

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E SOCIEDADE - PPGCTS**

RAYDSON ALEXANDRE TOZZO DE DEUS

**LUTERIA DIGITAL EXPERIMENTAL: MATERIAIS E PROCESSOS
DE CRIAÇÃO DE NOVOS INSTRUMENTOS MUSICAIS**

SÃO CARLOS (SP)

2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCAR
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA,
TECNOLOGIA E SOCIEDADE - PPGCTS**

RAYDSON ALEXANDRE TOZZO DE DEUS

**LUTERIA DIGITAL EXPERIMENTAL: MATERIAIS E PROCESSOS
DE CRIAÇÃO DE NOVOS INSTRUMENTOS MUSICAIS**

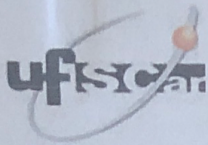
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Área de concentração: Linguagens, Comunicação e Ciência.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Nespoli

SÃO CARLOS (SP)

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Raydson Alexandre Tozzo de Deus, realizada em 27/01/2020:

Prof. Dr. Eduardo Nespoli
UFSCar

Prof. Dr. Glauber Lucio Alves Santiago
UFSCar

Prof. Dr. Adriano Claro Monteiro
UFG

Certifico que a defesa realizou-se com a participação à distância do(s) membro(s) Adriano Claro Monteiro e, depois das arguições e deliberações realizadas, o(s) participante(s) à distância está(ão) de acordo com o conteúdo do parecer da banca examinadora redigido neste relatório de defesa.

Prof. Dr. Eduardo Nespoli

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, em primeiro lugar mas não mais importante, a todos que se interessam pelo tema. Este trabalho é fruto de um programa de pós-graduação em uma universidade pública, portanto pertence à sociedade, para ser de conhecimento de todos que o quiserem. Em segundo lugar, e não menos importante, dedico à minha mãe, sem a qual eu não poderia escrever. Sem ela eu não chegaria onde cheguei e, por mais difícil que esse caminho possa ter sido, sem ela seria impossível.

AGRADECIMENTO

Deus, o Universo, consciência mãe-pai criadora da vida. Todas as suas manifestações na matéria e no espírito, minha eterna gratidão.

Agradeço cada pedra no meio do caminho, pois no meio do caminho haviam muitas pedras e cada uma delas tem seu valor simbólico para eu ser quem sou agora.

Agradeço aos trabalhadores do campo, das estradas e das fábricas, que proporcionaram que cada alimento que nunca plantei chegasse até mim.

A Universidade Federal de São Carlos, sua estrutura e professores que me proporcionaram muito aprendizado ao longo de 10 anos entre graduação e pós-graduação.

Agradeço aos professores Adriano e Glauber por aceitarem participar da defesa dessa dissertação em Janeiro de 2020. A professora Suzana, que participou da qualificação e trouxe considerações importantes. Meu professor e orientador, Eduardo, agradeço muito sua paciência e compreensão.

A cidade de São Carlos, minha Pasárgada, com seu clima ameno e oscilante. Sinto falta do frescor ao fim das tardes, das rodas de samba, de sair pra qualquer lugar e sempre encontrar uma pessoa querida, e da feira sábado de manhã em frente ao mercadão.

Agradeço aos meus amigos que sentiram minha ausência nos últimos 3 anos. Vamos nos ver em breve.

A minha melhor amiga, companheira de muitos momentos bons e melhores ainda, a Alê. Com ela não tem tempo ruim, só tempo que faz ser melhor o tempo que vem depois. Gratidão por tanta alegria e por ser, junto com a Aninha, uma família para mim.

Ao meu irmão, Renan, por ser meu apoio quando precisei.

Ao meu pai, Adão, por ser tão simples e gentil.

A minha mãe, mulher mais trabalhadora e feliz que eu conheço. Ela tem 3 empregos, trabalha de segunda a segunda e está sempre alegre. Faz tudo por seus filhos e gatos.

A gatinha Nhél, minha companhia fiel desde 2014, por sentar no meu colo e ronronar enquanto eu escrevia.

RESUMO

Esta pesquisa investiga a aproximação entre arte e tecnologia por meio do estudo dos processos criativos relacionados à luteria digital experimental. Tomando como referência os conceitos de Jogo e Aparelho a partir da teoria de Vilém Flusser, assim como o conceito de objeto aberto a partir da obra de Gilbert Simondon, o trabalho objetiva analisar os aspectos intrínsecos relacionados à criação de instrumentos musicais digitais na arte contemporânea. Os resultados assinalam que o trabalho criativo realizado pelo *luthier* de instrumentos experimentais possui caráter manual, remetendo o processo de construção a um tipo de prática artesanal que, entretanto, utiliza componentes industrializados como material preliminar. Neste contexto de criação, o *luthier* explora procedimentos de permutação de componentes eletrônicos padronizados com intuito de alcançar resultados estéticos singulares. Partindo desse jogo de combinações, o construtor de instrumentos experimentais integra arte e tecnologia em uma instância guiada pela valoração estética do objeto, adquirindo, deste modo, o ponto de abertura que lhe permite verificar o objeto tecnológico enquanto algo assimétrico, singular e ajustável aos sentidos que se deseja produzir.

Palavras-chave: Arte. Música. Tecnologia. Luteria experimental.

Abstract

This research investigates the approach between art and technology through the study of creative processes related to experimental digital lutherie. Taking into account the concepts of game and apparatus from Vilém Flusser Theory, as well as the concept of open object from the work of Gilbert Simondon, the research aims to analyse the intrinsic aspects related to the creation of musical instruments in contemporary art. The results point out that the creative work carried out by the luthier of experimental instruments has a handmade characteristic which, nevertheless, uses industrialized components as preliminary material. Within this creative context, the luthier explores permutation procedures using standard electronic components, seeking to achieve unique aesthetic results. Starting from this game of combinations, the luthier of experimental instruments integrates art and technology in an instance guided by the aesthetic valuation of the object in order to reach the opening point that allows him to comprehend the technological object as something asymmetrical, singular and adjustable to the meaning he desires to produce.

Keyword: Art. Music. Technology. Experimental Luterie.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Organologia dos IMD	35
Figura 2 – Sintetizador modular Buchla Series 100 (fonte: http://www.ufrgs.br/mvs)	37
Figura 3 – Formas de onda eletrônicas elementares (fonte: www.doccity.com).....	33
Figura 4 – Onda senoidal (fonte: https://www.electronica-pt.com/corrente-alternada)	40
Figura 5 – Exemplo de digitalização da forma de onda (HOLMES, 2012, p. 298)....	44
Figura 6 – Exemplo de formas de onda moduladora, portadora e frequência resultante em síntese AM.....	45
Figura 7 – Esquema básico de síntese FM	46
Figura 8 – Formas de onda portadora, moduladora e frequência resultante em síntese FM.....	46
Figura 9 – Resolução e taxa de amostragem (fonte : www.horusmusic.global/)	52
Figura 10 – CsoundQt (fonte: https://csoundqt.github.io/).....	67
Figura 11 – Scide (fonte: http://doc.sccode.org/Guides/SCIde.html).....	68
Figura 12 – Exemplo de patch em PD (fonte: http://write.flossmanuals.net/pure-data-portugues/o-que-e-audio-digital/).....	69
Figura 13 – <i>Noisebox</i>	93
Figura 14 – <i>Zin</i>	98
Figura 15 – <i>RAKS</i>	101
Figura 16 – <i>Impulse Wand e Tactile Interface</i>	104

LISTA DE SIGLAS

PD – Pure Data

IMD – Instrumento Musical Digital

IMDs – Instrumentos Musicais Digitais

CPU – *Central Processing Unit*

PLOrk – Princeton Laptop Orchestra

VCO – *Voltage-Controlled-Oscillator*

Hz - *Hertz*

AM – *Amplitude Modulation*

FM – *Frequency Modulation*

ADSR – *Attack, Decay, Sustain, Release*

GRM – *Groupe de Recherches Musicales*

RTF – *Radiodiffusion-Télévision Française*

NDWR – *Nordwestdeutscher Rundfunk*

DSP – *Digital Signal Processor*

EDSAC – *Electronic Delay Storage Automatic Computer*

DAC – *Digital-to-Analog Converter*

GROOVE – *Generated Real-time Output Operations on Voltage-controlled Equipment*

ICMA – *International Computer Music Association*

ICMC – *International Computer Music Conference*

CMOS – *Complementary Metal Oxide Semiconductor*

PC – *Personal Computer*

MIDI – *Musical Instrument Digital Interface*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

LGPL – *Lesser General Public License*

IDE – *Integrated Development Environment*

GPL – *General Public License*

BSD – *Berkeley Software Distribution*

IRCAM – *Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*

DIY – *Do It Yourself*

NIME – *International Conference on New Interfaces for Musical Expression*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1 – SOBRE LUTERIA DIGITAL E O CONTEXTO DA PESQUISA.....	5
1.1 As Novas Correntes Estéticas e As Práticas de Construção dos Próprios Instrumentos.....	5
1.2 Luteria Eletrônica Digital.....	9
1.3 Objetos abertos.....	13
1.4 Os IMDs Experimentais e a Relação com o Conceito de Caixa Preta.	19
1.5 Instrumentos e Aparelhos Sonoros Segundo Vilém Flusser.....	23
1.6 Aprofundando a questão da Caixa Preta na Luteria Experimental	27
1.7 A Questão da Caixa Preta na Luteria Experimental	29
CAPÍTULO 2 – ASPECTOS UNIVERSAIS DA FUNCIONALIDADE DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS ELETRÔNICOS.....	33
2.1 Sistema de geração sonora: síntese.....	36
2.2 Ondas Elementares, Espectro e Parâmetros Sonoros em meio Eletrônico	40
2.3 Síntese Sonora de Ondas Complexas	42
2.4 Sistema de Geração Sonora: Amostragem	48
2.5 Sistema de Geração Sonora: Processamento	53
2.6 O Estúdio Eletroacústico: Convergência e Consolidação de Sonoridades	54
2.7 Do Estúdio Eletroacústico ao Chip DSP: Computação Musical	59
2.8 Hardware e Software na Luteria Digital	64
2.9 Música Computacional e Interfaces Digitais	70
2.10 Programação Digital para a Criação Sonora	72
2.11 Mapeamento	74
CAPÍTULO 3 - CONSTRUINDO MÁQUINAS SINGULARES A PARTIR DE COMPONENTES E PROCEDIMENTOS UNIVERSAIS	76
3.1 A Luteria Experimental no Início do Século XXI e a Teoria de Vilém Flusser.....	80
3.2 O Jogo na Luteria	90
3.3 Noisebox	92

3.4 Zin	97
3.5 RAKS	100
3.6 Harmonic Wand	103
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS	115

INTRODUÇÃO

Este é um trabalho sobre luteria digital experimental que versa sobre a prática de criação e construção de instrumentos musicais digitais em uma abordagem que engloba o *design* técnico e tecnológico, portanto científico, à dimensão estética da música experimental. Tal ligação entre os aspectos tecnológicos e estéticos é realizada por meio de uma analogia entre o processo de luteria de instrumentos musicais digitais e a noção de *aparelho* e *jogo*, de acordo com a proposta teórica de Vilém Flusser (1967; 1985; 2008). Além disto, trabalhamos com o conceito de *objeto aberto* proposto por Simondon (2014), buscando evidenciar elementos intrínsecos do processo criativo referente à luteria digital. Compreender o processo criativo da luteria digital experimental nos campos tecnológico e estético estabelecendo a ligação entre ambos é objetivo deste trabalho. Para tanto, a metodologia consiste em abordar teoricamente o processo de luteria digital experimental a partir dos conceitos supracitados, investigados nas obras de Simondon e Flusser. Pretende-se com este trabalho contribuir para a compreensão das obras em música experimental enquanto uma espécie de artesanato tecnológico, cujas características incorporam tanto conhecimentos científicos quanto artísticos.

Essa temática é fruto do meu processo de formação educacional e experiências vivenciadas como artista interessado na criação musical experimental. Antes de fazer uma graduação em música passei por formação profissional básica de eletricista de manutenção e trabalhei no setor de manutenção e projetos durante 4 anos. Essa experiência ecoou anos mais tarde, durante a graduação, ao perceber que conhecimentos que havia adquirido em função da formação profissional técnica eram úteis na criação de instrumentos musicais eletrônicos analógicos e digitais no Laboratório de Construção de Instrumentos Muscais da Universidade Federal de São Carlos, ao qual me vinculei como bolsista pelo Projeto Aquarpa e orientando de iniciação científica. Nesse contexto, pude vivenciar a coexistência entre conhecimento científico aplicado e a experimentação, elementos lógicos com funcionamento exato, preciso, mensurável em relação direta com a improvisação e a intuição.

Considerando o objetivo de investigar a prática de criação dos próprios instrumentos musicais, os desdobramentos teóricos realizados nesta dissertação foram concretizados através da pesquisa bibliográfica em referências adquiridas ao

longo do curso de mestrado, suas disciplinas, e orientações. O primeiro desdobramento teórico é a concepção dos processos de luteria digital experimental enquanto *jogo* e a relação dos instrumentos musicais digitais com o conceito de Aparelho, segundo a perspectiva de Vilém Flusser (1967; 1985; 2008). O segundo desdobramento é a concepção do instrumento musical digital experimental enquanto *objeto aberto*, segundo Gilbert Simondon (2014).

Do primeiro desdobramento, surge as relações inerentes ao conceito de Aparelho dentro da teoria de Flusser, como o conceito de Jogo e seus elementos: repertório, estrutura, competência e universo. Aplicar essas noções é parte da metodologia deste trabalho, cujo objetivo é estudar objetos produtos da luteria digital experimental sob a luz desses conceitos. Desse modo, o método pelo qual atingimos ao objetivo, consiste do entendimento dos conceitos de Flusser sobre os aparelhos para aplicá-los analiticamente nos Instrumentos Musicais Digitais (IMDs), portanto uma pesquisa teórica na bibliografia de Flusser que trata sobre o tema para analisar e comparar com IMDs produzidos no contexto da luteria digital experimental. Considerando a ausência de algumas correlações entre as ideias de Flusser e o fator criativo por parte do artista que projeta, constrói e utiliza seus próprios IMDs, complementamos a abordagem metodológica desse trabalho, em um segundo desdobramento teórico, com o conceito de Objeto Aberto de Simondon (2014) visando ampliar o entendimento dos IMDs no contexto atual, denominado de Pós-industrial pelo autor.

Investigamos a prática da luteria digital experimental, inserida no campo da música experimental, como parte integrante do processo criativo que visa singularizar uma ideia particular ou modo de como os sons podem acontecer. Nesse contexto, artistas buscam por métodos particulares de geração e controle do som e a luteria digital, consolidada a partir da década de 1990 com o aprimoramento das ferramentas digitais, é um dos métodos de criação musical recorrentes nesse campo, surgindo então uma mescla entre criação artística e criação tecnológica, onde os artistas, para atingirem o objetivo de criar situações singulares de expressão sonora e interação, servem-se de tecnologias como computadores, placas de som, linguagens de programação, eletrônica, e a interconexão entre os

mais variados dispositivos, gerando instrumentos musicais totalmente novos. Foram pesquisadas algumas bases de dados específicas sobre o tema, como o repositório da Conferência Internacional sobre Novas Interfaces para Expressão Musical (*International Conference on New Interfaces for Musical Expression* - NIME) e o repositório da Associação Internacional de Música Computacional (*International Computer Music Association* - ICMA), que organiza a Conferência Internacional de Música Computacional (*International Computer Music Conference* – ICMC).

Ambos repositórios agregam grande diversidade de trabalhos dentro dessa temática. Selecionamos alguns trabalhos pertinentes a luteria digital experimental para aplicar os conceitos de Flusser e Simondon. Nesse contexto particular de criação tecnológica, que foge ao escopo da indústria, colocamos as teorias de Flusser e Simondon em debate, buscando extrair uma síntese que proporcione um entendimento das questões éticas, estéticas e epistemológicas que circulam o tema. Para chegar a essa síntese, esta dissertação foi composta de quatro capítulos.

O primeiro capítulo contextualiza a luteria digital experimental, suas vertentes estéticas e principais características, delimitando assim, o tipo de instrumento musical digital que trataremos, bem como seu contexto de atuação. Na sequência, os principais conceitos teóricos de Flusser e Simondon são apresentados e debatidos no contexto da luteria digital experimental.

No segundo capítulo, os aspectos universais da funcionalidade dos instrumentos eletrônicos são apresentados e contextualizados no campo da música experimental, incluindo, além de elementos conceituais teóricos sobre síntese sonora, amostragem e processamento, as convergências e consolidações da sonoridade eletrônica que culminam na computação musical e na criação musical através elaboração de sistemas sonoros digitais por meio de linguagens de programação. Esse capítulo enfatiza a mudança entre tecnologias e procedimentos que foram incorporados da música eletroacústica de estúdio pelas ferramentas computacionais digitais, de modo que muitas funções utilizadas nos estúdios eletroacústicos precursores da estética experimental estão presentes nos instrumentos musicais digitais experimentais de agora.

No terceiro capítulo relacionamos os conceitos de Flusser e Simondon com instrumentos musicais digitais pesquisados, buscando demonstrar por meio de exemplos, o efeito de singularização gerado através do jogo com os componentes e procedimentos descritos no capítulo 2, nos instrumentos musicais digitais criados no contexto experimental. Quatro instrumentos musicais digitais são apresentados como exemplos a saber: Noisebox (2015), Zin (2010), RAKS (HSU; KEMPER, 2015) e *Harmonic Wand* (ROBERTSON; DAHL, 2018).

No quarto capítulo são feitas as considerações finais da dissertação, trazendo a ligação entre arte, ciência e tecnologia no contexto da luteria digital. Tais ligações são baseadas nas teorias de Flusser e Simondon, principalmente pela noção de Jogo na obra de Flusser (1967, 1985) e de objeto aberto na obra de Simondon (2014). Nesse contexto, a luteria digital é vista enquanto jogo, que se aplica também à utilização do instrumento, e tal instrumento é visto como objeto aberto, e sua concepção como desdobramento da mentalidade técnica.

CAPÍTULO 1 - SOBRE LUTERIA DIGITAL E O CONTEXTO DA PESQUISA

Ao tratar sobre luteria, adentramos ao campo da concepção e construção de instrumentos musicais. Por ser luteria digital, o assunto que investigamos, abordamos instrumentos musicais que produzem sons através de síntese computacional. Mas ainda há o que delimitar, pois não é todo tipo de instrumento musical digital que investigamos aqui. Tratamos dos instrumentos musicais digitais experimentais, por isso contextualizamos a seguir as correntes estéticas em que são desenvolvidos tais instrumentos.

Delimitado o contexto da pesquisa, avançamos para a compreensão de certos aspectos da luteria digital experimental dentro das teorias Simondon e Flusser, buscando conectar essas teorias para criar base argumentativa para debater a singularização dos instrumentos por meio da permutação dos elementos técnicos, tecnológicos e estéticos que compõem o jogo com a luteria digital experimental.

1.1 As Novas Correntes Estéticas e As Práticas de Construção dos Próprios Instrumentos

O ambiente no qual se insere a prática de luteria digital como abordada aqui, é composto por várias correntes estéticas, como *computer music*, *live electronics*, *live coding*, *sensor based music*, além de outras formas de expressão que extrapolam o conceito de música, como arte sonora, instalações sonoras, esculturas sonoras, entre outros tipos de performances ou métodos composicionais que articulam a tecnologia de computação de dados para agregar novas interfaces aos métodos de geração e transformação peculiares do meio digital. Nesse contexto é facultado ao *luthier* digital a escolha sobre o modelo estético que motiva a criação de seu sistema.

Tais práticas são reconhecidas como experimentais, pois sugerem modelos estéticos não pautados em padrões estabelecidos, onde, tanto as características de produção quanto de controle de som, bem como seus aspectos performativos, não são regidos por modos consolidados pela tradição musical, e, em alguns casos inéditos, ou com poucos casos similares documentados. No contexto experimental, o

enfoque é dado à singularidade da ideia e do propósito geral da obra, que em si, pode ser subjetivado omnidirecionalmente, em múltiplos aspectos que influenciam a obra, sua compreensão e significação. A notação musical, a identidade da obra e seus processos de criação seriam alguns desses vetores, para falar somente alguns.

A notação musical experimental abriu espaço para a interpretação e subjetividade de interpretação dos símbolos. No lugar de padronizar símbolos que seriam universais para todos os que conhecem tal simbologia, no experimentalismo, a notação musical passou a servir como guia com maior abertura à subjetivação da interpretação dos códigos (NYMAN, 1999, p. 6 – 30).

As composições e performances experimentais tendem a apresentar uma identidade decorrente de sua concepção particular, em um aspecto dissoluto entre obra e seu processo criativo. Tal processo refere-se ao modo particular de produção sonora, ou uma situação específica onde os sons podem ocorrer. Os processos experimentais podem abranger lógicas que incluem probabilidade, aleatoriedade e acaso, por exemplo. Os processos também podem envolver pessoas, ressaltando a subjetividade através dos resultados diferentes para o mesmo sistema em interação com diferentes pessoas. Os processos também podem ser contextuais e trazer elementos que dependem de condições imprevisíveis e de variáveis que surgem de dentro da continuidade musical (NYMAN, 1999, p. 6 – 30).

Enfim, os processos experimentais também podem ser eletrônicos, e, à nossa época, digitalmente informatizados. Nesse tipo de processo, a experimentação ocorre com componentes eletrônicos, aparelhos eletroeletrônicos, sejam tecnologias em desuso que são revividas pra a produção de som, ou mesmo tecnologias avançadas com grande complexidade de implementação. Nesse bojo estão alguns dos trabalhos que relacionamos e analisamos nesta dissertação. Nem todos os processos de criação musical experimental com recursos eletrônicos envolvem a criação de instrumentos musicais, portanto, estamos falando aqui de um pequeno recorte, os instrumentos musicais digitais experimentais. Tal recorte já é, em si, um enorme campo de observação com muita diversidade para ser pesquisado.

Em decorrência da grande variedade de obras existentes e documentadas sobre novos instrumentos musicais eletrônicos experimentais, realizamos um recorte

segundo alguns critérios. Os critérios estabelecidos para selecionar os IMDs foram:

1) Possuir um sistema de geração sonora produtor de sonoridades eletroacústicas através dos procedimentos de síntese, (ou) amostragem e (ou) processamento, com linguagens de programação de que permitem o desenvolvimento de sistemas geração sonora digitais, *softwares* como Pure Data, Max MSP, e Supercolider.

2) Possuir novas interfaces, inventadas ou conjugadas pelos próprios criadores dos IMDs, proporcionando novas formas de interação com a produção de som.

3) O conjunto formado pelo sistema de geração sonora e interface deve apresentar claramente entradas de informação (*input*), com as quais o músico interage, e saída de som (*output*), portando assim, um sistema dialógico propício para composição ou performance de música experimental.

Observando tais critérios, buscamos determinado tipo de IMD produtor de sonoridades eletroacústicas, embora as correlações teóricas feitas neste capítulo e no capítulo 3 possam ser esboçadas também em uma concepção mais abrangente instrumento musical, incluindo artefatos que estariam fora dos critérios acima, e incluindo também instrumentos eletrônicos que, embora atendam aos critérios acima, possuem sistemas musicais definidos dentro do sistema temperado de 12 notas. Adotamos tais critérios para tornar mais objetiva e propícia a análise desenvolvida nesta dissertação, que visa situar instrumentos musicais digitais dentro da teoria de Flusser. Nesse sentido, o sistema musical temperado e pautado na correlação abstrata entre nota e signo, que se impõe em instrumentos musicais acústicos tradicionais não é adequado para comparação com a teoria de Flusser. Isso porque o autor dedicou parte de sua obra buscando elucidar questões intrínsecas referentes ao surgimento da máquina fotográfica enquanto suporte de informações visuais e compreendemos que a tecnologia análoga no campo sonoro seja o Fonógrafo. O fonógrafo, mas também os discos, a fita magnética, os sintetizadores e atualmente os sistemas digitais de som, são as tecnologias musicais que produziram absoluta transformação nos modos de realização musical, e que ocupam posição semelhante à dos suportes visuais como a fotografia, o cinema e o

vídeo digital. Além disto, compreendemos que a produção musical eletroacústica e experimental é propícia para estabelecer esse paralelo entre a teoria de Flusser aplicada a imagem e os meios produtores de som, uma vez que tais vertentes artísticas trabalham diretamente com a manipulação das oscilações obtidas a partir de suportes que podem ser compreendidos enquanto aparelhos, de modo similar à concepção de Flusser acerca da câmera fotográfica.

Além dos critérios adotados para escolher os IMDs analisados no capítulo 3, uma das principais características presentes nos IMDs em geral é a utilização de sistemas computacionais na criação desses artefatos, de modo que todo o processo de criação circula em torno da agregação *gadgets* físicos (*hardware*) e virtuais (*software*) ao sistema.

Por serem baseados na tecnologia computacional, os IMDs possuem algum tipo de conexão com uma CPU, seja encapsulada com o sistema de controle, como no trabalho de Sullivan (2015), onde usa o pequeno computador *Raspberry Pi* em uma caixa com sensores acoplados; ou separada, porém mantendo uma comunicação com a interface, como o instrumento Zin de Patrício (2010), que usa o Arduino para enviar sinais de sensores para o computador onde há um sistema programado em Pure Data que recebe os dados para produção e controle das sonoridades do seu instrumento.

Em alguns casos, os IMDs são criados em computador e são utilizados com suas interfaces nativas (monitor, teclado, *mouse*, *webcan*), como no trabalho desenvolvido pela Princeton Laptop Orchestra (PLOrk) (TRUEMAN, 2007). Em outros casos, o controle não é exatamente exercido, uma vez que são totalmente ou parcialmente automatizados, como no trabalho de Lindborg (2017), que utiliza dados de sismógrafos para o processo de sonificação, enquanto o público interage com esses sons através de sensores espalhados no espaço.

Todo IMD Deve necessariamente ter uma *saída* sonora, seja por meio de alto-falante embutido ou através de conector de áudio que envia o sinal para um sistema de som. Mesmo dentro desses parâmetros, as possibilidades de criação de novos instrumentos são vastas, tanto em questão de interface de controle quanto em questão de geração sonora. Há uma enorme variedade de recurso e técnicas que a

criatividade humana pode concretizar. Assim, destacamos que, nos processos de criação de IMDs existem um jogo com os elementos possíveis de serem combinados para formar um sistema singular. Assim, cada escolha ao programar um instrumento tende a configurar as possíveis relações que serão estabelecidas quando o instrumento musical for tocado.

Por essa razão, enxergamos os processos da luteria digital experimental como processos artísticos, onde o próprio código (o *software* criado) tende a ser uma obra de arte em si, pois agrega, além de conhecimento científico, intenções estéticas.

Conforme descreveremos adiante, há uma aproximação entre questões específicas da luteria digital experimental, a abordagem teórica desenvolvida pelo filósofo Vilém Flusser sobre a relação simbiótica humano-aparelho e a proposição de Simondon (2014) sobre os objetos pós-industriais. A ideia principal circula em torno da hipótese de IMDs serem analisados através do conceito de *aparelho* nos termos descritos por Flusser e como *objeto aberto* na proposta de Simondon. Dessas relações desdobram-se outros temas que vão desde a observação dos processos de criação dos IMDs até a performance artística propriamente dita, bem como a relação entre esses dois momentos. No primeiro momento os artistas criam e programam seus próprios IMDs para estabelecerem, posteriormente, relações corporais, sensoriais e performáticas. Essas relações dão ao músico e *luthier* digital o *feedback* necessário para realizar atualizações em seu sistema.

1.2 Luteria Eletrônica Digital

Neste tópico buscamos definir para o leitor sobre qual tipo de luteria digital que essa dissertação versa, bem como seu contexto de produção e principais características que a distinguem de outras possíveis concepções de naturezas terminológicas e práticas.

Luteria digital é o termo adotado para designar o conjunto de práticas e procedimentos em torno da criação de instrumentos musicais digitais. O uso do termo remete ao ofício tradicional de *luthier*, profissional que constrói e provê manutenção em instrumentos musicais acústicos. Essa correlação já foi feita por

alguns autores (MONTEIRO 2012; JORDÀ 2005) que apontam semelhanças e distinções entre esses campos, das quais elencamos algumas. Ambos os tipos de luteria se assemelham com o fato de lidarem com meios de geração sonora e seus respectivos aspectos de controles paramétricos. Entretanto, divergem dentro desses aspectos, em características peculiares dentro de cada uma dessas ações (produzir e controlar sons).

A principal diferença entre a luteria de instrumentos acústicos e a luteria de instrumentos digitais está no tipo de tecnologia intrínseca a cada meio. Enquanto a luteria acústica se organiza em torno de princípios mecânicos e faz uso de materiais cinéticos, a luteria digital utiliza princípios da eletrônica e da computação como elementos principais. O *luthier* de instrumentos acústicos deve dominar o trabalho com materiais como madeira, tubos plásticos, metal, cordas, palhetas, etc. Enquanto o *luthier* de instrumentos eletrônicos deve dominar a combinação lógica de circuitos, componentes eletrônicos e linguagens de programação.

As ferramentas cognitivas e habilidades são diferentes também. Na luteria acústica deve-se conhecer sobre propriedades de ressonância dos materiais envolvidos na geração e propagação do som, a geometria adequada em cada caso, tensionamento de materiais em condições específicas, acústica. Habilidades de marcenaria, acabamento (pintura, verniz, entalhe), entre outras, tendendo a variar de acordo com a especialidade de cada *luthier*. Já na luteria eletrônica digital, as habilidades são relacionadas com o uso de determinadas tecnologias, como as linguagens de programação para áudio, acústica, matemática e seus desdobramentos dentro das linguagens de programação, isto é, como transformar em códigos compreensíveis pelo sistema os conceitos da matemática e da acústica que embasam o desenvolvimento de tal sistema de geração sonora. Em determinados casos, entram em consideração as noções sobre acabamento e disposição estética e ergonômica dos materiais. Conhecimentos e habilidades no campo da eletrônica, como soldar e configurar circuitos eletrônicos, sensores e componentes diversos também são comuns em trabalhos deste campo.

A criação de IMDs é um procedimento que requer conciliar conhecimentos de áreas diversas e esse conjunto de saberes é singular em cada trabalho verificado no

processo de pesquisa que conduziu esta dissertação. Verifiquei nos trabalhos lidos durante a pesquisa que conhecimentos sobre linguagens de programação, protocolos de comunicação, física, acústica e eletrônica estão presentes em todos os trabalhos nesse contexto, variando em nível de complexidade e equipe envolvida. Porém, alguns princípios básicos, que serão abordados no capítulo 2, possibilitam a categorização de tais instrumentos de acordo com o tipo de sistema de geração sonora ou de interface aplicado em cada caso.

Jordà (2005) descreve certos princípios dos IMDs partindo de uma relação com a geração sonora nos instrumentos musicais acústicos e as formas como são controlados os parâmetros sonoros nesses instrumentos. O autor justifica que o conceito de instrumento musical digital é relativo ao conceito de instrumento de uma forma geral e traz os argumentos da literatura sobre organologia e taxonomia dos instrumentos musicais acústicos para que seja então delimitado o que é um instrumento musical, e dessa noção básica expande sua aplicação para o domínio digital, evidenciando a ampliação de certos aspectos da geração e do controle sonoro nesse meio.

Para Jordà (2005), a luteria digital é uma atividade que remete ao trabalho artesanal do *luthier* de instrumentos acústicos, porém, suas especificidades conduzem ao aprimoramento dos procedimentos lógicos envolvendo as tecnologias de criação nesse contexto. Deste modo, a luteria digital consiste em projetar e desenvolver IMDs que, organologicamente, não dependem diretamente das características físicas de materiais vibrantes, mas da organização lógica de procedimentos de síntese sonora em linguagens computacionais e suas interconexões com interfaces de controle diversas.

