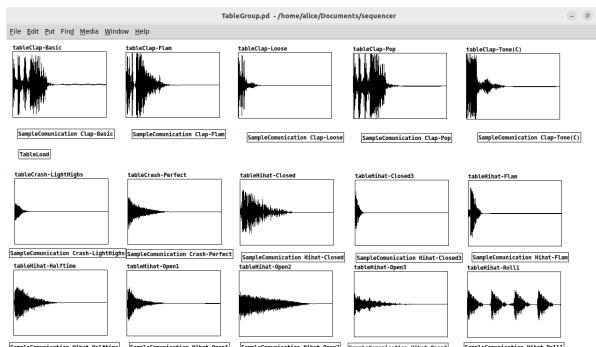


Figura 12 – Patch TableGroup



trocar os instrumentos disponíveis no IMD com facilidade. Este processo pode inclusive ser feito pela própria usuária. O protótipo é empacotado em um arquivo .zip para ser importado no MobMuPlat. Para mudar os samples, basta extrair este arquivo, copiar os samples para a pasta "Samples", alterar o arquivo "open.txt" de acordo com o modelo e compactá-lo novamente. Não é necessário nenhuma alteração dentro dos patches.

A figura 13 mostra o patch "Instrument" que trabalha a comunicação com a interface utilizada para escrever e tocar os ritmos dos instrumentos. Cada um dos quadrados mencionados na interface<sup>9</sup> envia para aplicação um vetor de quatro posições. Estes vetores são então concatenados em um único vetor de dezesseis posições. Logo, para a aplicação o ritmo é representado por um vetor de dezesseis posições contendo valores entre zero e um. Quando este o instrumento está ativo, este patch recebe as mensagens com a posição do contador do metrônomo e executa o sample do instrumento com a intensidade determinada pelo valor do vetor nesta posição. Este patch também cuida da leitura do arquivo de texto que contem os ritmos de exemplo para carregá-los na interface quando um preset é selecionado.

### 3.3 Resultados

O protótipo final do nosso IMD foi testado em uma oficina realizada em nosso laboratório de pesquisa. Nesta prática, a maestrina Josiane começou apresentando os conceitos de ritmo e algumas noções básicas sobre teoria musical. Estas noções básicas serviram para situar os alunos dentro do contexto da discussão e apresentar alguns conceitos importantes como a quantidade e divisão de tempos dentro do compasso. Depois disso, seguimos para a utilização da ferramenta onde os participantes precisaram escrever alguns exemplos de ritmo utilizando a interface. Os ritmos utilizados foram as batidas usuais do repertório ensaiado dentro da batucada. Após escrever estes ritmos, seguimos para uma prática onde os participantes precisavam sincronizar as suas batidas com as batidas de outros participantes. O objetivo desta prática era trabalhar a noção de tempo musical. Para realizar esta tarefa era necessário escutar a batida para conseguir compreender o tempo e então acionar o seu instrumento no momento correto. A aplicação desta oficina foi um sucesso e obteve vários comentários positivos na roda de conversa realizada após a sua conclusão. Foi notável a empolgação dos participantes com o uso da ferramenta, que a descreveram como interessante e divertida. Isto é um detalhe importante dado que este IMD tem como objetivo incentivar as pessoas a explorarem suas habilidades musicais. Das conversas que aconteceram surgiram algumas boas sugestões com relação à continuação da pesquisa. Uma delas foi a expansão deste IMD para ser utilizado na confecção de batidas da serem utilizadas no contexto cultural das batalhas de RAP. Isto pode dar a oportunidade que DJs iniciantes consigam treinar as suas habilidades e de que mais pessoas se interessem pelo assunto, já que o IMD tem como foco uma implementação mais simplificada do que





Figura 14 – Oficina realizada no laboratório de pesquisa

os recursos encontrados em DAWs, por exemplo. Isto pode facilitar entrada de novas músicas no estilo. Uma vez que estes consigam se divertir experimentando com o IMD e se tornem mais confiantes, eles podem buscar aprofundar os seus conhecimentos.

