



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE LETRAS E ARTES
INSTITUTO VILLA-LOBOS

LUCAS LIMA DE SOUZA

INTRODUÇÃO À LUTERIA ELETRÔNICA PARA MÚSICOS EM FORMAÇÃO

RIO DE JANEIRO
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE LETRAS E ARTES
INSTITUTO VILLA-LOBOS

LUCAS LIMA DE SOUZA

INTRODUÇÃO À LUTERIA ELETRÔNICA PARA MÚSICOS EM FORMAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Instituto Villa-Lobos, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciado em Música.

Orientador: Prof. Mônica Almeida Duarte
Coorientador: Prof. Paulo Roberto de Sousa Dantas

Rio de Janeiro
2025

Catálogo informatizado pelo(a) autor(a)

S719 Souza, Lucas Lima de
Introdução à luteria eletrônica para músicos em formação /
Lucas Lima de Souza. -- Rio de Janeiro : UNIRIO, 2025.
47

Orientadora: Mônica de Almeida Duarte.
Coorientador: Paulo Roberto de Sousa Dantas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Graduação
em Música - Licenciatura, 2025.

1. Luteria eletrônica. 2. Música experimental. 3.
Pedagogia da música. I. Duarte, Mônica de Almeida , orient.
II. Dantas, Paulo Roberto de Sousa , coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - UNIRIO
Centro de Letras e Artes - CLA Instituto Villa-Lobos - IVL
Curso de Licenciatura em Música

INTRODUÇÃO A LUTERIA ELETRÔNICA PARA MÚSICOS EM FORMAÇÃO

por

LUCAS LIMA DE SOUZA

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MONICA DE ALMEIDA DUARTE**
Data: 11/03/2025 17:10:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Mônica de Almeida Duarte

Documento assinado digitalmente
 **PAULO ROBERTO DE SOUSA DANTAS**
Data: 17/03/2025 11:40:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Paulo Roberto de Sousa Dantas

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANA MIANA DE FARIA**
Data: 11/03/2025 19:54:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Adriana Miana de Faria

Nota : DEZ

FEVEREIRO DE 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe Maria. Entre todas as sortes que a vida poderia oferecer, tive o privilégio de tê-la como maior inspiração de força e persistência. Sem você, nada disso seria possível.

À Ednalva, cuja ausência é sentida todos os dias. À você, dedico mais um momento especial, assim como todos os que ainda virão.

AGRADECIMENTOS

À professora Adriana Miana, por me incentivar desde o início no meu desejo de trabalhar música e eletrônica e por me introduzir à Fábrica de Sons Eletrônicos, onde me encontrei na graduação e de onde fiz amizades muito especiais.

À minha orientadora, professora Mônica Duarte, por seu apoio desde a disciplina de Monografia e pela disponibilidade e apoio em todos os momentos. Sua paciência e dedicação foram fundamentais para que eu pudesse continuar o trabalho nos momentos mais difíceis.

Ao meu coorientador, professor Paulo Dantas, sou profundamente grato pela atenção e dedicação em me ajudar no desenvolvimento deste trabalho. Sem sua parceria, este trabalho não seria possível.

A todos os colegas com os quais convivi nesses cinco anos de UNIRIO, deixo meu sincero agradecimento pela amizade, pelas trocas e pelo companheirismo que tornaram essa jornada mais leve e significativa.

À Helena e Luciane, por ajudarem com as revisões e pelo apoio em diversos momentos no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Angelo, pela ajuda no aprimoramento dos circuitos e pelo suporte com os esquemáticos dos circuitos eletrônicos

Ao professor Clayton Vetromilla, pela atenção e empenho em me ajudar no desenvolvimento das minhas habilidades como instrumentista durante a graduação.

Ao Professor Bryan Holmes, pela orientação nas etapas iniciais desse trabalho e sua colaboração em seu desenvolvimento.

LIMA DE SOUZA, Lucas. Introdução à Luteria Eletrônica para Músicos em Formação. 48 fl. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Música). Instituto Villa-Lobos, UNIRIO, 2025.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo introduzir conceitos fundamentais da luteria eletrônica para músicos em formação, explorando a interseção entre a construção de instrumentos eletrônicos e a experimentação sonora. A pesquisa parte do reconhecimento da eletrônica como um elemento transformador na música desde o século XX, com o surgimento de instrumentos pioneiros como o Theremin e o Ondes Martenot, até sua consolidação em sintetizadores, samplers e interfaces digitais contemporâneas. A metodologia inclui duas etapas progressivas: (1) experimentação inicial com circuit bending utilizando um Brick Game e (2) construção de um oscilador simples baseado no modo avalanche reversa de um transistor BJT. O estudo discute o impacto dessas práticas na formação do músico, destacando a importância do DIY (faça você mesmo) e do conhecimento eletrônico para o desenvolvimento de novas abordagens na criação sonora. Além disso, são analisadas as implicações pedagógicas do ensino de eletrônica aplicada à música, enfatizando a acessibilidade e a democratização da criação sonora como recurso artístico e pedagógico.

Palavras-chave: Luteria eletrônica, Sintetizadores, DIY, Música experimental, Pedagogia da música.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparação de tamanho entre uma válvula e um transistor comumente usados.....	15
Figura 2 - Moog Modular 55 system(1975).....	16
Figura 2 – Brick Game.....	33
Figura 3 - Brickgame aberto.....	34
Figura 4 - Verso da PCB.....	34
Figura 5 - Frente da PCB.....	35
Figura 6 - Conector dos botões.....	35
Figura 7 - Circuito com as chaves.....	36
Figura 8 - Brick game com as chaves de bending.....	37
Figura 9 - Componentes: Oscilador Avalanche.....	38
Figura 10 - Estrutura de uma Protoboard.....	40
Figura 11 - Esquemático do oscilador.....	40
Figura 12 - Simulação de montagem via software(Tinkercad).....	42
Figura 13 - Montagem na protoboard.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2. AVANÇOS TECNOLÓGICOS DO SÉCULO XX.....	15
2.1 O Transistor e a Revolução Eletrônica.....	15
2.2 Do Analógico ao Digital: Transformações na Música.....	16
3. MOVIMENTOS COMPOSICIONAIS DA MÚSICA ELETRÔNICA.....	18
3.1 Musique Concrète.....	18
3.2 Elektronische Musik.....	19
3.4. Contexto Brasileiro: Tradição versus Modernidade.....	22
3.5 Educação musical brasileira e sua relação com a tecnologia.....	23
4. LUTERIA ELETRÔNICA.....	25
4.1. É seguro manipular circuitos eletrônicos?.....	25
4.2 Comunidade Maker/ DIY(Do It Yourself).....	26
4.3 Circuit Bending.....	27
4.3.1 Fundamentos do Circuit Bending.....	28
4.4. Hardware Hacking.....	29
4.4.1 Fundamentos do Hardware Hacking.....	30
5 ABORDAGEM PEDAGÓGICA COM BASE EM KOELLREUTTER.....	31
5.1 Segunda geração de educadores no Brasil e os Métodos ativos de ensino.....	31
5.2 Koellreutter e sua Pedagogia.....	32
6 INTRODUÇÃO À PRÁTICA DA ELETRÔNICA.....	33
6.1. Prática de Bending com o Brick Game.....	33
6.1.1. Procedimentos iniciais.....	34
6.1.2. Prática de bending.....	35
6.2. Prática de montagem - Oscilador Avalanche.....	37
6.2.2 Desafios na Montagem para Iniciantes.....	40
6.2.3 Montagem.....	41
7 ANÁLISE DE UMA PRÁTICA DE ENSINO DE ELETRÔNICA.....	44
7.1. Trajetória e Formação do Entrevistado.....	44
7.2. Perfil dos Estudantes.....	45
7.3. Desafios Enfrentados.....	46

7.4. Integração ao Currículo.....	46
7.5. Considerações finais da entrevista.....	47
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O alto custo de instrumentos eletrônicos, como sintetizadores, sequenciadores e *drum machines*, limita seu acesso em contextos de ensino musical. Para contornar essa situação, instrumentos virtuais são frequentemente utilizados, mas exigem laboratórios de informática equipados, o que nem sempre está disponível, especialmente em instituições públicas no Brasil. Neste contexto, práticas como o *DIY (Do It Yourself)*, *Circuit Bending*¹ e *Hardware Hacking*² surgem como alternativas viáveis para democratizar o acesso à luteria eletrônica e ampliar as possibilidades sonoras para músicos em formação.

Este trabalho tem como objetivo principal propor um método inicial de ensino de eletrônica voltado para músicos, com ênfase na experimentação e na construção de instrumentos alternativos. A abordagem busca integrar conceitos de eletrônica musical ao ensino da música, enfatizando a prática sobre a teoria. Para isso, será desenvolvida uma metodologia dividida em três etapas principais:

1. *Circuit Bending* com o *Brick Game*: Explora a modificação de um brinquedo eletrônico popular no Brasil, permitindo aos participantes experimentarem alterações sonoras por meio da manipulação direta de seus circuitos.
2. Construção de um oscilador simples: Introduce conceitos fundamentais da eletrônica musical através da montagem de um circuito baseado no modo avalanche reversa de um transistor BJT, sem a necessidade de soldagem.
3. Atividades de composição e experimentação: A partir das duas práticas anteriores, serão propostas atividades de composição e experimentação com os instrumentos modificados e construídos, incentivando a criação musical e a exploração sonora de forma autônoma e coletiva.

O desenvolvimento desse projeto parte de minha trajetória desde o Ensino Médio, quando cursei concomitantemente Eletrônica no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), onde adquiri uma base sólida em práticas de

¹ O termo pode ser traduzido como "dobra de circuito" ou "modificação de circuito", mas geralmente é mantido no original devido ao seu uso específico na música experimental e na eletrônica DIY

² O termo pode ser traduzido como "hacking de hardware" ou "modificação de hardware", sendo amplamente utilizado no contexto da engenharia reversa, customização de dispositivos e exploração criativa de eletrônicos.

manutenção e serviços técnicos que me permitiram trabalhar como técnico em eletrônica durante alguns anos até ingressar no curso de Licenciatura em Música.

Durante a graduação, integrei a Fábrica de Sons Eletrônicos, um projeto de extensão da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), onde ampliei minhas perspectivas sobre música e eletrônica. Essa experiência envolveu práticas voltadas à música experimental eletroacústica e à manipulação de circuitos eletrônicos. Entre as atividades realizadas, destaco minha participação no projeto "Da janela, escutamos"³, desenvolvido de forma remota durante a pandemia de COVID-19, em 2021.

Curiosamente, ao ingressar no curso superior em 2019, achei que havia deixado para trás a eletrônica, até então bem presente em minha vida nos últimos 5 anos. No entanto, foi justamente ao longo da graduação em música que a eletrônica voltou a me encontrar, agora sob uma perspectiva diferente: não mais como um fim em si mesma, mas como uma ferramenta com potencial inventivo para explorar novas sonoridades, desenvolver projetos e imaginar novas pontes entre música e tecnologia. Essa contradição, que inicialmente me pareceu irônica, revelou-se um dos aspectos mais enriquecedores da minha formação.

A metodologia utilizada tem como base a abordagem pedagógica de Hans-Joachim Koellreutter, que enfatiza a autonomia, a experimentação e o aprendizado pela prática. Para embasar o desenvolvimento do trabalho, foi elaborada uma entrevista semiestruturada com o professor e pesquisador Magno Caliman Sposito⁴, que possui uma trajetória significativa na área, tendo atuado tanto em cursos livres no Brasil quanto no ensino superior em Portugal.