Contudo, existem fatores relacionados à prática de criar instrumentos musicais que aproximam o *luthier* acústico do *luthier* eletrônico. Um fator é a artesanidade, como apontado em Lima (2018, p. 23) acerca da luteria experimental, uma vez que esta prática envolve a criação de instrumentos musicais a partir de “matérias-primas e modificação de objetos existentes”. Outro fator é o empirismo consistente da contínua experimentação e aperfeiçoamento, que vem da observação das relações de causa e efeito que ocorrem nos mecanismos produtores

e controladores de som. Esse fator também é observado por Patrício (2010, p. 46) no âmbito da luteria eletrônica digital.

Na luteria eletrônica é imprescindível saber controlar recursos computacionais, dispositivos e componentes eletrônicos, pois são meios próprios para geração e controle sonoro nesse contexto. Esses meios são relativos ao tipo de energia utilizado na geração sonora. Nos instrumentos musicais acústicos é imprescindível a existência de energia mecânica para fazer vibrar algum tipo de material elástico, que, por sua vez, faz vibrar o ar. Nos instrumentos eletrônicos, seus componentes e sua arquitetura lógica são responsáveis por modelar as características de oscilações de corrente elétrica, que são responsáveis por fazer vibrar os alto-falantes de um sistema de som, e esses fazem vibrar o ar mecanicamente.

Em relação ao princípio da geração sonora, os instrumentos musicais eletrônicos são categorizados em analógicos ou digitais. Ambos os princípios de produção sonora geram sinal de áudio elétrico, mas a origem desse sinal difere em cada meio. Os sistemas de geração sonora analógicos operam transformando corrente elétrica em sinal de áudio elétrico através de circuitos eletrônicos. Já os sistemas digitais, operam decodificando algoritmos para criar oscilações a partir dos microprocessadores de áudio digital.

Nos IMDs, algoritmos orientam os *chips* processadores a sintetizar som que é posteriormente propagado pelos alto-falantes. A síntese sonora computacional é uma operação executada por *hardware* e orientada por *software*. Portanto, desenvolver sistemas de síntese sonora por computador depende diretamente do domínio de linguagens computacionais. A variedade de procedimentos técnicos possíveis através das tecnologias computacionais é extensa e constitui um repertório muito amplo de assuntos para serem estudados. Por esta razão, em alguns projetos, equipes interdisciplinares são mobilizadas em função de agrupar diversos procedimentos de alta complexidade.

Alguns procedimentos da luteria eletrônica são baseados em expressões matemáticas para a criação de algoritmos para diversos fins, bem como teorias da acústica e da psicoacústica. Em outra perspectiva, também é possível utilizar alguns

algoritmos sem o requisito conhecer profundamente os conceitos científicos que o embasam. A razão disso é a disponibilidade de algoritmos que muitos artistas compartilham em comunidades virtuais¹ sobre seus trabalhos para serem replicados ou modificados por outros que se interessem sobre o tema.

Toda essa carga conceitual e científica aplicada na criação dos IMDs objetiva o desenvolvimento de dois aspectos proeminentes que orientam a luteria digital: qual som produzirá um IMD (*output*) e como esse som será acionado (*input*). Ambas as questões referem-se a estrutura intrínseca aos instrumentos musicais eletrônicos que será tratada no capítulo 2.

1.3 Objetos abertos

Além desta distinção preliminar, pode-se destacar elementos de natureza procedimental que determinarão relações e processos absolutamente diferentes entre o contexto artesanal e o contexto industrial. Um destes elementos refere-se ao fato de que o processo industrial se baseia, na separação entre o engenheiro, o técnico e o músico, o que, a rigor, não existe nos processos de luteria digital artesanal que investigamos nesta pesquisa.

Assim, a separação entre processos que tipifica o contexto industrial não aparece no contexto artesanal. O artesão é construtor e também reparador. O *luthier* de instrumentos musicais acústicos nos serve de exemplo, pois constrói os instrumentos musicais de sua especialidade e também é reparador desses instrumentos. Porém, essa relação não acontece no contexto industrial de produção. O Inventor (engenheiro) não é o reparador ou construtor de sua invenção. Contudo, existem diferenças que devem ser consideradas entre a luteria digital experimental da qual tratamos nesta dissertação e as práticas artesanais.

Na perspectiva artesanal, a relação do homem com a natureza, desde a escolha dos materiais à elaboração dos artefatos, é uma relação imediata. O artesão organiza o material de uma maneira nova, mas o material permanece muito próximo

1 Comunidades: Pure Data (<https://puredata.info/community>); Csound (<https://csound.com/community>); Supercollider (<https://github.com/supercollider/>).

do seu estado natural, isto é, como é encontrado na natureza (couro e madeira, por exemplo). Assim, o trabalho artesanal remete ao estado pré-industrial, demandando pouca transformação do material até chegar ao processo de criação do artefato (SIMONDON, 2014).

Nesse sentido, o processo diretamente artesanal de produção, tal qual se apresentava no período pré-industrial, é raro, e não pode ser diretamente comparado com os procedimentos desenvolvidos no contexto das sociedades industrializadas contemporâneas, que demandam, não somente grandes quantidades de produtos e objetos manufaturados, como também estados da matéria impossíveis de alcançar com o corpo humano e com a ferramenta, em razão de condições de temperatura, pressão, reações físicas e manuseio das condições (*ibidem*).

No caso específico da luteria digital, não há como negar que a matéria-prima é composta por peças específicas que foram produzidas em contexto industrializado, como componentes eletrônicos, placas de prototipagem, ferramentas específicas e também softwares. Entretanto, no processo criativo da luteria experimental, tais elementos passam por jogos de combinatória que incorporam uma certa noção de trabalho manual realizado pela descoberta de aspectos singulares, uma vez que não se objetiva uma produção em série. Assim, os componentes industrializados utilizados não servem a um projeto de reprodutibilidade, mas são utilizados à revelia na busca do novo.

Para Simondon (2014), quando a força humana é substituída pela força da máquina o trabalho deixa de ser artesanal. O autor nos fornece o exemplo da vidraria como sendo artesanal quando o vidreiro sopra com seu próprio fôlego o quartzo derretido, e industrial quando utiliza a força do compressor para expandir o material. Assim, o que diferencia o processo artesanal do industrial, segundo Simondon, foi a dissociação entre a fonte de energia e informação:

A indústria surge quando a fonte de informação e a fonte de energia se separam, o Homem não mais sendo fonte somente de informação, e demandando à Natureza o fornecimento de energia. A máquina se distingue da ferramenta no sentido em que ela é um relé: tem duas entradas distintas, a de energia e a de informação; o produto fabricado

por ela é o efeito de uma modulação dessa energia por essa informação, exercido sobre uma matéria útil. Na ferramenta, em mãos, a entrada de energia e a entrada de informação se confundem ou, ao menos, sobrepõem-se particularmente (SIMONDON, 2014, p.145).

Sendo assim, conclui-se que o trabalho totalmente artesanal é praticamente impossível de ser concebido nas sociedades industrializadas, em vista do grande contingente de material e componentes técnicos produzidos industrialmente que, servindo de matéria-prima, influenciam outras redes de produção. Assim, na modernidade, o ofício exercido por um *luthier* de instrumentos musicais eletrônicos, também se encontra associado ao uso de materiais de produção previamente processados industrialmente.

Contudo, segundo Simondon (*ibidem*), é possível encontrar alguma equivalência com aspectos do processo artesanal mesmo quando se utiliza materiais industrializados quando o inventor atua também como construtor e operador de suas próprias invenções. Nesta condição, tanto a energia quanto a informação são provenientes de uma mesma fonte que é, essencialmente, humana. Assim, o criador de instrumentos digitais experimentais, apesar de utilizar componentes industrializados em seu processo, ainda prescinde de uma condição de unidade, na medida em que ele mesmo atua com sua energia sobre os materiais informando-os por meio de permutações e conexões. O fato de trabalhar com componentes industrializados não impede, neste sentido, que ele utilize a energia de seu corpo e seu conhecimento para modelá-los logicamente.

Nessa direção, Simondon (2014, p. 145) sinaliza que “a imagem do Infortúnio do inventor surgiu no mesmo momento em que apareceu a imagem da desumanização do operário, ela é seu negativo e provém da mesma causa”. A segmentação do trabalho na indústria faz com que haja separação entre engenheiro, técnico e operador. Cada um se ocupa exclusivamente com sua função e se abstém de participar amplamente do processo, e assim, de compreendê-lo em sua totalidade.

É neste sentido que pensamos haver diferenças marcantes entre o processo puramente industrial e o processo experimental realizado em contexto artístico. Na perspectiva industrial, IMDs são fabricados segundo uma necessidade de mercado.

Os sintetizadores digitais produzidos em larga escala, cujo *design* muitas vezes simula instrumentos musicais acústicos, tanto em relação aos padrões de timbre e afinação quanto em relação à interface de controle, como baterias digitais, saxofones digitais, pianos digitais, dentre outros, são produzidos segundo uma técnica de mercado que objetiva a reprodutibilidade de modelos e adequação a um gestual já consolidado. Esses instrumentos são fabricados massivamente para atender a uma demanda mercadológica, e por isto se baseiam em elementos de gesto e performance que foram transferidos dos instrumentos acústicos para as interfaces eletrônicas. O foco, neste caso, não está em gerar processos experimentais e produtos singulares. A produção do objeto é fragmentada em segmentos especializados. Nessa lógica, os construtores dos instrumentos não dominam o processo de criação total, somente suas respectivas etapas, nem tampouco são em si construtores e músicos simultaneamente.

Por outro lado, nos processos artísticos que analisaremos, os IMDs são criados por artistas individualmente ou coletivamente sem a necessidade de impor um padrão para a interface de controle, um timbre reconhecível para o sistema de geração sonora, ou mesmo, produzir alturas sonoras definidas dentro do temperamento ocidental de 12 notas. Neste segmento, o construtor do instrumento é seu reparador e também seu usuário. Embora não se relacione com materiais em seu estado natural, e suas ferramentas sejam predominantemente industrializadas, os processos realizados pelo luthier digital evocam um artesanato conceitual que articula componentes industriais em função de criar um objeto técnico novo.

Deste modo, podemos afirmar que os objetos técnicos desenvolvidos na perspectiva da luteria digital experimental se assemelham com o conceito de objeto aberto e pós-industrial descrito por Simondon (2014). Neste sentido, o autor afirma que nesta situação se encontra “todo objeto que pode ser melhorado, adaptado, mantido em estado de perpétua atualidade” (*ibidem*, p. 146), oferecendo resistência ao processo de obsolescência. Os IMDs criados na perspectiva artesanal são inventados por seus próprios construtores que aprimoram seu desenvolvimento e possuem a capacidade de manter seu novo objeto adequado às suas próprias exigências, bem como dar significado aos objetos que perdem sua essência frente a

inflação da obsolescência, que atinge até mesmo a parte mais sutil do complexo informacional dos objetos técnicos, que são seus *softwares*.

Segundo Simondon (2014, p. 154) objeto aberto permitiria a preservação de sua estrutura permanente, que deveria ser mais próxima possível da indestrutibilidade, assim como ser composto por uma camada que flexibiliza a agregação de partes móveis que podem ser ajustadas ou terem suas funcionalidades ampliadas. A estrutura, segundo o autor, seria formada por duas camadas, uma estável e permanente; e outra, flexível e variável:

Aí está o ponto chave: o objeto técnico pós-industrial é a unidade de duas camadas de realidade: uma camada tão estável e permanente quanto for possível, que adere ao usuário e é construída para durar; uma camada podendo ser perpetuamente substituída, mudada, rejuvenescida, porque é feita com elementos semelhantes, impessoais, produzidos em grande número pela indústria e difundidos por todas as redes de troca. A participação na rede é o meio pelo qual o objeto técnico continua sempre contemporâneo de sua utilização, sempre novo (SIMONDON, 2014, p.154).

É justamente por essa flexibilidade lógica entre partes que interagem em um IMD que a luteria digital de caráter experimental é preferível em contextos artísticos onde se busca novas formas de expressão musical. Nesses contextos, os IMDs industrializados não suprem a necessidade dos artistas de disporem de sistemas abertos que se comuniquem com interfaces muito particulares, em alguns casos inventadas. Por isso a necessidade de criar os próprios IMDs e assim atingir novos patamares de relação com os objetos técnicos torna-se, neste contexto, elemento focal do processo criativo.

Além disto, ocorre o interesse pelo processo de criação tanto dos sons quanto dos gestos, tomando-os como partes intrínsecas do processo. A criação dos instrumentos singulares de som e gesto é um modo de incorporar fases heterogêneas ao processo criativo, que permuta entre criação tecnológica e criação musical propriamente dita. Assim, a figura do luthier, e do criador musical não se encontra mais separada neste processo. Isto reconstrói a correlação de forças entre o processo artístico e a técnica, uma vez que ambas as atividades se somam na busca de um único propósito.

Em resumo, a luteria digital experimental é uma atividade que remete ao trabalho artesanal do *luthier* de instrumentos acústicos, mas não se baseia no aprimoramento das características acústicas dos materiais e na interface mecânica de acionamento da fonte sonora. A luteria digital consiste em projetar e desenvolver instrumentos que dependem diretamente da organização lógica de dispositivos e programas computacionais.

Assim, o conceito de *objeto aberto*, proposto por Simondon (2014) torna-se pertinente, uma vez que as características dos processos criativos que abordaremos não podem ser vistas como prática totalmente artesanal, no significado mais restrito da palavra. Os IMDs construídos experimentalmente (analisaremos adiante, no capítulo 3) estariam mais próximos da perspectiva lançada por Simondon (*ibidem*) acerca do objeto pós-industrial. Podemos observar, deste modo, os IMDs como objetos que somente podem ser construídos a partir do ajuste de componentes e peças fabricados industrialmente com técnicas e conceitos universais, sendo esta sua camada fixa e estável. Porém, uma segunda camada parece apontar para a flexibilidade e o ajuste, fornecendo assim, singularidade e variação ao objeto como um todo.

A criação de IMDs para a produção de sonoridades eletroacústicas já tem sido exercida por artistas e abordada por pesquisadores enquanto forma de “artesanato tecnológico” (LIMA 2018 e JORDÀ 2005). Por isso enfatizamos que é nessa perspectiva que usamos do termo luteria doravante nesta dissertação, designando assim, como consta na literatura referenciada neste trabalho, uma atividade que se situa em oposição ao desenvolvimento industrial de IMDs, cujo projeto e aprimoramento tecnológico são motivados pela aceitação comercial dos dispositivos desenvolvidos. Contudo, conforme apontamos a partir da abordagem de Simondon (*ibidem*), não se trata meramente de um processo artesanal como aquele que ocorria no período pré-industrial, já que na luteria digital experimental, o *luthier* faz uso de matérias-primas produzidas em contexto industrial.

1.4 Os IMDs Experimentais e a Relação com o Conceito de Caixa Preta

Este subcapítulo é dedicado a realizar uma aproximação conceitual entre a perspectiva teórica apresentada por Vilém Flusser (1985) em seu livro *Filosofia da Caixa Preta* e o campo da luteria digital, arte de construir instrumentos musicais eletrônicos digitais. Os instrumentos musicais eletrônicos são aparelhos que possuem um alto grau de informação codificada por seus circuitos eletrônicos encapsulados. Por isso, a noção de caixa preta, como apresentada por Flusser em sua obra, e seus possíveis desdobramentos lógicos, é uma possibilidade de análise e compreensão desses objetos frente a questões contemporâneas como a obsolescência tecnológica.

No entanto, no contexto experimental de produção musical há propostas que destoam ou, pelo menos, reconfiguram a condição de caixa preta, em geral, pela criação de novos instrumentos musicais ou pela intervenção anárquica em sistemas fechados. Trataremos aqui da criação de novos instrumentos musicais por músicos experimentais. Nesse contexto, os instrumentos não são programados industrialmente, mas singularmente, por determinados artistas. Esse cenário é terreno fértil para o argumento de Simondon (2014), evocado no subcapítulo anterior, pois, justamente, liga engenheiro e operário na figura do artista que cria seu próprio instrumento musical digital para compor ou improvisar. Nessa direção, Simondon (*ibidem*) ajuda a compreender um ponto crucial na análise dos IMDs experimentais enquanto aparelhos na concepção de Vilém Flusser, uma vez que ele próprio não escreveu sobre a criação de aparelhos, mas sobre a relação dialógica entre humano e aparelho, em simbiose.

Assim, estamos propondo uma ótica sobre as tecnologias conceituais e materiais envolvidas na criação de instrumentos musicais digitais experimentais, na qual, observamos tais tecnologias como elementos do jogo praticado pelos artistas que criam seus próprios Instrumentos em busca de novas sonoridades e novas formas de relação com as tecnologias. Tomamos para isto o conceito de Jogo tal como proposto por Vilém Flusser em relação ao conjunto de ações do sujeito sobre os elementos combinatórios dispostos por um aparelho. Tal abordagem aproxima-se

ao que já foi discutido em Nespoli (2016) e Lima (2014) pelo viés da eletrônica experimental, e por Fenerich (2016) que adiciona a esse bojo, na mesma direção, a luteria experimental e os procedimentos de *glitch music*. Nestes trabalhos, os autores tomaram o conceito de Aparelho como proposto por Flusser, portanto sua abordagem será contextualizada neste subcapítulo, bem como o sentido apontado pelos autores que trazem a abordagem teórica de Flusser para o campo da música experimental.

Concebendo os IMDs sob tal prisma, buscamos ao longo desse texto demonstrar que a relação operador-aparelho, como esboçada por Flusser (1985) no campo da fotografia, pela relação entre fotógrafo e aparelho fotográfico, pode ser aplicada ao campo da luteria digital experimental, considerando suas próprias nuances, principalmente se considerarmos a posterior utilização do IMD pelo seu criador em determinada composição ou performance. Porém, a lacuna que Flusser nos deixa, e que Simondon ajuda a preencher, é o fato de que Flusser não escreveu sobre fotógrafos que produzem seus próprios aparelhos fotográficos, se apropriando de conceitos da ótica e da eletrônica para produzirem suas realizações fotográficas deliberadamente, e com um sistema singularizado.

Esse arquétipo esboça como seria a perspectiva lançada por esta dissertação em relação ao modelo de aparelho produtor de imagem. Se estamos falando de artistas que constroem seus próprios aparelhos produtores de som, devemos deslocar a perspectiva lançada por Flusser levando em consideração a criação do aparelho deslocada do sistema industrial, que programa seus aparelhos em massa visando abranger uma cultura já estabelecida e, com isso, alcançar um amplo mercado. O caso que estamos investigando trata, justamente, da singularização do processo experimental eletrônico digital de criação de sistemas musicais, por isso juntamos as proposições de Flusser e Simondon para cooperarem na compreensão desse tema.

A teoria de Vilém Flusser é pertinente em nossa abordagem, pois assinala sempre o aspecto dialógico da relação humano-máquina, categorizada especificamente por Flusser como operador-aparelho. É o aspecto dialógico que nos interessa, na medida em que, no tratamento dado pelo autor, a relação do sujeito

com o aparelho pode ser tomada como um constante jogo. Trata-se de uma relação de tensão que exige uma resolução criativa por parte do sujeito. Flusser não trata tal relação como algo que pode ser localizado linearmente enquanto causa e efeito. Não há exatamente o domínio de um sobre o outro, mas uma relação dinâmica.

Ao considerar que “estar programado” é o que caracteriza qualquer aparelho (FLUSSER, 1985, 115), o autor indica que há uma ordem onde um aparelho é programado por outro aparelho, que age como programador do primeiro. Flusser faz referência ao complexo industrial que produz aparelhos em massa enquanto um aparelho programador de aparelhos, que, por sua vez, é programado por um aparelho maior, o econômico e social. Para Flusser (*ibidem*), todo aparelho possui um programa, que consiste em uma ordem de procedimentos lógicos que visam condicionar informações captadas por seus *inputs* para produzir uma informação nova em seu *output*. Tratando da produção industrial de aparelhos, o complexo fabril que produz aparelhos tem como *input* as matérias-primas, a mão de obra, o capital financeiro, etc. Em seu *output*, o complexo industrial gera um aparelho programado. Nesse sentido, o programa do complexo industrial consiste em condicionar as matérias-primas através dos processos industriais, informando tais materiais e gerando um objeto técnico novo.

Para além da relação direta com o objeto técnico produzido, o complexo industrial programa aparelhos que irão programar as relações estabelecidas com seus operadores e, também, em uma conjuntura maior, tal complexo industrial é um aparelho programado pelo aparelho econômico e social. Assim, tem-se uma complexa cadeia de aparelhos que são programados mas também são programadores onde, na base, encontra-se a relação direta entre seres humanos e os aparelhos, e, no topo, tal cadeia é aberta devido as complexas relações exercidas nas macroestruturas econômicas, sociais, políticas e culturais. “Não pode haver um ‘último’ aparelho, nem um ‘programa de todos os programas’. Isto porque todo programa exige metaprograma para ser programado. A hierarquia dos programas está aberta para cima” (FLUSSER, 2008, p. 16)

Nessa direção, propomos observar nuances dessa relação no campo da luteria digital experimental, enquanto campo de criação de possíveis obras-

aparelhos, sob a ótica flusseriana. Tendo em mente que Flusser não escreveu sobre a criação e programação de aparelhos, mas pelas informações que trouxe sobre o conceito de Aparelho, podemos levantar hipóteses e situar o IMD criado no contexto experimental como um aparelho na concepção de Flusser (1985) e a própria atividade de luteria como um aparelho programador de aparelhos.

Pretende-se com isso, mostrar que a proposta crítica e filosófica de Vilém Flusser sobre os aparelhos pode ser estendida para o campo da luteria digital experimental como método de análise para o processo criativo como um todo, incluindo tanto a criação do IMD quanto a performance com o mesmo. Sob essa perspectiva, o artista criador de novos instrumentos musicais digitais age como programador de um aparelho, visando programar a própria interação com seu instrumento musical quando em situação de performance ou composição com o mesmo.

Em seu livro, Vilém Flusser (1985) se concentra em apontar uma filosofia da fotografia. Porém, a maneira como trata a questão é ampla, e sugere também uma possível extensão da abordagem para todo tipo de aparelho, tomando o aparelho enquanto um conceito que pode ser aplicado em diversas condições, sejam elas materiais ou conceituais, sendo que o idioma, uma indústria, um sistema jurídico, um computador e até o corpo humano podem ser considerados aparelhos, seguindo as características do conceito de aparelho em Flusser (1985). Para Flusser, os traços característicos de todo aparelho estão prefigurados no aparelho fotográfico (*ibidem*, p. 13), que é tomado como objeto de análise pelo autor.

Nesta dissertação, ao tratar sobre IMDs enquanto aparelhos, propomos deslocar a análise da fotografia para a fonografia, tomando como referência a abordagem geral dos aparelhos proposta por Flusser em seus estudos. Assim, a mudança fundamental está em relação ao tipo de informação, pois Flusser (1985) concentrou suas análises em aparelhos produtores de imagem, enquanto, neste trabalho, propomos a verificação de sua abordagem em relação às práticas de criação de instrumentos musicais digitais, portanto, de aparelhos produtores de som. Esse deslocamento também é observado por Fenerich, (2016) que enfatiza sob quais aspectos os dispositivos produtores de som produzidos industrialmente são

considerados caixas-pretas: devido ao alto grau de conhecimento encapsulado e pela restrição a um conjunto predeterminado de combinações possíveis para as ações de seus usuários.

Nespoli (2016), Fenerich (2016) e Lima (2014) abordam o tema pelo viés da intervenção em dispositivos desenvolvidos industrialmente, agregando novas possibilidades de interação que incluem singularidade e, portanto, valor simbólico que amplia o Jogo e o sentido de tais dispositivos. Os autores tratam o aparelho na música experimental como produto de um processo mais próximo da artesanidade, como discutido anteriormente. Nessa perspectiva, o conceito de caixa preta, ou seja, a parte do objeto fechada às variações, em virtude de sua complexidade, é colocado como elemento focal da discussão. Ocorre que nos processos de luteria experimental, artistas buscam sua abertura através da ruptura com o código programado previamente, portanto, violando a caixa preta.

Chamar de caixa preta o IMD criado através dos processos da luteria digital experimental parece não fazer sentido, pois a concepção, baseada em uma lógica estabelecida por seus próprios criadores torna possível a constante atualização do objeto. Nesses termos, o artista que cria seus próprios IMDs é inventor, reparador e operador de suas invenções. Ele reconhece todas as partes de seu aparelho porque o processo de criação incluiu a injeção de informação (conhecimento) e energia (trabalho) que partiram dele mesmo (SIMONDON, 2014). Assim, embora utilize componentes e ferramentas produzidos industrialmente, o *luthier* experimental procura desenvolver uma camada singular que atua sobre o modo de funcionamento universal dos componentes eletrônicos que utiliza. Em outras palavras, embora parta de peças lógicas fabricadas pela indústria, seu trabalho se intensifica, por outro lado, na ação de singularizar a permutação de tais peças enquanto uma construção única, esteticamente particular.

1.5 Instrumentos e Aparelhos Sonoros Segundo Vilém Flusser

O primeiro problema encontrado ao tentar situar os IMDs enquanto aparelhos na concepção de Flusser é a contradição implícita no termo, pois tratamos de

instrumentos musicais digitais e há uma clara distinção entre os dois termos (instrumento e aparelho) para Flusser. Para o autor, aparelhos não são instrumentos e isso coloca uma aparente contradição terminológica na abordagem aqui realizada. Não está sendo proposto uma nova nomenclatura para os IMDs, chamando-os de aparelhos, mas sim uma observação de tais instrumentos musicais enquanto Aparelhos através de certos preceitos básicos descritos em Flusser (1985).

Flusser, (1985) distingue os dois conceitos supracitados partindo da etimologia da palavra 'aparelho', que deriva do termo latim *apparatus*, e sugere um estado de prontidão para algo. Na concepção de Flusser (*ibidem*), ao tratar de aparelhos, esse aspecto de prontidão para realização de algo deve ser considerado. Aparelhos estão de prontidão para permutar informação. Essa é outra característica dos aparelhos em geral que se opõem à natureza dos instrumentos. A característica que define amplamente os instrumentos, para Flusser, é o trabalho.

Instrumentos trabalham. Arrancam objetos da natureza e os informam. Aparelhos não trabalham. Sua intenção não é a de "modificar o mundo". Visam modificar a vida dos homens. De maneira que os aparelhos não são instrumentos no significado tradicional do termo (FLUSSER, 1985, p. 14)

Instrumentos em geral simulam um órgão do corpo. A enxada simula a unha, o martelo simula o punho, a agulha simula o dedo, etc. Por isso, relacionam-se diretamente com o mundo, dando forma à matéria, produzindo bens de consumo. Com a revolução industrial, os instrumentos foram automatizados e se tornaram máquinas, que também se relacionam com a matéria, dando-a forma e assim produzindo bens de consumo, mas automatizadamente e com alto grau de complexidade. Na era industrial portanto, algumas relações se invertem, se antes os humanos se cercavam de instrumentos para produzirem bens de consumo, após a revolução industrial, as máquinas se cercavam de humanos (FLUSSER, 1985, p.14).

Nesse sentido, instrumentos e máquinas possuem uma estreita relação com o trabalho. "Instrumentos têm a intenção de arrancar objetos da natureza para aproximá-los do homem. Ao fazê-lo, modificam a forma de tais objetos. Este produzir e informar se chama 'trabalho'. O resultado se chama 'obra'." (FLUSSER, 1985, p.

13). Tal como instrumentos, máquinas também informam objetos extraídos da natureza, porém de maneira automatizada, fazem o trabalho de múltiplos instrumentos. Portanto, o trabalho é uma categoria fundamental para diferenciar máquinas e instrumentos de aparelhos.

Se bens de consumo são produzidos por máquinas e instrumentos através do trabalho, o que aparelhos produzem se não trabalham? A resposta para essa questão é crucial para situar os aparelhos pela concepção de Flusser, pois trata-se de informação. Instrumentos trabalham, aparelhos permutam informação. Textos, números, luz e outras formas de informação são modeladas e produzidas por aparelhos diversos. Desse modo, objetos culturais de naturezas completamente diferentes podem ser concebidos como aparelhos a partir de uma característica fundamental: estão programados para gerar e permutar informação.

Um sistema administrativo, uma câmera fotográfica ou um IMD são aparelhos, segundo Vilém Flusser (2008). Cada aparelho especificamente manipula, armazena e transmite o tipo de informação que foi programado a fazer, sejam documentos, fotografias ou sons, os aparelhos captam a informação por meio de seus *inputs*, modificam a informação de acordo com seus programas, e transmitem a informação através de seus *outputs*. As informações captadas nos *inputs* fornecem parâmetros para o programa que, de acordo com a lógica programada, transmite uma informação nova em seu *output*, de modo que informação que entra pelo *input* resulta em informação variada concretizada no lado *output*.

Inputs recebem informação do meio externo ao aparelho. Botões, alavancas, manoplas, etc. são receptores de informação gestual. A lente da câmera fotográfica recebe informação luminosa. As informações captadas em *inputs* gestuais e fotossensíveis são codificadas segundo o programa do aparelho, seguindo os parâmetros estipulados nos *inputs*.

A fotografia, seja impressa em papel ou digitalizada numa tela, é a informação dada no *output* do aparelho fotográfico. A variação da informação dada pelo gesto nos botões e pela luz nas lentes resulta em informação variada, ou seja, fotografia diferente. Assim, a fotografia é a informação resultante transduzida para um plano bidimensional de uma matriz de informação que corresponde aos pixels, suas cores

e posições no plano cartesiano. Fotografias são linhas e colunas de micropontos coloridos, sejam impressos ou digitalizados em um *display*.

Tal matriz de informação não é a imagem propriamente, mas sim um conjunto de códigos que atribui cores e intensidades aos pontos estabelecidos em linhas e colunas no plano cartesiano. Essa matriz informacional, a partir da qual uma imagem plana pode ser reproduzida, Flusser nomeou de *imagem técnica* (FLUSSER, 1985, p.10).

Os aparelhos, portanto, são programados para captar e gerar informação. Captam informação nos *inputs* e geram informação nos *outputs*. Os aparelhos fotográficos captam luz e gesto e geram imagem técnica, que é informação pela qual se reproduzem fotografias. IMDs captam informações de diferentes tipos através de suas interfaces e produzem informação sonora através de alto-falantes.

Destarte, verifica-se aquilo que Flusser chamou de estado de prontidão nos aparelhos, e comparou ao estado de um predador à espreita de sua caça. O predador é o aparelho, a caça é a informação a ser gerada. O estado de prontidão é caracterizado pelo programa presente no aparelho. Trata-se de um estado de aptidão instantânea para a realização de algo que, nos aparelhos fotográficos, se caracteriza pelo programa que permite ao operador realizar fotografias deliberadamente, e nos IMDs, tal estado de prontidão refere-se a aptidão de produzir sons.

Ao manipular os elementos dispostos pelo aparelho, o operador joga com esses elementos em função de variar a informação dada no lado *output* do aparelho. O Jogo é um elemento-chave na teoria de Flusser, pois é através do jogo com os elementos do aparelho e da cultura que o fotógrafo se engaja na produção de uma informação nova, com intenções estéticas (FLUSSER, 1985, p.18).