O protótipo também foi utilizado dentro dos encontros da batucada, onde a Josiane relatou que ouviu uma boa receptividade. No entanto, o IMD ainda não foi adotado de maneira integral nas práticas do coletivo. Algumas questões ainda precisam ser resolvidas. Até o presente momento, não foi possível realizar a gravação dos sons dos instrumentos utilizados. O IMD ainda utiliza conjuntos genéricos de samples disponibilizados gratuitamente. Estes samples contam com instrumentos comumente utilizados na confecção de batidas em composições de música eletrônica. Também estamos trabalhando na transcrição de exemplos de ritmos frequentemente utilizados em diferentes repertórios para o nosso esquema de representação. Estes ritmos e instrumentos mais característicos do repertório da batucada precisam ser adicionados ao IMD. Outra questão é que alguns instrumentos da precursão, como é o caso da cuíca, conseguem reproduzir dois ou mais sons distintos. Desta forma, a sua representação em nosso IMD depende da reprodução de mais de um sample. Para estes casos, precisamos adaptar melhor nosso esquema de representação. Uma possibilidade é, ao invés de trabalhar com valores entre 0 e 1, utilizar o intervalo -1 a 1. Assim, valores positivos e negativos sinalizam a execução de samples diferentes.



Figura 15 – Oficina realizada no laboratório de pesquisa

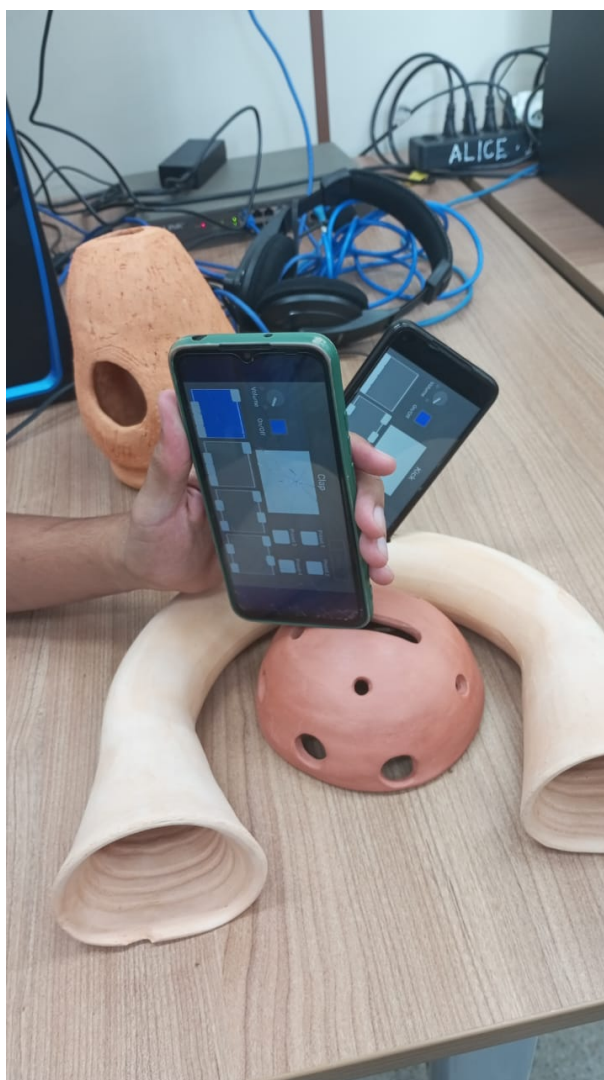


Figura 16 – Oficina realizada no laboratório de pesquisa

## 4 Conclusão

A arquitetura de IMDs, para o bem ou para o mal, concede uma grande liberdade quanto as possibilidades de design. Por um lado, é muito fácil ficar perdido diante de um vasto universo de escolhas, com cada uma delas se ramificando em diversas outras questões. Além disso temos o fato da pesquisa em IMDs ser uma área multidisciplinar que envolve conhecimentos sobre engenharia, computação, teoria musical, processamento de sinais, interação humano-computador, performance artística, entre outros. Por outro, temos a possibilidade de adaptar o processo de desenvolvimento do IMD para atender a necessidades específicas de pesquisa. Neste trabalho, buscamos explorar este processo para o contexto da aplicação dos IMDs dentro da educação musical como instrumentos musicalizadores. Para isto, exploramos diversos conceitos pertinentes para este objetivo, desde a estrutura dos IMDs constituída pelas camadas de controle, produção sonora e mapeamento, até discussões sobre expressividade e idiomática, musicalização e educação no geral com as definições de espaços informais, formais e não-formais de ensino. Defendemos o argumento de que o uso de IMDs no contexto da educação musical apresenta vantagens como resolver o problema da falta de instrumentos musicais tradicionais nas escolas e novas possibilidades de interação na busca por um ensino mais participativo e inclusivo, que tenha como foco o aluno como força motriz que gera o processo de aprendizado, voltado para suas vivências na realidade social, econômica e cultural na qual estão inseridos. Em nossa experiência, a melhor maneira de abordar este amplo universo do desenvolvimento de IMDs é através da definição de limitações claras, pois são estas limitações que impulsionam a criatividade. Buscamos trabalhar estas limitações a partir dos nossos objetivos de pesquisa e as ideias que surgem a partir delas. Embora tenhamos conseguido alcançar alguns resultados promissores, ainda temos uma longa caminhada pela frente. Há muito trabalho a ser feito tanto no aprimoramento de nosso protótipo que é voltado para o estudo de instrumentos percussivos no contexto da batucada quanto no desenvolvimento de novos IMDs que explorem outras classes de instrumentos e estilos musicais. Temos como projetos futuros a criação de uma batucada de celulares, onde precisaremos resolver outras questões como um design mais focado na performance e interações coletivas com desafios técnicos como a sincronização dos instrumentos em rede. Também desejamos evoluir o nosso protótipo para que ele possa ser utilizado por DJs inseridos no movimento do Hip Hop em manifestações culturais como as batalhas de RAP, assim como no universo dos estilos de música eletrônica. Temos um grande apreço por estes espaços informais e não-formais que muitas vezes são ignorados pelos ambientes de educação musical mais tradicionais.