A estrutura do trabalho parte do desenvolvimento da eletrônica no século XX, seus impactos na pesquisa e produção musical e os desdobramentos dessa relação estreita entre música e tecnologia desde então. Reflete ainda sobre como esses processos ocorreram nos EUA, França e Alemanha, e de que forma foram incorporados no Brasil. Serão abordados temas como a Música Eletroacústica, as práticas de *Circuit Bending*, *Hardware Hacking*

³ O projeto Da Janela, Escutamos – um ensaio está vinculado à Fábrica de Sons Eletrônicos, um projeto de extensão voltado à experimentação sonora da Faculdade de Música da UNIRIO - o Instituto Villa-Lobos - sendo coordenado pelo professor Paulo Dantas durante o desenvolvimento dessa atividade. Combinando elementos documentais e reflexivos, reuniu registros sonoros capturados pelos participantes, culminando no desenvolvimento de uma peça sonora/documental apresentada no Dystopie Sound Art Festival, realizado remotamente em 2021 e originado em Berlim. O festival, organizado em parceria com as universidades UNIRIO, USP e UFRB, e a cooperativa Errant Sound, teve como tema "escuta enquanto ferramenta de (des-)construção e de (res-)significação". Disponível em: dystopie-festival.net. Acesso em 15 de janeiro de 2025.

⁴ Magno Caliman Sposito é compositor e pesquisador, com experiência no ensino de eletrônica aplicada às artes. Formado pela UFRJ, especializou-se na interface entre tecnologia e música, lecionando em diferentes contextos educacionais. Sua experiência abrange uma ampla diversidade de interesses e perfis artísticos e socioeconômicos, permitindo-lhe oferecer um panorama abrangente sobre o tema. Nesse contexto, sua contribuição forneceu dados valiosos sobre a integração dessas práticas no ensino de música e os desafios que envolvem sua implementação.

cultura DIY. Por fim, atrelada a toda essa discussão, está a questão da inacessibilidade desses instrumentos, considerando a realidade do Brasil, como esses fenômenos impactaram o país e em qual contexto a temática deste trabalho se insere.

Dessa forma, este trabalho busca contribuir para o campo da educação musical ao propor uma abordagem focada em introduzir práticas de luteria eletrônica à músicos em formação. Nesse sentido, este trabalho situa-se como um esboço para futuras pesquisas e aplicações práticas que possam pavimentar esse caminho entre música, eletrônica e pedagogia.

2. AVANÇOS TECNOLÓGICOS DO SÉCULO XX

O século XX foi um marco de profundas transformações tecnológicas que impactaram diretamente a música. Inovações como o transistor, os microprocessadores e os sistemas digitais redefiniram os processos de criação, expandiram as possibilidades sonoras e expandiram as possibilidades da produção musical. Este capítulo explora os principais avanços que transformaram a música eletrônica e experimental, destacando o papel das tecnologias no desenvolvimento de novos instrumentos e processos empregados na gravação e manipulação do som.

2.1 O Transistor e a Revolução Eletrônica

A invenção do transistor⁵, em 1948, marcou um ponto de virada na tecnologia eletrônica. Até então, os dispositivos eletrônicos utilizavam em seus circuitos as válvulas⁶ termiônicas(ou válvulas eletrônicas). Estas, consumiam muita energia, eram difíceis de construir por conta de sua complexidade e portanto, tinham um alto custo de produção. Instrumentos a base de válvula, como o Theremin, frequentemente apresentavam problemas de afinação devido à sensibilidade a variações de temperatura e interferências eletromagnéticas. Com a introdução dos transistores, foi possível contornar essas limitações, oferecendo maior eficiência energética, além da redução de custo e de tamanho dos circuitos, possibilitando a construção de dispositivos em larga escala cada vez mais acessíveis.

Figura 1 - Comparação de tamanho entre uma válvula e um transistor comumente usados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

⁵ Transistor: Componente eletrônico comumente usado para controle e amplificação de sinais elétricos.

⁶ Válvula: Anterior ao transistor, é um componente eletrônico a vácuo que foi muito utilizado na amplificação de sinais elétricos em rádios, TVs e amplificadores.

O impacto dessa inovação foi particularmente evidente no desenvolvimento de sintetizadores. O Moog Synthesizer (Figura 1) é um sintetizador modular inventado pelo engenheiro americano Robert Moog em 1964. Sua empresa, R. A. Moog Co., produziu diversos modelos entre 1965 e 1981, marcando uma era de avanços na música eletrônica. Foi um dos primeiros sintetizadores a utilizar transistores no lugar de válvulas, permitindo sua produção em larga escala com menor custo e maior durabilidade. Além disso, a integração de um teclado facilitou o uso por músicos, tornando-o mais prático e popular. Já o ARP 2600, lançado em 1971, trouxe uma abordagem modular e experimental, possibilitando maior liberdade na criação de timbres e consolidando o papel dos sintetizadores como ferramentas indispensáveis na música eletrônica.

Figura 2 - Moog Modular 55 system(1975)



Fonte: Wikipédia (2025).

2.2 Do Analógico ao Digital: Transformações na Música

A transição dos sistemas analógicos para digitais, iniciada nos anos 1970 e intensificada nos anos 1980, representou um avanço significativo na tecnologia musical. A popularização dos microprocessadores permitiu a criação de instrumentos digitais mais compactos, acessíveis e com maior controle sobre os elementos sonoros, revolucionando a produção musical.

O Yamaha DX7, lançado em 1983, foi um marco dessa transformação. Baseado na síntese FM, desenvolvida por John Chowning, o DX7 era significativamente mais compacto e econômico do que os sintetizadores analógicos das décadas anteriores. Com sua construção eficiente e custo relativamente baixo, ele tornou-se um dos primeiros sintetizadores digitais

amplamente acessíveis ao mercado de massa, alcançando músicos profissionais e amadores. A miniaturização dos circuitos, viabilizada pelos microprocessadores, permitiu integrar um instrumento poderoso em um design portátil, reduzindo drasticamente a complexidade e o custo dos equipamentos.

Além de popularizar a síntese FM, o DX7 introduziu a integração com o MIDI (Musical Instrument Digital Interface), um padrão que conectava instrumentos de diferentes fabricantes e permitia o controle simultâneo entre múltiplos dispositivos. De modo que, essa padronização foi crucial para transformar a interação entre músicos e suas ferramentas, criando uma plataforma que expandiu significativamente as possibilidades criativas na música eletrônica.

Nos anos 1990, o impacto dessas inovações foi ampliado com o desenvolvimento de ferramentas como VSTs (Virtual Studio Technology) e DAWs (Digital Audio Workstations), que consolidaram a produção musical baseada em computadores. Essas tecnologias eliminaram a dependência de equipamentos físicos caros, transformando computadores pessoais em estúdios virtuais. A acessibilidade e a flexibilidade trazidas por essas ferramentas democratizaram a produção musical, permitindo que novos artistas explorassem a criação de forma independente e diversificada.

Em resumo, essas inovações tecnológicas foram gradualmente incorporadas às práticas musicais ao longo do século XX, servindo de base para o surgimento de novas abordagens composicionais e performáticas, fomentando o surgimento de movimentos musicais centrados nesse cenário de transformações, explorando a interseção entre som e tecnologia. O desenvolvimento dos sintetizadores, a padronização do MIDI e a digitalização da produção musical redefiniram os limites entre músico e máquina, abrindo caminho para a consolidação da música eletrônica e de novas estéticas experimentais. Nos próximos capítulos, essas correntes serão analisadas em maior profundidade, destacando como cada uma delas incorporou e reinterpretou os avanços tecnológicos no contexto musical.

3. MOVIMENTOS COMPOSICIONAIS DA MÚSICA ELETRÔNICA

O avanço tecnológico do século XX possibilitou o surgimento de novas sonoridades e formas de se pensar e produzir música. Tal condição, permitiu o surgimento de grupos de estudo interessados em explorar essas novas possibilidades, dentre os quais se destacaram o grupo de música concreta (França) e a música eletrônica (Alemanha). Esses movimentos introduziram novas perspectivas sobre o som e sua manipulação, influenciando profundamente a composição e a performance musical.

Paralelamente, no Brasil, a pedagogia musical da segunda geração⁷ de educadores adotou abordagens que incentivavam a experimentação sonora e o uso de novas tecnologias como ferramentas tanto educacionais quanto artísticas. Essas características refletem práticas semelhantes às desenvolvidas nos movimentos composicionais da Europa, evidenciando uma convergência de ideias e métodos pedagógicos. Influenciados pelas correntes pedagógicas europeias, os educadores passaram a valorizar a criação sonora como parte central do processo de ensino musical, promovendo a reflexão crítica e a expressão individual dos alunos.

Esses dois processos, embora tenham surgido em contextos distintos, compartilham aspectos fundamentais, como a ênfase na experimentação e na busca por novas sonoridades. A integração dessas abordagens no ensino musical oferece uma oportunidade valiosa para enriquecer a formação dos alunos, promovendo uma experiência que alia o desenvolvimento técnico às novas possibilidades trazidas pelas tecnologias contemporâneas. Dessa forma, é possível concluir que a convergência dessas práticas fortalece a formação crítica e criativa dos estudantes, ampliando suas perspectivas no campo musical.

3.1 Musique Concrète

Fundado por Pierre Schaeffer na França em 1948⁸, foi um movimento interessado em expandir as possibilidades sonoras comumente utilizadas no fazer musical das orquestras e demais formações de concerto até então. Schaeffer propôs uma abordagem centrada em sons gravados, manipulados e organizados em composições musicais, utilizando como matéria-prima desde sons de instrumentos mais comuns (com repertório consolidado), como

⁷ Categorização proposta por FONTERRADA, Marisa Trench de Oliveira. De tramas e fios: um ensaio sobre música e educação. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP; Rio de Janeiro: Funarte, 2008.

⁸ Encyclopaedia Britannica. Pierre Schaeffer. Disponível em: https://www.britannica.com/biography/Pierre-Schaeffer?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 27 fev. 2025.

piano, violão e percussão, até sons cotidianos da natureza, da cidade e de quaisquer objetos que fossem de interesse do compositor.

Em seu livro *À la Recherche d'une Musique Concrète* (1952) – Em Busca de uma Música Concreta –, Schaeffer aborda o conceito de *objet sonore* (objeto sonoro), central em sua estética, desafiando as práticas musicais tradicionais vigentes ao priorizar as qualidades intrínsecas do som, desvinculando-o de sua origem física e contexto. No qual, segundo Schaeffer,

Escutar um som como um objeto é escutá-lo de maneira autônoma, desconectado das associações habituais que fazemos sobre sua causa ou significado. Assim, o som deixa de ser um veículo de comunicação ou representação e se torna matéria pura para exploração estética⁹. (Schaeffer, 1952, p. 165, tradução própria).

Desse modo, Schaeffer utilizou as tecnologias emergentes para explorar novas possibilidades de manipulação, sobreposição e processamento de sons. Essa fusão entre tecnologia e experimentação redefiniu os limites da música e abriu novos caminhos para a produção artística e para a pesquisa sonora, cujas influências ainda são sentidas na música contemporânea e na arte sonora até hoje.

3.2 Elektronische Musik

Elektronische Musik (música eletrônica), surgiu na Alemanha na década de 1950 impulsionado pelo desenvolvimento dos primeiros sintetizadores analógicos e pela crescente disponibilidade de tecnologias eletrônicas. Diferente da música concreta, que se baseava na gravação e manipulação de sons do mundo real, a Elektronische Musik focava na criação e manipulação de sons gerados eletronicamente, utilizando osciladores, filtros e outros dispositivos eletrônicos. Esse movimento buscava uma abordagem mais controlada e científica do som, explorando a síntese sonora e a organização sistemática de parâmetros como frequência, amplitude e timbre. O Studio für Elektronische Musik da Westdeutscher Rundfunk (WDR) em Colônia foi um dos principais centros de desenvolvimento desse movimento. Fundado em 1951 por Herbert Eimert, o estúdio tornou-se um laboratório de experimentação sonora, reunindo compositores e engenheiros que buscavam expandir as fronteiras da música.