“As fotografias são realizações de algumas das potencialidades inscritas no aparelho. O número de potencialidades é grande, mas limitado: é a soma de todas as fotografias fotografáveis por este aparelho” (FLUSSER, 1985, p.15). Ao jogar com os elementos do aparelho fotográfico e realizar as potencialidades de seu programa, o universo fotográfico vai sendo construído e o programa se esgotando. As realizações dos IMDs são música, e por se tratar de som, e não mais de imagem,

essa informação envolve dimensões espaciais e temporais diferentes da imagem. Enquanto a imagem plana se utiliza de duas das quatro dimensões, abstraindo profundidade e tempo, o som é informação que percorre o espaço em função do tempo, abstraindo altura e largura. Portanto, tratamos aqui da informação resultante dos aparelhos produtores de som, articulando a teoria de Flusser (1985) no campo da produção musical.

Em resumo das especificações de um aparelho, segundo Flusser (1985), podemos citar que se caracteriza por estar programado permutar informações através do jogo com seus elementos dispostos em função de variar a informação dada pelo aparelho no lado *output*; é um sistema fechado em uma caixa preta de onde “o que se vê é *input* e *output*” (FLUSSER, 1985, p. 11). Partindo dessas características podemos observar os instrumentos musicais e verificar uma possível relação com a teoria de Flusser. Com essa analogia entre o conceito de Aparelho e o IMD não pretendemos modificar a nomenclatura, chamando de aparelho musical digital o que normalmente denominamos de instrumento, já que esses conceitos são diferentes para Flusser. Busca-se apenas associação teórica entre o conceito de Aparelho e o IMD a partir da forma como ambos operam a informação. Para isso é preciso deixar de lado a contradição terminológica e observar as características conceituais e inerentes ao funcionamento, visando ampliar o horizonte teórico sobre o assunto.

1.6 Expandindo a Abordagem Flusseriana em Direção Aos Aparelhos Sonoros

Embora a definição de Flusser permita situar o conceito de instrumento e atribuí-lo a determinados objetos culturais (FLUSSER, 1985, p. 15), alguns questionamentos emergem ao tratarmos especificamente de instrumentos musicais. Em primeiro lugar, em relação ao conceito de trabalho conforme empregado pelo autor, pois instrumentos musicais não produzem um bem material. Consideramos, deste modo, que instrumentos musicais produzem informação sonora, que se propaga pelo espaço e pelo tempo. Trata-se portanto, de objetos técnicos que produzem efeitos informacionais, uma vez que arte e música são produtos que

podem ser considerados como pertencentes a uma cultura imaterial. O que os instrumentos musicais fazem é permitir a modelagem do material sonoro, isto é, alturas, timbres, duração e sonoridades, que possuem um valor simbólico. O som, enquanto fenômeno físico, é uma propagação de vibrações pelo ar no espaço através do tempo. Portanto, os instrumentos musicais produzem vibrações que se propagam pelo ar e informam a escuta; e o resultado desse trabalho pode ser percebido como música.

Existe uma relação direta com a matéria em todos os tipos de instrumentos musicais. Esta relação está no *output* sonoro, pois este é um processo de difusão e conversão de energia. No instrumento musical acústico, a energia mecânica é transmitida de um corpo para outro, do movimento do instrumentista para o material vibrante e deste para o ar. No caso dos instrumentos eletrônicos ou eletromecânicos, o *output* sonoro é um sistema de conversão entre meios, no qual a onda eletromagnética é convertida em oscilação mecânica análoga em um alto-falante, através do processo de magnetização da bobina de cobre que age atraindo e repelindo o ímã onde é fixada a membrana do alto-falante. A membrana sendo movimentada transmite tal energia para o ar que vibra em frequências análogas às frequências contidas no sinal de áudio elétrico.

Assim, a informação contida na ação de um instrumentista, sobre um instrumento dessa natureza, é transduzida em diversos níveis até a emissão da informação no *output* sonoro. Nos instrumentos musicais eletrônicos, esse processo de transdução e codificação da informação é oculto pela caixa preta, de modo físico e conceitual. É por isso que associamos o instrumento musical eletrônico ao conceito de aparelho em Flusser ainda que estes conceitos, instrumento e aparelho, sejam distintos para o autor. Por isso enfatizamos que não estamos propondo nova nomenclatura para os instrumentos musicais eletrônicos, chamando-os de aparelhos. Apenas colocamos tais instrumentos na condição de aparelhos justamente por suas características particulares que se diferenciam do conceito de instrumento e se aproximam do conceito de aparelho.

Especificamente nos instrumentos eletrônicos que incorporam suas interfaces dos instrumentos acústicos, como os teclados sintetizadores, as vibrações são

geradas eletricamente, dentro de um sistema fechado ocultado pelo suporte físico e também pela natureza do código restrito ao desenvolvedor daquele sistema. A caixa preta é a característica o que os enquadra enquanto aparelhos, pois “o que se vê é *input* e *output*” (FLUSSER, 1985, p.11). O processo codificador da geração de informação sonora está encapsulado na caixa preta. Tais instrumentos são caixas pretas programadas para simular instrumentos musicais com interfaces convencionadas à tradição musical acústica.

Os IMDs analisados no capítulo 3, por serem instrumentos criados em contexto experimental, onde artistas exploram novas abordagens em processos criativos, em uma relação direta com a concepção lógica dos sistemas de geração e controle sonoros, não se fecham em caixas pretas para seus criadores, que são seus próprios operadores. Operador e inventor se encontram na figura do luthier experimental que cria seus próprios IMDs.

Nessa perspectiva, tais instrumentos não são caixas pretas que programam seus operadores a um comportamento propício ao constante aperfeiçoamento dos aparelhos na sociedade. Assemelham-se mais com o conceito de pré-aparelho evidenciado por Nespoli (2016) a partir da teoria de Flusser, propondo um estado de constante abertura que antecede ao escurecimento da caixa (o encapsulamento do processo codificador), para seus criadores e utilizadores. Também, pela ótica de Simondon (2014), um objeto aberto, que possui uma camada permanente, caracterizada pelos seus componentes que sustentam seu funcionamento básico, incluindo partes de *hardware* e *software*, e outra camada flexível, aberta a modificações e expansão das funcionalidades, proporcionando variação e atualização do objeto.

1.7 Aprofundando a questão da Caixa Preta na Luteria Experimental

A organologia desses instrumentos musicais eletrônicos inclui um sistema de conversão e tratamento da informação captada pela interface em informação compreensível pelo sistema de geração sonora. Esse processo é encapsulado fisicamente na maioria dos instrumentos musicais eletrônicos produzidos

industrialmente.

A ação de um instrumentista nos mecanismos de acionamento dos instrumentos musicais eletrônicos serve como informação para que o sistema de geração sonora produza som de acordo com o programa do aparelho. Entre a informação transmitida pela interface a emissão sonora no *output* do instrumento há um processo codificador que visa adequar a informação captada pela interface em dados compreensíveis pelo sistema de geração sonora.

A informação recebida pelo programa é adequada para poder instruir o sistema de geração sonora em suas especificidades. O tratamento da informação é realizado via *software* (código aplicado através de linguagens de programação) nos IMDs, ou pelos componentes eletrônicos que condicionam as características das oscilações elétricas diretamente, como capacitores, resistores, transistores, entre outros, associados logicamente.

Após ser condicionada, as informações são direcionadas ao sistema de geração sonora. Nesse estágio dos IMDs, é gerada a informação sonora a ser propagada pelo alto-falante, sendo representada em sequências numéricas de valores de amplitude (nos sistemas digitais), ou diretamente em sinal elétrico (nos sistemas analógicos).

Portanto, há uma equivalência entre o conceito de *imagem técnica*, proposto por Flusser, em relação a imagem fotográfica, quando em estado de código representativo, caracterizado pela matriz informacional do plano cartesiano, e a representação em código da onda sonora a ser propagada nos instrumentos musicais eletrônicos. O alto-falante é o meio de transformação da *imagem técnica sonora* em informação compreensível pela audição.

O alto-falante se apresenta como um véu acusmático de natureza tecnológica que transforma qualquer evento sonoro em um mesmo elemento: algo passível de ser reproduzido por alto-falantes, de modo análogo ao que ocorre na fotografia e na cinematografia em que toda imagem que possa ser capturada de forma estática ou em movimento é uma fotografia ou filme em potencial. A generalidade destes aparelhos sugere uma objetividade aparente que oculta os processos inscritos no seu funcionamento. (LIMA, 2014, p. 3)

Quando artistas, individualmente ou coletivamente, decidem criar seus

próprios instrumentos musicais através de diversos recursos presentes em sua atualidade, estão invertendo um vetor de relação com capital simbólico agregado aos dispositivos (FENERICH, 2016, p. 269). Dessa forma, mudam sua posição no contexto econômico e simbólico, de consumidores de artefatos tecnológicos genéricos, colocam-se como produtores de seus próprios artefatos, transformados em novos artefatos com o valor agregado pelo capital científico de seus criadores.

Tais artistas estão rompendo com a cadeia imposta pelo complexo industrial e econômico cuja intenção é “fazer com que os aparelhos programem a sociedade a um comportamento propício ao constante aperfeiçoamento dos aparelhos.” (FLUSSER, 2008, 124). São artistas que passam a agir, literal e metaforicamente, como programadores de novos aparelhos singulares (ou obras-aparelhos, como quero enxergar) e, nesse aspecto, a teoria de Flusser têm muito a cooperar com o entendimento desse fenômeno contemporâneo.

Ademais, é necessário ressaltar que a teoria de Flusser também corrobora para a compreensão da prática de luteria experimental pelo ponto de vista do criador de IMDs, o *luthier* experimental, enquanto programador de aparelhos, que joga com os elementos tecnológicos na intenção programar novos aparelhos (seus próprios IMDs), e também pelo ponto de vista do dispositivo criado, que deixa de ser caixa preta, direcionando para a superação da automatização citada por Nespoli (2016) e a inversão do vetor produção de capital simbólico em Fenerich (2016).

Assim, a ação dos artistas que constroem os próprios instrumentos musicais se baseia na ruptura com o determinismo imposto pelos dispositivos fabricados massivamente. Para Arlindo Machado (1996, p. 197) as máquinas atuam fortemente na composição dos produtos artísticos que elas mediam, imprimindo neles o conteúdo que não é puramente escolha do artista. Para driblar tal conteúdo que advém dos programas dos aparelhos em forma de informação estética seria necessário desconstruir tais aparelhos. Neste caso estamos falando de construção de novos aparelhos, porém deslocado do eixo centralizador da indústria que “visa criar condições culturais para a aceitabilidade de seus produtos” (MACHADO, 1996, p. 189).

Tal como as intervenções em dispositivos fabricados industrialmente

reprograma os aparelhos de modo que eles perdem sua funcionalidade original, e outros valores imateriais são agregados aos dispositivos, a criação de novos instrumentos com recursos tecnológicos coloca o poder de decisão nas mãos do programador que, neste contexto, é o *luthier* digital experimental.

Os conceitos, tecnologias e processos pertinentes à criação de IMDs compõem um conjunto de elementos universais com os quais o *luthier* experimental joga em busca de singularizar seu instrumento musical. Assim, os principais elementos da estrutura lógica dos IMDs, sua organologia, propriamente dita, bem como os dispositivos e componentes eletrônicos, funcionam como elementos combináveis, de acordo com suas regras próprias. A singularização do dispositivo depende das escolhas na configuração de tais elementos.

CAPÍTULO 2 – ASPECTOS UNIVERSAIS DA FUNCIONALIDADE DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS ELETRÔNICOS

Conforme destacamos no capítulo 1, os instrumentos eletrônicos e digitais são caixas pretas que processam informações relativas ao sinal sonoro. Embora a concepção de caixa preta em Flusser seja baseada na máquina fotográfica, a qual o autor toma como referência primeira para desenvolver suas reflexões, buscamos deixar claro que o conceito pode ser expandido para todo equipamento que possua um sistema de transformação de informação, no qual sejam programadas as regras de processamento da informação de tal aparelho. Contudo, há diferenças significativas entre o processamento realizado com imagens técnicas, baseado na noção de pontos e matriz e o processamento realizado com sinal de áudio, que opera a partir do conceito de oscilação.

Deste modo, apontamos que o som possui natureza vibracional, comportando-se como uma onda que oscila no tempo. Todo aparelho capaz de processar sinal de áudio deve operar o cálculo desta vibração em sua caixa preta. Os instrumentos musicais eletrônicos são constituídos, deste modo, de caixas pretas capazes de converter uma vibração acústica em corrente elétrica, assim como realizar a operação contrária, ou seja, converter corrente elétrica em vibração acústica. No primeiro caso, captadores de som operam na entrada dos instrumentos com o intuito de transduzir vibração acústica em corrente elétrica. Já no segundo caso, são utilizados alto-falantes para realização do processo inverso, ou seja, conversão da corrente elétrica em som acústico.

Nos instrumentos eletrônicos analógicos, tal processo é realizado por meio de modelagem da corrente elétrica, enquanto que nos instrumentos digitais, a corrente elétrica é representada por meio de variações numéricas que são operadas matematicamente. Assim, os instrumentos digitais possuem conversores que atuam na conversão da corrente elétrica em representação numérica e vice-versa. Estes conversores são denominados como analógico-para-digital e digital-para-analógico, dependendo do sentido do fluxo de conversão (entrada ou saída).

Neste capítulo trabalharemos as diversas situações em que o som pode ser produzido e transformado em meio eletrônicos, com a intenção de esclarecer ao leitor as diferentes operações realizadas nas caixas pretas deste tipo de instrumento. Demonstraremos, deste modo, que os instrumentos musicais eletrônicos possuem especificidades e variações que devem ser consideradas pelo *luthier*. Estas variações referem-se ao tipo de sistema de som a ser utilizado, mas também ao tipo de gestual que será considerado no desenvolvimento da interface de acionamento.

Nos concentramos, portanto, em observar os aspectos universais dos instrumentos musicais digitais, que dizem respeito a todo IMD concebível. Considerando que o instrumento musical digital opera pontos que representam a vibração no espaço-tempo, o cálculo da vibração é um elemento que continuamente se encontra presente em trabalhos dessa natureza, realizando operações na amplitude, frequência, formato de onda, etc. Podemos dizer que, de modo geral, tais operações encontram-se sempre presentes nos instrumentos eletrônicos digitais e compõem sua porção universal, ou seja, que corresponde à lógica estrutural de seu funcionamento. São estes aspectos gerais que destacaremos neste capítulo.

Na literatura investigada sobre o tema, os IMDs são descritos constituindo-se por uma estrutura tripartite, na qual inclui o condicionamento de sinais, denominado mapeamento, estabelecendo a correlação entre sistema de geração sonora e sistema de controle (IAZZETTA, 1999; WANDERLEY, 2006). Diferentemente dos instrumentos musicais eletrônicos analógicos, onde o condicionamento de sinal elétrico é exercido por componentes eletrônicos que modelam diretamente a corrente elétrica, no IMD o condicionamento de sinais é exercido através de programação que implementa por meio de código a modelagem do sinal, estágio denominado de mapeamento.

Os instrumentos eletrônicos e digitais possuem uma separação entre sistema de geração sonora e interface de controle, pois a geração sonora ocorre em um circuito que é independente do circuito que receberá a informação gestual. Contudo, estas partes se comunicam entre si por meio do mapeamento, que possui função definidora quanto ao encaminhamento do fluxo de informações por todo o

instrumento. A função da interface é captar informações do meio externo e prover parâmetros correlacionados aos eventos captados, em aspectos específicos compreensíveis pelo sistema de geração sonora ao qual se dedicam.

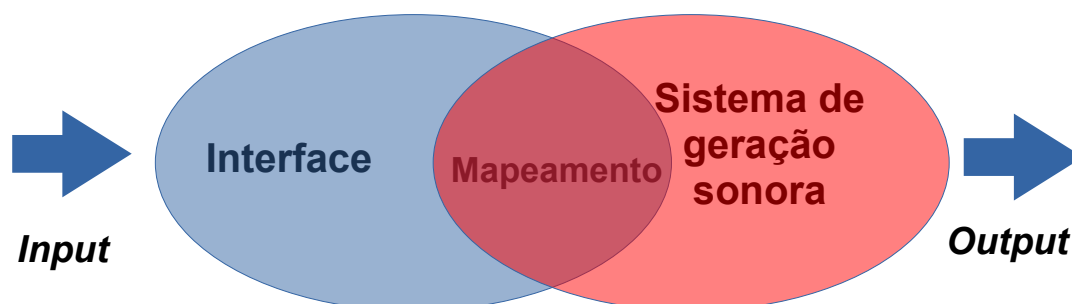


Figura 1: estrutura elementar dos instrumentos eletrônicos

Os sistemas de geração sonora dos instrumentos musicais eletrônicos analógicos e digitais (salvo os instrumentos musicais totalmente autômatos) podem receber informação do meio externo que oriente a geração sonora. Considerando a corporeidade envolvida na relação entre o músico e os instrumentos musicais, o gesto é um tipo comum de informação captada por interfaces, mas existem outras possibilidades. Portanto, em uma taxonomia dos instrumentos musicais eletrônicos, leva-se em consideração não somente a natureza sistêmica do meio de geração sonora, mas também do tipo de interface que os instrumentos dispõem.

Os instrumentos musicais eletrônicos geram som através de três princípios distintos: síntese sonora, amostragem e processamento. Estes três tipos de procedimento serão explicados neste capítulo. As interfaces, categorizadas a partir de seus modelos de interação que podem ser físicas, conceituais ou biológicas, também são abordadas neste capítulo, bem como os tipos mais comuns de mapeamento.

Buscamos, além de uma definição de natureza estritamente técnica, observar a perspectiva histórica, uma vez que os mesmos procedimentos muitas vezes transitaram no decorrer do século XX por diferentes tipos de tecnologias. Tais procedimentos foram gradativamente desenvolvidos e modificados, na mesma medida em que a tecnologia eletrônica se redimensionou. Observa-se, neste

sentido, que o desenvolvimento de equipamentos culminou nos anos de 1950 na concepção do estúdio eletroacústico enquanto espaço que reuniu diversas modalidades de equipamentos voltados para a produção da música eletrônica. Contudo, com o advento dos microcomputadores, o estúdio eletroacústico migra e se integra gradativamente aos softwares musicais, de tal modo que a partir dos anos de 1990 tem-se uma situação em que praticamente todas as operações musicais anteriormente condicionadas a equipamentos específicos passam a ser realizadas em meio computacional. Esta integração é fato definidor para a emergência da luteria digital experimental enquanto procedimento criativo, uma vez que, não somente forneceu aos músicos as ferramentas necessárias, como também as tornou portáteis.

2.1 Sistema de geração sonora: síntese

Síntese sonora eletrônica é o processo de geração de som através da oscilação de uma corrente elétrica entre os diferenciais potenciais negativo e positivo do campo elétrico. Diferente da reprodução sonora eletrônica, onde há um dado previamente registrado em algum tipo de mídia (como disco de vinil, fita cassete, CD, MP3) que é convertido em sinal de áudio elétrico, a síntese sonora eletrônica parte diretamente da variação de valores de tensão elétrica que oscilam com frequência e forma determinada para obter sinal de áudio elétrico.

A síntese sonora eletrônica pode ser analógica ou digital. Em ambos os meios, os sistemas geradores de som produzem um sinal elétrico analógico, porém a diferença está no princípio da produção. Enquanto na síntese analógica o sinal de áudio é produto da corrente elétrica modelada eletronicamente por meio da combinação de componentes, na síntese digital, o processo se inicia em um algoritmo que orienta o microprocessador a oscilar a corrente elétrica. Portanto, na síntese digital, um processador de maior sofisticação é comandado por meio de software. Tanto na síntese analógica quanto na síntese digital, os sistemas geradores de som são compostos por osciladores de corrente elétrica. Na síntese

analógica os osciladores são compostos somente por circuitos eletrônicos, enquanto na síntese digital estão embutidos em um microprocessador que é orientado por *software*.

Diferentes tecnologias de oscilação de sinal foram empregadas ao longo da história, desde válvulas, transistores, aos circuitos integrados e microprocessadores atuais. O Theremin², por exemplo, é um instrumento de síntese sonora eletrônica que, em sua primeira versão, o Thermen Theremin, foi lançado na década de 1920 com um sistema de síntese através de válvulas. Já na versão Moog Theremin, da década de 1950, seus osciladores foram construídos com transistores (HOLMES, 2012, p.240).

A invenção do transistor na década de 1940 proporcionou uma evolução significativa para a síntese sonora, permitindo o desenvolvimento de dispositivos menores e com um consumo menor de energia, se comparado com a tecnologia de tubo de vácuo (válvulas). A tecnologia baseada no controle de oscilação por tensão elétrica, mais conhecida pela sigla abreviada (VCO) do termo em inglês *Voltage-Controlled-Oscillator*, foi amplamente incorporada na fabricação de sintetizadores modulares ainda na década de 1960, como se pode observar nos sintetizadores comerciais Buchla 100 *Modular Eletronic Music System*, de 1964, e o Moog *Modular Synthesizer*, de 1965 (HOLMES, 2012, p. 245)



Figura 2: Sintetizador modular Buchla Series 100 (fonte: <http://www.ufrgs.br/mvs>)

²Theremin é um instrumento musical para ser tocado com gestos sem contato físico. Desenvolvido pelo físico e músico russo Lev Sergeivich Termen, também conhecido como Léon Theremin, em 1920. O Theremin funciona através da captação da capacitância do corpo humano por antenas para controlar a síntese sonora composta pela adição de duas frequências. Usa-se uma das mãos para controlar a amplitude e outra para a frequência.

A tecnologia de controle por tensão elétrica foi também aplicada na construção de outros recursos de processamento sonoro, como filtros, amplificadores, geradores de envelope, que serão discutidos no subcapítulo 2.5. Esses recursos eram dispostos em módulos do sintetizador para que fosse possível combinar diferentes recursos na criação do timbre a ser sintetizado.

O VCO é um circuito elétrico que gera uma onda periódica, usualmente categorizada de acordo com sua forma em senoidal, triangular, quadrada, serrilhada (*Figura 3*). É o princípio básico dos sintetizadores eletrônicos analógicos. Ele opera a partir da inserção de um valor controlado de tensão elétrica na entrada do dispositivo para que seja gerada em sua saída uma oscilação elétrica com forma de onda e frequência definidas. A variação da tensão elétrica na entrada do circuito altera diretamente a frequência da oscilação elétrica na saída.

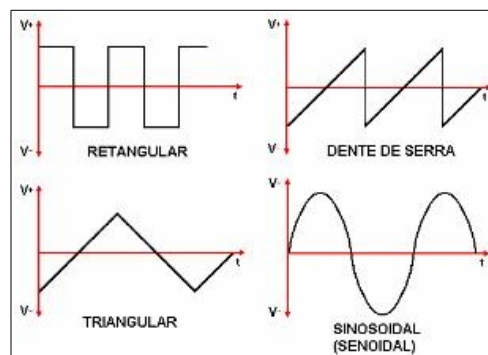


Figura 3: Formas de onda eletrônicas elementares (fonte: www.docsity.com)

VCO, portanto, é um oscilador controlado por tensão elétrica. O sinal gerado pelo oscilador depende da presença de tensão elétrica na entrada e do valor dessa tensão. Assim, com essas duas variáveis, formas de controle sobre a geração sonora podem ser atribuídas. O Theremin, por exemplo, possui uma interface de controle gestual sem contato físico, baseada no princípio do eletromagnetismo, com duas antenas que operam como entradas de informação nas quais o instrumentista deve aproximar ou distanciar cada uma das mãos. Com uma mão opera-se a amplitude do som e com a outra a frequência. A passagem entre as frequências é contínua, não há uma seleção discreta de valores, nem é possível executar duas frequências distintas simultaneamente.

Diferentemente do Theremin, os sintetizadores polifônicos que possuem interface similar a do piano, conformadas ao sistema de 12 notas, são destinados circuitos VCO independentes para cada nota musical. Assim, cada oscilador (ou grupo de osciladores) destinados a síntese de determinada frequência, recebe informação (sinal elétrico) proveniente do acionamento de uma tecla específica. Isto permite a geração de diversas oscilações independentes e, portanto, a simultaneidade de vozes.

Com a tecnologia digital dos microprocessadores, os osciladores passam a ser utilizados como componentes lógicos operados através de programas (*softwares*). Portanto, não são mais controlados diretamente por um valor analogicamente variável de tensão elétrica, mas por códigos numéricos atribuídos através de um programa. O programa permite, portanto, operar matematicamente por meio de interface visual e lógica, as informações que serão enviadas ao circuito responsável por modelar a oscilação elétrica.

Para compor o timbre da síntese sonora são utilizadas combinações de osciladores. O princípio baseia-se na teoria sobre análise espectral das ondas sonoras, formulada pelo físico e matemático francês Jean Baptiste Fourier no final do século XIX. Tal teoria estabelece que frequências sonoras periódicas, por mais complexas que sejam, podem ser decompostas analiticamente em formatos de onda elementares que se repetem periodicamente. Os formatos de onda são unidades mínimas de oscilação que, repetidas periodicamente, dão característica a um timbre. Combinando as unidades elementares, é possível gerar infinitos formatos de ondas que resultam em diferentes timbres nos instrumentos eletrônicos. O oscilador é, portanto, um elemento lógico que produz um formato de onda elementar que vem a ser a unidade mínima na criação das características morfológicas do espectro sonoro a ser sintetizado eletronicamente (ARCELA, 1998, p. 9).

2.2 Ondas elementares, Espectro e Parâmetros Sonoros em Meio Eletrônico

O oscilador de onda senoidal gera uma oscilação simples e sem harmônicos, no formato, como o próprio nome sugere, de uma senoide (*Figura 4*). Em um período (espaço de tempo em que uma oscilação varia entre o valor zero, o máximo positivo, o valor zero novamente, o máximo negativo, e retorna ao valor zero), a variação é uniforme e definida pelo seno de uma circunferência. Ondas senoidais são frequentemente usadas na elaboração de formas de onda mais complexas (HOLMES, 2012, p. 182).

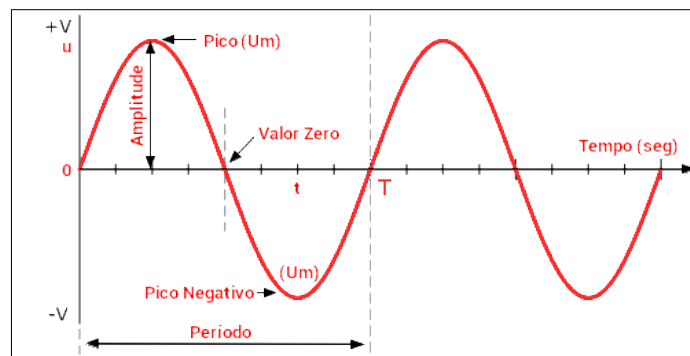


Figura 4: Onda senoidal (fonte: <https://www.electronica-pt.com/corrente-alternada>)

O oscilador de onda dente-de-serra (ou serrilhada) gera uma oscilação que varia linearmente entre o um ponto inicial (seja negativo ou positivo) e seu pico (negativo ou positivo), retornando instantaneamente ao ponto inicial. Esse tipo de oscilação apresenta parciais harmônicas compostas por todos os harmônicos pares e ímpares associados a uma frequência fundamental, tornando-se uma fonte rica para modelar outros sons (*ibidem*). A amplitude de cada harmônico diminui exponencialmente como uma razão entre a frequência do harmônico e a frequência fundamental. Chama-se onda dente-de-serra ou onda serrilhada devido ao fato de que seu formato de onda parece com o desenho de uma serra.

O oscilador de onda triangular opera de maneira semelhante ao de onda serrilhada, com a diferença de que não há variação abrupta entre pico e o o ponto neutro, mas sim outra variação linear contrária a variação anterior. Em uma onda triangular são audíveis a frequência fundamental e todos os seus harmônicos

ímpares. As amplitudes dos harmônicos caem em razões ímpares (HOLMES, 2012, p. 182).

Os osciladores de onda retangular ou quadrada são também conhecidos como geradores de pulso. São considerados assim devido ao fato de que a variação entre os polos eletromagnéticos é abrupta. Varia entre o pico máximo (negativo ou positivo) e o ponto neutro instantaneamente. A duração no estado de pico máximo no tempo e seu subsequente tempo no ponto neutro ditam a frequência da oscilação. Esse modo como opera os osciladores de onda quadrada e retangular é chamado de ciclo de trabalho. A onda retangular tem apenas os harmônicos ímpares da frequência fundamental, como a onda triangular, mas difere significativamente nas relações de amplitude desses harmônicos. O conteúdo harmônico de uma onda quadrada ou retangular pode ser alterado significativamente simplesmente mudando o ciclo de trabalho (HOLMES, 2012, p. 183).

A teoria de análise sonora de Fourier contribui para o entendimento da síntese sonora com osciladores eletrônicos. Um dos princípios dessa teoria é aplicável na análise sonora. Assim, ondas sonoras complexas podem ser decompostas analiticamente em ondas sonoras elementares, procedimento conhecido como Análise de Fourier. Deste modo, em sentido inverso, é possível combinar ondas elementares na criação de formas de ondas complexas (HOLMES, 2012, p. 178).

Assim, osciladores podem ser combinados para compor o timbre a ser sintetizado. Existem diversos modos de combinação de osciladores. A seguir serão descritos alguns desses procedimentos básicos. Entretanto, como requisito para a melhor compreensão dos resultados a serem obtidos com cada procedimento de síntese sonora eletrônica, cinco aspectos do som devem ser considerados: frequência, amplitude, duração, timbre, e envelope.

A frequência é determinada pelo número de oscilações por segundo e implica diretamente na afinação do som sintetizado. A unidade de medida é o *Hertz*, representado pela abreviação Hz. Notas musicais possuem frequências definidas dentro do sistema tonal e relativizadas na escala de 12 sons, usualmente atribui-se à nota musical Lá a frequência de 440Hz. As frequências que resultam da razão ou

multiplicação pelo valor dois são consideradas a mesma nota musical. Assim, 220Hz e 880Hz são frequências correspondentes da nota musical Lá, oitava abaixo e acima respectivamente.

A amplitude de um som está relacionada com o comprimento da onda no campo eletromagnético, é diretamente proporcional ao volume do som sintetizado. Nos gráficos onde são representadas as formas de onda, a amplitude é representada no vetor vertical.

Duração é o aspecto do som relativo ao tempo que um som é audível. Nos instrumentos musicais acústicos a duração está relacionada com a quantidade de tempo que o corpo do instrumento sustenta a vibração gerada mecanicamente. Na síntese sonora eletrônica, porém, a duração depende somente do controle exercido eletronicamente, podendo ser indefinida (HOLMES, 2012, p. 177).

Envelope é um conceito relacionado à amplitude sonora pois diz respeito a como se comporta um som do momento de sua origem, conhecido como ataque, sua sustentação no tempo e seu decaimento até amplitude zero. (HOLMES, 2012, p. 178).

O timbre é o parâmetro relacionado à característica que distingue diferentes sons, ainda que tais sons produzam a mesma frequência fundamental. É a diferença que distingue dois instrumentos musicais acústicos diferentes produzindo a mesma nota musical, ou osciladores com formatos de ondas diferentes produzindo a mesma frequência fundamental. O timbre, deste modo, é parâmetro fundamentalmente espectral, podendo ser elaborado a partir de combinações entre frequência fundamental e parciais harmônicas.

2.3 Síntese sonora de ondas complexas

Na síntese aditiva, várias formas de ondas sonoras são combinadas para obter-se uma forma de onda mais complexa em relação às suas componentes. Para realização desse procedimento, os sinais provenientes de vários osciladores devem ser somados. Ajustando-se as frequências e amplitudes produzidas em cada oscilador em valores múltiplos de uma frequência fundamental, é possível modificar

o timbre percebido pelo ouvido humano.