A música, assim como a tecnologia, sempre foi uma parte muito importante da mi-

---

nha vida. Através dela eu passei por diversas experiências marcantes no meu processo de desenvolvimento quanto indivíduo e desenvolvi laços que carrego hoje com muito carinho e carregarei até o fim de minha caminhada. Concluir minha jornada na graduação, que foi extremamente difícil devido à uma série de questões, com um trabalho que busca estimular produção musical, principalmente no contexto de movimentos populares e produções independentes, é uma imensa honra. Que a música sirva para nos consolar nos momentos de tristeza, nos motivar diante das dificuldades e comemorar nossos momentos de alegria. Que quando não haja mais nada que possa ser dito, eu possa cantar, e que o canto seja minha maior forma de expressão e libertação.

## Referências

- ALVES, R. *Estórias de quem gosta de ensinar: o fim dos vestibulares*. [S.l.]: Papirus Editora, 2012.
- ANDRADE, R. A. S. de et al. A inserção do músico no universo das práticas musicais com mediações tecnológicas baseadas em software livre. In: *ANAIS DO VI CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO*. [s.n.], 2021. p. 424–429. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl/article/view/17589>>.
- DELALANDE, F. La gestique de gould: éléments pour une sémiologie du geste musical. *Glenn Gould Pluriel*, Louise Courteau Québec, p. 85–111, 1988.
- DOBRIAN, C.; KOPPELMAN, D. The ‘e’ in nime: musical expression with new computer interfaces. In: *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. [S.l.: s.n.], 2006.
- GONÇALVES, L.; SCHIAVONI, F. Uma metodologia e estudo de caso para a escolha e adoção de software livre no ensino superior de música. In: *Anais do V Congresso sobre Tecnologias na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2020. p. 228–237. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl/article/view/11400>>.
- HUNT, A.; KIRK, R. Mapping strategies for musical performance. *Trends in gestural control of music*, v. 21, n. 2000, p. 231–258, 2000.
- HUNT, A.; WANDERLEY, M. M.; KIRK, R. Towards a model for instrumental mapping in expert musical interaction. In: BERLIN. *ICMC*. [S.l.], 2000.
- HUNT, A.; WANDERLEY, M. M.; PARADIS, M. The importance of parameter mapping in electronic instrument design. *Journal of New Music Research*, Taylor & Francis, v. 32, n. 4, p. 429–440, 2003.
- JORDÃO, M.; RIBEIRO, J.; SCHIAVONI, F. L. O computador como instrumento musicalizador. In: *Anais do VIII Congresso sobre Tecnologias na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 340–349. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl/article/view/25813>>.
- JORDÃO, M. D. B. R.; ROCHA, G. L.; SCHIAVONI, F. L. A idiomática do instrumento como fator para a criação de instrumentos musicais digitais e performances musicais digitais. In: *Anais do 7º Congresso Internacional de Arte, Ciência e Tecnologia e Seminário de Artes Digitais 2022*. Belo Horizonte - MG: EDUEMG - EDITORA DA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2022. p. 593–608. ISSN 2674-7847. Disponível em: <<https://zenodo.org/record/7490047>>.
- KIRKE, A.; MIRANDA, E. R. *Guide to computing for expressive music performance*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.
- LIBÂNEO, J. C. *Pedagogia e pedagogos, para quê?* São Paulo: Cortez, 2000. v. 3.
- MIRANDA, E. R.; WANDERLEY, M. M. *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*. [S.l.]: AR Editions, Inc., 2006. v. 21.