⁹“By doing this, the object forces us to listen to it, not by reference, but just as it is, in all the reality of its substance. As it doesn't say much, and certainly not what we would like it to say, once we have heard it, it makes us fall silent” (Schaeffer, 1952, p. 38).

A Elektronische Musik também se caracterizou por uma abordagem serialista, em que parâmetros como altura, duração, intensidade e timbre eram organizados de acordo com princípios matemáticos e sistemas pré-estabelecidos. Essa metodologia refletia a influência do serialismo integral, desenvolvido por compositores como Arnold Schoenberg e Anton Webern, mas aplicado agora ao domínio dos sons eletrônicos. A precisão e o controle oferecidos pelos equipamentos eletrônicos permitiam aos compositores explorar estruturas sonoras que seriam impossíveis de realizar com instrumentos tradicionais (Manning, 2004).

As inovações da Elektronische Musik estabeleceram fundamentos essenciais para a produção musical contemporânea, demonstrando como a tecnologia pode transformar os processos composicionais e expandir as possibilidades sonoras. Compositores como Karlheinz Stockhausen¹⁰, Gottfried Michael Koenig e György Ligeti exploraram técnicas de síntese e manipulação sonora no estúdio de Colônia, influenciando não apenas a música de concerto, mas também diversos gêneros da música popular. Esses experimentos contribuíram para o desenvolvimento de novas abordagens sonoras, cujos princípios foram posteriormente assimilados por movimentos como o krautrock alemão dos anos 1970 e a música eletrônica dance e experimental (Eimert, 1955).

A Elektronische Musik redefiniu os limites da criação sonora, demonstrando que a tecnologia poderia ser uma ferramenta poderosa para a expressão artística. Sua ênfase na precisão e na exploração sistemática do som contrastava com a abordagem mais intuitiva e experimental da música concreta, mas ambos os movimentos compartilhavam o objetivo de expandir as possibilidades da música para além do modo de se fazer música vigente. Hoje, o legado da Elektronische Musik continua vivo, influenciando não apenas a música eletroacústica e experimental, mas também a produção musical em geral, em um mundo cada vez mais dominado por tecnologias digitais (Roads, 1996).

Desse modo, ao mesmo tempo em que a Elektronische Musik consolidou a ideia de que a exploração sistemática do som, por meio de novos recursos tecnológicos, poderia ampliar as fronteiras da expressão artística, ela também preparou terreno para que tais inovações repercutissem no âmbito da música popular. Se, por um lado, o estúdio de Colônia reuniu compositores e engenheiros dispostos a pesquisar metodicamente a síntese sonora, por outro, as mesmas tecnologias — sintetizadores, gravações em fita e manipulações de áudio — despertariam o interesse de artistas voltados a públicos mais amplos. É nesse panorama que se insere o surgimento de grupos e músicos que, no fim do século XX, transporiam essas

¹⁰ Um exemplo representativo desse período é *Gesang der Jünglinge* (1956), de Karlheinz Stockhausen, uma das primeiras obras a integrar sons eletrônicos e manipulação vocal em um contexto composicional unificado.

descobertas para o universo do rock, do pop e de outras vertentes populares, criando estéticas capazes de misturar sonoridades distintas e transformando consideravelmente as relações entre criação musical, tecnologia e público, como se verá no próximo tópico.

3.3. Música Popular e Inovações Tecnológicas

As inovações tecnológicas do século XX não apenas redefiniram a música experimental, mas também transformaram a música popular, alterando os processos de criação, produção e recepção sonora. A introdução de recursos como gravações em fita, sintetizadores e manipulação de som abriu novos horizontes para artistas e bandas em busca de expandir os limites de suas composições. O rock progressivo, exemplificado por bandas como Pink Floyd, tornou-se um marco desse movimento. Álbuns como *The Dark Side of the Moon* (1973) destacam-se pelo uso de sintetizadores e colagens sonoras, criando narrativas musicais que ultrapassaram as fronteiras da linguagem do rock da época. A banda inglesa utilizou técnicas como loops de fita e sons sintetizados para explorar a dimensão espacial da música, deixando uma marca profunda na estética sonora do período.

Paralelamente às transformações ocorridas no cenário do rock, surgiram, a partir do final dos anos 1970, artistas e grupos interessados em explorar ainda mais a sonoridade eletrônica. Como exemplo, pode ser citado o grupo japonês *Yellow Magic Orchestra*, pioneiro no uso de sintetizadores digitais e sequenciadores, produzindo álbuns como *Solid State Survivor* (1979), que misturavam elementos de música pop e sons eletrônicos. Outro exemplo notável é o de *David Bowie*, que, especialmente em sua trilogia *Low*, *"Heroes"* e *Lodger*, lançados entre 1977 e 1979, incorporou sons eletrônicos e experimentações com sintetizadores em colaboração com Brian Eno¹¹, criando obras que, inclusive, ampliaram as fronteiras entre o rock e a música eletrônica.

¹¹ Brian Eno é um pioneiro da música ambiente, reconhecido por suas sonoridades imersivas e atmosféricas. Além de sua carreira solo, Eno se destacou como produtor de artistas como David Bowie, U2 e Talking Heads, consolidando-se como uma figura influente na música britânica entre as décadas de 1970 e 1990.

3.4. Contexto Brasileiro: Tradição versus Modernidade

O movimento Tropicália, com representantes como Caetano Veloso, Gilberto Gil, Os Mutantes e Tom Zé, buscava uma identidade musical para o Brasil que incorporasse não apenas elementos da música tradicional brasileira, mas também influências da música estrangeira, como o rock psicodélico e a música experimental. Os artistas desse grupo desafiavam as convenções musicais ao integrar a guitarra elétrica e os sintetizadores em suas composições provocadoras. Além disso, elaboravam arranjos experimentais, explorando diferentes técnicas de gravação e manipulação, sob forte influência de artistas do movimento psicodélico dos Estados Unidos e do Reino Unido, como The Beatles e Jimi Hendrix.

No campo da música acadêmica no Brasil, também foram incorporadas essas novas tecnologias de gravação e manipulação sonora. Compositores como Gilberto Mendes e Rogério Duprat, que estavam próximos do movimento tropicalista, utilizaram técnicas como a música concreta e manipulação de fita para criar novas texturas sonoras.

A partir da década de 1980, a popularização de recursos eletrônicos transformou a música popular brasileira, servindo como veículo de interação entre a música local e tendências estrangeiras. Essa troca possibilitou o surgimento de novos gêneros e sonoridades, como o funk carioca, que encontrou na tecnologia um meio de amplificação e inovação. Artistas como DJ Marlboro¹² exemplificaram como equipamentos eletrônicos e técnicas de produção permitiram não apenas expandir estilos locais, mas também conectar públicos diversos.

Desse modo, o uso de sintetizadores e recursos eletrônicos na música brasileira não apenas expandiu os limites da criação musical, mas também reafirmou a visão de que ela pode se beneficiar artisticamente quando se permite ser um espaço aberto à experimentação e à integração de influências culturais e tecnológicas estrangeiras.

¹² DJ Marlboro, pseudônimo de Antônio Marcos da Silva, é um dos pioneiros do funk carioca no Brasil. Suas produções, que ganharam destaque na década de 1990, são marcadas por batidas eletrônicas, samples de músicas internacionais e letras que retratam a realidade das favelas cariocas. Ele foi o produtor de grandes sucessos como "Eu Só Quero É Ser Feliz" (com Cidinho e Doca), "Rap da Felicidade" (com MC Cidinho e MC Doca) e "Feira de Acari" (com MC Batata). Marlboro não apenas popularizou o gênero, mas também ajudou a consolidar o funk como uma expressão cultural importante no cenário musical brasileiro.

3.5 Educação musical brasileira e sua relação com a tecnologia

As inovações tecnológicas, brevemente delineadas até aqui, ampliaram as possibilidades de criação tanto na música de concerto quanto na música popular. No entanto, ao refletir sobre o contexto brasileiro, surge uma questão central: como essas inovações foram assimiladas no país e quais foram suas implicações no ensino e na prática musical?

No Brasil, a integração das tecnologias no campo da educação musical enfrenta desafios significativos, tanto no ensino básico quanto nos cursos de graduação em música. Na UNIRIO, por exemplo, disciplinas como Música Experimental (MEX) e MUSITEC (Música e Tecnologia) são oferecidas como conteúdo obrigatório apenas no Bacharelado em Composição. Nos demais cursos, especialmente na Licenciatura em Música, esses conteúdos são disponibilizados apenas como disciplinas optativas, sujeitas à disponibilidade de vagas.

Além disso, práticas que poderiam contornar limitações financeiras, como a luteria eletrônica e a montagem de circuitos, não estão integradas aos currículos regulares da graduação em música. Quando abordadas, essas práticas costumam ser restritas a projetos de extensão, como a Fábrica de Sons Eletrônicos da UNIRIO, que promove atividades de experimentação sonora. Essa lacuna curricular dificulta a aplicação dessas práticas como recurso didático no ensino básico, limitando o acesso dos estudantes a ferramentas tecnológicas que poderiam enriquecer sua formação musical.

Em uma pesquisa nos currículos dos cursos de Música das dez universidades públicas brasileiras com as maiores notas no Índice Geral de Cursos (IGC)¹³, incluindo a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), onde estou me graduando, identifiquei a ausência de disciplinas que tratem diretamente da luteria eletrônica como tema ou conteúdo. As universidades em questão foram: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). De modo que, a única universidade onde encontrei correspondência, e que não está nessa lista, foi a Universidade Federal do Paraná (UFPR), que oferece, desde 2009, o curso de Tecnologia em Luteria, o primeiro curso superior do tipo no Brasil e o segundo na América Latina, conforme destacado em sua página oficial. Dentre o que compõe o currículo,

¹³ O Índice Geral de Cursos (IGC) é um indicador de qualidade, calculado pelo Inep, que avalia anualmente as instituições de ensino superior no Brasil, considerando o desempenho da graduação e da pós-graduação.

pôde-se notar disciplinas como Eletricidade, Eletrônica e Computação Aplicadas.

Em resumo, esse recorte foi suficiente para evidenciar uma lacuna expressiva nos currículos das universidades analisadas no que diz respeito à luteria eletrônica. Uma vez que, embora apresentem currículos amplamente estruturados nas áreas tradicionais da música, como performance, composição, regência e educação musical, a integração de conteúdos que conectem a música com a tecnologia aplicada, especialmente no campo da construção e manipulação de dispositivos eletrônicos, ainda é pouco desenvolvida.

O próximo capítulo explora os benefícios que as práticas de DIY (Do It Yourself) podem trazer para o ensino musical, destacando seu potencial para democratizar o acesso à tecnologia e promover um contato direto com os instrumentos. Ao traçar um panorama histórico dessas práticas, busca-se mostrar como sua integração no ensino pode enriquecer a formação musical, alinhando-a às demandas da música contemporânea e oferecendo soluções práticas para as lacunas identificadas.

4. LUTERIA ELETRÔNICA

A luteria eletrônica, área dedicada à construção e adaptação de instrumentos musicais eletrônicos, apresenta-se como uma alternativa viável para democratizar o acesso a esses dispositivos, servindo como recurso didático e ferramenta de criação, especialmente em contextos educacionais com limitações financeiras. Além disso, essa prática estimula a autonomia dos estudantes, permitindo a adaptação e modificação de projetos, seja por razões econômicas ou para personalização de acordo com os interesses individuais.

Entretanto, a inclusão de conteúdos de eletrônica aplicada à música enfrenta desafios específicos, principalmente em cursos de música que não abordam essa temática em seus currículos. Como muitos graduandos possuem pouca ou nenhuma familiaridade com conceitos como circuitos elétricos, soldagem e interpretação de diagramas esquemáticos, é essencial adotar metodologias que tornem esses conteúdos mais acessíveis, priorizando atividades práticas e contextualizadas, alinhadas às experiências musicais dos estudantes.