Na síntese subtrativa, ocorre o procedimento inverso ao da síntese aditiva. Neste procedimento, parte-se de uma forma de onda complexa e rica em harmônicos que é filtrada em regiões específicas do espectro sonoro, tendo partes de seu conteúdo harmônico removido (FRITSCH, 2008, p. 167)

As sínteses aditiva e subtrativa foram métodos usados por muitos compositores de música eletrônica na década de 1950 e 1960, quando os sintetizadores analógicos comercializados passaram a prover tais recursos de síntese. Essas técnicas de síntese também foram amplamente empregadas nos sintetizadores comerciais com o objetivo de simular instrumentos musicais acústicos, como instrumentos de orquestra (HOLMES, 2012, p.199).

Com o advento do processamento de áudio digital, a síntese aditiva e subtrativa foram expandidas através do recurso de tabelas de onda, popularmente conhecido como *wavetable*. A síntese por tabela de ondas possibilita a criação de formas de ondas mais sofisticadas em relação às formas básicas anteriormente explicadas. Osciladores do tipo *wavetable* interpretam o código que representa uma tabela onde são especificadas os valores de amplitude de onda de um ciclo completo (HOLMES, 2012, p. 304). Através desse recurso, aliado à capacidade de processamento dos microprocessadores de áudio digital, maior fidelidade de simulação de instrumentos acústicos pôde ser alcançada, sendo o *wavetable* o método de síntese padrão de muitos sintetizadores comercializados nas décadas de 1980 e 1990 (*ibidem*, p. 297).

Os osciladores digitais funcionam através do método *wavetable*. As formas de ondas básicas e outras formas de onda são armazenadas digitalmente em uma série de números que representam um ciclo completo da forma de onda, que é repetidamente reproduzido pelo oscilador. Assim, uma pequena amostra de áudio digitalizada também é uma tabela numérica que pode ser interpretada por um oscilador *wavetable* (*ibidem*).

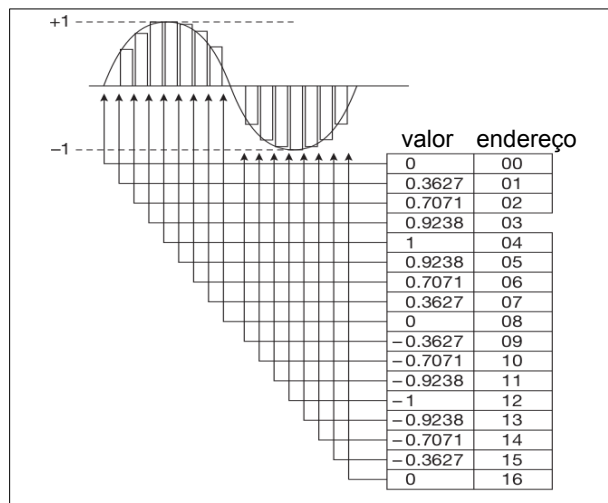


Figura 5: Exemplo de digitalização da forma de onda (HOLMES, 2012, p. 298)

Wavetable é um método de síntese sonora intrínseco ao meio digital, pois consiste na produção de oscilação elétrica em razão do sequenciamento de valores numéricos pelo oscilador. Esse princípio é a base do sistema de conversão analógico-digital e, por se tratar de um código numérico, operações matemáticas podem ser utilizadas para exercer controle sobre o código, abrindo muitas possibilidades de criação de sistemas de geração sonora.

Além dos métodos de síntese baseados na junção e filtragem de frequências (aditiva e subtrativa, respectivamente), juntam-se ao bojo dos procedimentos mais comuns em síntese sonora, as modulações por amplitude e frequência. Trata-se de modulações operacionalizadas com a utilização de parâmetros de uma oscilação para controlar características de outra oscilação.

Na modulação por amplitude (AM) usa-se um oscilador (modulador) para controlar a amplitude de outro oscilador (portador). Na saída do oscilador modulador é necessário adicionar um valor de deslocamento para que as variações de amplitude ocorram em valores positivos. Se aplicada ao modulador uma frequência inferior a 20Hz, obtém-se o efeito de trêmulo³, que é uma variação rápida da

³ Caracterizado pela intermitência da amplitude de um som, em alguns instrumentos musicais acústicos o trêmulo é realizado tocando uma nota musical rápida e consecutivamente. Nos instrumentos eletrônicos esse efeito é automatizado variando a amplitude (volume) do som.

amplitude. Quando o valor de frequência do oscilador modulador ultrapassa 20Hz, o efeito de trêmulo não é mais perceptível e são adicionadas frequências parciais ao espectro sonoro (FRITSCH, 2008, p. 172). Todos os tipos de forma de onda podem ser usados como modulador ou portador da síntese AM (HOLMES, 2012, p.198).

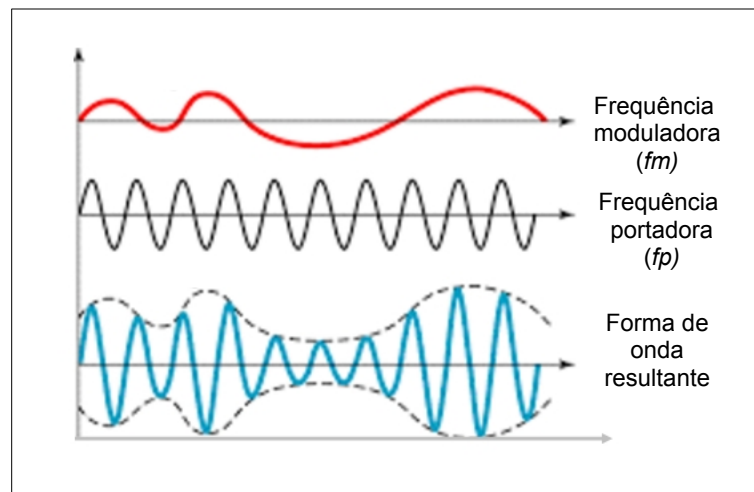


Figura 6: Exemplo de formas de onda moduladora, portadora e frequência resultante em síntese AM

A modulação por frequência, conhecida como síntese FM (*Frequency Modulation*), é a variação dos valores de frequência de uma oscilação através das características de frequência e amplitude de outra oscilação. Portanto, duas frequências se relacionam, sendo que o valor de frequência do oscilador portador é determinado pelo valor da amplitude de onda do sinal produzido pelo oscilador modulador. A frequência do oscilador modulador determina quantas vezes por segundo a frequência do portador varia entre um valor mínimo e um valor máximo determinada pelos picos da amplitude da onda moduladora. Se o sinal da onda moduladora possui uma amplitude de valor 100, a variação de frequência do oscilador portador será de 100 Hz abaixo da frequência inicial, dado pelo pico negativo da oscilação, e 100 Hz acima da frequência inicial, dado pelo pico positivo

da amplitude da onda moduladora.

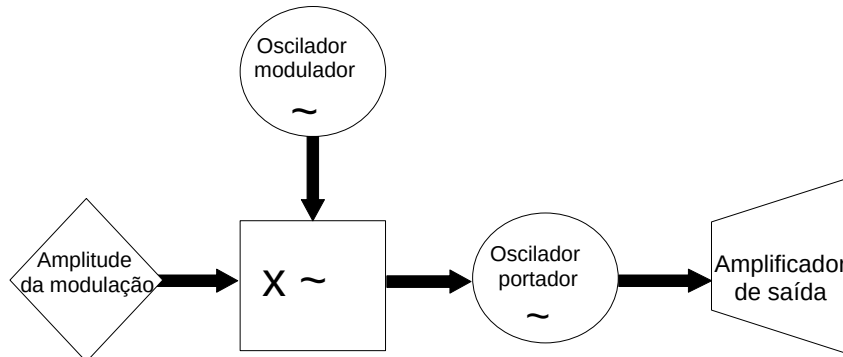


Figura 7: Esquema básico de síntese FM

Assim, se a frequência fundamental for de 300 Hz modulada por uma frequência de 20Hz com amplitude de 100, apresentará variações de frequência entre 200 Hz e 400 Hz em uma velocidade de 20 ciclos por segundo. Para valores baixos de frequência de modulação o som produzido pelo oscilador portador é percebido como uma variação contínua de frequência, um glissando ascendente e descendente contínuo. Quando a frequência da onda moduladora é superior a 20Hz, parciais harmônicas são adicionadas ao espectro sonoro.

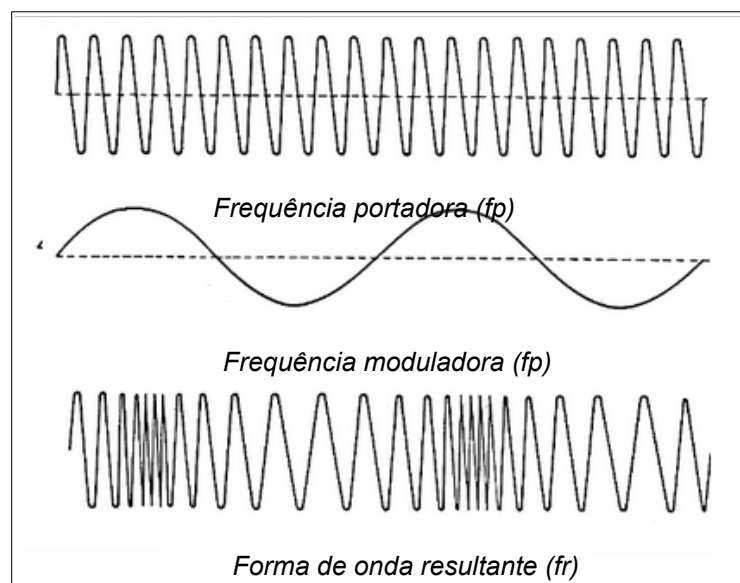


Figura 8: Formas de onda portadora, moduladora e frequência resultante em síntese FM

Esse método proporciona uma enorme paleta de timbres devido a sua extensibilidade que advém das variações do seu esquema básico em relação à quantidade e configuração dos osciladores. Os principais elementos operacionais da síntese FM são a amplitude e a frequência de modulação, pois implicam a quantidade de parciais harmônicas presentes no espectro sonoro da frequência modulada. O desvio de frequência é diretamente proporcional ao valor de amplitude da onda moduladora. Quanto maior o desvio de frequência, mais parciais harmônicas são ouvidas na frequência modulada.

Outro método de síntese de grande potencial na criação de sonoridade é a síntese granular. Esse método é baseado na teoria proposta pelo físico húngaro Dennis Gabor em 1947 sobre a fragmentação do som em minúsculas partículas. A síntese granular, portanto, parte da reprodução de pequenas amostras de áudio denominadas de grãos. Tais grãos são, deste modo, dispostos em um intervalo de tempo muito pequeno, de modo que oscilem periodicamente segundo uma frequência determinada ou variável, resultando em um timbre específico. Os grãos podem ser amostras de áudio digitalizadas ou som sintetizado por osciladores. Os controles exercidos na síntese granular são:

- Amplitude do grão (reflete na intensidade do som percebido)
- Frequência de oscilação do grão (determinante na altura da síntese)
- Densidade (quantidade de grãos por segundo)
- Tamanho do grão ou janela (usualmente de 1 a 100 milissegundos)
- Timbre do grão (alterações em seu espectro harmônico)

Outros métodos de síntese sonora são empregados em contextos específicos, como a síntese por modelagem física, que busca sintetizar o som eletronicamente a partir de funções matemáticas que representam as forças mecânicas envolvidas na produção de um evento sonoro. Trata-se portanto de uma técnica que visa simular sons acústicos através de expressões matemáticas de alta complexidade (FRITSCH, 2008, p.188). Nesse bojo também encontra-se o método de ressíntese, baseado na análise espectral de uma onda digitalizada para prover parâmetros para criação de novos timbres (*ibidem*)

Os métodos de síntese sonora eletrônica descritos neste subcapítulo estão apresentados sob suas formas conceituais básicas. Eles se constituem como importantes elementos conceituais com os quais é possível jogar com combinações em busca de encontrar novas sonoridades. Articulando esses elementos conceituais é possível criar sistemas de geração sonora totalmente singulares para instrumentos musicais digitais, como será apresentado no capítulo 3.

2.4 Sistema de Geração Sonora: Amostragem

Um princípio inerente às tecnologias de fonografia, a amostragem é o trabalho realizado com som fixado em algum suporte (mídia) que permita operacionalizar as informações ali gravadas. Este princípio advém dos primeiros procedimentos que levaram à constituição de uma estética musical baseada na utilização dos aparelhos reprodutores de som como meios de criação musical, ainda na primeira metade do século XX. Naquele período já vislumbravam alguns teóricos que meios como o rádio e o fonógrafo poderiam tornar-se mais do que meios de reprodução do som, uma vez que poderiam ser tratados como meios de criação musical.

Iazzetta (2009) descreve alguns destaques desse período ao mencionar que, em 1910, Alexander Dillmann já indicava a possibilidade de se riscar sobre um disco, criando assim sulcos que poderiam produzir sonoridades determinadas. Iazzetta também menciona que o artista húngaro László Moholy-Nagy propôs:

(...) que se produzissem métodos pelos quais uma pessoa pudesse riscar diretamente num disco os sulcos semelhantes aos produzidos mecanicamente num disco comum lido por aparelhos como o gramofone. Isso possibilitaria a produção de sonoridades totalmente novas diretamente a partir de instrumentos tecnológicos, sem o uso de instrumentos musicais tradicionais. Uma vez que os sulcos tradicionalmente gravados em discos eram produzidos numa escala muito pequena para a manipulação direta de uma pessoa, deveriam ser estudados métodos de transcrição dos traços gerados manualmente para um suporte com ranhuras de dimensões microscópicas que pudessem posteriormente serem tocadas. (IAZZETTA, 2009, p.56)

Segundo Iazzeta (*ibidem*), Moholy-Nagy enfatizou que era preciso criar dispositivos para produzir sons totalmente diferentes dos quais estavam habituados. Riscar sobre o disco é alterar diretamente o dado gravado, sob o aspecto de deformação das ranhuras do disco de vinil, gerando som correspondente às oscilações inseridas em sua topografia. Portanto, um procedimento de amostragem que visaria trabalhar com a informação das ranhuras no disco.

No período que precede os anos de 1940, outros modos de manipulação das tecnologias fonográficas foram utilizados em diversos contextos, antes mesmo do surgimento da música eletroacústica como um fenômeno consolidado na década de 1950. Um desses exemplos é a utilização do fonógrafo em alguns concertos orquestrais, nos quais o dispositivo era inserido como aparelho reproduzidor de sons previamente selecionados, dentro de composições tradicionais (IAZZETA, 2009, p. 58).

Contudo, é no campo do cinema que uma experiência pioneira, daquilo que vem a ser a música concreta mais tarde, surgiu de forma proeminente, e com resultados significativos no âmbito da utilização de dispositivos tecnológicos para a manipulação da informação sonora com fins artísticos. Os cineastas Oskar Fischinger e Rudolf Pfenninger foram os pioneiros neste cenário.

Ambos criaram técnicas de síntese sonora a partir de desenhos feitos à mão que eram fotografados diretamente na banda sonora da película do filme. Embora com propostas e procedimentos diferentes, ambos os cineastas causaram certa repercussão naquele momento, chamando a atenção para uma forma inovadora de produzir música. A partir de um vocabulário gráfico, os cineastas podiam montar estruturas musicais sem a utilização de instrumentos, nem de músicos, anunciando um procedimento que seria adotado e desenvolvido quase 20 anos depois dentro do estúdio eletroacústico (IAZZETTA, 2009, p. 142)

Além de Fischinger e Pfenninger, Walter Ruttmann, cineasta alemão, criou um filme sem imagens, cuja estreia se deu não no cinema, mas no rádio em 1930. Seu filme intitulado *Weekend* foi realizado através da técnica de montagem e edição da película do filme, porém sem imagens gravadas, apenas com sons. *Weekend* é o prenúncio da edição do dado sonoro por meio dos dispositivos fonográficos, prática que seria incorporada pelos estúdios eletroacústicos que surgiram anos mais tarde

de maneira intensa e integrada com a criação de novos dispositivos.

Com tais experiências ocorrendo com o uso do vinil e da película, logo a fita magnética também foi tomada como recurso de criação musical. A ideia original inventada em 1928 pelo alemão Fritz Pfelemer para a registro de áudio consistia numa fita de papel coberta por um pó de aço. A fita magnética como conhecemos hoje, feita de poliéster com óxido de ferro, foi desenvolvida em 1934. Sua utilização como meio de criação musical é verificável em diversos trabalhos ao longo da história. Passou a fazer parte dos processos de criação musical, deixando de cumprir um papel restrito à reprodução de áudio gravado.

Até a chegada do gravador de fita magnética de bobina, a música eletrônica era um meio onde prevalecia a performance ao vivo com instrumentos como o Theremin, Ondas Martenot, ou o humilde toca-discos. O gravador transformou, da noite para o dia, o campo da música eletrônica em um meio composicional. (HOLMES, 2012 p. 123,).⁴

A oscilação sonora é gravada na fita magnética sob o aspecto de deformação sucessiva do campo magnético, milímetro após milímetro de fita, de modo que seu comprimento é relativo ao tempo de som gravado. Cada pedaço de fita magnética contém um fragmento da informação gravada. Assim, é possível montar sequencialmente os sons gravando-os na fita ou mesmo editando a fita, cortando e emendando pedaços uns nos outros através de procedimentos técnicos específicos.

A posição ao longo do tempo de qualquer som gravado em fita magnética pode ser determinado em um ponto do comprimento de uma fita magnética. A velocidade de gravação determina quanto de tempo de reprodução um fragmento de fita pode armazenar. Usualmente, os gravadores eram fabricados com duas ou três velocidades diferentes de gravação e reprodução, medidas em centímetros ou polegadas de comprimento da fita por segundo de som gravado.

Partindo desses preceitos, é possível editar a fita selecionando um ponto em seu comprimento, cortando o fragmento selecionado e emendando a fita novamente, realocando o fragmento sonoro na posição ao longo da fita. Esse procedimento de 'cortar' e 'colar' a fita magnética requer uma definição precisa do ponto a ser ponto

⁴Tradução livre realizada pelo autor da dissertação.

de corte e emenda, sendo necessária a utilização de ferramentas específicas (Holmes, 2012, p. 125). As demais técnicas básicas de composição com fita magnética, como *loop*, reprodução no sentido reverso e alteração da velocidade de reprodução, demandam deste procedimento manual de corte e emenda da fita magnética.

O *loop* é uma técnica comum de repetição de um fragmento sonoro. Pode ser realizado com fita magnética através da junção entre o ponto inicial de um fragmento de fita com seu ponto final. A velocidade da repetição depende diretamente do tamanho de fita usado para criar o *loop*, da velocidade de reprodução e do diâmetro do carretel de fita.

A reprodução de um som gravado em fita magnética no sentido reverso acarreta mudanças nas características de envoltória da amplitude do som, também conhecidas pela sigla ADSR (*Attack, Decay, Sustain, Release*), representante das quatro características de envoltória: Ataque, Decaimento, Sustentação e Repouso. O Ataque é o ponto inicial de um fragmento sonoro, comumente de amplitude maior, é seguido por um decaimento dessa amplitude que se sustenta por um intervalo de tempo até o repouso total (silêncio). Essa sequência comum do envelope sonoro quando reproduzida no sentido reverso se inverte. Os sons nesse sentido tendem a um começo suave para, depois do intervalo de sustentação, aumentar em amplitude e finalizar abruptamente.

A alteração da velocidade de reprodução gera uma transformação de timbre e frequência que faz com que o som reproduzido perca a referencialidade do som original. Uma frequência de altura definida soa mais aguda quando reproduzida em velocidade maior que a gravação original, e mais grave quando é reproduzida em velocidade menor. Isso acontece por que o som é gravado na fita sob uma velocidade determinada constante. Assim, as frequências gravadas são alteradas por velocidades de reprodução diferentes da velocidade de gravação. Se um som gravado numa velocidade for reproduzido em outra velocidade equivalente ao dobro da anterior, o resultado será um som com diferença de altura equivalente a uma oitava (o dobro da frequência anterior).

Essas técnicas foram utilizadas por muitos compositores de música

eletroacústica, mediados pelos aparelhos do estúdio eletracústico, como relato a seguir no subcapítulo 2.6. Entretanto, com a chegada dos processadores de áudio digital em meados da década de 1980 (HOLMES, 2012, p. 277), o trabalho com amostras de áudio atinge um novo patamar, onde a manipulação do dado sonoro é realizada por softwares, como os procedimentos que descreverei no subcapítulo 2.8.

A correlação entre os procedimentos de edição de fita magnética e a edição digital de áudio é a taxa de amostragem. Na fita magnética o tempo de duração de um fragmento de áudio é proporcional ao comprimento da fita. Na meio digital, a duração de um fragmento de áudio é proporcional à quantidade de amostras processadas em determinado intervalo de tempo (*samples*).

O princípio de conversão de um sinal de áudio analógico em valores digitais, e vice-versa, é baseado na análise sequencial da variação dos valores de tensão elétrica das oscilações do sinal de áudio. A quantidade de valores analisados em um segundo é a taxa de amostragem que representa a forma de onda numericamente. Quanto maior esse valor, maior a fidelidade da digitalização do sinal (HOLMES, 2012, p. 299). Como se tratam de valores de amplitude, a precisão da variação desses valores é um fator determinante da resolução do sinal reproduzido ou digitalizado.

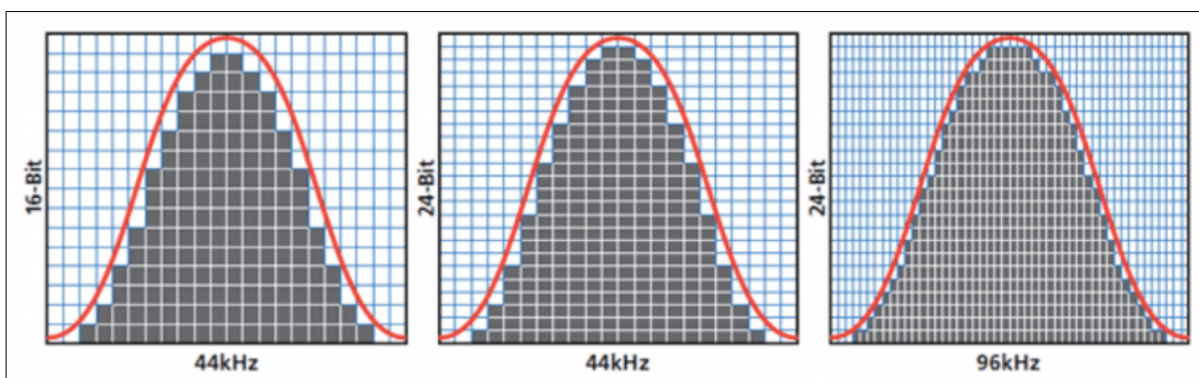


Figura 9: Resolução e taxa de amostragem (fonte: www.horusmusic.global/)

A taxa de amostragem padronizada comercialmente para reprodução de áudio digital é de 44.1KHz (44100 amostras por segundo) e a resolução dos valores

de amplitude é de 16 bits (65536 valores de amplitude possíveis para cada amostra). Esses valores são suficientes para gravação e reprodução de áudio com baixa perda de fidelidade na conversão do sinal (HOLMES, 2012, p. 305).

Através de *softwares* de programação de áudio, as técnicas de edição e manipulação da amostra, como ‘cortar’ e ‘colar’, *loop*, reprodução no sentido reverso e alteração da velocidade de reprodução, passaram a ser realizadas em meio digital. Os pontos determinantes no transcurso da reprodução de uma amostra de áudio são os *samples*. Portanto, trabalha-se com valores de *samples* na implementação de cada técnica.

Softwares dedicados à programação de áudio possuem linguagens específicas, como descrevo no subcapítulo 2.8, portanto, as técnicas de amostragem são implementadas de acordo com cada plataforma de criação. Esses princípios básicos de amostragem constituem-se como importantes elementos de criação de sistemas de geração sonora em meio digital.

2.5 Sistema de geração sonora: processamento

Todo procedimento técnico realizado com o áudio na intenção de modificar suas características oscilatórias, seja em qualquer suporte fonográfico ou síntese eletrônica, é um tipo de processamento sonoro. O processamento pode ser realizado com a informação sonora fixada em algum tipo de mídia ou em fluxo contínuo, presumindo a existência de uma fonte de sinal de áudio para ser processado. O processamento é compreendido, portanto, como modulação de áudio realizado posteriormente à síntese propriamente dita.

O processamento de áudio também pode ser utilizado para remodelar o som captado a partir de uma oscilação acústica. Isto permite alterar em tempo real as características estéticas de um som acústico, de modo que o resultado sonoro se apresente completamente diferente. Alguns tipos de processamento simulam fenômenos acústicos, como o eco e a reverberação. Outros tipos de processamento, utilizando princípios básicos da acústica em sua implementação, produzem efeitos como, por exemplo, o tremolo, o *delay* e a filtragem. Todavia, um som também pode

ser processado por meio de variações causadas na frequência ou no espectro original. Pode-se, por exemplo, utilizar um oscilador de áudio para realizar modulações por amplitude ou frequência em um som captado acusticamente. Deste modo, tal procedimento permite que fontes sonoras acústicas sejam processadas eletronicamente, incrementando significativamente as possibilidades de manipulação instantâneas de áudio.

2.6 O Estúdio Eletroacústico: Convergência e Consolidação de Sonoridades

A partir dos anos de 1950 o estúdio eletroacústico pode ser visto como um espaço de convergência de diversos equipamentos e procedimentos composicionais em meio eletrônicos. É também neste espaço de criação que novas concepções sobre a escuta emergirão. Considerando tal dimensão, destacamos nesta sessão aspectos importantes para a compreensão do desenvolvimento dos instrumentos musicais eletrônicos que precederam o aparecimento das diversas possibilidades de processamento digital inauguradas pelo computador.

Foi no ano de 1951 que a Radiodifusão e Televisão Francesa dispôs fundos para o Grupo de Pesquisa em Música Concreta criar um estúdio adaptado para a produção eletroacústica a partir dos equipamentos convencionais de um estúdio de rádio, já equipado com aparelhos para reproduzir e editar fita magnética. Essa adaptação não foi meramente uma mudança operacional no sentido funcional dos aparelhos (SOUZA, 2016). Era necessário que novos aparelhos fossem desenvolvidos para a realização de procedimentos que estavam além das capacidades de um estúdio de rádio da época, invenções nas quais o próprio Pierre Schaeffer esteve engajado em parceria com o engenheiro Jacques Poullin.

Ao longo de quatro anos de convívio, a parceria de Schaeffer como o engenheiro Jacques Poullin fez surgir várias inovações tecnológicas dedicadas a composição da música eletroacústica: o *morfofone*, que consistia em um leitor com dez cabeçotes de leitura para reproduzir em eco anéis de fita; o *phonogéne* cromático, um leitor de anéis de fita com vinte e quatro velocidades e controlado por teclado; o *phonogéne* contínuo, que

consistia em um leitor de anéis de fita à manivela e com velocidades continuamente variáveis; o *potentiomètre d'espace* que permitia a distribuição ao vivo de um som pré-gravado para um sistema de som quadrifônico, a partir de um gravador de três pistas simultâneas. (SOUZA, 2016, p. 5)

Os aparelhos que Pierre Schaeffer, e Pierre Henri utilizaram na composição de várias de suas obras eram, em 1951 e posteriormente, os equipamentos do estúdio eletroacústico. A partir desses tipos de aparelhos passou-se a conceber uma estética musical particular, centrada nos procedimentos técnicos e na manipulação lógica dos aparelhos que controlavam a fita magnética.

O estúdio eletroacústico gerou um modelo de criação musical estritamente mediado por tecnologias eletrônicas que modificou os modos de concepção sonora no âmbito da composição, uma vez que os sons deixaram de estar atrelados a fisicalidade dos instrumentos tradicionais, para estabelecer relações abstratas decorrentes da utilização de meios eletrônicos (IAZZETTA, 2009, p.78)

Vários compositores adotaram o método concreto, o qual, segundo Holmes (2012), possui quatro princípios primordiais: 1) o uso dos meios tecnológicos para a estruturação do som nas composições (os aparelhos operadores de fita magnética, microfones, alto-falantes, entre outros); 2) a utilização de todo tipo de material sonoro; 3) a reprodutibilidade desse material atribuída a característica de fonografia permanente; 4) a independência da performance ou de associação do evento sonoro com algum tipo de corpo produtor desse som, também chamada de acusmática.

Além de Pierre Schaeffer e Pierre Henry, compositores como Pierre Boulez, Lánnis Xenákis, Olivier Messiaen, Michel Philippot, entre outros, adotaram o método concreto para compor. Tal método pressupõe a utilização de aparelhos, sem os quais a música concreta seria irrealizável. A tecnologia de captação sonora, o microfone, o gravador de fita magnética, incluindo suas variações funcionais desenvolvidas especialmente para a criação musical, e as tecnologias de amplificação e reprodução de áudio elétricas.

Essa permeação da tecnologia elétrica no meio composicional fez com que esse campo fosse *habitat* tanto de artistas quanto de inventores, de modo que não só a estruturação do material sonoro (atividade relacionada a composição musical)

mas também a criação de novos meios de operacionalizar o material sonoro (atividade relacionada ao desenvolvimento de aparatos tecnológicos) se tornassem procedimentos necessários para a consolidação dos processos criativos em música eletroacústica.

Nesse sentido, o *know how* musical também se transformou, posto que a utilização dos aparelhos operadores de fita magnética requerem o domínio técnico sobre os procedimentos de manipulação desses aparelhos e sobre o fenômeno acústico decorrente de tais procedimentos. Em outras palavras, os componentes dispostos pelos aparelhos permitem o controle das qualidades sonoras do material gravado. Na medida em que são dominados tais procedimentos técnicos, novas possibilidades estéticas se revelam, assinalando o início de um movimento de hibridização do processo de criação musical com métodos de outros campos da ciência, como a física, a eletrônica, a mecânica e, posteriormente, a informática.

Engenheiros passaram a participar do meio artístico, tornaram-se figuras primordiais no desenvolvimento da estética musical eletrônica, sendo os responsáveis pelo surgimento de diversos dispositivos que caracterizam a música eletroacústica. No movimento francês, o *Groupe de Recherches Musicales* (GRM) contava com Jaques Poullin, o qual, em parceria com Pierre Schaeffer, desenvolveu vários dispositivos para o estúdio da *Radiodiffusion-Télévision Française* (RTF), conforme citado anteriormente (HOLMES, 2012).

O movimento alemão, mantido pela emissora de televisão do norte da Alemanha, *Nordwestdeutscher Rundfunk* (NDWR) contava com Fritz Enkel que também desenvolveu diversos dispositivos para criação musical eletrônica. Entretanto, como esse movimento possuía motivações estéticas centradas na utilização do som sintetizado eletronicamente, os dispositivos desenvolvidos por Enkel seguiram nessa direção, dos quais podemos citar: os osciladores para geração de ondas triangulares; gravadores de fita magnética com velocidades variáveis; gravador de fita magnética com quatro canais, filtros de áudio, gerador de ruído branco, entre outros (HOLMES, 2012, p. 59).

Os gravadores de fita magnética não foram meios usados como ferramentas composicionais para criar exclusivamente obras concretas. Existe uma ambiguidade

entre os dois movimentos que se processavam paralelamente entre as décadas de 1940 e 1950, *musique concrète* na França e *elektronische musik* na Alemanha. Ambos tinham como princípio a utilização dos aparatos tecnológicos do estúdio eletroacústico para a composição musical e podem ser considerados como gêneros musicais eletrônicos. Por restringir o material sonoro composicional aos sons provenientes de síntese eletrônica, o movimento alemão foi designado inicialmente como música eletrônica e o movimento francês, por aderir todo som gravado ao material composicional, como música concreta.