- MULDER, A. Towards a choice of gestural constraints for instrumental performers. *Trends in gestural control of music*, Paris, France: Institut de Recherche et Coordination Acoustique Musique . . . , v. 315, p. 335, 2000.
- OLIVEIRA, I. F.; MIRANDA, Z. C. de. Batucada das minas: a sororidade do batuque. In: *Caderno de Resumos: Sonoridades fronteiriças - II Conferência Internacional de Pesquisa em Sonoridades*. [s.n.], 2021. p. 146–147. Disponível em: <[https://b662aea7-ab7a-44cd-995a-ef2ec071a762.filesusr.com/ugd/3ca975\\_910aad22ccdc4f908a4b6f140ea036c3.pdf](https://b662aea7-ab7a-44cd-995a-ef2ec071a762.filesusr.com/ugd/3ca975_910aad22ccdc4f908a4b6f140ea036c3.pdf)>.
- PARKITA, E. Digital tools of universal music education. *Central European Journal of Educational Research*, v. 3, n. 1, p. 60–66, 2021.
- PESSOA, M. et al. Examining temporal trends and design goals of digital music instruments for education in nime: A proposed taxonomy. In: *Proceedings of the international conference on New Interfaces for Musical Expression*. [S.l.: s.n.], 2020.
- POEPEL, C. On interface expressivity: A player based study. In: *NIME*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 5, p. 228–231.
- QUEK, F. et al. Multimodal human discourse: gesture and speech. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, ACM New York, NY, USA, v. 9, n. 3, p. 171–193, 2002.
- RISSET, J.-C.; WESSEL, D. L. Exploration of timbre by analysis and synthesis. In: *The psychology of music*. [S.l.]: Elsevier, 1999. p. 113–169.
- ROADS, C. *The computer music tutorial*. [S.l.]: MIT press, 1996.
- ROCHA, G. L.; ARAÚJO, J. T.; SCHIAVONI, F. L. Ha dou ken music: Different mappings to play music with joysticks. In: QUEIROZ, M.; SEDÓ, A. X. (Ed.). *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Porto Alegre, Brazil: UFRGS, 2019. p. 77–78. ISSN 2220-4806. Disponível em: <[http://www.nime.org/proceedings/2019/nime2019\\_015.pdf](http://www.nime.org/proceedings/2019/nime2019_015.pdf)>.
- ROCHA, G. L.; SCHIAVONI, F. L. Just push play! - expressividade e idiomática de instrumentos musicais digitais. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação*, v. 20, n. 4, dez. 2022. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/reic/article/view/2760>>.
- SOUSA, J. C.; SOUSA, E. S.; SCHIAVONI, F. L. Cultura underground e software livre. In: *Anais do 8º Congresso Internacional de Arte, Ciência e Tecnologia e Seminário de Artes Digitais 2023*. Labfront/UEMG, 2023. p. 1–8. ISSN 2674-7847. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.10413450>>.
- VIEIRA, R.; LUNHANI, G.; SCHIAVONI, F. L. Vantagens e desafios do emprego da metodologia steam no ensino de música na educação básica brasileira. In: *Proceedings of the 11 th Workshop on Ubiquitous Music (UbiMus 2021)*. [s.n.], 2021. p. 172–182. ISBN 978-65-00-30880-8. Disponível em: <<https://zenodo.org/record/5552419>>.
- WILLE, R. B. Educação musical formal, não formal ou informal: um estudo sobre processos de ensino e aprendizagem musical de adolescentes. *Revista da ABEM*, v. 13, n. 13, 2005.