Este capítulo aborda diferentes práticas relacionadas à luteria eletrônica, iniciando pela cultura *DIY*, com foco específico nas abordagens de *Circuit Bending* e *Hardware Hacking*. Por fim, será discutida a aplicação pedagógica dessas práticas como base para um método inicial de ensino de eletrônica adaptado ao contexto musical.

4.1. É seguro manipular circuitos eletrônicos?

Uma das primeiras questões que surgem ao propor a construção de dispositivos eletrônicos em contextos educativos é a segurança. O processo de construir circuitos no contexto *DIY*, por prezar pelo aspecto prático, exige atenção especial aos riscos associados ao manuseio de eletricidade.

De acordo com a IEC¹⁴ 62368-1, os circuitos eletrônicos são classificados em categorias com base no potencial de causar danos. A categoria ES1 (Energy Source 1) inclui circuitos que operam com tensões abaixo de 60V são considerados seguros para contato com pessoas. Esses limites garantem que a manipulação de circuitos dentro dessa classificação não apresenta risco significativo de choque elétrico.

Como a maioria dos projetos *DIY* de iniciantes se enquadra nessa categoria, especialmente em dispositivos musicais e sintetizadores de baixa tensão, pode-se afirmar que

¹⁴ IEC (International Electrotechnical Commission): organização internacional que desenvolve e publica normas globais para tecnologias elétricas, eletrônicas e relacionadas, promovendo segurança, eficiência e inovação. Disponível em: <https://www.iec.ch/who-we-are>. Acesso em: 20 jan. 2025.

tais atividades são seguras e não oferecem risco à saúde humana. Assim, esses projetos representam uma oportunidade de aprendizado acessível e prática, sem grandes preocupações relacionadas ao manuseio de eletricidade.

4.2 Comunidade Maker/ DIY(Do It Yourself)

O DIY (Do It Yourself, ou "faça você mesmo") é uma prática que incentiva a criação, montagem e personalização de objetos, dispositivos ou instrumentos de forma autônoma, sem depender exclusivamente de produtos industrializados. Essa abordagem ganhou força com o surgimento das comunidades *makers*, que compartilham conhecimentos, recursos e projetos, estimulando a autossuficiência e a criatividade. Em contextos onde o alto custo limita o acesso a equipamentos comerciais, o DIY oferece uma alternativa viável, permitindo a construção e personalização de réplicas de produtos industrializados. Essa prática é amplamente sustentada por comunidades makers, que compartilham conhecimento, recursos e projetos que ensinam e estimulam os membros a produzirem seus próprios instrumentos.

Historicamente, a cultura DIY está intrinsecamente ligada à música e à tecnologia. Desde o início do século XX, músicos e engenheiros já desenvolviam seus próprios dispositivos devido ao custo dos equipamentos comerciais da época. Teboul (2017) afirma,

Muitos praticantes, alguns dos mais relevantes como Bob Moog, Don Buchla ou Max Matthews, tiveram experiências no Exército ou com seus pais, construindo suas próprias versões de rádios e dispositivos associados. Considere ainda que, na época, os altos custos dos dispositivos eletrônicos fabricados entre as guerras mundiais impulsionaram o nascimento da cultura do 'D.I.Y.'. Em 1922, um kit de montagem de um rádio 'masterpiece' da Freshman custava \$17, enquanto o já montado custava \$60. Isso corresponde a uma diferença de \$240 contra \$850 em 2014 (Bureau of Labor Statistics 2015; Radio Boulevard 2015). Consequentemente, o primeiro catálogo da Radio Shack, de 1939, registrava 80% de kits, peças e ferramentas, contra 20% de produtos já montados¹⁵. (Teboul, 2017, p.87, tradução própria)

Construir circuitos é, por si só, uma atividade educativa. A prática envolve habilidades técnicas como soldagem e montagem, ao mesmo tempo em que estimula a criatividade e a solução de problemas. Na comunidade DIY, iniciantes encontram uma vasta gama de recursos

¹⁵“Many practitioners, some more relevant ones being Bob Moog, Don Buchla, or Max Matthews, would have experiences in the Army or with their fathers building their own version of radios and associated devices. Consider as well that at the time, high costs of manufactured electronics between the world wars kick-started the birth of do-it-yourself (D.I.Y.) culture. In 1922, a Freshman “masterpiece” radio cost \$17 as a kit, while a completed set cost \$60. This corresponds to \$240 v. \$850 in 2014 (Bureau of Labor Statistics 2015; Radio Boulevard 2015). Accordingly, Radio Shack’s first catalog, from 1939, contained 80% kits, parts, and tools and 20% completed products.”

didáticos, como tutoriais, fóruns, sites especializados e vídeos no YouTube, que facilitam o aprendizado. Plataformas como o Instructables oferecem guias para a criação de sintetizadores e controladores MIDI, enquanto o Tonepad¹⁶ disponibiliza diagramas de pedais e amplificadores de guitarra. No YouTube, canais como Look Mum No Computer¹⁷ e Hagiwo¹⁸ compartilham instruções para construção de projetos acessíveis e práticos. Essa abordagem, estruturada em etapas claras e centrada na prática, é eficaz para introduzir conceitos e promover uma compreensão funcional dos circuitos, embora não se aprofunde em todos os detalhes técnicos e teóricos.

Nesse sentido, a troca de conhecimento e a colaboração são pilares fundamentais da comunidade maker. Fóruns e comunidades online permitem o compartilhamento de esquemas elétricos, soluções técnicas e experiências pessoais, promovendo não apenas o aprendizado mútuo, mas também o aprimoramento contínuo de dispositivos e o surgimento de novas ideias. Assim, a cultura DIY transcende sua função econômica, ao oferecer uma abordagem prática e educativa que valoriza a criatividade e a autonomia. No contexto da luteria eletrônica e da educação musical, ela se apresenta como uma solução viável para dar acesso a instrumentos e enriquecer a experiência de aprendizagem dos estudantes.

4.3 Circuit Bending

O Circuit Bending surgiu em meados da década de 1950¹⁹ como uma prática subversiva que explora a manipulação de circuitos eletrônicos de forma experimental, com o objetivo de criar novos sons e dispositivos sonoros. No entanto, foi a partir da década de 1980, com o trabalho de Reed Ghazala, que essa técnica ganhou maior destaque e estrutura. Considerado o pioneiro do movimento, Ghazala popularizou o conceito ao demonstrar como a modificação de brinquedos e instrumentos eletrônicos pode levar à criação de sonoridades únicas, sem exigir um conhecimento avançado em eletrônica.

Em seu livro "Circuit Bending: Build Your Own Alien Instruments" (2005), Reed Ghazala desenvolve sua metodologia de ensino através da prática, demonstrando como a modificação de circuitos eletrônicos pode gerar dispositivos sonoros singulares e ao mesmo tempo baratos. A obra é voltada tanto para aqueles que desejam criar músicas experimentais a

¹⁶ TONEPAD. Disponível em: <http://www.tonepad.com>.

¹⁷ LOOK MUM NO COMPUTER. Disponível em: <https://www.youtube.com/@LOOKMUMNOCOMPUTER>.

¹⁸ HAGIWO. Disponível em: <https://www.youtube.com/@hagiwo>.

¹⁹ GHAZALA, Reed. Circuit Bending: Build Your Own Alien Instruments. 1. ed. New York: Hal Leonard, 2005. p. 42.

partir do design de seus próprios instrumentos quanto para quem busca compreender o circuit bending de forma procedural e prática, sem a necessidade de aprofundamento teórico. Como o autor afirma,

Especificamente, este livro é para pessoas que desejam projetar instrumentos musicais eletrônicos experimentais, mas que chegam à bancada sem qualquer conhecimento em eletrônica. Estamos falando de técnica e quase nenhuma teoria²⁰. (Ghazala, 2005, p. 17, tradução própria).

Além disso, a manipulação de circuitos pode ocorrer de forma proposital ou aleatória, conferindo ao praticante um papel de pesquisador-explorador. Nesse sentido, como observa José Guilherme Allen Lima (2018),

A prática do Circuit Bending se dá através de um processo exploratório e inquisitivo pelo qual uma pessoa descobre conexões alternativas no circuito de um brinquedo ou equipamento que produza sons eletrônicos, de modo a obter modificações dos sons originais, ou descobrir sons que não foram previstos em seu design. A este processo Ghazala dá o nome de ‘eletrônica do acaso’, como uma forma de não aderir ‘à teoria, ao design do circuito ou à composição’ e ressaltando a importância do imediatismo ao lidar com a eletrônica e ao potencial sonoro contidos nestes aparelhos, em oposição ao aprendizado formal. (Lima, 2018, p.51).

Desse modo, o bending promove tanto o reaproveitamento de dispositivos que poderiam ser descartados como lixo eletrônico quanto a modificação de equipamentos em funcionamento, conferindo-lhes novos significados e utilidades. Brinquedos eletrônicos, sintetizadores e até rádios podem ser transformados em artefatos sonoros únicos por meio de intervenções intencionais ou aleatórias em seus circuitos. A essência da prática está em sua acessibilidade, permitindo que qualquer pessoa participe, independentemente de possuir conhecimentos avançados em eletrônica.

4.3.1 Fundamentos do Circuit Bending

Primeiramente, o autor destaca a importância de ferramentas básicas, como ferro de solda, alicates e multímetros, mas enfatiza que a modificação de circuitos pode começar de forma simples, sem necessidade de equipamentos avançados. De modo que, um dos aspectos mais instintivos e acessíveis do circuit bending é a experimentação direta com os circuitos. Antes mesmo de utilizar solda ou componentes adicionais, é possível explorar sonoridades

²⁰ “Specifically, this book is for the person who wants to design experimental electronic musical instruments but comes to the bench with no knowledge at all of electronics. So we’re talking all technique and just about no theory.”

simplesmente tocando diferentes pontos da placa com as próprias mãos. Molhar levemente a ponta dos dedos e pressionar trilhas do circuito pode alterar a resistência elétrica e gerar modificações sutis ou inesperadas no som emitido pelo dispositivo. Esse tipo de interação direta não apenas amplia a percepção do participante sobre o funcionamento eletrônico do equipamento, mas também reforça a ideia de que o corpo pode ser um elemento ativo na experimentação sonora.

Outro ponto fundamental é o reaproveitamento de dispositivos eletrônicos descartados, como brinquedos sonoros, teclados antigos e rádios, que podem ser transformados em novos instrumentos por meio de modificações simples. A busca por componentes reutilizáveis em mercados de segunda mão, feiras de eletrônicos e centros de reciclagem não apenas torna o processo mais acessível, mas também incentiva uma abordagem sustentável para a criação musical e experimental.

Embora o uso de solda possa ser necessário para tornar as modificações permanentes, a essência do *circuit bending* reside no imediatismo e na exploração intuitiva. A experimentação livre com os dedos, fios improvisados e garras jacaré²¹ permite que qualquer pessoa, independentemente de seu conhecimento técnico, descubra e manipule sons de maneira instintiva. Essa abordagem direta aproxima-se da ideia de uma "eletrônica do acaso", como defendida por Ghazala, onde a exploração prática precede qualquer aprofundamento teórico, incentivando a criação e a descoberta através da interação auditiva, tátil e visual com os circuitos.

4.4. Hardware Hacking

Hardware Hacking é uma prática que explora a modificação de dispositivos eletrônicos com o objetivo de criar novas funcionalidades e sonoridades em circuitos já existentes. A abordagem, que compartilha princípios com o *Bending*, é amplamente discutida por Nicolas Collins em seu livro "Handmade Electronic Music: The Art of Hardware Hacking" (2006) ("Música Eletrônica Feita à Mão: A Arte do Hardware Hacking").