Em 1949, o físico alemão Werner Meyer-Eppler, publicou o livro *Elektronische Klangerzeugung: Elektronische Musik und synthetische Sprache*, lançando a novidade sobre o desenvolvimento da tecnologia de síntese sonora eletrônica. Inspirado por Meyer-Eppler, o compositor e musicologista Herbert Eimert se interessou por esse campo com o intuito de desenvolver técnicas serialistas de composição através dos recursos de síntese sonora eletrônica. Assim, com forte influência da estética serialista de Webern, Herbert Eimert funda oficialmente o primeiro estúdio de música eletrônica do mundo, no qual Karlheinz Stockhausen inicia seus experimentos com eletrônica e começa a compor com esses meios. Sua obra *Studie I* (1953) é a primeira obra totalmente composta com sons senoidais utilizando a técnica serial de composição (HOLMES, 2012, p. 63).

É importante ressaltar que antes de compor *Studies I* Stockhausen esteve estudando em Paris, onde teve a oportunidade de conhecer Pierre Schaeffer, que lhe proveu o uso supervisionado do estúdio eletroacústico durante algumas horas por semana (*ibidem*). Foi com Schaeffer que Stockhausen iniciou sua aprendizagem em edição de fita magnética para composição musical, a qual influenciou seus trabalhos nos anos futuros. Tendo retornado para a seu país de origem e vinculado ao estúdio de Colônia, compôs sua série de estudos que foi apresentada como a primeira audiência de *Tape Music* da história em 1954 (*ibidem*).

Os procedimentos composicionais nesse campo formam um assunto muito extenso e, por mais que seja pertinente, não é foco desta dissertação. Para o que compete a este trabalho, interessa saber que os dois movimentos estéticos apresentados até agora, *musique concrète* e *elektronische musik*, influenciaram a

consolidação de uma estética composicional intermediada pelos aparelhos.

Uma obra chave para melhor compreender essa questão é *Gesang der Jünglinge*⁵. Para compor *Gesang der Jünglinge*, entre os anos 1955 e 1956, Stockhausen serviu-se de técnicas cultivadas antes tanto no estúdio de Colônia quanto no de Paris. Usando somente dois tipos de material sonoro, sendo eles: as gravações acústicas de melodias cantadas por um menino de 12 anos de idade; e sons eletrônicos provenientes de osciladores combinados para formar sínteses aditivas, previamente gravados e transformados para se assimilarem com o som vocal na obra, o compositor articulou conceitos de velocidade, duração, suavidade, densidade e complexidade, distanciamento e aproximação dos intervalos melódicos e transformações de timbre muito bem controladas (HOLMES, 2012, p. 66).

As técnicas de criação sonoras aplicadas na composição *Gesang der Jünglinge* são baseadas em síntese sonora, amostragem e processamento, princípios descritos anteriormente neste capítulo. São técnicas que foram aplicadas com o intermédio dos aparelhos do estúdio eletroacústico, que passaram a servir como os principais aparelhos de criação musical eletroacústica até meados da década de 1980, quando as tecnologias digitais de síntese, gravação e reprodução sonora foram incorporadas em diversos segmentos da música.

As técnicas de síntese sonora eletrônica, processamento e amostragem são elementos lógicos e combináveis. Os elementos são articulados através dos aparelhos. Esse ponto é importante para as proposições desta dissertação, pois adentra a relação simbiótica entre operador e aparelho, como introduzido no capítulo 1, e que será abordada adiante, no capítulo 3, com ênfase nos instrumentos musicais digitais e na possível interpretação destes enquanto aparelhos na perspectiva apresentada por Vilém Flusser.

O estúdio eletroacústico pode ser visto, portanto, como ambiente de convergência e consolidação das técnicas fundamentais de criação que envolvem a música eletroacústica. Portanto, as técnicas de síntese, amostragem e processamento de som foram reunidas neste ambiente de trabalho, e diversos dispositivos foram desenvolvidos para possibilitar a junção das técnicas

5 Pode ser ouvida em: <<https://www.youtube.com/watch?v=nffOJXcJCDg>>

elementares. Na passagem do meio analógico para o meio digital, tais técnicas passaram a ser aplicáveis através da programação em *softwares*.

2.7 Do Estúdio Eletroacústico ao Chip DSP: Computação Musical

Atualmente, as técnicas de geração e transformação sonoras possibilitadas pelas tecnologias eletrônicas desenvolvidas no contexto do estúdio eletroacústico naquele período estão atualmente disponíveis no meio digital (HOLMES, 2012, p. 180). Tais técnicas são atualmente operadas por meio de linguagens de programação que computam o fluxo de áudio em *bits* de maneira análoga às possibilidades oferecidas pelos osciladores eletrônicos analógicos e pela reprodução das amostras de áudio com fita magnética.

A tecnologia de processamento de áudio digital difundida atualmente é o chip DSP (*Digital Signal Processor*), presente tanto em computadores quanto em *smartphones*, placas de som e outros equipamentos que processam áudio e vídeo digitais. Através das linguagens de programação de áudio, executa-se funções do microprocessador DSP. Conhecer tais linguagens de programação possibilita a elaboração de programas que realizam operações com o digitalmente áudio codificado. O trabalho com amostras de áudio e procedimentos complexos de modulação antes realizados em um estúdio eletroacústico podem agora ser executado por um *chip*.

O desenvolvimento da tecnologia computacional ocorreu historicamente em paralelo com o desenvolvimento das tecnologias utilizadas nos estúdios de música eletroacústica (aparelhos editores de fita magnética e sintetizadores analógicos). Contudo, não foi inicialmente aplicada à produção musical. Em seus primórdios, a tecnologia digital foi desenvolvida com o objetivo de realizar operações matemáticas complexas. Automatizar a comunicação e o processo de codificação numérico para controlar operações de cálculo complexas eram o foco dos engenheiros que desenvolveram os primeiros computadores (HOLMES, 2012, p.252).

O Primeiro computador digital capaz de armazenar o próprio programa foi o EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Computer*), ainda feito com válvulas,

embora o transistor já estivesse sido inventado no final da década de 1940, contava com pouca memória e capacidade de processamento, além de ocupar um enorme espaço e consumir muita energia elétrica.

Apenas após a aplicação do transistor na fabricação de computadores, viabilizou-se a comercialização desse tipo de equipamento. O primeiro computador transistorizado, comercializado pela empresa IBM, o 704, foi lançado em 1955. Foi em um IBM 704 dos laboratórios da empresa Bell Telephone que Max Mathews demonstrou pela primeira vez o uso da conversão digital-analógica (DAC) para a síntese sonora e também desenvolveu a primeira linguagem de programação musical, a MUSIC I, em 1957.

Apenas a partir da década de 1960 tornou-se viável produzir sons sinteticamente com o computador, ainda assim com muitas restrições, devido ao desenvolvimento da música computacional estar atrelado ao desenvolvimento das linguagens computacionais, e também pela baixa capacidade de processamento dos hardwares utilizados .

A linguagem de programação MUSIC I somente produzia sons monofônicos (limitada a produzir um som de cada vez), reproduzia um único timbre (limitada a produzir apenas uma forma de onda sonora, a onda triangular) e não possuía controle de amplitude do som. Era possível apenas controlar as alturas (frequências) das notas e suas respectivas durações ao longo do tempo (HOLMES, 2012, p. 253).

Era uma linguagem em pleno desenvolvimento. Mathews liderou a equipe que continuou a desenvolver o programa, lançando a segunda versão (MUSIC II) já em 1959, que contava com síntese polifônica de quatro vozes e o método de síntese *wavetable*, que consiste na utilização de formas de onda previamente definidas para síntese sonora. Em seguida, o MUSIC III foi lançado em 1960 com muitas melhorias, dentre elas, o sistema de biblioteca de algoritmos processadores de sinal, pequenos módulos geradores de síntese combináveis e memorizáveis através de comandos de texto. Com isso o programa ganhou, além de uma porção predefinida de algoritmos de síntese sonora, a possibilidade de criar os próprios algoritmos e armazenar em uma “biblioteca” virtual. Seu sucessor, MUSIC IV, foi lançado em 1962 e contou com outras versões adaptadas para outros computadores. James

Tenney compôs *Five Stochastic Studies* utilizando o programa MUSIC IV (HOLMES, 2012, p. 254).

Com o desenvolvimento e padronização da linguagem de programação FORTRAN⁶, Mathews providenciou que a quinta versão da linguagem *MUSIC* fosse programada em FORTRAN IV, o que possibilitou a difusão do *MUSIC V*, lançado em 1969, para qualquer computador da época. a partir disto, o programa MUSIC ganhou versões adaptadas por outras instituições como o *MUSIC 360* e o *MUSIC 10*.

Além do *MUSIC V*, Mathews também colaborou no desenvolvimento do sistema computacional interativo *Graphic 1*, capaz de decodificar a imagem desenhada em uma tela receptora em som sintetizado, e no desenvolvimento de um sistema computacional com interface gráfica para simplificar o controle de síntese sonora em tempo real, o GROOVE (*Generated Real-time Output Operations on Voltage-controlled Equipment*).

Ainda que estivessem sendo implementadas através do computador possibilidades criativas jamais experimentadas na música antes, até o final da década de 1960, as sonoridades obtidas através da síntese eletrônica digital ainda não eram tão atrativas para muitos compositores. Além disso, era caro e inviável dispor um computador de grande porte em um estúdio para composição, quiçá para a performance em tempo real. Portanto, dois aspectos da tecnologia computacional musical necessitavam ser aprimorados para que se viabilizasse o uso do computador para geração, transformação e controle sonoro em tempo real, que são as técnicas de síntese eletrônica, bem como os programas e linguagens de programação; e a tecnologia de processamento de áudio digital, os microprocessadores.

Na década de 1970, a música computacional se torna um termo reconhecido academicamente, com grandes instituições públicas e privadas pesquisando e desenvolvendo tecnologias neste campo. Em 1974 foi fundada a ICMA (*International Computer Music Association*), uma associação internacional de pessoas e instituições interessadas no desenvolvimento de aspectos técnicos, criativos e performáticos da computação musical. Os interesses da ICMA atendem a

⁶Linguagem de programação do tipo imperativa amplamente difundida pela comunidade científica na década de 1960. Padronizada pela *American Standard Association (ASA)* em 1966.

compositores, desenvolvedores de software e hardware, pesquisadores e músicos interessados na integração de música e tecnologia. A ICMA é responsável por organizar anualmente a Conferência Internacional de Música Computacional (ICMC), que congrega uma rede de profissionais, publicações especializadas, gravações e projetos, além de disponibilizar *online*⁷ um banco de dados de todos os trabalhos apresentados na ICMC, o qual constitui uma importante fonte de referência sobre o estado da arte nesse campo de conhecimento.

Também foi na década de 1970 realizados que os primeiros experimentos com o procedimento de síntese sonora de modulação por frequência (FM), por John Chowning. Esse procedimento trouxe grande riqueza de sonoridades que, na medida em que foram desenvolvidos os microprocessadores de áudio digital, foi incorporado nos sintetizadores digitais comercializados pela empresa Yamaha, que comprou a patente da síntese FM de Chowning e a tornou o método base de geração sonora do bem vendido sintetizador DX-7, introduzido no mercado em 1983 (HOLMES, 2012 p. 257).

Embora a síntese sonora digital em tempo real já estivesse utilizável em sintetizadores digitais comercializados desde o final da década de 1970, não são tão pertinentes para o assunto desta pesquisa quanto o desenvolvimento do processamento digital de áudio embutido nos computadores comercializados na década de 1980. Foi o aprimoramento da tecnologia de encapsulamento de transistores em microprocessadores, ocorrido entre a década de 1970 e meados da década de 1980 que proporcionou o desenvolvimento de computadores de menor porte, popularizando o uso desse tipo de equipamento, e conseqüentemente, influenciando a produção de música. Os microprocessadores 4004 e 8008 são exemplos desta miniaturização, sendo que o 8008 foi considerado o chip que deu origem ao primeiro *personal computer*, desenvolvido pela empresa Micro Instrumentation Telemetry Systems, o *Altair 8800*, lançado em 1975.

Se o computador trouxe a possibilidade de realizar em tempo real procedimentos que levavam horas dentro de um estúdio, foi porque o poder de cálculo desse aparelho aumentou consideravelmente, porém isso só se tornou

7 Repositório da ICMC: <https://quod.lib.umich.edu/i/icmc/bbp2372.*>

realidade na década de 1980. Foi nesse período que os microprocessadores começaram a ser produzidos com a tecnologia CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), com baixa taxa de dissipação de calor, o que tornou possível o encapsulamento dos circuitos integrados em um tamanho ainda menor.

Os microprocessadores são circuitos integrados programáveis com funções básicas de uma CPU (*Central Processing Unit*). Existem muitos tipos de microprocessadores dedicados a realizar operações distintas em um sistema computacional. O aperfeiçoamento da tecnologia dos microprocessadores influenciou diretamente a performance computacional, aumentando o número de cálculos por segundo que um computador pode realizar. Além de reduzir o tamanho do computador, reduziu seu custo de produção, proporcionando a popularização dessa tecnologia.

É nessa década que surge de maneira mais difundida o termo *personal computer* (PC), nome dado ao computador da IBM lançado em 1981, equipado com processador Intel 8088 que atingia a velocidade de processamento de 4,7MHz, interface gráfica com monitor, o sistema operacional Microsoft BASIC DOS 1.0 era operado por meio de comandos digitados no teclado.

Em 1983 a Apple lança o *Macintosh*, que inovou a informática com o uso da interface gráfica e gestual (monitor e *mouse*) desenvolvida inicialmente pela empresa Xerox, permitindo o acesso a programas através de *clicks*, sem ter que recorrer a comandos no teclado nem ao conhecimento da linguagem computacional. A partir desse momento histórico começaram a surgir programas específicos para música tanto para o *Macintosh* quanto para DOS. Algumas das primeiras aplicações bem sucedidas foram softwares sequenciadores MIDI e outros programas de síntese sonora simuladores de instrumentos musicais, plataformas de desenvolvimento, processamento de áudio, sistema de edição digital de áudio (HOLMES, 2012, p. 281)

Os computadores se tornaram cernes do desenvolvimento de vários tipos de aplicações musicais em estúdio e em situações de performance musical. A padronização do protocolo MIDI ampliou as possibilidades de conexão de interfaces com o computador para controlar sons gerados sinteticamente. Assim, com o

desenvolvimento de algoritmos de síntese que simulam timbres de instrumentos musicais acústicos, muitos softwares se popularizaram como recursos de criação musical.

Uma vez que a qualidade do som gerado digitalmente depende diretamente da taxa de amostras de som calculadas por segundo pelo processador DSP e pela resolução dessas amostras, quanto maior a taxa de amostragem e resolução, maior a fidelidade do áudio. Procedimentos realizados em estúdio para editar som analógico digitalmente usam taxas de amostragem e resolução superiores para manter a fidelidade na geração de um arquivo final, mas a geração sonora com taxa de amostragem de 44.1 Khz e resolução de 16 bit é suficiente para não distorcer o som ou causar ruídos (HOLMES, 2012, p. 282) e está presente na maioria dos computadores e *smartphones* atualmente.

2.8 Hardware e Software na Luteria Digital

Com a popularização dos hardwares e sistemas operacionais de baixo custo, gradativamente a música eletroacústica passa a investigar na criação de instrumentos musicais capazes de realizar diversos dos procedimentos de geração de áudio descritos anteriormente. Com isto, o desenvolvimento de instrumentos e interfaces gestuais assume dimensão mais específica no contexto da música eletroacústica e experimental, que incorpora não somente a criação do som mas também a criação do próprio instrumento. Além disto, diversos outros gêneros musicais contemporâneos se desdobram desta situação e a utilização de instrumentos digitais em processos criativos em música se populariza. Com o advento de sistemas compactos e de baixo custo observa-se o aumento de processos criativos em música que possuem entre seus objetivos a criação dos próprios IMDs.

As tecnologias computacionais que favorecem a atividade de criar o próprio IMD são diversificadas, de modo que, não só o computador, no sentido restrito aos *desktops* e *notebooks*, mas, numa concepção mais ampla do termo, os artefatos que

computam dados, incluindo nesse bojo os *smartphones* e sistemas embarcados como o Arduino⁸ e o Raspberry Pi⁹. Todo equipamento que possui uma CPU (*Central Processing Unit*) controlada por um sistema operacional e um sistema de conversão de sinal analógico em sinal digital e vice-versa (DSP), pode ser considerado digital.

Hardware é o termo adotado para designar os componentes físicos em um computador ou aparelho eletrônico. O termo é utilizado tanto em relação aos sistemas de geração sonora quanto para as interfaces que compõem um IMD. Através do *hardware* de som desses microcomputadores (o chip DSP), voltagens elétricas podem ser geradas, mas são necessários *softwares* para isso. Os *softwares* são recursos lógicos que funcionam a partir da memória de um computador..

Existem muitos *softwares* projetados para realizarem operações com áudio digital. Cada *software* possui compatibilidade com determinado tipo de *hardware* e sistema operacional. Alguns *softwares* são especialmente relevantes para a atividade de luteria digital, pois possibilitam o desenvolvimento de outras aplicações, controlando diretamente as funções do chip DSP e permitindo a associação entre as funções da placa de som com as informações de interfaces conectadas ao sistema computacional em questão. São as linguagens de programação de fluxo de dados multimídia como *Csound*¹⁰, *Supercollider*¹¹, *Pure Data*¹² e *Max/MSP*¹³, entre outras.. Esses quatro *softwares* foram notoriamente os mais mencionados em artigos, livros e pesquisas que acessei durante a revisão bibliográfica básica para esta dissertação e por isso os selecionei para serem contextualizados pois são importantes ferramentas de criação para a luteria digital.

8 Hardware de código aberto que possibilita programação de suas funções de entrada e saída de informação para diferentes tipos de projetos. Mais informações em: <<https://www.arduino.cc/>>

9 Sistema computacional embarcado. Trata-se de um pequeno computador que aceita diferentes tipos de sistemas operacionais. Mais informações em: <<https://www.raspberrypi.org/>>

10 <<https://csound.com/>>

11 <<https://supercollider.github.io/>>

12 <<https://puredata.info/>>

13 <<https://cycling74.com/>>

Linguagens de programação como Csound, SuperCollider, PD (Pure Data), e Max/MSP podem usualmente serem suplementadas com tabelas de funções e algoritmos para geração sonora previamente desenvolvidos, mas o compositor pode inventar novos sons inserindo diretamente os valores numéricos para o som desejado (HOLMES, 2012, p. 298)¹⁴

Csound e *supercollider* são linguagens de programação textuais. Ainda que o acesso a elas ocorra através de uma interface gráfica, os códigos usados para formar algoritmos são textos digitados e visualizados graficamente na tela do computador. Pure Data (PD) e Max/MSP são linguagens de programação gráficas. Isso significa que o código usado para formar algoritmos é inserido graficamente com objetos que representam funções e são conectados através de um sistema de ligações visíveis graficamente baseado em caixas e linhas.

Csound é uma linguagem de programação de áudio derivada da linguagem de programação de propósito geral conhecida como C e da linguagem de programação de áudio MUSIC N (variação da linguagem MUSIC). Inicialmente, foi desenvolvida por Barry Vercoe no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) em 1985 (HOLMES, 2012, p. 306) mas atualmente é mantida por um núcleo de desenvolvedores com auxílio de uma comunidade de entusiastas voluntários que através da fóruns na internet compartilham problemas. Csound é *software* livre sob licença LGPL (*Lesser General Public License*). Atualmente o Csound está na versão 6.12.0, lançada em Outubro de 2018. Está disponível para download no endereço <https://csound.com/download.html> para Windows, OSX e Linux nas versões de 64 e 32 bits, e também para Android, plataforma Bela (arquitetura de processador armhf) e Web (executável através de navegador de internet). Csound foi projetado para a programação de rotinas de processamento de sinal ou de síntese chamadas *opcodes* (ou geradores de unidade) que podem ser combinadas de maneiras diferentes para criar sistemas de geração ou de transformação de sinal de áudio (denominados no *software* como instrumentos). A combinação dos *opcodes* que transmitem sinais de áudio ou dados de um para outro dá origem a um *patch* que

14 Tradução livre realizada pelo autor da dissertação.

pode ser salvo na memória do computador e editado.

Por ser uma linguagem baseada em texto, a programação pode ser realizada criando um arquivo de texto contendo os códigos (instruções) na linguagem C em um editor de texto genérico e depois compilado em linha de comando. Não há interface gráfica específica para Csound mas existem ambientes de desenvolvimento específicos, conhecidos como IDE (*Integrated Development Environment*) que facilitam o desenvolvimento de aplicações proporcionando fácil acesso à compilação e execução do *patch*¹⁵, tal como CsoundQT (Imagem 19), um IDE difundido entre os usuários de Csound

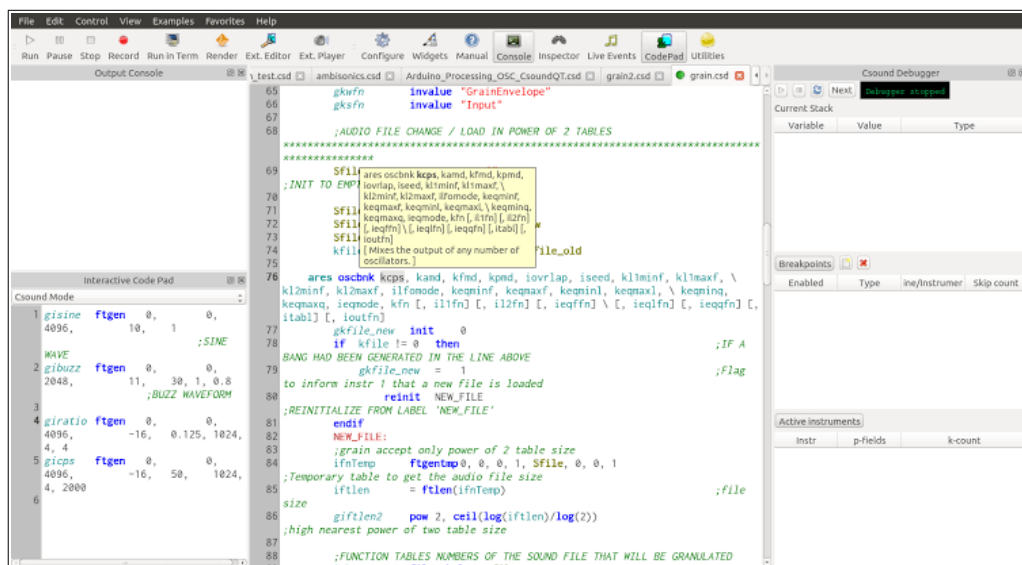


Figura 10: CsoundQt (fonte: <https://csoundqt.github.io/>)

SuperCollider é um ambiente virtual de desenvolvimento para áudio em tempo real com linguagem própria. Software livre sob licença GPL (*General Public License*), lançado em 1996 por James McCartney, é atualmente mantido por uma comunidade de programadores e artistas interessados em programação de áudio digital. É estruturado em três componentes que formam a plataforma de desenvolvimento, o servidor de síntese (*scsynth*), a linguagem de programação

¹⁵ No âmbito da computação, *patch* é o termo dado a uma programação funcional salva na memória do computador.

(sclang) e o editor de slang integrado ao sistema (scide).

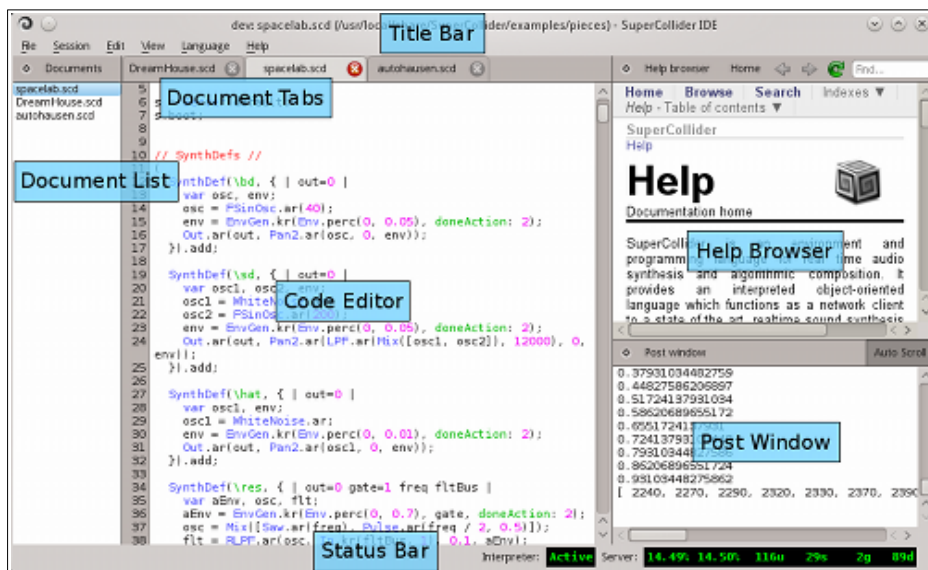


Figura 11 – Scide (fonte: <http://doc.scode.org/Guides/SCIde.html>)

O Pure Data ou PD é um ambiente gráfico de programação que possibilita a criação de software voltado para processamento e geração de som e vídeo a partir de uma linguagem de programação visual. Compatível com as plataformas Windows, Mac e Linux, o PD é um software livre sob licença BSD (*Berkeley Software Distribution*), o que significa que seu código fonte é patentado com restrições, é gratuito e aberto para modificações e redistribuição desde que seja também sob licença BSD, sendo vetada sua redistribuição com fins comerciais. Atualmente, é mantido e atualizado por uma comunidade que disponibiliza downloads, informações e tutoriais através do site oficial (www.puredata.info). Pode ser baixado em duas versões: PD vanilla e Pd-L2ork (ou Purr-Data). O PD Vanilla é a versão original do PD, desenvolvida por Miller Puckette, com uma biblioteca de objetos projetados para trabalhar com processamento de áudio digital e protocolo MIDI. A versão Pd-L2ork inclui em sua biblioteca objetos desenvolvidos pela comunidade, expandindo as funcionalidades do software para o processamento de vídeo e comunicação com outras interfaces.

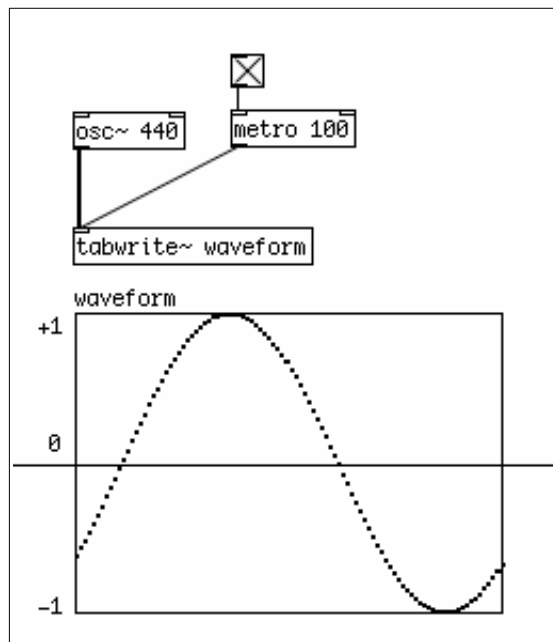


Figura 12: Exemplo de patch em PD (fonte: <http://write.flossmanuals.net/pure-data-portugues/o-que-e-audio-digital/>)

A linguagem de programação visual do PD permite que iniciantes no meio da computação musical possam desenvolver aplicações em fluxos gráficos. O PD utiliza-se de uma linguagem computacional denominada como Programação de Fluxo de Dados (do inglês *Dataflow Programming*). Esse tipo de linguagem possibilita a criação de software graficamente através de um sistema de conexão entre caixas e linhas, onde o processamento de dados ocorre ordenadamente (como em um fluxograma). As caixas são algoritmos pré-programados com diferentes funções que possibilitam o recebimento de variáveis tais como “objetos”, “números”, “mensagens” e “símbolos”. As linhas são um sistema de endereçamento que conecta as caixas uma a outra.

Tal como PD, Max/MSP também é uma linguagem de programação de fluxo de dados multimídia. Inicialmente foi desenvolvido por Miller Puckette em 1988 com o nome Max no IRCAM¹⁶, França. Sua patente foi adquirida por David Zicarelli em 1997, que fundou a companhia Cycling'74, a qual mantém, desenvolve e

16 *Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*

comercializa o Max/MSP. Atualmente, em sua oitava versão, é um *software* com direitos de cópia restritos pela Cycling'74, compatível com Windows e MacOS. Trata-se um software bastante difundido no campo da criação de sistemas musicais interativos, devido sua alta compatibilidade com outros recursos (*hardwares* e *softwares*), e funcionalidades que facilitam o processo de programação.

2.9 Música Computacional e Interfaces Digitais

Conforme descreve Wanderley (2006), a principal característica que leva à atribuição do conceito de instrumento aos sistemas de geração e controle sonoros digitais é a correlação entre gesto e evento sonoro. A ampla gama de sensores projetados para fins específicos traz para a luteria digital experimental a possibilidade de captar qualquer informação que seja transduzível por sensores em variação elétrica, para posteriormente utilizar essa informação na orientação do sistema de geração sonora. Havendo uma correlação instantânea entre gesto (ou outro tipo de informação) e o sinal captado por sensores, é possível sistematizar as interações para prover determinado tipo de controle sobre o sistema de geração sonora.

O estudo dos diferentes sensores e das formas de conexão destes a sistemas de medidas (que hoje normalmente utilizam computadores) é assunto de uma disciplina da engenharia elétrica chamada de instrumentação eletrônica. Em sistemas musicais controlados por gestos, os princípios da instrumentação eletrônica são igualmente importantes na definição do tipo de sensores a serem utilizados em projetos de novos instrumentos musicais digitais (WANDERLEY, M. 2006 p.8)

Para que haja conversão da informação gestual em sinal elétrico é necessário algum meio de adquirir o movimento. Wanderley (*ibidem*) categorizou a aquisição de movimentos pelas interfaces em três tipos: aquisição direta, aquisição indireta e aquisição de sinais fisiológicos. Tais categorias orientam-se pelo tipo de sensor empregado na interface.

Na aquisição direta, sensores capturam parâmetros como força, velocidade,

aceleração, posição em um eixo. A informação captada por sensores, sob forma de sinal elétrico, tratado e condicionado em sinal digital é mapeada digitalmente para corresponder a alteração de parâmetros do sistema de geração sonora, tais como altura, intensidade, granulação, rarefação, envelope, *delay*, etc.

A aquisição indireta é baseada na análise espectral de áudio digital para extrair informações paramétricas a partir da forma de onda analisada. Neste caso, frequência, amplitude da forma de onda, envelope dinâmico entre outras informações podem ser obtidas na análise para controlarem um sistema de geração sonora. Nesse tipo de aquisição são utilizados captadores piezoelétricos ou magnéticos. Nesse contexto, a captação de informações sonoras para processamento depende da interação do instrumentista com algum material acústico.

A aquisição de sinais fisiológicos é obtida diretamente por sensores conectados ao corpo do instrumentista, os quais possibilitam a medição de atividade dos músculos, batimento cardíaco, ondas cerebrais, temperatura, dentre outras informações biológicas. Tal como em outros tipos de sensores, a informação captada por sensores fisiológicos deve ser condicionada ao meio digital e mapeada para interagir com o sistema de geração sonora em questão.

Wanderley também aponta que em todos os tipos de aquisição de movimento existem vantagens e desvantagens, sendo que:

a aquisição direta é potencialmente simples, mas negligente nas possíveis interrelações entre as variáveis; a aquisição indireta mantém intactas as relações originais entre as ações medidas, mas é potencialmente irrealizável devido à complexidade relativa ao processo de separação da influência das ações dos efeitos acústicos do instrumento, da sala e do sistema de gravação sonora. Já a terceira opção, a aquisição de sinais fisiológicos, vai direto à origem dos movimentos, mas neste caso não sempre é óbvio obter sinais significativos (WANDERLEY, M. 2006 p. 8)

Iazzetta (1997), abordando tal questão a partir de outra perspectiva, descreve uma classificação das interfaces em três categorias diferentes: conceituais, físicas e

biológicas. Iazzetta realiza sua classificação por uma perspectiva focada na interação, enquanto Wanderley, (2006) tem sua perspectiva centrada no tipo de sinal adquirido. Uma abordagem não exclui a outra e ambas podem ser tomadas ao analisar um IMD.

As interfaces conceituais são aquelas que separam o conceito de instrumento da interface física, através da abstração conceitual intrínseca ao meio computacional. Quando o controle sonoro é exercido por linhas de comando ou interfaces gráficas, como nos *softwares* MUSIC V, CSound ou PD, são conceitos que estão sendo aplicados ao controle da geração sonora.

Interfaces físicas são aquelas que transduzem energia mecânica em informação. São divididas em três subcategorias: interfaces geradas a partir de instrumentos acústicos, interfaces baseadas no modelo de instrumentos acústicos e novas interfaces (Iazzetta, 1997, p. 6). Interfaces geradas a partir de instrumentos acústicos são aquelas em que um instrumento musical acústico é usado para controlar um sistema de síntese sonora eletrônico através da captação elétrica do som gerado acusticamente. O sinal elétrico gerado pelo instrumento acústico convertido em sinal digital pode ser usado para alterar parâmetros de um sistema de geração sonora criado em *software*. Assim a geração sonora do instrumento acústico é expandida pelo sistema digital mas controlada pela interface nativa do instrumento.

Interfaces modeladas a partir de instrumentos acústicos são aquelas em que o mecanismo de acionamento é baseado em um instrumento acústico, como por exemplo os sintetizadores digitais com interface baseada no teclado do piano.

Novas interfaces são aquelas modeladas a partir de sensores de diversos tipos. Neste caso é o tipo de sensor que determina a gestualidade que controlará o IMD. Nesta categoria de interfaces, encontra-se o maior escopo de tecnologias de controle encontradas nos IMDs criados sob a perspectiva da luteria digital experimental.

2.10 Programação Digital para Criação Sonora

Técnicas de sínteses diferentes podem ser combinadas e formam um amplo

espectro de possibilidades de modelação sonora. Síntese aditiva, síntese subtrativa, modulação por amplitude (AM), modulação por frequência (FM), *wavetable*, são técnicas de síntese sonora que, por si combinadas, sustentam uma alta gama de variações possíveis para sistemas de geração sonora. Adicionando a esse bojo os procedimentos de amostragem e processamento, o total de combinações possíveis entre esses elementos se expande consideravelmente, tendendo a ser inesgotável, à medida que vão sendo incorporado novos procedimentos e tecnologias.

Os processadores digitais dos computadores populares e economicamente acessíveis, atualmente, proveem capacidade de processamento para criação de sistemas de geração sonora altamente complexos. Se levar em consideração os *hardwares* de alta performance, embora caros, as possibilidades aumentam. O meio através do qual são concretizadas as técnicas de geração sonora, discutidas anteriormente, nos sistemas computacionais são as linguagens de programação. Essas são responsáveis tanto pelas capacidades de geração sonora, quando pelo modo de implementação.

Além dos princípios básicos de geração sonora e sua lógica aplicada, outras considerações devem ser tomadas na elaboração de um sistema de geração sonora digital, como o tipo temperamento, a capacidade de reprodução de sons simultâneos, aplicabilidades e limites, a tessitura das frequências reprodutíveis, seus limites máximos e mínimos, se existe algum tipo de controle sobre o timbre ou sobre a composição do mesmo. Esses parâmetros também são implementados digitalmente pelas linguagens de programação, tanto na geração sonora quanto no mapeamento. Constituem como mais elementos que incrementam o repertório da luteria digital enquanto jogo.

Outro aspecto da criação de sistemas de geração sonora é o comportamento dinâmico da amplitude em função do controle exercido. Este aspecto relaciona sistema de controle e sistema de geração sonora e, ainda que sejam sistemas independentes, a concepção de ambos pode ser conjunta, e ser relativa ou não, a determinados padrões culturais herdados da tradição instrumental acústica. As escolhas entre esses elementos influenciam a singularidade alcançada por meio do jogo com a luteria.

A duração dos sons é um fator geralmente associado às propriedades acústicas dos materiais e suas formas de acionamento. No caso dos instrumentos acústicos que possibilitam a sustentação de um som por tempo indefinido, tal sustentação necessita que energia seja adicionada ao sistema continuamente. Um violão, por exemplo, onde a sustentação máxima dos sons depende da energia colocada na corda no instante do ataque à mesma, dinâmica e duração dos sons são parâmetros implementados em conjunto.

Nos sistemas digitais, a imaginação é o limite para o artista. Está na sua capacidade de conceber tecnicamente a forma como os sons serão propagados (quais e como) e assim delimitar como a duração dos sons, suas características de ataque, decaimento, sustentação e repouso (ADSR) serão aplicadas. Nesse sentido, as linguagens de programação favorecem a permutação de elementos para criar um sistema singular. Dessa maneira, os conceitos que eram aplicados na criação musical através dos aparelhos do estúdio eletroacústico são incorporados e potencialmente expandidos pelas tecnologias digitais (*hardwares* e *softwares*).

2.11 Mapeamento

No campo da criação de instrumentos musicais digitais, o termo mapeamento é recorrentemente associado à tarefa de análise e condicionamento de sinais recebidos pelos dispositivos de entrada (as interfaces) para informar o sistema de geração sonora em seus devidos parâmetros. Para Jordà (2005), a separação física e lógica entre o dispositivo de entrada e a produção sonora, comum em todos os instrumentos musicais baseados em sistemas computacionais, traz a necessidade de processar e analisar de diversas formas as informações captadas pela interface, sendo em muitos casos, essencial para o design do instrumento como um todo.

O tipo mais elementar de mapeamento é aquele se associa cada parâmetro de controle da geração sonora (por exemplo, frequência, amplitude, etc.) a uma dimensão de controle independente (por exemplo, um potenciômetro). Isso é chamado de mapeamento um-para-um. Esse tipo de mapeamento pode ser

implementado de maneira contínua ou através de uma seleção de valores determinados.

Outro tipo característico de mapeamento é a adesão de vários parâmetros de entrada para um parâmetro de saída, ou ao contrário, um parâmetro de entrada para controlar muitos parâmetros de saída. Um-para-muitos ou muitos-para-um são tipos de mapeamento que podem exercer relações altamente complexas entre sistema de controle e sistema de geração sonora. Jordá (2005, p. 142) usa o exemplo do violino, que considero pertinente para a compreensão deste tópico: o arco do violino controla diversos parâmetros simultaneamente, como dinâmica, articulação, timbre e frequência. A informação contida em um gesto influencia a evolução interna de vários parâmetros.

No âmbito da eletrônica, a mesma relação pode ser obtida mapeando um sensor infravermelho, por exemplo. Para isso, é necessário que o mapeamento extraia da variação de sinal enviado pelo sensor as informações necessárias. Para isso, as linguagens de programação dispõem de algoritmos que implementam funções matemáticas e lógicas que contribuem para a aquisição de informações a partir de variações de um sinal elétrico.

Em outra condição hipotética, a de muitos-para-um, vários sensores podem ser utilizados para controlar um único parâmetro e isso envolve a análise e condicionamento dos dados coletados dos sensores em função de constituir um sinal variável logicamente relacionado com os sensores e com o sistema como um todo.

Sistemas de geração sonora que incluem certo grau de aleatoriedade, imprevisibilidade, ou não-linearidade em relação à informação dada aos dispositivos de entrada (*inputs*), podem ter sua implementação atrelada ao mapeamento. O mapeamento também é responsável por eliminar variações de sinais indesejadas, estabilização do sinal em valores contínuos, ou que sejam números inteiros, entre outras condições que são determinadas por expressões matemáticas.

CAPÍTULO 3 - CONSTRUINDO MÁQUINAS SINGULARES A PARTIR DE COMPONENTES E PROCEDIMENTOS UNIVERSAIS

Conforme assinalamos anteriormente, embora a computação digital tenha sido efetivamente realizada desde os anos de 1960, é a partir dos anos de 1990, com o aprimoramento do poder de processamento dos chips digitais que a luteria digital é ampliada e exercida de modo mais constante. Isto decorre de dois fatores principais. O primeiro deles refere-se à convergência dos procedimentos criativos em um único suporte digital composto por *hardware* e *software*. O segundo, refere-se ao barateamento e popularização dos microcomputadores, e mais recentemente, na primeira década do século XXI, o surgimento dos hardwares *open source* integrados: computadores miniaturizados em placas de pequeno porte que são utilizados para *design* de equipamentos digitais. Este redimensionamento tecnológico permitiu uma maior acessibilidade na aquisição de componentes eletrônicos que pudessem ser utilizados em processos experimentais de construção de instrumentos digitais.

Sob o ponto de vista da luteria experimental, tal redimensionamento possibilita um novo escopo de possibilidades para os artistas que enveredam na criação novos sistemas de interação com o som. Isso proporciona aos artistas a opção de criar seus próprios instrumentos musicais com sistemas de produção e controle de som totalmente novos. Dentro desse contexto experimental de criação musical, influenciado também pelas práticas de criação de instrumentos eletrônicos experimentais, *hardware hacking* (GHAZALA, 2005) e *circuit bending* (COLLINS, 2006), se fortalece a tendência “faça você mesmo” (*Do It Yourself* – DIY) em detrimento da aquisição de sistemas prontos, uma vez que a produção comercial de dispositivos não atende as demandas específicas nesse meio. Criar os próprios instrumentos eletrônicos passou a ser parte do processo criativo como um todo, um procedimento criativo híbrido no qual a criação tecnológica se mescla com a criação musical através do jogo com conceitos, técnicas e tecnologias. Sob esses aspectos, o processo de criação musical flui da concepção e desenvolvimento do sistema eletrônico que produz e controla sons ao momento de utilização desse sistema em

composição ou improvisação musical. Porém, a prática do músico com seu instrumento criado proporciona um *feedback*, que evidencia as relações por ele programadas no instrumento tornando propícia uma reconfiguração do mesmo para resultados direcionados pela criatividade do músico *luthier*. Esse fato, levanta a possibilidade de compreendermos ambos os procedimentos, criar o instrumento e tocar o instrumento, como um único procedimento imbricado em si mesmo, como será abordado adiante, na conclusão.

No capítulo 2 foram explorados alguns elementos principais e universais em relação a criação de IMDs e algumas contribuições históricas que favoreceram o atual momento da luteria digital experimental. Por outro lado, neste capítulo, exploramos a singularização do processo de construção, o que leva à criação de um instrumento também singular (produto). Concebemos, deste modo, o processo criativo na luteria experimental como um grande jogo dividido em duas etapas que se inter-relacionam e se mantêm como um *uma obra artística em movimento*. Trata-se de um jogo onde a estrutura (conjunto de regras) é variável. Há elementos fixos, mas também elementos em fluxo, que vão gradativamente passando por transformação. Assim, entendemos que a construção do instrumento e a performance artística são partes integrantes de uma obra híbrida, que se transforma no tempo por meio de adaptações que partem de contingências. Por fim, o processo e o produto são vistos no interior da teoria de Flusser (1967; 1985), objetivo específico deste capítulo, e posteriormente ampliada, na conclusão com as proposições de Simondon (2014).

Para tal análise, utilizaremos o conceito de Jogo como proposto por Flusser (1985; 1967), uma vez que tal conceito nos parece apropriado para analisar a relação que músicos construtores de instrumentos estabelecem com a tecnologia eletrônica para criar seus próprios dispositivos. Portanto, neste item, trazemos informações necessárias a respeito desse conceito, e sobre como pode ser aplicado na luteria digital experimental a partir da observação de seus processos criativos.

A chave para esta compreensão se encontra na ideia de que, por meio do jogo com os materiais e os procedimentos, artistas elaboram instrumentos musicais de modo a incorporar uma certa artesanidade que os permite singularizar o

processo e o produto. Tal propensão aponta para um caminho similar ao que Flusser (1985) elabora em seus estudos acerca da relação dialógica que é travada com os aparelhos. Embora Flusser não tenha se referido diretamente à criação de aparelhos, entende-se que sua teoria pode servir a este critério, sendo nesta direção que pretendemos avançar na discussão.

Para o Flusser, jogo é todo sistema composto por elementos combináveis de acordo com regras. Isso implica grande abrangência para o conceito, que pode ser atribuído tanto para sistemas materiais quanto para sistemas conceituais. Flusser (1967) exemplifica tal questão por meio de uma metáfora que compara o xadrez, o pensamento brasileiro¹⁷ e as ciências da natureza a tipos de jogos, considerando que todos são passíveis de serem concebidos como jogos, porém distintamente. O xadrez é um jogo com elementos materiais, enquanto o pensamento e as ciências são jogos conceituais. Flusser assinala as ciências da natureza como jogo conceitual por sua relação dependente da linguagem, mesmo quando o método científico é aplicado sobre materialidade através de instrumentos, experimentos, etc. Flusser fala sobre a ciência simbolizada e teorizada por meio dos códigos e da linguagem, considerando, em função disso, um jogo conceitual. A comparação realizada por Flusser (*ibidem*) abrange quatro elementos que são desdobramentos do conceito de Jogo: repertório, estrutura, competência e universo.

O repertório é a soma de todos os elementos dispostos pela estrutura do jogo. Estrutura é o conjunto de regras que sistematiza a combinação de elementos em um jogo. A competência de um jogo é a totalidade de combinações possíveis do repertório na estrutura. Universo, o total de realizações do repertório na estrutura (FLUSSER, 1967). No jogo de xadrez, por exemplo, as peças e o tabuleiro constituem o repertório e as regras enxadrísticas sua estrutura. A competência do xadrez é o total de partidas diferentes que podem ser jogadas a partir da combinação do repertório na estrutura. Todas as partidas já realizadas formam o universo desse jogo.

Essa mesma correlação, o autor também faz em relação ao jogo com o

17 Sob a expressão *pensamento brasileiro* Flusser discorre a respeito do idioma sendo seu conjunto de regras, a gramática, a estrutura desse jogo.

aparelho fotográfico (FLUSSER, 1985), onde o repertório é constituído por elementos dispostos pelo aparelho e pela cultura. A estrutura desse jogo é formada pelo *software* e *hardware* do aparelho, mas também pelo aparato sensorial humano e pelo espaço que circunda o “complexo operador-aparelho” (*ibidem*). Tudo o que pode ser fotografado forma a competência desse jogo, enquanto as fotografias já realizadas compõem seu universo.

Ao trazermos essas considerações para os IMDs, repertório, estrutura, competência e universo podem também ser compreendidos nesses artefatos, uma vez que são aparelhos que proporcionam jogar com a informação sonora. Neste caso, o conceito de Jogo aplica-se ao objeto acabado, portanto, a permutação de informações com seus elementos de entrada e saída, baseado em na lógica própria de cada IMD. Esse tipo de jogo resulta em informação sonora e podemos atribuí-lo a situações de performance, composição ou improvisação musical. É a situação onde o operador se engaja no jogo, buscado realizar seu universo, esgotando seu programa.

Em outro aspecto, o próprio processo de criação dos IMDs experimentais pode ser compreendido como jogo, pois articula a combinação de elementos materiais e conceituais em função da singularização do objeto. Nessa situação, o *luthier* joga com um aparelho conceitual, sendo os conceitos, técnicas e tecnologias abordadas no capítulo 2 seus elementos permutáveis. Quando o *luthier* experimental articula esses elementos, efetuando escolhas e configurando um artefato novo, singulariza o aparelho, variando sua capacidade de produção sonora e o modo de interação com o instrumento. Essas ações definem o potencial estético e plástico que pode ser obtido na relação estabelecida com o IMD no momento da performance. Assim se estabelece a conexão entre a luteria e a prática musical com o instrumento criado, o que permite deduzir que ambas essas práticas formam um único processo que pode ser continuamente aprimorado.

Considerando esses dois aspectos do jogo, adiante abordamos o jogo com o produto (o IMD) e o jogo com o processo (a luteria), e dentro dessas concepções de jogo, seus repertórios, estruturas, competências e universos. Propomos observar exemplos singularizados de IMDs criados a partir dos princípios gerais da luteria

digital para correlacionar com a teoria de Vilém Flusser.

3.1 A Luteria Experimental no Início do Século XXI e a Teoria de Vilém Flusser

Conforme apontado, a luteria com componentes digitais se intensificou no início do século XXI em virtude da disseminação de diversos tipos de placas de circuito digital, microcomputadores e *hardwares* embarcados. É importante ressaltar que o foco desta pesquisa está em trabalhos de luteria cujos resultados objetivam o desenvolvimento de instrumentos experimentais voltados para a criação de sonoridades influenciadas pelo desenvolvimento da música eletroacústica e suas vertentes. Devido à diversidade de trabalhos nesse meio, optamos pela escolha de obras que contemplassem a abordagem teórica desenvolvida nesta pesquisa. Nossa escolha é o IMD experimental, porém, as correlações teóricas estabelecidas nesta dissertação podem ser ampliadas para outros campos visando debater tais ideias em outros contextos.

Considera-se como IMD experimental todo instrumento musical digital criado com métodos de geração e controle sonoros singularizados através da permutação de tecnologias e procedimentos adotados em sua criação. A principal fonte de pesquisa utilizada para investigar os IMDs que se enquadram neste contexto foi o repositório da Conferência Internacional sobre Novas Interfaces para Expressão Musical (*International Conference on New Interfaces for Musical Expression - NIME*) que, por se tratar de uma conferência específica sobre novas interfaces para expressão musical, inclui muitos relatos de criação de novos sistemas de geração sonora ou interfaces de controle.

Além da NIME, o repositório da Associação Internacional de Música Computacional (*International Computer Music Association - ICMA*), que organiza a Conferência Internacional de Música Computacional (*International Computer Music Conference - ICMC*) também foi pesquisado. Embora este evento aborde com menor ênfase o tema sobre IMDs, alguns trabalhos também são encontrados neste repositório. Também foram realizadas pesquisas em portais de periódicos e na

internet de forma geral em busca de trabalhos relacionados.

A pesquisa com o termo 'instrumento musical digital' retornou uma ampla diversidade de trabalhos a partir dos quais foi selecionada uma parcela de resultados associados à luteria digital de caráter experimental. Após esta filtragem preliminar, o contingente de trabalhos pertinentes a esta pesquisa ainda era numeroso e bem diversificado. Deste modo, optamos por selecionar apenas alguns IMDs cujos procedimentos criativos e produtos pudessem gerar uma melhor compreensão da proposta aqui apresentada.

Os IMDs selecionados devem permitir ao músico controlar sonoridades através dos *inputs* estabelecidos pelo *luthier* dentro de possibilidades programadas no sistema de geração sonora. Portanto, a variação de informação captada pelos *inputs* do sistema deve induzir uma variação da informação no *output* sonoro, estabelecendo conexão entre os eventos de entrada e de saída de informação. Essa condição coloca o IMD em consonância com a teoria dos aparelhos semióticos de Flusser, e, no caso do IMD experimental, torna-se possível estabelecer nuances que podem ser desdobradas da teoria flusseriana de maneira inédita.

Os instrumentos apresentados neste capítulo não são os únicos possíveis de serem enquadrados dentro da teoria de Flusser como propomos aqui. Há uma limitação contingencial óbvia para não tornar esta dissertação muito extensa, pois o objetivo teórico de conciliar a teoria de Flusser com aparelhos produtores de som pode ser atingido com poucos exemplos, sendo desnecessário analisar e debater todo IMD conhecido ao decorrer da pesquisa. Por outra razão, alguns IMDs construídos no âmbito da luteria digital experimental não nos serve como objeto de análise. Essa razão é a pertinência da sonoridade do instrumento para a produção de música eletroacústica e experimental, que no caso de instrumentos como Pandivá e Giromin (BARBOSA; CABRAL, CALEGARIO, RAMALHO, TRAGTENBERG, WANDERLEY, 2015), projetados para serem utilizados com um sistema musical definido, onde há a presença de notas musicais, foram descartados por não se adequarem ao nosso recorte de pesquisa. Portanto, para a finalidade desta pesquisa, optamos por descartar os instrumentos cuja geração sonora foi programada para operar dentro de um sistema musical inserido dentro de uma

cultura musical determinada por alturas e notas. Ainda que o sistema de controle desses instrumentos sejam inovadores, reforçamos que nosso objetivo foi buscar instrumentos que possuam sistemas musicais singulares em suas programações.

Outro exemplo de IMD não adequado para esta análise é o Dooremi (KLEINBERGER; TROYER, 2016). Trata-se de uma adaptação de uma porta, por meio de sensores de força e movimento, utilizada como interface de controle de um sistema de geração sonora instalado em um computador. O problema aqui é novamente o sistema musical utilizado, uma vez que esta adaptação é realizada para reproduzir escalas musicais. Pacific Bell Tower (LINDBORG, 2017), citado anteriormente no capítulo 1, não foi selecionado por se tratar de uma instalação sonora escultural, com diversos parâmetros automatizados advindos do sinal de sismógrafos via *internet*. Embora a sonoridade seja pertinente, o caráter instrumental não está presente, destoando dos outros objetos analisados, ainda que possa ser consonante com as teorias propostas nesta dissertação. Dentre os casos não documentados aqui estão muitos trabalhos pertinentes mas que não englobam toda a estrutura organológica de um IMD, apresentando, em sua maioria, apenas a interface de controle. Esses trabalhos não poderiam ser documentados aqui, uma vez que apresentam apenas a característica de *input* de informações e não o sistema completo de um aparelho.

Enquadrando os IMDs na concepção de Vilém Flusser sobre os aparelhos observa-se que tais aparelhos são programados no interior de um programa ainda maior que os concebe segundo certas lógicas. Isto porque, segundo a premissa do autor, um aparelho é sempre programado por outro aparelho (FLUSSER, 1985 p.16). No caso dos instrumentos musicais eletrônicos industrializados, os aparelhos são programados no interior do complexo fabril que os produzem. Eles seguem o programa industrial que os concebe segundo uma lógica produtiva. Porém, nos IMDs experimentais essa relação é diferente. Embora o *luthier* experimental use tecnologias e materiais industrializados, não é a aceitação comercial de seu produto que motiva sua criação, mas a busca por singularidade na sua forma de expressão. Através da configuração dos elementos universais e permanentes dentro do escopo da luteria digital, (componentes eletrônicos, computador, *software*, técnicas e

conceitos) são criados IMDs totalmente novos.

Na criação dos IMDs experimentais joga-se com elementos de um aparelho conceitual, um sistema lógico que embasa a concepção dos instrumentos musicais digitais. Esse aparelho é o conjunto de conceitos, técnicas e tecnologias envolvidas na criação desses IMDs experimentais, elementos do capítulo 2. Quem joga com esse aparelho conceitual é o *luthier* experimental e músico que busca, com os diversos elementos combinatórios dispostos pelo sistema lógico da luteria digital, gerar singularidade em seu dispositivo produto.

O conceito caixa preta (FLUSSER, 1985) é intrínseco a todos os instrumentos musicais eletrônicos, pois o processo codificador da informação sonora é encapsulado de maneira física e conceitual nos circuitos eletrônicos, softwares, *chips*, etc. De tal modo que podemos vislumbrar apenas abertura de camadas dos aparelhos eletrônicos, que não serão totalmente abertos até que se domine o funcionamento total dos componentes eletrônicos e não apenas seus *inputs* e *outputs*. Para compreender melhor esta questão podemos imaginar a metáfora de caixas-pretas dentro de caixas-pretas: assim são os *chips* e microprocessadores dentro de aparelhos, ainda que não compreendemos sua arquitetura complexa, é possível dominar suas funções utilizando suas entradas e saídas de informação. Ou seja, lida-se apenas com *inputs* e *outputs*, o *luthier* digital não fabrica o próprio *hardware* e seus microprocessadores, mas articula as informações que por eles trafegam. Desse modo, dispondo de conceitos da computação, física, matemática, eletrônica, entre outros ramos da ciência, o músico *luthier* domina camadas da caixa preta, articulando componentes industrializados para criar um aparelho novo e que seja aberto para suas modificações e atualizações.

Assim, na luteria digital experimental, a caixa preta dos aparelhos eletrônicos (os IMDs) não sustenta um fechamento total de seu programa para seus criadores tal como os aparelhos industrializados. Os músicos que criam seus próprios instrumentos musicais dominam a interação entre partes combináveis de diversas tecnologias. Desse modo, mesmo que elas sejam sistemas parcialmente fechados em caixas pretas, o conjunto total das interações forma um sistema aberto para que o músico *luthier* possa modificar e atualizar. Esse jogo com os elementos da luteria

insere a intenção do artista no programa do IMD, gerando um novo aparelho e destituindo sua obscuridade de caixa preta na medida em que domina a interação entre as partes.

Dominar o código que possibilita a criação de novos aparelhos é colocar as tecnologias em um estado que antecede ao escurecimento da caixa preta. Flusser (2008) assinala uma condição semelhante, em que o aparelho é tomado como pré-aparelho através de um recuo para uma condição de constante abertura para modificação de seu programa.

De maneira que é rumo a tais situações pré-aparelhísticas que devemos recuar, se quisermos assumir atitude crítica perante os novos *gadgets*. Não, por certo, para salvar tais situações arcaicas e condenadas. Mas para de lá lançarmos contra os *gadgets* e invertê-los em direção da nossa liberdade (Flusser, 2008, p.90)

Nespoli (2016a, 2016b) traz o conceito de pré-aparelho para o campo da arte experimental em uma situação de intervenção nas máquinas semióticas para colocar no centro de seus programas a intenção dos sujeitos. Assim, o pré-aparelho é visto como uma condição que antecede ao encapsulamento físico e conceitual de seu processo codificador, um estado de contínua exploração onde a intenção humana passa a comandar o processo codificador em favor de sua liberdade de expressão. Se, pela perspectiva do *circuit bending*, e do *hardware hacking*, a condição de pré-aparelho é alcançada através da ruptura da caixa preta, caracterizada pela intervenção em seu programa, na luteria digital, tal condição é espontânea no próprio processo criação dos instrumentos.

Em virtude dos instrumentos aqui estudados contemplarem um estado de abertura às intervenções dos sujeitos no código que processa informações, podemos compará-los ao conceito pré-aparelho, uma vez que a intenção estética do *luthier* coloca seu novo instrumento musical em uma situação de recuo em relação ao fechamento de seu código para o próprio artista. Essa noção de pré-aparelho trazida por Nespoli (2016a, 2016b) pode ser aplicada aos IMDs experimentais para compreender que eles não são caixas pretas para os artistas que os criam. Porém, outra perspectiva emerge ao situarmos os IMDs na teoria de Simondon (2014) sobre

os objetos pós-industriais, como veremos adiante, no capítulo 4.

Por enquanto, devemos considerar dois aspectos importantes sobre a luteria digital experimental: primeiramente, os artistas que criam seus próprios IMDs não estão produzindo caixas pretas para eles próprios da maneira como as fábricas produzem aparelhos para a sociedade. Além disso, a condição de pré-aparelho não é engendrada pelo processo de intervenção na caixa preta, como em alguns procedimentos experimentais, mas pelo jogo que antecede sua criação, com os conceitos, as técnicas e tecnologias que fazem parte do repertório da luteria digital experimental.

No processo de criação dos IMDs são programadas as relações que serão exercidas ao utilizar o instrumento musical. Esse processo é jogo com conceitos, técnicas e tecnologias. O produto desse jogo é um aparelho (o IMD). Ao usar o IMD para compor ou improvisar, alimenta-se o programa com informações no *input* e o resultado pode ser percebido no *output* sonoro. Compor e improvisar passa a ser jogo que busca concretizar o universo sonoro de um IMD. Nessa relação, consideramos relevante a perceber como o jogo no processo de luteria define repertório, estrutura e competência do jogo com o IMD.

Com a luteria digital, o jogo ocorre na permutação de elementos de seu repertório. Considerando que o repertório é a soma de todos os elementos combinatórios dispostos pelo sistema do jogo (FLUSSER, 1967, p.2), é possível pensar que o repertório da luteria é a soma de todos os elementos que podem fazer parte da estrutura organológica dos IMDs. A soma de todas as regras que fundamentam universalmente a concepção dos IMDs fazem a estrutura desse jogo. No caso dos IMDs, a estrutura é tripartida em interface, mapeamento e sistema de geração sonora. Cada uma dessas partes suporta uma gama de variações a partir do repertório de elementos. Esse repertório tende a expandir conforme surgem novos elementos tecnológicos e conceituais passíveis de serem incorporados à estrutura do jogo, que é sua estrutura organológica, universal em todos os IMDs (interface, mapeamento, geração sonora).

A constante expansão do repertório da luteria digital é ocasionada pelas inovações científicas, tecnológicas e culturais que influenciam esse jogo, trazendo

novos *gadgets* para compor a estrutura dos novos IMDs. O total de associações possíveis entre tecnologias e conceitos para cada parte da estrutura dos IMDs forma a competência desse jogo. As escolhas entre *softwares*, *hardwares*, tipos de mapeamento, técnicas de síntese sonora, gestos a serem captados e, por consequência, tipos de sensores e componentes eletrônicos a serem utilizados, singularizam o aparelho, programando-o e assim constituindo, a cada nova realização (cada novo IMD), o universo desse jogo.

Assim, a luteria digital experimental, sob a perspectiva do conceito de Jogo descrito por Flusser (1967), é um jogo aberto, pois repertório e estrutura desse jogo são mutáveis e expansíveis. Para Flusser (*Ibidem*) jogos abertos permitem aumento ou diminuição de repertório e modificações de estruturas. Repertórios aumentam com a inclusão de novos elementos combinatórios e novas regras. Pensando com o exemplo do xadrez, seria equivalente a adicionar novas peças, com novas funções, ou adicionar novas regras na utilização das peças e do tabuleiro. Transpondo para a luteria digital experimental, trata-se de novas tecnologias que podem constituir um IMD, como sistemas computacionais, sensores, transmissores de informação, linguagens de programação, técnicas de síntese, conhecimento sobre os fenômenos da acústica, enfim, todo tipo de *hardware*, *software*, ou conceito que seja componente que agrega novas possibilidades de combinação dentro da estrutura de um IMD.

A competência da luteria digital experimental, por ser jogo aberto, pode ser aumentada ou modificada. Sobre o jogo aberto, Flusser diz que “não há, pois, coincidências entre a competência do pensamento e o seu universo, e esse universo pode expandir-se indefinidamente” (FLUSSER, 1967, p. 3). Se fosse jogo fechado, como o xadrez, competência (IMDs possíveis) e universo (IMDs realizados) tenderiam a se coincidir, na medida em que cada IMD singularizado fosse produzido. “Teoricamente todas as partidas enxadrísticas podem ser realizadas, embora isso demore milhões de anos. O universo enxadrístico não poderá mais expandir-se, e se acabará o jogo. Isto já aconteceu no caso do jogo da velha” (*ibidem*).