Diferente do *bending*, que muitas vezes se baseia em intervenções aleatórias e descobertas acidentais, o Hardware Hacking amplia o escopo ao incorporar técnicas e modificações mais estruturadas. A abordagem enfatiza a exploração intuitiva de equipamentos eletrônicos simples, como rádios, amplificadores e brinquedos,

²¹A garra jacaré é um conector metálico com mola utilizado para fixação temporária de fios e componentes em circuitos elétricos. Sua estrutura permite um contato firme e seguro, facilitando conexões provisórias em testes e montagens experimentais.

transformando-os em fontes sonoras únicas. A obra é estruturada como um guia prático, combinando instruções detalhadas com exemplos que incluem o uso de circuitos complementares e a integração de dispositivos como sensores, microfones de contato e captadores eletromagnéticos.

Além disso, a prática é também uma ponte entre o *DIY* e a música experimental, incentivando músicos a interagir diretamente com o som em seu estado bruto. Para Collins, o *hacking* não se limita a desconstruir dispositivos eletrônicos; ele também desafia as noções convencionais sobre o que constitui um instrumento musical. De modo que essa abordagem abre espaço para novos paradigmas na criação sonora, permitindo que se explorem novas possibilidades de expressão e criação musical.

4.4.1 Fundamentos do Hardware Hacking

Collins sugere o uso de ferramentas básicas, como chaves de fenda, ferro de solda e garras jacaré, permitindo a manipulação prática de circuitos sem a necessidade de desmontá-los completamente. Técnicas como curtos controlados, conexões externas e o uso de componentes como potenciômetros, LEDs e resistores, são introduzidas como formas de experimentar e transformar dispositivos cotidianos. Como ele afirma: “Ignorance is bliss, so enjoy it²²” (A ignorância é uma bênção, então aproveite). Essa visão reflete a filosofia de que o aprendizado no Hardware Hacking não depende de conhecimento prévio, mas da disposição em experimentar e descobrir.

O Hardware Hacking compartilha princípios fundamentais com o Circuit Bending. Ambas as práticas valorizam a experimentação direta, onde o aprendizado ocorre na prática, sem a necessidade de um conhecimento técnico aprofundado. O toque direto no circuito – seja com os dedos ou conexões improvisadas – pode revelar comportamentos sonoros inesperados, tornando o processo acessível e intuitivo.

Assim, ambas as práticas não apenas compartilham um ethos comum, mas também se complementam dentro da cultura DIY à medida que buscam expandir as possibilidades dos dispositivos eletrônicos, sejam eles instrumentos musicais ou não. Essas abordagens reforçam a importância da experimentação, da improvisação e do estímulo à construção de novos instrumentos e métodos de produção sonora, uma vez que a inovação pode surgir tanto do erro quanto da intuição.

²² COLLINS, Nicolas. *Handmade Electronic Music: The Art of Hardware Hacking*. 2. ed. New York: Routledge, 2006, p.5.

5 ABORDAGEM PEDAGÓGICA COM BASE EM KOELLREUTTER

Antes de avançar para o capítulo sobre o ensino de eletrônica, é importante destacar a conexão entre a metodologia proposta neste trabalho e a abordagem pedagógica de Hans-Joachim Koellreutter no ensino da música. Sua visão, baseada na experimentação e na liberdade de criar, se alinha com a metodologia que busco desenvolver a partir deste trabalho.

5.1 Segunda geração de educadores no Brasil e os Métodos ativos de ensino

A segunda geração de educadores musicais, que se consolidou na Europa e na América do Norte entre os anos 1950 e início da década seguinte, desenvolveu suas práticas em um momento de profundas mudanças na criação musical. Esse período foi influenciado pelas pesquisas de Pierre Schaeffer na Radiotélévision Française, que introduziram a *musique concrète*, e pelas experiências em música eletrônica conduzidas por Herbert Eimert e Karlheinz Stockhausen no Studio für Elektronische Musik da Westdeutscher Rundfunk (WDR) em Colônia, Alemanha. "Studio für Elektronische Musik (Estúdio para Música Eletrônica). Fundado em 1951 por Eimert, o estúdio tornou-se um centro de referência para a música eletrônica, atraindo diversos compositores de vanguarda no período pós-Segunda Guerra Mundial.

De modo geral, as propostas musicais vanguardistas dessa época passaram a priorizar o "som" como elemento central da composição, utilizando técnicas de manipulação de fitas magnéticas e processos eletrônicos para expandir as possibilidades musicais. Além disso, Fonterrada (2008) destaca que, "tanto na Europa quanto na América do Norte, a questão da educação musical ganhou bastante proeminência nesse mesmo período e inúmeras metodologias surgiram, tendo sido testadas em escolas de primeiro e segundo graus e em conservatórios e escolas de música" (Fonterrada, 2008, p. 179).

Entre os pedagogos musicais que marcaram a segunda geração de educadores, destaca-se Hans-Joachim Koellreutter, cuja abordagem uniu práticas musicais experimentais e métodos ativos de ensino. Sua influência no cenário brasileiro foi significativa, tanto na formação de novos músicos quanto na introdução de conceitos que integravam atividades de criação, improvisação e experimentação sonora ao ensino musical.²³

²³ HOLMES, Thom. *Electronic and Experimental Music: Pioneers in Technology and Composition*. 2. ed. New York: Routledge, 2002. p. 151-170.

5.2 Koellreutter e sua Pedagogia

Hans-Joachim Koellreutter foi um dos principais nomes da música de concerto no Brasil no século XX. Fugindo do avanço nazista, imigrou para o país em 1937²⁴ e, no ano seguinte, começou a lecionar no Conservatório Brasileiro de Música. Em 1939²⁵, fundou o grupo Música Viva, que promoveu novas abordagens para a composição e a experimentação sonora. Embora não tenha trabalhado diretamente com instrumentos eletrônicos, suas ideias anteciparam princípios da música experimental e eletroacústica, influenciando gerações de músicos e educadores.

Durante as décadas de 1960 e 1970²⁶, o surgimento de sintetizadores e outras ferramentas eletrônicas revolucionou a composição e a experimentação sonora, ampliando significativamente as possibilidades dos músicos. Essa expansão dialoga diretamente com a pedagogia de Koellreutter, que incentivava a prática e a criação como formas de explorar novas fronteiras musicais, ainda que no seu caso tenha se dado em um contexto predominantemente acústico.

Koellreutter via a educação musical como um espaço de invenção e liberdade, onde o estudante pudesse experimentar sem medo de errar. Segundo Faria (1997, p. 104), "A atuação de Koellreutter propiciou a introdução do novo, tanto no campo da escuta quanto no da criação, acabando por alargar o espectro de opções para a música brasileira e os questionamentos no meio musical, instilando a necessidade de experimentação e a procura do novo no discurso musical." Suas ideias seguem atuais, inspirando músicos a explorar o som em todas as suas dimensões, seja por meio de instrumentos acústicos ou eletrônicos, reforçando a criação como elemento central do aprendizado.

Inspirado por esse pensamento, busquei integrar a experimentação sonora ao ensino da música eletrônica, utilizando a construção e o uso de sintetizadores como ferramentas para ampliar a autonomia dos estudantes. Assim como Koellreutter defendia a liberdade na criação, este projeto propõe um caminho acessível para que músicos e aprendizes interajam diretamente com a materialidade do som e da tecnologia.

No próximo capítulo, será desenvolvida uma abordagem prática para o ensino de música eletrônica, fundamentada nos princípios de Koellreutter, com foco na prática e participação ativa dos estudantes.

²⁴ FARIA, A. M. Koellreutter e a crítica de Andrade Muricy (1939-1951). [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade do Rio de Janeiro, Centro de Letras e Artes; 1997. p. 48.

²⁵ Ibid., p. 32.

²⁶ HOLMES, Thom. *Electronic and Experimental Music: Technology, Music, and Culture*. 5. ed. New York: Routledge, 2020, p. 202-204.

6 INTRODUÇÃO À PRÁTICA DA ELETRÔNICA

O método proposto será composto por duas atividades. A primeira consiste em uma prática de Circuit Bending com o Brick Game, um videogame bastante popular no Brasil. Em seguida, na segunda atividade, será realizada a montagem de um oscilador simples, utilizando poucos componentes e um suporte que dispensa o uso de soldagem. Essa abordagem permite o desenvolvimento gradual de diferentes habilidades técnicas, tornando o processo mais acessível e assimilável para iniciantes na prática de eletrônica.

6.1. Prática de Bending com o Brick Game

Na Parte IV de seu livro, Reed Ghazala apresenta 18 projetos de circuit bending, utilizando instrumentos e brinquedos, muitos deles populares nos Estados Unidos, mas de difícil acesso no Brasil, seja pela antiguidade, custo ou mesmo porque já não são fabricados e amplamente comercializados. Por conta disso, foi desenvolvida uma prática de circuit bending com um brinquedo amplamente acessível no Brasil: o Brick Game (Figura 2), conhecido pelos clássicos jogos de Tetris e sons 8-bit característicos. Esse dispositivo oferece uma oportunidade única para iniciantes experimentarem modificações sonoras, como geração de oscilações e glitches, utilizando componentes como potenciômetros e interruptores.

Figura 2 – Brick Game



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

6.1.1. Procedimentos iniciais

Inicialmente, o dispositivo foi aberto, e todos os parafusos e tampas foram removidos, conforme mostra a Figura 3:

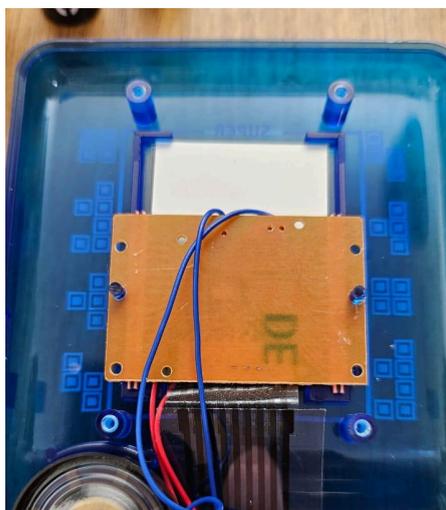
Figura 3 - Brickgame aberto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Podemos observar que, ao abrir o dispositivo, deparamo-nos com sua placa de circuito presa diretamente ao display (figura 4). Ao pressionar os dois pontos centrais que prendem a placa, podemos removê-la desse encaixe e visualizar o circuito em si (Figura 5).

Figura 4 - Verso da PCB



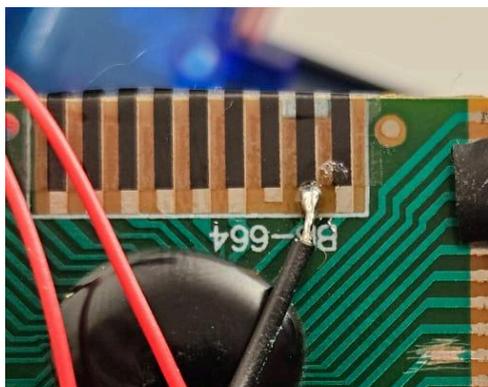
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 5 - Frente da PCB

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

6.1.2. Prática de bending

Durante minha prática de circuit bending, observei que, ao conectar o penúltimo terminal da parte superior da placa a pontos aleatórios nas extremidades laterais, surgiam diferentes “padrões rítmicos”. Inicialmente, utilizei garras jacaré para interligar alguns pontos do circuito e explorar diversas sonoridades. Após identificar os pontos de maior interesse, substituí as garras por fios soldados a chaves de comutação. Conforme ilustrado na Figura 6, soldei o fio preto no terminal em questão e prossegui realizando curto-circuitos pela placa até encontrar os padrões que mais me agradavam.