Sobre o resultado desse fenômeno de aumento de repertório (elementos

combinatórios do jogo), Flusser (*ibidem*) nos traz a noção de que a competência do jogo é modificada ou ampliada. Pensando a partir do xadrez, trata-se do aumento de lances possível de se realizar com as peças (elementos combinatórios) na estrutura (as regras do tabuleiro). Na luteria digital isso significa que os IMDs possíveis de se concretizar combinando variações de interfaces, mapeamentos e sistemas de geração sonora são expandidos na medida que novas tecnologias e conceitos são agregados ao escopo de elementos da luteria digital experimental.

Em outra perspectiva, o jogo com o IMD consolidado é jogo que singulariza a informação no *output* do aparelho. Nesse âmbito, falamos de jogo enquanto prática de tocar um instrumento musical. É a etapa onde o músico coloca em funcionamento o programa desenvolvido, podendo ser comparada com a relação operador-aparelho, expressada por Flusser (1985) através de seu exemplo com a câmera fotográfica e fotógrafo, no qual cita duas possíveis posturas assumidas pelo fotógrafo ao utilizar o aparelho fotográfico, que são 'funcionário' e 'artista'. O funcionário age com o aparelho sendo dominado por seu programa, que, embora muito vasto, é pouco explorado nesse tipo de relação, reduzindo-se a automatismos finitos.

Diferente do funcionário, o artista se engaja em uma luta contra o aparelho. Busca esgotar-lhe o programa, gerando novas informações no *output* do aparelho e assim constituindo o universo fotográfico. Essa luta contra o aparelho é travada através do jogo com as categorias do aparelho e com a cultura simbólica (FLUSSER, 1985), proporcionando singularização da informação. Assim, o artista brinca com seu aparelho, buscando a informação nova, agindo em prol do esgotamento do programa, portanto, contra o automatismo e contra o comportamento programado e propício a constante proliferação de caixas-pretas, típica da cultura tecnológica contemporânea.

Tendo em consideração que o *luthier* experimental construtor de IMDs cria pré-aparelhos, pois são concebidos a partir do jogo com os elementos da luteria digital que modelam e abrem o processo codificador de informações, consideramos que a performance musical também tende a remeter ao jogo, como na luteria, pois a competência do instrumento (suas realizações musicais possíveis) é criada no

processo de construção do instrumento em conjunto com o propósito musical. A escuta do músico *luthier* sobre o universo (realizações musicais do instrumento) pode orientar modificações e transformações em seu processo codificador, alterando a competência do IMD, remetendo assim, a condição de *jogo aberto* proposto por Flusser (1967). Assim, chega-se ao ponto mencionado anteriormente neste capítulo, sobre a possibilidade de conceber os processos de luteria digital experimental e a utilização dos instrumentos por seus criadores como um único processo que é bipartido e mutuamente imbricado. Jordá (2005) aponta essa característica em seu trabalho sob o termo *work in progress*, e Patrício (2010) utiliza os conceitos Obra Aberta e Obra Processo para descrever de maneira análoga a ideia que propomos aqui. O leitor pode consultar essas obras para melhor aprofundamento nessa questão. Para focar em nosso objeto de estudo, utilizamos o conceito de Jogo e propomos compreender os processos de luteria e de utilização dos IMDs na realização musical como um único jogo, sendo assim, um jogo aberto.

Em outra perspectiva, pensando a partir do conceito de Objeto Aberto de Simondon (2014), o qual cita que tal objeto é composto por uma camada permanente e durável e outra camada flexível e variável, nota-se que os IMDs experimentais comportam tal estrutura pois possuem uma camada permanente, que corresponde aos elementos universais que formam a estrutura lógica dos IMDs, e outra camada variável, que advém da singularização dos IMDs.

Assim como fotógrafo joga com elementos técnicos e culturais em seu aparelho fotográfico, trazendo singularidade para a imagem, o *luthier* experimental, joga com elementos técnicos e culturais programados por ele próprio em seu aparelho. Em uma metáfora flusseriana, estamos falando de programadores que programam os jogos que jogarão. Como Flusser não escreveu sobre essa categoria, seja ela um fotógrafo que cria seus próprios aparelhos fotográficos, ou um *luthier* digital que cria seus próprios IMDs, recorremos ao Simondon (2014), pois este aponta para o desenvolvimento de uma mentalidade técnica nos sujeitos para que o aprimoramento dos objetos técnicos seja efetivo a ponto de erradicar a obsolescência e proporcionar um novo tipo de relação com os objetos técnicos onde a sua concepção esteja em estreita relação com sua utilidade.

Para que um objeto permita o desenvolvimento da mentalidade técnica e possa ser escolhido por ela, é preciso que ele próprio possua uma estrutura reticular: se supusermos um objeto que, ao invés de fechado em si apresenta partes concebidas como o mais próximo possível da indestrutibilidade, e outras, ao contrário, nas quais se concentra a sutileza de adaptação a cada uso, ou o desgaste, ou a ruptura possível em caso de choque, de mal funcionamento, obtém-se um *objeto aberto*, podendo ser completado, melhorado, mantido em estado de perpétua atualidade. (SIMONDON, 2014, p. 154)

O IMDs experimentais aparentam proporcionar o exercício da mentalidade técnica de que fala Simondon (*ibidem*). Pensando sob a luz dessa afirmação do autor, é possível constatar que o exercício da mentalidade técnica na luteria digital experimental ocorre através do jogo com seus elementos universais na criação de um objeto singular, flexível e adaptável a cada uso. Neste aspecto, é perceptível uma aproximação complementar entre as proposições teóricas de Flusser e Simondon e tal aproximação corrobora para a compreensão da luteria digital experimental enquanto fenômeno dialógico que coloca no seio da produção de objetos técnicos a intenção singular dos sujeitos, deixada de lado pela massificação da produção industrial de tais objetos.

Ademais, percebo a partir das questões levantadas nessa dissertação até então, que a experiência do músico e *luthier* digital experimental é uma ligação entre arte e conhecimento científico que coloca em constante tensão a hierarquia entre produção e consumo. Esse paralelo abre portas para uma nova abordagem sobre a difusão de uma aprendizagem musical integrada com a aprendizagem científica e tecnológica, favorecendo o desenvolvimento da mentalidade técnica nos sujeitos e proporcionando maior grau de liberdade em relação ao domínio exercido pelos aparelhos. Como consequência para a arte feita nesse contexto, a música experimental tem sua competência constantemente expandida devido a singularização gerada pelos artistas que desenvolvem novos IMDs.

3.2 O Jogo na Luteria

Para Flusser (2008), jogar é permutar informação com as categorias do aparelho através da manipulação de elementos combináveis, sejam eles materiais ou culturais. Transpor tal ideia para o campo da luteria digital experimental implica conceber o jogo na criação de um IMD (o processo) e o jogo na utilização do IMD (o produto). Jogar com a luteria significa tomá-la como aparelho, portanto, através da manipulação de seus *inputs*, os elementos universais descritos no capítulo 2, singulariza-se o IMD, *output* do processo de luteria. Seus *inputs* são os elementos lógicos permutáveis dentro das categorias que constituem organologicamente tais objetos técnicos. Esses elementos lógicos combinatórios são parte da primeira camada do objeto aberto de Simondon (2014), trata-se portanto, dos elementos abordados no capítulo 2, desde os procedimentos de geração sonora, controle e mapeamento, a elementos conceituais como as propriedades físicas e matemáticas do som em meio digital, linguagens de programação e relações culturais estabelecidas entre os tais elementos e as poéticas que artistas engendram através deles.

Os lances do jogo com a luteria produzem singularidade nos objetos técnicos criados nesse contexto. Isso é a permutação de informação com os elementos da luteria. Nessa permutação o artista joga combinando possibilidades físicas, sonoras, gestuais, culturais, relacionando-se com componentes e procedimentos pertinentes ao processo de criação dos IMDs experimentais. A partir disso, vamos verificar exemplos dessa singularização através da análise de alguns IMDs criados nesse contexto. Tomando-os como aparelhos, os conceitos que Flusser (1967; 1985; 2008) propôs deverão transparecer como ferramentas para uma análise crítica do fenômeno de produção de informação através dos aparelhos, portanto, uma crítica para o processo de criação dos aparelhos e também para a utilização desses aparelhos na música experimental.

Ao analisar IMDs experimentais neste capítulo, está sendo tomado como referência a produção bibliográfica sobre os mesmos, portanto, lida-se com informações disponibilizadas pelos criadores desses instrumentos em artigos,

dissertações e teses. A análise é realizada a partir do cruzamento de informações de ordem técnica sobre especificidades de cada IMD com elementos da teoria de Flusser.

Foram escolhidos quatro IMDs de diferentes artistas: *Noisebox* de John Sullivan (2015), *Zin* de Eduardo Patrício (2012), *RAKS* de Hsu e Kempler (2015), e *Harmonic Wand* de Robertson e Dahl (2015).

Noisebox é um IMD baseado no sistema embarcado Raspberry Pi para computação de dados e síntese sonora. Foi escolhido por ser um sistema que une o dispositivo de entrada e de saída de sinais (*input* e *output* em termos flusserianos) em um mesmo módulo.

Zin é um IMD controlado por uma interface com sensores que se comunica com um laptop via USB foi escolhido por ser um sistema que evidencia a repartição entre interface e sistema de geração sonora e também por possuir um sistema de geração sonora que inclui elementos de imprevisibilidade e aleatoriedade no controle de seus parâmetros.

RAKS usa Arduino para receber sensores instalados em uma vestimenta e enviá-los para um computador, via Wi-Fi, que realiza a síntese sonora. *RAKS* foi escolhido por estabelecer uma relação cultural e performática com a dança do ventre, caracterizada pelo tipo de gesto escolhido para controle sonoro e a criação de uma interface própria para o gestual escolhido.

Harmonic Wand traz uma interface que capta informações acústicas e controla o processamento dessas informações em computador. Foi escolhido por trazer uma relação atípica dos IMDs onde a geração sonora depende diretamente da captação de som pela interface.

Os quatro IMDs escolhidos apresentam singularidades e semelhanças universais, por isso concluímos serem adequados para esboçar a teorização de Flusser sobre o aparelho semiótico no campo da luteria digital experimental. Justamente por terem especificidades e também semelhanças em suas estruturas lógicas, podem ser tomados como exemplo de singularização do objeto técnico através do jogo com os elementos da luteria digital experimental.

3.3 *Noisebox*

Como primeiro exemplo, utilizarei o IMD chamado Noisebox, construído por John Sullivan (2015) e apresentado na ICMC de 2015. Segundo o autor, o Noisebox foi concebido e construído para testar as capacidades do Raspberry Pi como uma plataforma para processamento de áudio de baixo custo para IMDs. Seu design tentou incorporar uma das características dos instrumentos acústicos, visando reunir o sistema de controle e o sistema de geração sonora em uma unidade que consiste, como demonstra a figura 13, em uma caixa com um alto-falante embutido, tornando possível utilizar o instrumento sem a utilização de fios e cabos ou outros tipos de conexão, tal como um instrumento acústico.



Figura 13 - Noisebox

Para Sullivan (*ibidem*), o ganho de seu projeto está no desenvolvimento do dispositivo de entrada de sinais, sendo a sua interface responsável por tornar seu instrumento singular. Visivelmente, o Noisebox de Sullivan é uma caixa com um alto-falante. Controla-se o som produzido pelo instrumento movimentando e tateando a caixa que contém em seu interior uma placa Raspberry Pi e sensores do tipo giroscópicos e, em seu exterior, sensores de toque confeccionados com células piezoelétricas e um sensor de toque de posição linear.

O Jogo com a luteria situa-se no processo de projetar e construir o instrumento, o que abrangeu quatro etapas, segundo o autor. A primeira etapa foi a definição do tipo de gesto de controle sonoro, tendo como objetivo projetar um sistema de controle básico que fosse inerentemente intuitivo e simples de tocar (SULLIVAN, 2015, p.3). Em seguida, sensores e estratégias de detecção foram escolhidos e implementados. A terceira etapa foi a criação de um sintetizador polifônico de modulação por frequência (FM) na linguagem de programação visual Pure Data. A quarta etapa foi a programação de um mapeamento para conectar os parâmetros captados pelos sensores ao sistema de geração sonora.

Ao definir a forma de aquisição de sinal direta do gesto de segurar e movimentar o objeto e de tatear, o autor definiu também o tipo de sensor. Vários sensores seriam possíveis, desde que captem a orientação do objeto no espaço e captem o toque manual do operador. Essas várias possibilidades disponíveis em relação ao tipo de sensor perfazem a competência do jogo com a luteria. Segundo Sullivan (*ibidem*), algumas alternativas deixariam o projeto caro e essa não era sua ideia. Assim, optou por sensores mais acessíveis e até mesmo confeccionar alguns sensores, como é o caso da célula piezoelétrica funcionando como sensor de toque na parte inferior da caixa, como descrito pelo autor (*ibidem*).

Em resumo, a aquisição de sinais no instrumento é feita através do sensor acelerômetro-giroscópio MPU-6050, sensores piezoelétricos e o sensor de posição linear SoftPot (conhecido no Brasil como sensor de ribbon). Portanto, o IMD de Sullivan é controlado através do manuseio da caixa (captado pelo acelerômetro-giroscópio), tocando a caixa nos pontos onde estão os piezoelétricos e tocando com o dedo a fita do sensor de posição linear. A configuração dos sensores e sua disposição em conjunto com o software criado compõem a estrutura do jogo que será realizado com o aparelho quando este for tocado, no ato da performance com o instrumento. No nível da luteria, o instrumento criado por Sullivan é resultado do processo, ou seja, um IMD novo.

Como afirmado anteriormente, o próprio autor considera que o ganho de seu instrumento está no desenvolvimento do dispositivo de entrada de sinais, a interface. Seu sistema de geração sonora é relativamente simples. Baseado em uma técnica

de modulação já muito explorada no meio eletroacústico, a síntese de modulação por frequência (FM), a sonoridade do instrumento não é novidade nesse campo, mas a forma de controle do seu potencial sonoro torna o Noisebox um instrumento singular.

A síntese sonora no Noisebox foi programada em Pure Data (PD) instalado no sistema operacional do Raspberry Pi. Sullivan criou um sintetizador FM polifônico onde o músico é capaz de ativar até oito vozes simultâneas. Através de seu sistema de controle o músico pode selecionar o controle de uma única voz, orientando o instrumento em um plano horizontal. O *pitch* (altura), o timbre e o volume de cada voz podem ser alterados independentemente através de um sistema de seleção para cada parâmetro.

Para que o controle seja exercido com precisão foi realizado um mapeamento da informação recebida da interface, que inclui o condicionamento dos sinais dentro do *software* PD. No sistema de geração sonora que Sullivan criou, dois tipos de informações precisavam ser obtidas da interface, variáveis contínuas e sinais discretos baseados em eventos. É nesse ponto que age o mapeamento realizado no software (nesse caso o PD). Uma vez que sensores acelerômetros e piezoelétricos funcionam com variações sutis no sinal e que esses valores são enviados constantemente, capturar esse sinal e transformá-lo em sinal contínuo, ou mesmo detectar um evento (variação específica da informação de entrada), é necessário para configurar o modo tocar o instrumento.

A escolha da estratégia de mapeamento é mais um elemento variável que singulariza o IMD criado. As estratégias de mapeamento existentes adicionam mais elementos para a competência do jogo com a luteria, enquanto a estratégia utilizada por Sullivan, compõe parte do universo de realizações da luteria digital experimental. Segundo o autor, os objetivos em sua estratégia de mapeamento foram alcançados com a implementação dos tipos mapeamentos um-para-um para alguns parâmetros, como ativar e desativar vozes individuais, e mapeamentos do tipo muitos-para-um e muitos-para-muitos para controle de frequência e timbre da síntese FM.

De acordo com o autor, sua estratégia de mapeamento foi orientada por sua

concepção pessoal (*ibidem*). Para Sullivan, seu instrumento deveria ser simples e intuitivo, demandando pouca informação do interprete (*input*) para maior informação expressiva na sonoridade do instrumento (*output*). Para Sullivan, isso significou configurar controles simples e intuitivos que poderiam ser facilmente compreendidos e interpretados por um novato, enquanto continha nuances e complexidade suficientes para recompensar a simplicidade gestual com maior expressão sonora.

Como, mencionado anteriormente, o sistema de geração sonora do Noisebox necessita de dois tipos de informação, variáveis contínuas e valores discretos. Enquanto o valor de frequência em cada voz gerada para um instrumento necessita de um valor contínuo, a seleção de vozes é um valor discreto. Para alcançar seu objetivo, Sullivan criou dois níveis de controle no mapeamento, no primeiro seleciona-se cada voz, o número de vozes simultâneas e o valor da frequência de cada voz. No segundo nível, os parâmetros de modulação da síntese FM que podem ser aplicados a todas as vozes ativas simultaneamente.

Sensores piezoelétricos foram selecionados para capturar os sinais discretos. Esses sensores foram escolhidos por seu baixo custo e simplicidade de implementação. Embora existam tecnologias muito mais eficientes na captação de sinais, podem ser caras ou exigem um nível avançado de conhecimento para implementar. Assim, Sullivan optou pelo uso de soluções tecnológicas de menor custo, mesmo perdendo precisão na aquisição de sinal. Para melhorar sua precisão, o condicionamento de sinal foi aplicado por meio de *software* para definir limites apropriados e evitar o acionamento não intencional.

O sensor de posição linear SoftPot, que possui a capacidade de variar o sinal elétrico em sua saída de acordo com o posicionamento do dedo no corpo do sensor (que se assemelha a uma fita de plástico), foi usado para capturar o gesto deslizante do dedo. Esse sensor é funcional tanto como um controle baseado em eventos, um único valor pode ser especificado por um único toque, ou valores contínuos podem ser enviados com um movimento contínuo. O condicionamento do sinal foi aplicado através do mapeamento em PD para atenuar o sinal de entrada para um intervalo adequado e para congelar os valores na sua última posição até ser modificado novamente.

Para capturar a manipulação física do instrumento, foi utilizado o sensor acelerômetro-giroscópio MPU-6050. O sistema de geração sonora do Noisebox usa dados das medições altamente precisas do sensor MPU-6050 em três eixos: guinada, inclinação e rotação. O mapeamento desse sensor necessitou de um condicionamento de sinal adicional aplicado ao fluxo contínuo de dados para limitar a taxa de amostragem do sensor a 50Hz. Sullivan verificou que este valor é suficientemente alto para ser extremamente responsivo para o protocolo de comunicação serial que conecta o sinal captado dos sensores ao Raspberry Pi através do Arduino.

Para Sullivan, seu objetivo com a criação do Noisebox foi bem sucedido, pois tratava-se de testar e relatar as capacidades do Raspberry Pi B como uma plataforma computacional para criação de IMDs, no entanto, aponta ressalvas em relação ao uso do Raspberry Pi B. De acordo com o autor, as limitações são o processamento da largura de banda necessária para amostrar dados do sensor em taxas suficientemente altas e realizar processamento avançado de áudio digital. Ambas as funções são limitadas pela capacidade de processamento (700MHz) do Raspberry Pi B e memória RAM (512Mb), acarretando em latência superior a 10ms. Sullivan ressalta a necessidade de testar o sistema do Noisebox com o novo Raspberry Pi 2 e outras placas de desenvolvimento, como o BeagleBone¹⁸ Black e o Intel Galileo¹⁹, que podem proporcionar melhores resultados em relação aos problemas apontados, gerando menor latência.

Ao aplicar a teoria de Flusser sobre o processo de criação do Noisebox, estamos colocando Sullivan, o luthier digital experimental, como operador de um aparelho conceitual, a luteria. Sendo assim, podemos inferir a partir da teoria de Flusser, que o autor joga com elementos dos três componentes da estrutura básica dos IMDs, sistema de geração sonora, interface e mapeamento. Portanto, a singularização do IMD depende das escolhas do *luthier* dentre os elementos dispostos pelo aparelho conceitual. Assim, o Noisebox é uma realização da

18 O BeagleBone Black é uma plataforma de desenvolvimento de baixo custo suportada comunitariamente para desenvolvedores e entusiastas. Mais informações em:

<https://beagleboard.org/black>

19 Placa de Arduino baseada na arquitetura da Intel.

combinação de elementos (sistema de geração sonora, interface, mapeamento) na estrutura (a luteria) que gera uma realização singular dentro da competência desse jogo (o total de IMDs diferentes possíveis de serem criados). Ao indicar que alterações podem ser realizadas no instrumento para melhorar sua performance musical, Sullivan evidencia o caráter progressivo da atividade de luteria experimental, que torna as atividades aparentemente separadas, de projetar e construir um instrumento musical, e realizar música com esse instrumento, uma atividade única, que tende a ser, como propomos aqui, um único Jogo Aberto.

3.4 Zin

Zin é o nome do IMD construído por Eduardo Patrício como parte de seu trabalho de mestrado apresentado na Universidade Federal do Paraná (PATRÍCIO, 2010). Tive a oportunidade de conhecer o Zin no Festival Internacional de Linguagens Eletrônicas (FILE) de 2011 em São Paulo, onde Patrício expôs o instrumento e realizou performance ao vivo. Para este trabalho pesquisei sua dissertação de mestrado em busca de dados referentes ao Zin.



Figura 14 – Interface do Zin

O Zin é um instrumento composto por sistema de geração sonora e sistema de controle separados. Diferente do Noisebox descrito anteriormente, onde o

sistema é embarcado em uma unidade física, o Zin é utilizado com um computador que recebe sinais da interface criada por Patrício (*figura 14*) para controlar um sistema de geração sonora programado em PD. Essa estrutura do Zin permite que o IMD seja configurado em outro computador, apenas instalando o *software* e configurando a interface em outro equipamento desde que possua os requisitos operacionais necessários.

O Zin funciona com gestos sem contato físico, apenas movimentando as mãos sobre a interface que contém seis sensores infravermelhos de alta precisão e dois sensores infravermelhos de aproximação, além de gestos de pressionar botões sobre a interface. O IMD de Patrício conta também com uma interface gráfica no computador, uma parte virtual da interface, onde é possível acompanhar os valores de sinais obtidos na interface física visando melhorar a interação do interprete com o instrumento e facilitando a calibragem dos sensores (PATRÍCIO, 2010).

O jogo praticado por Patrício na criação do instrumento envolveu o *design* da interface física, desde seu formato, à escolha dos tipos de sensores e a disposição dos mesmos na interface, visando programar a utilização do Zim com uma ou duas mãos. Nota-se que, a escolha dos sensores e sua disposição na interface configuram desde o gesto até a postura adequada para tocar o instrumento, delimitando o repertório de gestos para tocar seu instrumento.

A interface do Zin é composta por seis sensores de infravermelhos de distância (Sharp GP2D12), dois sensores de proximidade confeccionados com emissores e receptores infravermelhos do tipo LED, e seis botões de acionamento sem trava. Todos esses dispositivos são conectados a um Arduino Uno que converte os sinais dos sensores em sinal digital e envia para o software PD via protocolo serial USB. Os sensores e o Arduino foram encapsulados em uma estrutura de acrílico em formato hexagonal de onde se conecta um cabo USB do Arduino ao computador.

As chapas de acrílico são hexagonais e medem 21,85 centímetros de comprimento por 25,9 centímetros de largura. Este formato e tamanho foram assim definidos para que a distância entre os sensores permitisse a um intérprete acessá-los todos simultaneamente, um por um ou em diversas combinações. (PATRÍCIO, 2010, p.81)

O sistema de geração sonora do Zin foi programado em Pure Data e consiste em um sintetizador polifônico granular por amostragem. Trata-se da síntese por amostragem onde vários fragmentos curtos de amostra de áudio são executados sequencialmente por diferentes unidades geradoras de som. Tais fragmentos de amostra de áudio possuem um intervalo de tempo muito pequeno e são denominados de 'grãos'. No caso do Zin, os grãos variam entre 10ms e 500ms. As amostras de áudio são previamente selecionadas e armazenadas na memória do computador e executadas de acordo com as informações provenientes da interface gestual.

Além da síntese granular, o sistema de geração sonora do Zin também possui um sistema de *delay* programável e um sistema de recolhimento de amostras de som temporárias que são armazenadas e reproduzidas em intervalos aleatórios que são múltiplos da frequência principal. Assim, o sistema de geração sonora do Zin reproduz três camadas sonoras, sendo esta última pouco previsível, denominada por Patrício de camada *buffer*. Os parâmetros controlados pelos sensores de distância são seis: a velocidade de reprodução dos grãos, a duração do grão, o intervalo de tempo entre cada grão, intensidade final, intensidade do *reverb* e intensidade do *delay*. Cada um desses parâmetros é controlado por um sensor (Sharp GP2D12), em uma estratégia de mapeamento um-para-um (*ibidem*).

Os sensores de proximidade, diferente dos sensores de distância, foram configurados nas entradas digitais do Arduino, o que significa que os sinais são distintos em apenas dois valores, zero e um. Não proporcionando sinais contínuos, foram mapeados para agirem como acionadores de eventos. Um sensor habilita ou desabilita a camada *buffer* e o outro realiza a troca de amostras de áudio predefinidas na memória do computador.

Na dissertação de Patrício não há informações sobre os botões fixados na interface, seja sobre sua função ou intenção futura. Especulo que estejam presentes para um eventual uso mas não foram mapeados no sistema do Zin. Isso, se for exato, evidencia que a interface de controle do Zin poderia ser utilizada para outro sistema de geração sonora. De fato, uma vez configurado o sistema físico

(*hardware*) como uma interface de controle gestual, novos sistemas de geração sonora podem ser utilizados. Assim, o instrumento de Patrício é constituído por duas partes independentes: a interface, configurada com sensores e Arduino e o sistema de geração sonora, programado em PD no computador. Sobre a prática de criação de seu instrumento, Patrício enfatiza a abertura do processo, utilizando o conceito de Obra Aberta para indicar que seu instrumento está em constante aperfeiçoamento a partir da própria prática musical (Patrício, 2010).

Ao escolher sua estratégia de geração e controle sonoros, dentre toda a competência do jogo com a luteria, que são a soma de todas as opções de sensores e outros tipos de *hardwares* e *softwares*, tipos de sistema de geração sonora e estratégias de mapeamento, Patrício (2010) traz para seu instrumento musical capacidades não encontradas em IMDs industrializados. Tanto sua interface quanto seu sistema de geração sonora são totalmente singulares, nesse sentido. Além disso, evocam o constante aperfeiçoamento, que mantém determinadas partes do objeto e atualiza outras em função de um novo uso. Nesse sentido, os conceitos de Jogo Aberto (Flusser, 1967) e Objeto Aberto (Simondon, 2014) favorecem o entendimento do IMD Zin como um objeto pós-industrial que traz um novo sentido para a relação entre músico e instrumento musical, onde o músico não apenas toca seu instrumento, mas o desenvolve, provê manutenção e o atualiza conforme suas necessidades.

3.5 RAKS

Em artigo publicado na ICMC, Hsu e Kempler (2015), discutem o conceito de som coreografado a partir de suas experiências com a criação de uma interface que capta movimentos do corpo no ato da dança. Embora a abordagem dos autores no artigo seja focada no conceito de som coreografado, há uma descrição de seu sistema no artigo que permite realizar uma análise desse sistema. Denominado de RAKS pela sigla composta pelas iniciais de *Remote Electroacoustic Kinesthetic Sensing*, é um sistema baseado em Arduino desenvolvido para a linguagem corporal característica da dança do ventre. A aquisição de sinais foi projetada

especificamente para a dança do ventre, portanto o gestual característico estava pré-definido e isso induziu a escolha dos sensores adequados.

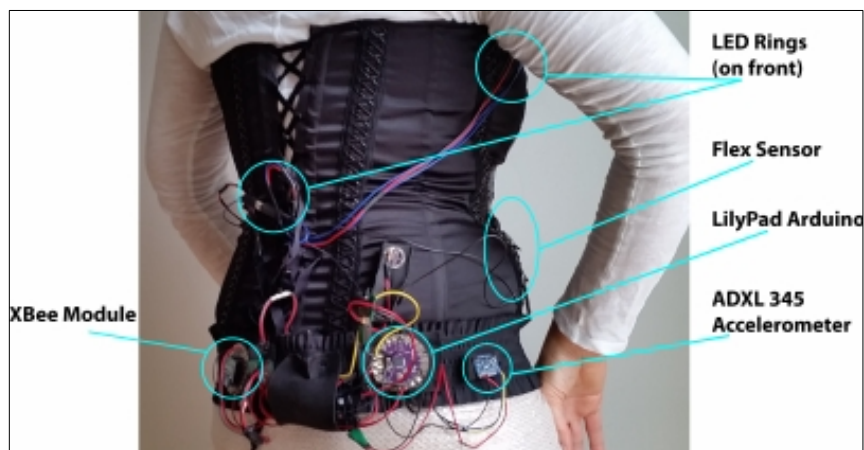


Figura 15 - RAKS

Essa interface consiste em um espartilho com um cinto onde são fixados os sensores conectados a um Arduino lilypad que se comunica através de *Wi-Fi* com o software Max MSP instalado em um computador usando o protocolo XBee. Os sensores empregados no RAKS foram selecionados para captar o movimento dorsal e a rotação e orientação do corpo no espaço, portanto, um sensor de flexibilidade no espartilho e um acelerômetro digital de três eixos ADXL345. Também foi realizada uma adaptação nos címbalos (instrumento característico da dança do ventre usado nos dedos da dançarina) para servirem com acionadores de eventos. Portanto, os *inputs* deste instrumento são três, o movimento dorsal captado pelo sensor de flexibilidade, a movimentação captada pelo acelerômetro e o acionamento dos címbalos.

O fundamento principal para o desenvolvimento do RAKS são os movimentos característicos da dança do ventre. O mapeamento das informações enviadas pela interface foi muito importante na criação musical com esse instrumento. Segundo os autores, o sistema de geração sonora e o mapeamento, portanto a parte da estrutura que consiste de *software*, é variável. A intenção dos autores foi de criar um sistema composicional que utilizasse a coreografia como parte integrante da composição musical. Assim, para cada peça composta, diferentes sistemas de

geração sonora mapeamentos foram utilizados. No artigo os autores citam a composição *Shadows no. 5* (2010), *Shadows no. 6* (2010) e *Teka Mori* (2013). Links para obras com o sistema RAKS:

1. <http://stevenkemper.com/wp/shadows-no-5/>
2. <http://stevenkemper.com/wp/shadows-no-6/>
3. <http://stevenkemper.com/wp/music/music-for-dance/teka-mori/>

No caso do sistema RAKS, a interface é proeminente e os autores dão ênfase em sua descrição. O jogo com os elementos da luteria foi orientado pela poética baseada na correlação entre os movimentos da dança do ventre e sons gerados eletronicamente no software MAX Msp. Portanto, a interface é um elemento fixo do sistema, enquanto mapeamento e sistema de geração sonora são variáveis de acordo com a composição. Para alcançar seu objetivo, os autores realizaram um estudo da linguagem corporal da dança do ventre para projetar um sistema que captasse os movimentos principais. Para esse fim, o sensor flexível é colocado próximo ao peito e ao tronco, e o acelerômetro é colocado nos quadris para otimizar a captura de movimento.

A relação entre os movimentos da dança e o som gerado eletronicamente é realizado no estágio de mapeamento, onde os sinais obtidos pela interface são condicionados e operacionalizados logicamente para atender os requisitos do sistema de geração sonora e as intenções dos compositores. Para cada composição musical, um mapeamento diferente foi realizado para dar conta dos tipos de gestos e movimentos realizados pela dançarina em cada composição. Os movimentos da dança foram analisados e comparados com os dados coletados pelos sensores para poder criar condições específicas no mapeamento para que determinado som seja gerado quando um movimento específico é realizado pela dançarina. O tipo de mapeamento mais utilizado foi o um-para-um, o que significa que um parâmetro obtido pelo sensor é direcionado para um evento sonoro. Outro diferencial do mapeamento do sistema RAKS é a modificação do próprio mapeamento no decorrer de uma peça musical.