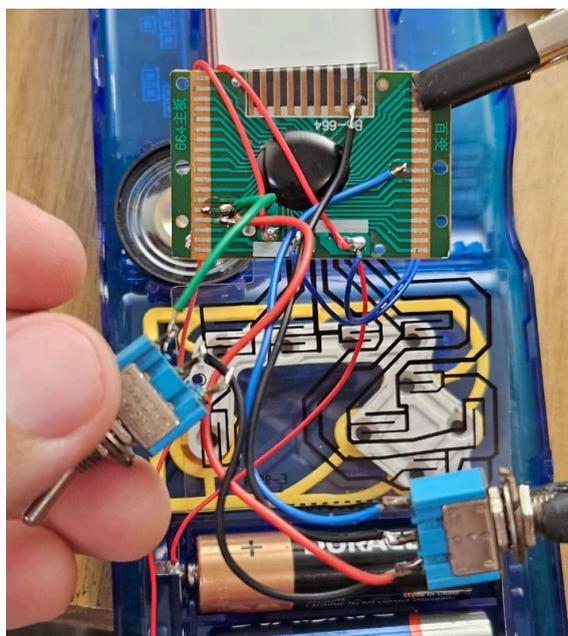
Figura 6 - Conector dos botões

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Vale ressaltar que, para manter as conexões das extremidades intactas — essenciais para o funcionamento do display —, removi parte da camada de proteção (Figura 6) de alguns

pontos, expondo o cobre e permitindo a soldagem dos fios. Em seguida, soldei os pontos de maior interesse em duas chaves do tipo ON-OFF-ON²⁷, conforme representado na Figura 7. Desse modo, foi possível ligar e desligar o curto-circuito de modo que o videogame continuasse a funcionar normalmente.

Figura 7 - Circuito com as chaves



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Por fim, as chaves foram presas à carcaça do Brickgame, permitindo ligar e desligar o efeito de bending (Figura 8). Embora a versão final tenha exigido soldagem, o que pode ser desafiador para iniciantes, a prática de bending em si pode ser realizada com o auxílio de garras jacaré, fios presos com fita ou até mesmo usando os próprios dedos para criar pontes ou curtos no circuito. Essa abordagem dispensa ferramentas mais complexas e reduz o risco de danos permanentes.

Por fim, o desenvolvimento da prática de bending mostrou-se uma abordagem acessível para a introdução à manipulação de circuitos, permitindo que o aprendizado ocorra de forma direta e intuitiva por meio da interação livre, estimulando a autonomia do participante. Embora a atividade envolva soldagem, o princípio de "experimentar e descobrir" permanece como elemento central da prática. Neste primeiro momento, a etapa de solda pode

²⁷ Uma chave eletrônica é um componente eletromecânico utilizado para estabelecer, interromper ou direcionar o fluxo de corrente elétrica em um circuito. No projeto em questão, foi utilizada uma chave de 3 posições com um único polo. Ou seja, há três pinos (1, 2 e 3). Na primeira posição, o pino central (2) é ligado ao pino 1; na segunda posição, não há conexão com nenhum outro ponto; e na terceira posição, o pino central (2) é interligado ao pino 3.

ter um caráter apenas expositivo para o estudante, sendo essa habilidade passível de desenvolvimento em etapas posteriores.

Figura 8 - Brick game com as chaves de bending



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Neste vídeo²⁸, é demonstrado o funcionamento do Brick Game utilizado nesta atividade, além da forma como as duas modificações apresentadas interagem entre si.

6.2. Prática de montagem - Oscilador Avalanche

Nesta etapa, vamos explorar a construção de um oscilador simples baseado no circuito "BJT em Modo Avalanche Reverso" (BJT In Reverse Avalanche Mode), de Kerry D. Wong (2014). Nele, o autor descreve como um transistor do tipo BJT (Transistor Bipolar de Junção)²⁹ pode ser utilizado em modo "avalanche reversa"³⁰ para atuar como um gerador de ruído ou de pulsos de alta tensão. Ao conectar um transistor do tipo BJT a um LED e um capacitor (dentro de um arranjo específico), este comporta-se como um oscilador.

²⁸ Brick Game - Circuit Bending. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fcaHvTai9QE>. Acesso em: 26 fev. 2025.

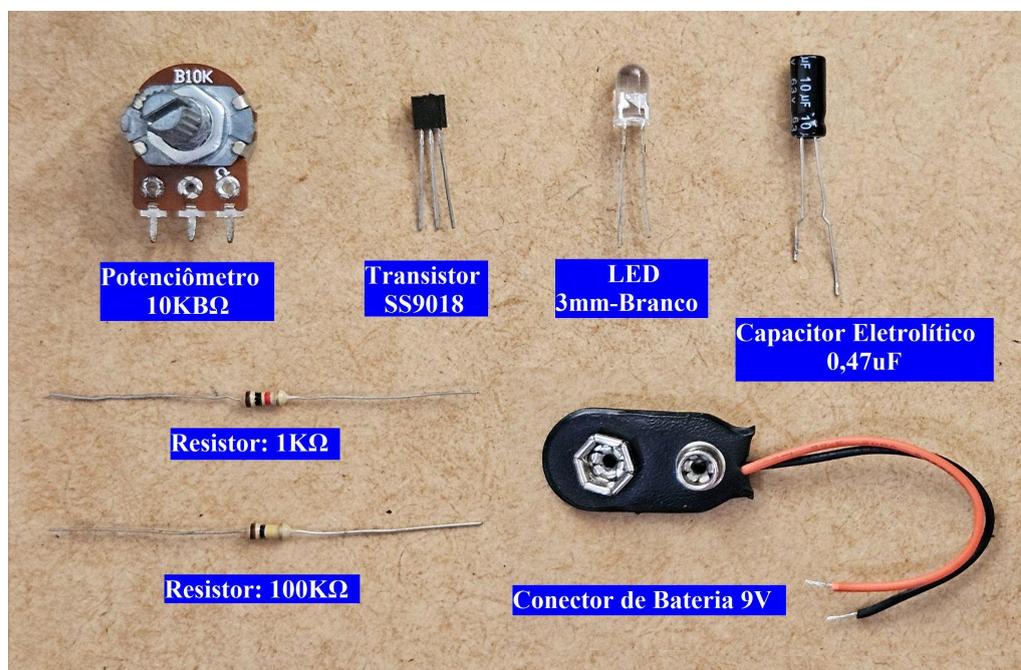
²⁹ O transistor bipolar de junção (BJT) é um tipo específico de transistor que utiliza corrente elétrica como principal meio de controle em sua operação.

³⁰ Refere-se a um efeito em que um transistor é submetido a uma tensão reversa alta, induzindo uma corrente repentina e intensa, conhecida como "corrente de avalanche". Esse efeito, quando submetido a condições específicas, possibilita a criação de osciladores funcionais.

6.2.1 Componentes e materiais necessários

Para a montagem de um único oscilador, serão utilizados os seguintes componentes:

Figura 9 - Componentes: Oscilador Avalanche



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

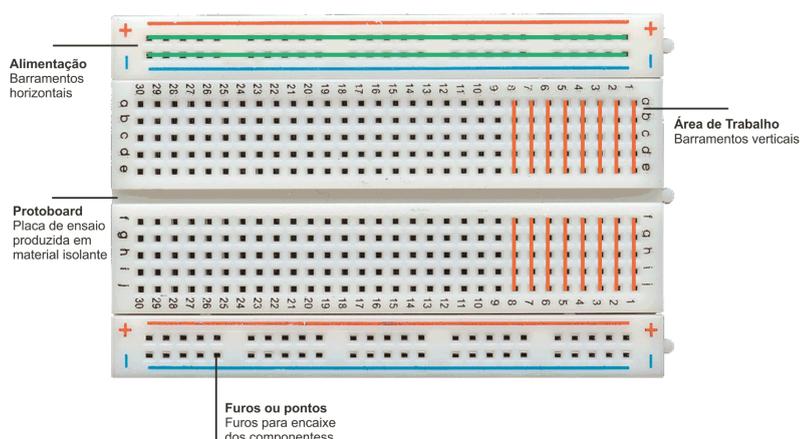
- **Transistor** : É o coração deste oscilador. Seus três terminais são denominados: base (B), coletor (C) e emissor (E), mas, neste caso específico, o terminal de base não é utilizado no circuito. Inspirado no circuito de Wong(2014), a base permanece propositalmente sem conexão (sendo inclusive removida fisicamente aqui), a fim de forçar o transistor a operar apenas na condição de avalanche.
- **LED**: O LED - Light Emission Diode(Diodo Emissor de Luz), serve como indicador visual das oscilações geradas pelo circuito. Ele pisca em sincronia com os pulsos elétricos, permitindo a observação do funcionamento do oscilador.
- **Resistor**: Tem diversas utilidades, como limitar corrente elétrica e filtrar frequências(quando usado em conjunto com outros componentes). No circuito, dois resistores serão utilizados: um de 1 kΩ e outro de 100 kΩ. O resistor de 1 kΩ limita a corrente no circuito, protegendo os componentes, enquanto o resistor de 100 kΩ atua em conjunto com o capacitor para definir a frequência de oscilação.
- **Potenciômetro**: Funciona como um resistor, porém de valor variável. O potenciômetro de 10 KΩ será utilizado para ajustar a frequência das oscilações.

- **Capacitor:** Tem diversas utilidades, em especial armazenamento de energia e como filtro de frequências (quando usado em conjunto com outros componentes). O capacitor atua armazenando e liberando energia de forma cíclica, induzindo o efeito de oscilação no circuito. Quanto maior o valor de capacitância, mais grave a faixa de frequência do potenciômetro.

Em primeiro lugar, é importante considerar que o custo médio para adquirir os componentes aqui listados, considerando compras no varejo, gira em torno de R\$20,00; dependendo da loja e da região. Essa variação pode ser influenciada por fatores como o tipo de fornecedor (loja física ou online), o acréscimo de frete em compras individuais e a qualidade dos componentes. No entanto, na eletrônica, a compra em atacado pode reduzir significativamente esse custo, já que distribuidores costumam oferecer descontos progressivos conforme a quantidade adquirida.

Se tratando da prática em si, todos os componentes serão montados em uma protoboard (Figura 3). Esta, também conhecida como breadboard ou placa de ensaio, é uma plataforma utilizada para interconectar componentes eletrônicos sem a necessidade de solda. Ela é dividida em dois setores principais: a região central (área de trabalho), onde os terminais são interligados em grupos de cinco, usada para montar o circuito propriamente dito; e as extremidades, onde todos os terminais são interligados, sendo comumente destinadas à distribuição de alimentação para o circuito. Essa estrutura torna a protoboard uma ferramenta prática e acessível, especialmente para iniciantes em eletrônica.

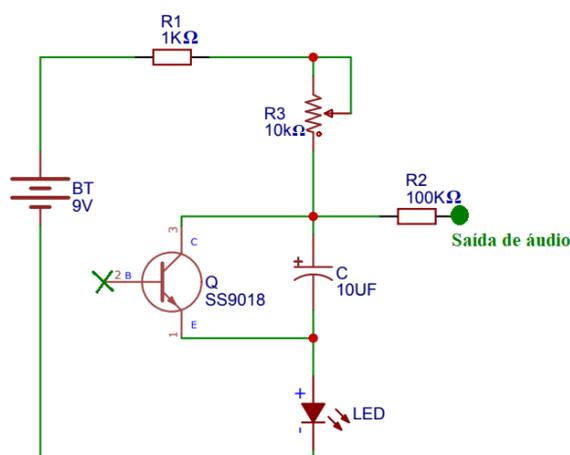
Figura 10 - Estrutura de uma Protoboard



Fonte: Portal Vida de Silício, 2018.

Existem algumas maneiras de documentar circuitos, sendo o esquemático³¹(Figura 11) o método mais comumente utilizado na área elétrica/eletrônica. Essa representação é altamente eficaz para análise e compreensão dos circuitos, pois seu caráter visual facilita o entendimento do funcionamento e das interações entre os componentes. No entanto, quando se trata do processo de montagem em si, o esquemático pode parecer mais abstrato, especialmente para iniciantes.

Figura 11 - Esquemático do oscilador



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

6.2.2 Desafios na Montagem para Iniciantes

Apesar do auxílio proporcionado pelo esquemático e da praticidade oferecida pela protoboard, a montagem de um circuito eletrônico, mesmo um projeto simples como este, pode ser bastante desafiadora para iniciantes. Componentes como o LED e o capacitor eletrolítico, por terem polaridade, exigem um sentido correto de conexão. No entanto, considerando que estamos trabalhando com uma bateria de 9V como fonte de alimentação, os riscos de danos aos componentes ou mesmo ao indivíduo são mínimos. Isso permite uma prática que, embora voltada a um procedimento bem delineado, pode ter um caráter mais descontraído em relação a possíveis erros que o iniciante venha a cometer. No qual, sob uma perspectiva de circuit bending, esses “erros” abrem portas para a experimentação e descoberta de resultados inesperados, podendo ser inclusive propositais. Por exemplo, inverter a

³¹Representação gráfica de um circuito elétrico ou eletrônico. Utiliza símbolos padronizados para representar os componentes do circuito (como resistores, capacitores, transistores, etc.) e linhas para mostrar como esses componentes estão conectados entre si.

polaridade do LED ou do capacitor pode resultar em comportamentos diferentes do circuito, como a não emissão de luz pelo LED ou uma mudança na frequência de oscilação. Esses "erros" podem ser vistos como parte do processo de aprendizado, onde o aluno observa diretamente as consequências de suas ações e desenvolve uma compreensão intuitiva do funcionamento dos componentes.

Além disso, a disposição dos componentes na protoboard também pode ser uma fonte de descobertas. Mesmo que o estudante tente seguir o esquemático ou um *layout*³² sugerido, a montagem livre permite que ele explore diferentes arranjos e observe como isso afeta o funcionamento do circuito. Essa abertura, ainda abre portas para outros processos de criação, onde cada aluno pode desenvolver seu próprio “arranjo” com base em critérios como aproveitamento de espaço, simetria, divisão em seções ou outros aspectos que considere relevantes.

Nesse contexto, a presença de um professor orientador ainda é valiosa, mas não para corrigir "erros". Ele pode atuar como facilitador, incentivando o aluno a testar configurações, observar resultados e tirar suas próprias conclusões. A teoria fica disponível como suporte complementar, acessível por meio do professor, mas não como um pré-requisito para a prática. Essa dinâmica permite que o aprendizado seja guiado pela curiosidade e pela prática, sem a pressão de uma assimilação teórica imediata.

Em resumo, a montagem deste circuito se apresenta como uma introdução tanto à prática de montagem quanto à experimentação. Com uma fonte de alimentação de baixa tensão, como uma bateria de 9V, os riscos são mínimos, permitindo que o aluno experimente com liberdade e descubra por si mesmo como os componentes interagem. Essa abordagem não apenas facilita o aprendizado, mas também estimula a curiosidade e a criatividade, preparando o estudante para futuros projetos com maior confiança e autonomia.

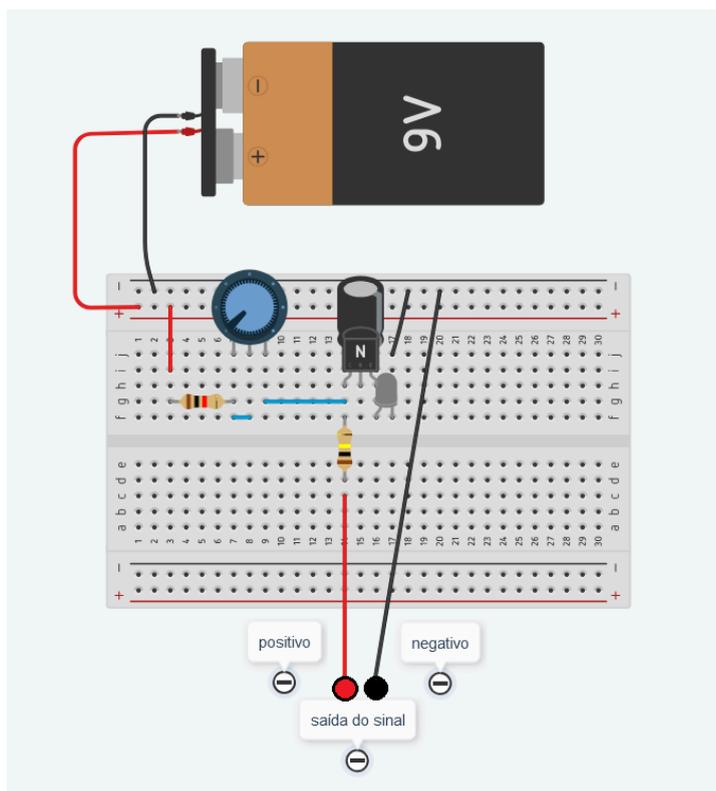
6.2.3 Montagem

Além do modelo esquemático, há diferentes maneiras de representar circuitos eletrônicos. Ao comparar a (Figura 5) com a (Figura 6), percebemos tratar-se do mesmo circuito, mas apresentado de forma menos abstrata e mais próxima de uma montagem real. Esse segundo exemplo foi criado no software Tinkercad, da Autodesk, que além de permitir

³² No contexto da eletrônica, o layout, assim como o esquemático, refere-se à disposição visual dos componentes e conexões em um circuito eletrônico. No entanto, o layout está mais relacionado à disposição física dos componentes, seja em uma PCB (Printed Circuit Board) ou em uma protoboard, garantindo a organização e funcionalidade do circuito durante a montagem.

visualizar a disposição dos componentes, possibilita simular o funcionamento de alguns circuitos (não foi o caso deste oscilador específico). Ainda assim, o Tinkercad viabilizou a simulação de uma montagem baseada no diagrama elétrico, mostrando-se uma ferramenta interessante para prototipagem e testes.

Figura 12 - Simulação de montagem via software(Tinkercad)



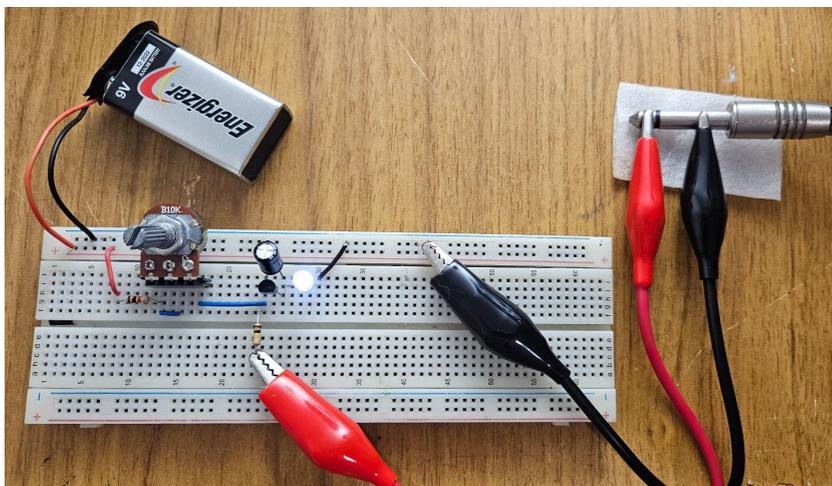
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Dando continuidade à comparação, a Figura 13 ilustra o circuito montado em um suporte físico, com um arranjo semelhante ao que aparece na versão simulada. Isso evidencia como a transição do ambiente virtual para o físico pode ser facilitada por ferramentas que unem diagramas eletrônicos, disposição de componentes e a possibilidade de simular o comportamento do projeto antes de efetivamente montá-lo.

A escolha de fios na medida exata se deu a fim de tornar mais clara a distribuição dos componentes na protoboard, de modo a facilitar tanto a identificação das ligações quanto a compreensão do caminho que o sinal percorre. Entretanto, vale ressaltar que essa abordagem não é obrigatória em práticas de prototipagem: em muitos casos, fios mais longos ou arranjos menos “organizados” também funcionam bem, especialmente quando a prioridade é testar rapidamente alguma modificação ou adicionar componentes extras. Entretanto, um arranjo

mais organizado facilita na identificação de possíveis erros de montagem, especialmente se tratando de circuitos maiores e mais complexos.

Figura 13 - Montagem na protoboard



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Para conduzir o sinal de saída até um sistema de som externo, foram utilizadas “garras jacaré” presas a um cabo de áudio. Essa opção é vantajosa porque dispensa a necessidade de solda, permitindo rápidas alterações ou desconexões sem demandar ferramentas adicionais.

Outro detalhe importante é o uso de um *socket* (soquete) para o potenciômetro. Os terminais desse modelo de potenciômetro não se encaixam bem nos orifícios da protoboard, podendo ficar folgados e prejudicar tanto a estabilidade mecânica quanto a qualidade elétrica da conexão. Ao fixar o potenciômetro em um soquete, garante-se uma montagem mais firme, além de facilitar eventuais substituições do componente.

Em suma, a montagem na protoboard oferece grande liberdade de organização e experimentação, onde cada componente pode ser realocado, substituído ou removido com facilidade, e o uso de garras jacaré, soquetes e fios de comprimentos variados contribui para um ambiente de prototipagem versátil. Assim, pode-se explorar diferentes configurações e aprender diretamente por meio da prática, ajustando o circuito de acordo com suas necessidades.

Neste vídeo³³, é demonstrado o funcionamento de um sintetizador baseado no circuito apresentado neste subcapítulo. A montagem conta com quatro osciladores independentes, cada um com uma extensão de frequências distinta, resultado da experimentação com diferentes valores de um dos componentes do circuito. Além disso, foram acopladas chaves individuais a cada oscilador, permitindo seu acionamento separadamente.

³³ Sintetizador Avalanche - X4. Disponível em: <https://youtu.be/aA6rDIgy8pM>. Acesso em: 26 fev. 2025.

7 ANÁLISE DE UMA PRÁTICA DE ENSINO DE ELETRÔNICA

Este capítulo tem como objetivo analisar as respostas obtidas na entrevista com Magno Caliman Sposito, professor e pesquisador na área de eletrônica aplicada às artes. A entrevista, de caráter semi-estruturada, foi realizada remotamente em 28 de janeiro de 2025. Nela, buscou-se analisar a experiência do entrevistado e assim identificar como sua prática dialoga com a proposta aqui apresentada.

7.1. Trajetória e Formação do Entrevistado

Perguntas do questionário:

- Poderia descrever brevemente sua trajetória pessoal e profissional? Como você começou a trabalhar com essa temática?
- De que maneira você vem atuando nesse campo ao longo do tempo?

Magno Caliman Sposito possui formação em Composição pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), onde teve um primeiro contato, ainda incipiente, com a eletrônica. Curiosamente, sua trajetória não teve início a partir de uma formação técnica ou de engenharia, mas sim por uma abordagem autodidata, o que o diferencia de mim, visto minha formação como técnico em eletrônica.

Esse percurso levanta uma reflexão interessante: o ensino de eletrônica, em contextos artísticos, não necessita de um currículo estritamente formal como pré-requisito. A prática autodidata e o modelo DIY desempenham papel crucial na aquisição de conhecimentos para artistas e músicos que desejam explorar circuitos eletrônicos.

Além disso, ao longo de sua carreira, atuou tanto no ensino livre, ministrando cursos e oficinas no Parque Lage, quanto no ensino superior, lecionando na graduação em Arte Multimídia em Portugal. Essa diversidade de experiências fornece uma visão ampla sobre os desafios e potencialidades do ensino de eletrônica nesse contexto.