O RAKS, enquanto aparelho na concepção de Flusser (1985), foi programado

para possibilitar ao músico (e nesse caso também dançarino), projetar deliberadamente sons à partir do movimento característico de uma linguagem da dança, nesse caso a dança do ventre. Mas não apenas isso, pois trata-se de um aparelho aberto para modificações e foi programado para ter tal abertura. Enquanto produto de um jogo com a luteria, torna-se um jogo aberto, no qual a estrutura desse jogo está apta para ser modificada e assim criar novos jogos, nesse sentido, novas composições.

3.6 Harmonic Wand

Harmonic Wand é um IMD baseado em transdução de sinais acústicos captados que são transformados pelo sistema de geração sonora programado em Pure Data, construído por Robertson e Dahl (2015). Trata-se, portanto, de um sistema de geração sonora por transformação. No artigo publicado na NIME de 2015 os autores afirmam que o objetivo ao projetar o instrumento foi permitir ao performer uma forma de interação com o ambiente, e também possibilitar um controle preciso variações microtonais na afinação do som projetado pelo instrumento.



Figura 17 – Impulse Wand e Tactile Interface.

Harmonic Wand, é constituído por uma interface com dois componentes, um

de excitação sonora, denominada *Inpulse Wand*, responsável por alimentar o sistema de geração sonora com sinal de áudio acústico, e outro componente que exerce controle sobre vários parâmetros do sistema de geração sonora, denominado *Tactile Interface*. A *Figura 16* mostra os dois componentes da interface do *Harmonic Wand*. A *Inpulse Wand* contém dois transdutores piezoelétricos fixados juntos a pequenas molas que são soldadas no transdutor. Usa-se essa parte da interface segurando a vareta na mão e friccionando suavemente superfícies do ambiente com as pequenas molas fixadas nos transdutores piezoelétricos. Assim, variação topográfica das superfícies friccionadas é transmitida para a mola que vibra. Essa vibração é captada pelos piezoelétricos que transmitem através de cabo o sinal de áudio analógico para a placa de som, que converte o sinal analógico em sinal digital e envia para o sistema de geração sonora em software Pure Data instalado em um computador.

A *Tactile Interface* é responsável por controlar diversos parâmetros do sistema de geração sonora. Nela estão fixados botões e resistores sensíveis à força (FSR - *Force Sense Resistor*) que são acionados com a mão esquerda, pois o posicionamento dos botões foi projetado para ser utilizado com essa mão. Os sensores e botões são conectados a uma placa de prototipagem BeagleBone Black que envia os sinais digitais para o software através de cabo USB. Os autores disponibilizaram um vídeo para demonstrar o funcionamento do instrumento onde pode ser observado como se utiliza o *Harmonic Wand* e sua sonoridade (<https://vimeo.com/251231654>).

O sistema de geração sonora do *Harmonic Wand* foi programado em Pure Data baseado em algoritmos Karplus-Strong, que é um tipo de síntese por modelagem física, onde os algoritmos simulam condições de ressonância ou propriedades físicas de materiais específicos, como sua flexibilidade, massa, entre outros. Nesse caso, o foco da programação é na ressonância das parciais harmônicas do espectro sonoro captado pela *Inpulse Wand*. O resultado sonoro no *output* do instrumento é composto pelo som captado pela *Inpulse Wand* que é filtrado para evidenciar certas parciais harmônicas (sétimo, décimo primeiro e décimo terceiro harmônicos) e com elas obter e controlar variações microtonais

através do processamento via algoritmos do tipo Karplus-Strong (ROBERTSON; DAHL, 2015).

O jogo exercido pelos criadores do *Harmonic Wand* abrangeu elementos da eletrônica na criação da *Tactile Interface* e da *Impulse Wand*, como a soldagem de cabos e outros componentes eletrônicos, como conectores, sensores de força, potenciômetros, junto à placa BeagleBone Black. Nessa etapa o jogo também abrange elementos da marcenaria, no caso da criação da *Tactile Interface*, serrando, furando e tratando a madeira onde são fixados os componentes eletrônicos. Essa parte do projeto é decisiva em relação ao modo de tocar o instrumento, sendo que a *Tactile Interface* é projetada para ser tocada com a mão esquerda, fazendo com que a *Impulse Wand* seja utilizada somente com a mão direita. O emprego desses componentes da interface gestual junto com um computador delimita os gestos característicos ao utilizar o instrumento. Nesse aspecto, o *Harmonic Wand* se assemelha ao instrumento Zin, comentado anteriormente, pois são constituídos de partes que se acoplam na hora da performance, interface gestual e computador.

O objetivo principal do projeto desse instrumento é alcançado no projeto do sistema de geração sonora, o que inclui também parte da interface de controle, pois a *Impulse Wand*, além de prover material sonoro que irá ser transformado através do *software*, também controla a geração sonora. Nesse sentido, *Harmonic Wand* é um IMD híbrido que conjuga material acústico na produção e controle do som digitalizado.

No artigo pesquisado os autores não mencionam possíveis alterações no instrumento ou adaptações para outros usos, porém, por uma característica intrínseca aos instrumentos musicais digitais, que é a relativa independência entre interface e sistema de geração sonora, podemos inferir que as interfaces do *Harmonic Wand* podem ser adaptadas para outros trabalhos, posto que a conexão entre sensores e *software* é mediada pela placa Beagle Bone Black e pela placa de som, outro *software* pode ser adaptado, possibilitando a expansão do instrumento para outros usos. Assim, o *Harmonic Wand* também pode ser considerado um objeto aberto, produto de um jogo que coloca em constante aperfeiçoamento o instrumento criado

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação buscou verificar de que forma os instrumentos musicais digitais desenvolvidos no contexto da luteria digital experimental incorporam dimensões estéticas aos procedimentos lógicos, de modo que produzem uma camada de singularização nos produtos resultantes. Constatamos que a permutação dos elementos apresentados no capítulo 2 (síntese, amostragem, processamento, interfaces, softwares e tipos de mapeamento) proporciona tal efeito de singularização. Isso é perceptível, uma vez que os instrumentos citados no capítulo 3 comportam estruturas lógicas similares, porém distinguem-se consideravelmente, seja pela sonoridade, pela forma de aquisição de sinais, pela lógica implementada nos controles paramétricos do som, e também por seu *design* plástico.

Sendo assim, tomar o conceito de jogo, tal como proposto por Vilém Flusser, implica perceber as realizações possibilitadas pelos elementos conceituais inerentes à luteria e os materiais empregados enquanto lances de um jogo criativo. Os lances são permutação de informação através da manipulação de elementos que são dispostos no aparelho, considerando suas regras mais abrangentes de operação. Comparando com o jogo de xadrez, a criação do instrumento equivale a associação de cada componente eletrônico de acordo com suas propriedades lógicas. Portanto, na luteria experimental, o lance do jogo é a permutação de conceitos e componentes que são técnicas preliminares articuladas singularmente pelo *luthier*.

Neste sentido, entendemos que a criação de um novo instrumento musical possui caráter conceitual e material. Joga-se com teorias científicas acerca da produção de síntese sonora, escolhendo e combinando logicamente os elementos disponíveis. Também joga-se com as tecnologias materiais, como microcontroladores, sensores, e outros componentes tecnológicos que se comunicam com sistemas computacionais. Esse arcabouço constitui o repertório de possibilidades inerentes ao jogo da luteria digital experimental, enquanto a estrutura emerge dos conceitos que o *luthier* dispõe para configurar logicamente seu novo aparelho.

Os aparelhos, enquanto objetos técnicos e culturais, são produto da ciência

aplicada e, por isso, neste trabalho, entendemos que jogar é permutar informações que articulam os conceitos científicos aplicados em seus programas. O trabalho com a síntese sonora, por exemplo, é uma permutação de informações dentro das regras de elaboração de síntese sonora em meio digital, que leva em consideração as propriedades do som em meio acústico, de modo que, no meio digital, ocorre uma codificação análoga ao movimento oscilatório das vibrações acústicas. Assim, cálculos são implementados para gerar as oscilações, bem como combinações de oscilações que são pautadas na lógica da física acústica, buscando gerar a sonoridade almejada.

A síntese é apenas um dos elementos de permutação, que por si, constitui uma vasta competência para o jogo com a luteria. Quando agrega-se os outros procedimentos de geração sonora, como amostragem e processamento, tal competência expande-se consideravelmente. Ou seja, muitos instrumentos diferentes podem ser realizados com a combinação dos elementos universais da luteria digital experimental. A combinação desses elementos por meio da ação sistemática do *luthier* experimental tende a gerar sistemas únicos como os apresentados no capítulo 3.

Assim, tais instrumentos são programados através da permutação de elementos conceituais e materiais, de modo que, em seus programas, estão inscritos os conceitos relativos a seu sistema de produção sonora, bem como de acionamento e interação. É através dessa permutação de conceitos, técnicas e tecnologias que a potencialidade estética projetada por tais instrumentos é desenvolvida. Esse é um ponto crucial que evidenciamos nessa dissertação, pois o aspecto estético se liga de maneira indissociável ao componente tecnológico, de modo que a própria linguagem musical, relativa às interações sonoras sistematizadas no instrumento musical é desenvolvida através do jogo com a tecnologia e com a ciência.

Assim, frisamos que, ainda que sejam implementados componentes físicos, a articulação de elementos também é conceitual e teórica. O músico necessita, além de entender o funcionamento de tais partes combináveis, como as placas de prototipagem, componentes eletrônicos e computadores, dominar as ciências

matemática, acústica, e eletrônica que são necessárias para projetar, manter e atualizar o objeto técnico como um objeto aberto a partir de um jogo. Esse é o engajamento da mentalidade técnica com o objeto pós-industrial, do qual fala Simondon (2014), e também um paralelo com a teoria de Flusser que possibilita estabelecer uma ligação entre o conceito de Jogo Aberto (FLUSSER, 1967) com o conceito de Objeto Aberto (SIMONDON, 2014).

Atentamos também, que tal jogo, embora possua um caráter lúdico, como é descrito na teoria de Flusser (1985, 1967), pode ser extremamente técnico, pois é necessário ao *luthier* dominar os conceitos e tecnologias relativos à luteria para desenvolver um IMD. Desse modo, as linguagens de programação, a matemática em meio digital, a eletrônica, a acústica, dentre outros saberes, são necessários ao *luthier* de instrumentos eletrônicos experimentais para jogar com a luteria e produzir seus instrumentos.

Quando o IMD experimental é utilizado para fazer música, o jogo ocorre diretamente sobre os *inputs* e *outputs* físicos dos aparelhos, tais como botões, telas, sensores, captadores, alto-falantes, etc. Nesse jogo, permuta-se informações relativas aos meios de captação e reprodução inerentes tanto aos dispositivos tecnológicos quanto ao aparelho sensorial humano. A ação de executar o instrumento também é, portanto, um jogo que estimula a percepção sensorial e simbólica do som. Nesse jogo de troca de informações entre sujeito e aparelho, os conceitos depositados no programa do aparelho são acionados de maneira automatizada, de modo que produzem mediação sensorial entre o tecnológico e o humano.

Partindo de um exemplo dentro da teoria de Flusser (1985), em relação à máquina fotográfica, apertar um botão para capturar uma imagem é realizar automaticamente uma série de cálculos que relacionam conceitos de óptica e digitalização da imagem. Nos instrumentos musicais digitais ocorre processo semelhante. Contudo, no que se refere a execução musical, a ação do instrumentista na interface do instrumento dá início ao processamento de uma série de cálculos relativos à síntese e ao processamento sonoro digital. Tal ação é equivalente ao que Flusser (1985) chamou de “gesto de fotografar”, todavia, muda-

se o aparelho, mas o sentido gestual prevalece, no IMD, como gesto musical. Tal gesto é articulador de conceitos inscritos no programa do aparelho, aquilo que para Flusser, está dentro da caixa preta, o conhecimento científico aplicado.

Uma diferença marcante, contudo, entre o acionamento da máquina fotográfica e o acionamento do instrumento musical é a característica temporal do produto resultante. Enquanto a fotografia fixa a informação obtida no momento do disparo, o instrumento musical opera de modo dinâmico, requerendo do músico uma ação gestual contínua que solicita, concomitantemente, uma percepção ativa e interativa da máquina sonora. Assim, a ação musical não se faz em um instante específico, como na fotografia, mas requer do instrumentista uma constante manipulação do aparelho, num processo que opera temporalmente durante toda a performance. O jogo com o IMD possui, portanto, como produto, uma resultante efêmera que é modificada no tempo, enquanto que a imagem fotográfica funciona enquanto captura do instante que é fixado. Assim, o instrumento musical estaria mais próximo da câmera de vídeo, na medida em que possui um dinamismo temporal que introduz na performance um sentido narrativo.

Entretanto, uma vez que o gesto articula conceitos científicos automatizadamente, a ação de tocar o instrumento também torna-se jogo. O gesto musical em um IMD não calcula os *samples* reproduzidos por um sistema de amostragem, por exemplo, mas pode articular a função de reprodução de uma amostra de áudio. Desse modo, em função do programa, a informação do gesto é correlacionada com a informação sonora através de regras intrínsecas ao sistema musical do instrumento. Com as regras sistematizadas em elementos combinatórios obtém-se um sistema propício para o jogo, uma vez que a racionalização da informação é automatizada pela máquina e o sujeito age sensorialmente e criativamente com o IMD.

Assim, temos jogo em função de jogo. Jogo na luteria favorecendo e criando o jogo com o instrumento, na medida em que se inscreve na programação do aparelho os conceitos que influenciam as características estéticas do som e do gestual de execução musical. O *luthier* de instrumentos eletrônicos experimentais,

por ser portador da fonte de informação (conceitos relativos à luteria digital) e de energia (na conexão e configuração das partes físicas do objeto), conforme assinalado anteriormente a partir do conceito de objeto pós-industrial de Simondon (2014), coloca diretamente sua intensão na programação do aparelho, e não se aliena em uma função isolada, uma vez que se torna inventor, mantenedor e usuário de seu aparelho, rompendo com a separação típica do contexto de criação industrial. Deste modo, os papéis de músico luthier e compositor encontram-se relativamente próximos e concentrados na mesma figura, portanto, a arte aproxima seu labor da construção tecnológica enquanto elemento intrínseco ao processo criativo. Supera-se, deste modo, a separação clássica do trabalho musical em que o criador do instrumento e o executor da obra musical são figuras distintas. Ao contrário, na música experimental, tais funções encontram-se reunidas.

A superação da divisão entre engenheiro e operário, na qual o operário imbuise de conhecimento e age na expansão da competência e do universo do jogo através do entendimento de sua estrutura, coloca sua intenção no centro do processo codificador, permitindo atualização constante do objeto técnico. Esse aspecto é evidente nos exemplos analisados no capítulo 3. Com o *Noisebox*, por exemplo, o autor aponta alguns caminhos para ampliar possibilidades de processamento de seu instrumento, implementando outra programação ou mesmo modificando uma parte do *hardware*. O Zin, de Eduardo Patrício (2010), possui uma interface adaptável para diversos sistemas de geração sonora. Em seu sistema original, o autor adicionou botões para utilizar todas as entradas digitais do Arduino, porém não os mapeou para serem utilizados no sistema de geração sonora do instrumento naquele momento, permitindo que seja ampliado ou adaptado para outro uso, em outro contexto. Com o RAKS, fica ainda mais evidente a liberdade na relação entre *hardware* e *software*, pois o mesmo autor compôs diversas obras com a mesma interface, porém variando parâmetros da programação e mapeamento para diversificar suas composições. Dessa maneira. Os instrumentos apresentados no capítulo 3 nos servem como exemplos de objetos abertos, produtos de um jogo aberto, em que tanto a atividade de criar o instrumento quanto a atividade musical com o instrumento engendram um processo que se retroalimenta e pode

proporcionar constante revisão e aperfeiçoamento do objeto criado, característica primordial para enquadrá-los como objetos abertos, segundo Simondon (2014).

Conforme assinala machado (1996): “A máquina atua fortemente na composição do produto artístico mediado por ela. Para driblar tal conteúdo seria preciso desconstruir a máquina”. Porém, na luteria digital experimental não se trata, necessariamente, de desconstruir a máquina, como mencionado por Machado, mas a própria criação da máquina atua como processo de apropriação de sentido por parte do sujeito, delegando menor força simbólica para a máquina e ampliando o poder de estetização e composição de sentidos por parte do sujeito, uma vez que se situa em seu poder a configuração técnica da máquina.

Além disso, identificamos que os músicos, e também *luthiers*, possuem a intenção de permitir abertura para modificações e atualizações futuras que dinamizam a intensão estética em relação ao programa dos aparelhos criados. Isso proporciona ao artista não somente a liberdade de transbordar o programa, mas também de rompê-lo, reconfigurá-lo, tornando o objeto remontável e ampliável. O aparelho não é mais uma caixa preta para o músico-luthier, mas um objeto aberto que proporciona múltiplas alterações e dinamismos.

Assim, os aparelhos que são produtos do método industrial, operam exclusivamente como caixas pretas e, por isso, possibilitam jogos que não permitem modificações na estrutura e no *modus operandi* do aparelho. Trazendo essa noção para o campo da luteria digital experimental, lidamos com o conceito de jogo em dois níveis: jogo no processo de criação do IMD; e o jogo com o IMD. A partir dessas duas noções de jogo dentro da luteria, expandimos uma outra concepção que engloba os dois níveis anteriores como jogos mutuamente imbricados, pois a criação do instrumento define o potencial estético, plástico e performativo do instrumento. Por outro lado, a percepção desse potencial, a partir da escuta e da interação possibilita refletir e reavaliar o instrumento, o que viabiliza expandir as capacidades do instrumento e constantemente aperfeiçoá-lo.

Porém, Flusser não discutiu sobre a questão da criação dos aparelhos pelos próprios operadores, no sentido de convergir inventor e usuário na mesma pessoa, como é o caso da luteria experimental. Por esta razão, trouxemos a noção de objeto

aberto de Simondon (2014). Tal noção coloca sobre o sujeito a responsabilidade pelo desenvolvimento e aprimoramento tecnológico dos objetos técnicos através da aplicação de esquemas de inteligibilidade, desenvolvendo aquilo que o autor chama de *mentalidade técnica*.

Nesse sentido, a mentalidade técnica oferece um modo de conhecimento *sui generis*, empregando essencialmente a transferência analógica e o paradigma, estabelecendo-se sobre a descoberta de modos comuns de funcionamento, de regime operatório, em ordens de realidade aliás, diferentes, escolhidas tanto no vivo ou no inerte, quanto no humano ou no não-humano (SIMONDON, 2014, p. 137)

A mentalidade técnica, da qual fala Simondon, reflete um modo de conhecimento, uma forma de relação com o saber. De acordo com o autor, certos objetos técnicos criados através da relação entre trabalho (energia) e conhecimento científico (informação) aderem melhor a esse conceito, favorecendo seu desenvolvimento. Um ponto chave nessa questão é a forma como o conhecimento é empregado na produção do objeto, agindo em favor ou contra ao desenvolvimento da mentalidade técnica na função social do objeto. Para Simondon (2014), a ação da mentalidade técnica sobre o objeto favorece a perpetuação e atualização de seu uso social, enquanto os objetos fechados, que não aderem a essa mentalidade, tendem à obsolescência e ao desuso, gerando consequências sociais, econômicas e ambientais.

Um objeto desenvolvido sob o modo de conhecimento da mentalidade técnica é, para o autor, um objeto aberto. Por ser composto por duas camadas, uma fixa e outra variável, o objeto aberto tende a ser adaptável a diferentes usos, sendo possível ampliar e atualizar suas funções, favorecendo o desenvolvimento da mentalidade técnica, pois requer fazer uso consciente das interações lógicas e científicas que incidem sobre as partes de um objeto técnico.

Observar os IMDs experimentais como objetos abertos implica compreender as duas camadas de realidade que formam tal objeto técnico. A primeira camada, fixa, estável e permanente, é caracterizada pela estrutura reticular do IMD, tendo em vista os elementos universais com os quais trabalha um *luthier* na criação de IMDs.

Nos instrumentos analisados no capítulo 3, essa estrutura é percebida nos sistemas computacionais utilizados em cada caso, nas técnicas de geração sonora e mapeamento, nos *hardwares* incorporados ao trabalho, que são os elementos universais apresentados no capítulo 2. A segunda camada é formada pela singularização das tecnologias usadas, pela abertura e possibilidade de expansões proporcionadas pela utilização de partes adaptáveis e permutáveis. Assim, todos os quatro exemplos de IMDs experimentais apresentados no capítulo 3 possuem uma estrutura similar (a primeira camada) dada pela organologia intrínseca aos instrumentos digitais. Todos possuem um sistema computacional onde é programado um sistema de geração sonora e o mapeamento das informações captadas pelas interfaces. Contudo, os produtos se diferem e são singulares, na medida em que a metodologia de criação encontra-se voltada para realizações musicais específicas.

Assim, podemos considerar os IMDs artesanais como objetos abertos que possibilitam o desenvolvimento da mentalidade técnica da qual fala Simondon (2014), pois é necessário articular os conceitos que conectam as camadas do instrumento musical digital, que são o sistema de geração sonora, a interface de controle e o mapeamento das interações lógicas entre interface e a geração sonora digital. Os IMDs experimentais, com sua estrutura aberta, permitem a ação do músico (que também é inventor) diretamente no seu programa, possibilitando, deste modo, a inserção de suas intenções estéticas por meio da invenção tecnológica e da aplicação do conhecimento científico.

Considerando todos os apontamentos lançados por essa pesquisa, e também minha experiência enquanto músico, observo que o grande diferencial para o artista e *luthier* experimental é a possibilidade de criar seu próprio sistema musical e singularizar, não somente o tipo de informação produzida no instrumento, mas o próprio instrumento, esboçando assim uma nova relação entre a tecnologia, o sujeito e a música, onde o conhecimento científico é usado e aplicado pelo artista em função de sua intenção estética.

Essa nova relação possui implicações diretas para a educação musical em decorrência da interdisciplinaridade envolvida na produção de música experimental

através da criação de novos meios de produção e controle sonoros que podem ser aprofundadas em pesquisas futuras no sentido de compreender o desenvolvimento da mentalidade técnica nesse campo. A consequência disso para a música é a expansão do domínio expressivo por parte dos sujeitos, que se apropriam do desenvolvimento tecnológico para a criação musical. A notação musical passa a se confundir com o código usado nas linguagens de programação, de modo que a ideia musical passa a ser escrita no suporte digital dos *softwares*. Os modos de controle e interação com o som são deliberados pelo compositor que também é inventor e músico.

A relação com os materiais de criação musical também sofre consequências pois passa-se a conceber uma enorme variedade de timbres e características sonoras a partir de um único dispositivo que é o *chip* DSP. O controle desse dispositivo pelos sujeitos permite a realização de sonoridades que não possuem limitações físicas além da própria capacidade de processamento dos *chips*. Assim, ideias musicais não se limitam as condições físicas de instrumentos, ou mesmo a variação de instrumentos para variação de timbre ou textura. O mesmo suporte físico (*hardware*) possui a capacidade de reprodução de características sonoras deliberadas pelo artista e as variações que o dispositivo pode atingir depende unicamente do domínio sobre o código computacional. Por isso, programar um IMD é também um processo estético e não apenas técnico.

REFERÊNCIAS

ARCELA, A. **Fundamentos de Computação Musical**. In G. Linck, VI Escola de Informática da Região Sul. Pelotas, Blumenau, Curitiba, SBC, 1998.

BARBOSA, J; CABRAL, G; CALEGARIO, F; RAMALHO, G; TRAGTEMBERG, J; MANDERLEY, M. Designing DMIs for Popular Music in the Brazilian Northeast: Lessons Learned. In: **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**. Baton Rouge, Los Angeles. 2015 p. 277 – 280.

CADOZ, C. Instrumental Gesture and Musical Composition. In: **Proceedings of the 1988 International Computer Music Conference**. San Francisco, International Computer Music Association, pp. 1-12, 1988.

COLLINS, N. **Handmade Electronic Music: The Art of Hardware Hacking**. London & New York: Routledge, 2006.

FENERICH, A. S. Touching the machines: immaterial value added on sonic devices. In: **Proceedings of the International Conference on Sound Studies**. Sonologia 2016 – out of phase. NuSom - Research Centre on Sonology. São Paulo, 2016. p. 267 – 270. Disponível em:

<http://www2.eca.usp.br/sonologia/wp-content/uploads/2017/09/Sonologia2016_OutofPhase.pdf>. Acessado em 21 de Março de 2020.

FENERICH, A. S.; OBICI, G. Jardim das Gambiarras Chinesas: uma prática de montagem musical e bricolagem tecnológica. In: **Segundo Encontro Internacional de Música e Arte Sonora** - EIMAS, Juiz de Fora. Revista do EIMAS, v. 2, 2011.

FRITSCH, E.F. **Música eletrônica: uma introdução ilustrada**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

FLUSSER, V. **O universo das imagens técnicas**. São Paulo: Annablume, 2008.

_____. **O Mundo Codificado**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

_____. **Filosofia da Caixa Preta**: Ensaio para uma futura filosofia da fotografia. São Paulo: Hucitec, 1985. 48p. Disponível em: <http://www.iphi.org.br/sites/filosofia_brasil/Vil%C3%A9m_Flusser_-_Filosofia_da_Caixa_Preta.pdf> Acessado em 28 de Junho de 2019.

_____. Jogos. Suplemento Literário, OESP, 12(556): 1, 09.12.67. Disponível em: <<http://www.cisc.org.br/portal/jdownloads/FLUSSER%20Vilm/jogos.pdf>>. Acessado em 28 de Junho de 2019.

GHAZALA, R. **Circuit-Bending: build your own alien instruments**, Indianapolis: Wiley Publishing, 2005.

HOLMES, T. **Electronic and Experimental Music**: Technology, Music and Culture. 4. ed. New York: Routledge, 2012.

HSU, A; KEMPER, S. Kinesonic Composition as Choreographed Sound: Composing Gesture in Sensor-Based Music. In: **Proceedings of the 2015 International Computer Music Conference**. Texas. International Computer Music Association, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2027/spo.bbp2372.2015.086>>. Acessado em 20 de Março de 2020.

IAZZETTA, F. **Música e Mediação Tecnológica**. São Paulo: Perspectiva, 2009.

_____. A importância dos dedos para a música feita nas coxas. In: Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, XV., 2005, Rio de Janeiro p. 1238-1245, disponível em: <http://www2.eca.usp.br/prof/iazzetta/papers/anppom_2005.pdf> Acessado em 31 de Janeiro de 2019.

_____. Interação, Interfaces e Instrumentos em Música Eletroacústica. 1999. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/~ihc99/lhc99/AtasIHC99/AtasIHC98/Lazzetta.pdf>> Acessado em 02 de Janeiro de 2020.

_____. Revendo o Papel do Instrumento na Música Eletroacústica. Apresentado no II Encontro de Música Eletroacústica, Brasília, 10 a 15 de maio de 1997.

_____. A música, o corpo e as máquinas. Revista Opus IV. 1997.

JORDÀ, S. **Digital Lutherie**: crafting musical computers for new musics' performance and improvisation. Tese (Doutorado) — Universitat Pompeu Fabra, mar. 2005. Disponível em <<https://www.upf.edu/web/sergi-jorda/publications>>. Acessado em 28 de Junho de 2019.

JORDÀ, S. FMOL: Toward User-Friendly, Sophisticated New Musical Instruments. **Computer Music Journal**, Vol. 26, No. 3, p. 23-39. 2002. Disponível em: <<https://muse.jhu.edu/article/7925>>. Acessado em 20 de Março de 2020.

KLEINBERGER, R; TROYER, A. Dooremi: a Doorway to Music. In: **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**. Brisbane, Australia. 2016 p. 160 – 161.

LÉVY, P. **O que é o virtual?** São Paulo: 34, 1996.

LIMA, José G. A. Como o experimentalismo musical reprograma aparelhos sonoros. Anais do **XXIV Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música**. São Paulo. 2014. Disponível em <https://www.academia.edu/8164697/Como_o_experimentalismo_musical_reprograma_aparelhos_sonoros> Acessado em 20 de Março de 2020.

LINDBORG, P. *Pacific Bell Tower*: a sculptural sound installation for live sonification of earthquake data. A sculptural sound installation for live sonification of earthquake data. In: **Proceedings of the 2017 International Computer Music Conference**. Shanghai, International Computer Music Association. Disponível em: <<https://quod.lib.umich.edu/i/icmc/bbp2372.2017>>. Acessado em 20 de Julho de

2017.

MENEZES, F. (org.): **Música eletroacústica – história e estéticas**. São Paulo: Edusp, 1996.

MONTEIRO, A. C. **Criação e performance musical no contexto dos instrumentos musicais digitais**. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Música do Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas. 2010. Disponível em <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/284418>> Acessado em 13 de Julho de 2019.

NYMAN, M. *Experimental Music: Cage and Beyond*. New York, Schirmer Books, 1974.

NESPOLI, E. A concepção de pré-aparelho em Vilém Flusser e os processos criativos em música experimental. **Revista Eco Pós**. Dossiê Vilém Flusser. V. 19. N.1 2016. Disponível em: <https://revistas.ufjf.br/index.php/eco_pos/article/download/2910/2626> Acessado em 28 de Junho de 2019.

_____. The pre-aparatuses in experimental music: implications for sound, technology and performance In: **Proceedings of the International Conference on Sound Studies**. Sonologia 2016 – out of phase. NuSom - Research Centre on Sonology. São Paulo, 2016. p. 257 – 265. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/sonologia/wp-content/uploads/2017/09/Sonologia2016_OutofPhase.pdf>. Acessado em 20 de Março de 2020.

PALOMBINI, C. 'Pierre Schaeffer: from Research into Noises to Experimental Music'. **Computer Music Journal** 17 (3): p. 14-19. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press, 1993.

PATRÍCIO, E. L. B. **Instrumentos musicais digitais – uma abordagem composicional**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em

Música da Universidade Federal do Paraná. 2010.

ROBERTSON, B. L; DAHL, L. Harmonic Wand: An Instrument for Microtonal Control and Gestural Excitation. In: **Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression**. Virgínia, 2018 p. 72 – 77. Disponível em: <http://www.nime.org/proceedings/2018/nime2018_paper0017.pdf>. Acessado em 20 de Março de 2020.

SIMONDON, Gilbert. Mentalidade Técnica. **Filosofia e Educação**. Vol. 6. N°3 - Outubro de 2014. Tradução de Américo Grisotto e Laura Brandini. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rfe/article/download/1754/1809>> Acessado em 19 de Julho de 2019.

SOUZA, F. F. A Rádio e o surgimento da Música Eletroacústica na Europa e no Brasil. **Revista Vórtex**, Curitiba, v.4, n.2, 2016, p.1-11

STOCKHOUSEN, K. **Gesang der Jünglinge**. Colônia: Westdeutscher Rundfunk: 1956. (13m14s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RpSO3UHKy_g>.

SULLIVAN, J. Noisebox: Design and Prototype of a New Digital Musical Instrument. In: **Proceedings of the 2015 International Computer Music Conference**. Texas. International Computer Music Association, 2015.

TRUEMAN, D. Why a laptop orchestra? **Organised Sound**, Vol.12(2). 171–179, Cambridge University Press. 2007. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/organised-sound/all-issues>> Acessado em 20 de Julho de 2019.

WANDERLEY, M. Instrumentos Musicais Digitais – Gestos, Sensores e Interfaces. In: **Em Busca da Mente Musical**, vol. 60, p. 21. Editora da Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em (http://idmil.org/_media/wiki/instrumentos_digitais_final.pdf)