7.2. Perfil dos Estudantes

Perguntas do questionário:

- Qual o perfil dos estudantes que vão atrás do seu projeto (curso, palestra, oficina, disciplina)?
- Há diversidade em termos de origens sociais, artísticas ou econômicas entre os interessados?
- Eles possuem algum contato prévio com circuitos eletrônicos?
- Você nota expectativas e motivações específicas ou recorrentes que levam os estudantes a se interessarem pelo aprendizado de circuitos eletrônicos voltados para aplicações artísticas?

Os estudantes que buscavam seus cursos de eletrônica aplicada às artes tinham perfis diversos, variando conforme o contexto em que a atividade era oferecida. No caso dos cursos ministrados no Parque Lage entre 2016 e 2018, o Professor Magno observou que grande parte dos alunos vinha de um contexto socioeconômico de maior poder aquisitivo, além de muitos estarem vinculados a cursos de arte em universidades do Rio de Janeiro, como UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) e UNIRIO (Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro).

No entanto, um padrão recorrente entre esses estudantes era uma experiência prévia frustrante com eletrônica e programação. Muitos relataram que haviam tido contato com Arduino³⁴ ou disciplinas de tecnologia em suas graduações, mas sem um aproveitamento satisfatório em suas experiências prévias. Essa constatação reforça um dos desafios abordados neste TCC: a dificuldade na abordagem pedagógica da eletrônica dentro do contexto artístico.

Nesse sentido, surge uma questão fundamental: como tornar a eletrônica acessível e envolvente para artistas e músicos? A abordagem de Magno propõe uma mediação baseada na prática e na exploração, em contraste com a estrutura mais rígida dos cursos tradicionais, como os cursos livres e técnicos, que priorizam os aspectos teóricos da eletrônica. Foi o que experimentei durante minha formação no CEFET/RJ, onde o currículo, voltado para a eletrônica industrial, enfatizava principalmente os fundamentos formais e técnicos.

³⁴ O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar.

7.3. Desafios Enfrentados

Perguntas do questionário:

- Que tipo(s) de desafio(s) você enfrenta ao trabalhar com circuitos eletrônicos em contextos voltados para aplicações artísticas?
- Em caso de problemas, seja relacionados à infraestrutura, materiais ou outros aspectos, como você costuma lidar com essas situações? Quais estratégias você adota para superar esses desafios?
- No caso de haver falta de recursos, isso afeta a motivação e a continuidade dos alunos em relação às práticas com circuitos eletrônicos?

A principal barreira apontada por Magno em sua experiência no Brasil foi a falta de infraestrutura e de recursos financeiros. No Parque Lage, ele não tinha orçamento para adquirir componentes e kits eletrônicos para os cursos. A solução encontrada foi comprar materiais do AliExpress e revendê-los aos alunos a preços acessíveis. Esse cenário evidencia uma limitação estrutural nas instituições de ensino artístico, que não dispõem de suporte adequado para disciplinas voltadas à tecnologia.

Outro desafio relevante é a questão da acessibilidade a equipamentos. No Brasil, um Arduino pode custar de R\$150 a R\$200, enquanto um Raspberry Pi chega a valores proibitivos. No contexto europeu, Magno relatou maior facilidade na aquisição desses componentes e também no reaproveitamento de circuitos eletrônicos descartados, algo que é mais difícil de ser viabilizado no Brasil.

Além das dificuldades logísticas, há também um desafio pedagógico importante: a ausência de uma formação tradicional na área pode gerar uma dinâmica de aprendizado diferente. Magno observa que, ao não ser um engenheiro de formação, ele se aproxima mais dos alunos, estabelecendo um ambiente de aprendizado coletivo em que o professor também se coloca como um explorador junto aos estudantes.

7.4. Integração ao Currículo

Perguntas do questionário:

- No contexto em que você exerce suas atividades, o estudo de circuitos eletrônicos está integrado aos demais conteúdos como um tópico relevante ou costuma ter um espaço mais restrito (pensando o currículo, a demanda e estímulos ao desenvolvimento de atividades)?
- No caso de não ser, você acha que deveria ter mais espaço? Por quê?

Nos contextos informais, como workshops de curta duração, a integração curricular se dá de maneira indireta, considerando cursos livres e eventos em espaços culturais e coletivos de experimentação. No caso do Parque Lage, o entrevistado conseguiu estruturar uma sequência pedagógica da sua própria maneira, criando um portfólio de cursos que abordavam eletrônica de maneira progressiva, permitindo aos alunos avançar do básico ao mais complexo. Entretanto, em sua experiência como professor de ensino superior em Portugal, se deparou com uma integração curricular já pré-estabelecida, com dependências entre disciplinas e uma estrutura mais formalizada.

7.5. Considerações finais da entrevista

A entrevista com o professor Magno evidenciou aspectos fundamentais para a compreensão do ensino de eletrônica aplicada às artes. Sua trajetória, marcada pelo aprendizado autodidata e pela atuação em diferentes contextos, reforça a ideia de que a eletrônica pode ser acessível mesmo para aqueles que não possuem uma formação técnica tradicional. Além disso, a diversidade de perfis dos estudantes que buscam esse conhecimento indica que a demanda por esse tema vai além de um nicho específico, revelando a necessidade de sua ampliação dentro dos espaços de ensino e prática musical.

Outro ponto central abordado foi a limitação estrutural enfrentada nos espaços de ensino, onde a falta de recursos e infraestrutura dificulta a implementação de cursos voltados à eletrônica em contextos artísticos. Estratégias como a compra coletiva de componentes e a adaptação de materiais demonstram como educadores precisam constantemente encontrar soluções para contornar essas dificuldades, muitas vezes sem apoio institucional adequado.

Essa realidade reforça a importância da inclusão das práticas de eletrônica no currículo dos espaços de ensino voltados para as artes. No entanto, a entrevista evidencia que essa integração ainda ocorre de forma fragmentada e depende, em grande parte, da iniciativa dos próprios educadores. O caso do entrevistado ilustra essa realidade, já que ele precisou construir esse espaço aos poucos, desenvolvendo uma sequência pedagógica própria e adaptando sua metodologia conforme as condições e limitações de cada ambiente.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho explorou a interseção entre luteria eletrônica, música experimental e ensino de eletrônica no Brasil, destacando suas potencialidades e desafios. A partir de uma breve análise histórica e de práticas que dialogam com essa temática, foi possível evidenciar como a eletrônica, aplicada ao campo musical, pode ser uma ferramenta poderosa para a criação e o ensino em diferentes contextos.

A estruturação de um método baseado em duas práticas de montagem — *Circuit Bending* com o *Brick Game* e o *Oscilador Avalanche* — permitiu uma abordagem introdutória acessível a iniciantes. No entanto, o estudo também evidenciou desafios significativos, como a falta de infraestrutura adequada em instituições de ensino e a escassez de materiais essenciais, como componentes eletrônicos e ferramentas.

Inspirado na pedagogia de Koellreutter, que valoriza a criação e a aprendizagem ativa, este trabalho se alinha a práticas como o *Circuit Bending* e o *Hardware Hacking*, destacando a importância do fazer musical como processo investigativo. A eletrônica, nesse contexto, não é apenas um meio de produção sonora, mas um caminho para desenvolver a escuta, a composição e a autonomia dos estudantes a partir da prática e da experimentação. Da mesma forma, a trajetória do professor Magno Caliman Sposito demonstra como essa abordagem pode tornar o aprendizado mais acessível e condizente com as expectativas dos estudantes. Sua entrevista trouxe contribuições valiosas para o ensino de eletrônica aplicada às artes, evidenciando que é possível transmiti-lo de forma eficaz, sem que o aspecto teórico da engenharia eletrônica se torne um obstáculo para a aprendizagem.

Além disso, mais do que adotar os instrumentos eletrônicos em sala de aula, é interessante estimular sua adoção em variados contextos. Estes, além de oferecer uma ampla variedade de sonoridades, possibilitam o desenvolvimento de atividades voltadas à escuta, ao timbre e a diferentes formas de conceber a composição musical. Além disso, o uso desse tipo de instrumento pode ainda enriquecer práticas voltadas ao estudo de harmonia e percepção, que geralmente se apoiam no uso de instrumentos acústicos, como piano, violão e percussão.

Este trabalho busca contribuir para o debate sobre o ensino de eletrônica musical no Brasil, propondo caminhos alternativos para sua implementação. Espera-se que a abordagem aqui apresentada sirva de base para futuras pesquisas e iniciativas pedagógicas, incentivando novas formas de experimentação sonora e democratizando o acesso ao conhecimento e às práticas interdisciplinares entre música e eletrônica. Considerando que a relação entre luteria eletrônica e educação musical ainda está em expansão, este estudo reforça a necessidade de

mais iniciativas que explorem suas possibilidades, pois a convergência entre arte, tecnologia e educação se revela um campo fértil para inovações e para novas formas de se pensar e fazer música.

Por fim, considero que esta pesquisa se estenderá para além da graduação e que, apesar das limitações estruturais presentes em diversos contextos de ensino e prática musical, as alternativas aqui delineadas apontam para um caminho promissor de superação.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR DE BRITO, T.** Hans-Joachim Koellreutter: ideias de mundo, de música, de educação. São Paulo: Editora Peirópolis; 2015.
- CARMO JR., J. R.** Melodia & prosódia: um modelo para a interface música-fala com base no estudo comparado do aparelho fonador e dos instrumentos musicais reais e virtuais. 2007. Tese (Doutorado em Semiótica e Linguística Geral) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/137476/Resumo_42877.pdf?sequence=1. Acesso em: 3 ago. 2024.
- CHION, M.** Guide to sound objects: Pierre Schaeffer and musical research. Paris: Éditions Buchet/Chastel; 2009.
- COLLINS, Nicolas.** *Handmade Electronic Music: The Art of Hardware Hacking*. 2. ed. New York: Routledge, 2006.
- EIMERT, H.** Grundlagen der musikalischen Reihentechnik. Wiesbaden: Breitkopf & Härtel, 1955.
- FARIA, A. M.** Koellreutter e a crítica de Andrade Muricy (1939-1951). [dissertação]. Rio de Janeiro: Universidade do Rio de Janeiro, Centro de Letras e Artes; 1997. 269 p. Mestrado em Música Brasileira.
- FONTEERRADA, M. T. O.** De tramas e fios: um ensaio sobre música e educação. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP; Rio de Janeiro: Funarte; 2008.
- GHAZALA, Reed.** Circuit bending: Build your own alien instruments. 1. ed. New York: Hal Leonard, 2005.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 62368-1:** Audio/video, information and communication technology equipment - Part 1: Safety requirements. Geneva: IEC, 2020. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/27412>. Acesso em 20 jan. 2025.
- LIMA, J. G. A.** Práticas de luteria na música experimental brasileira. 2018. 221 f. Tese (Doutorado) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MANNING, P.** Electronic and computer music. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- ROADS, C.** The computer music tutorial. Cambridge (MA): MIT Press, 1996.
- SCHAEFFER, Pierre.** In search of a concrete music. Traduzido por Christine North e John Dack. Berkeley: University of California Press, 2012. Disponível em: <https://archive.org/details/insearchofconcre0000scha>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- TEBOUL, Ezra.** The Transgressive Practices of Silicon Luthiers. In: MIRANDA, Eduardo Reck (Ed.). Guide to Unconventional Computing for Music [Internet]. Plymouth: Springer; 2017. p. 85-120. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/340981838/Guide-to-Unconventional-Computing-for-Music>. Acesso em 10 ago. 2024.
- WONG, Kerry.** BJT in Reverse Avalanche Mode. Kerry D. Wong, 2014. Disponível em: <http://www.kerrywong.com/2014/03/19/bjt-in-reverse-avalanche-mode/>. Acesso em: 15 ago. 2024.
- ZANETTA, Camila Costa.** Hans-Joachim Koellreutter em movimento: ideias de música e educação. In: XXIV Congresso Da Associação Nacional De Pesquisa e Pós-Graduação Em Música, 2014, São Paulo. Anais. São Paulo: ANPPOM, 2014.