

# **Um Guia para Síntese Sonora com Sintetizadores Modulares**

Felipe de Almeida Ribeiro



**UM GUIA PARA SÍNTESE SONORA  
COM SINTETIZADORES MODULARES**

## ***Direção Editorial***

Lucas Fontella Margoni  
(*in memoriam*)

## ***Comitê Científico***

**Dr. Bryan Holmes**

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio)

**Dra. Flora Holderbaum**

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

**Dr. Henrique Vaz**

Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

**Dr. Jorge Antunes**

Universidade de Brasília (UnB)

**Dra. Marina Mapurunga**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Dr. Rodolfo Caesar**

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

# **UM GUIA PARA SÍNTESE SONORA COM SINTETIZADORES MODULARES**

**Felipe de Almeida Ribeiro**



**Diagramação:** Marcelo Alves

**Capa:** Gabrielle do Carmo



A Editora Fi segue orientação da política de distribuição e compartilhamento da Creative Commons Atribuição-Compartilhual 4.0 Internacional [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt\\_BR](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR)



O padrão ortográfico e o sistema de citações e referências bibliográficas são prerrogativas de cada autor. Da mesma forma, o conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade de seu respectivo autor.

---

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

R484g

Ribeiro, Felipe de Almeida

Um guia para síntese sonora com sintetizadores modulares  
[recurso eletrônico] / Felipe de Almeida Ribeiro. – Cachoeirinha  
: Fi, 2025.

209p.

ISBN 978-65-5272-127-3

DOI 10.22350/9786552721273

Disponível em: <http://www.editorafi.org>

1. Música – Som – Sintetizadores. I. Título.

CDU 78:681.828.5

---

Catalogação na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

## **Financiamento**



*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.  
Chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 – UNIVERSAL, nº 409750/2021-2.*

*<http://www.cnpq.br/>*

## **Apoio**

**LaMuSA**



## **Créditos de tradução**

*Todas as traduções de obras estrangeiras referenciadas neste livro foram realizadas pelo autor.*

## **Créditos de capa**

*Felipe de Almeida Ribeiro*

## **Imagens**

*Todas as imagens neste livro foram criadas pelo autor, exceto aquelas atribuídas a outras fontes na legenda.*

## **Uso de Softwares e Recursos de Inteligência Artificial**

*Este texto foi revisado pelo autor com o auxílio de softwares e ferramentas de inteligência artificial para aprimoramento ortográfico, gramatical e de clareza.*



*Este livro só foi possível graças ao apoio e incentivo de muitas pessoas queridas.*

*Minha gratidão à minha família, com especial carinho à minha esposa, Fernanda Frankenberger, aos meus pais, Maria José Justino e Luiz Carlos Ribeiro, pelo suporte incondicional, e aos meus fiéis companheiros felinos, Sheldon e Kira.*

*Ao professor Andrew Schloss, que, ao me apresentar ao sistema Buchla 200-Series na University of Victoria (Canadá), plantou a semente da minha paixão pelos sintetizadores.*

*Ao Núcleo Música Nova (Unespar/CNPq), especialmente aos pesquisadores Charles Neimog e Ricardo Thomasi, pelas discussões e colaborações que enriqueceram este trabalho.*

*À “Caravana da Síntese Sonora” e aos colegas que a acolheram em suas instituições: Bryan Holmes, Daniel Quaranta, Fernando Iazzetta, Fernando Kozu, Flora Holderbaum, Januibe Tejera e Marcus Alessi Bittencourt.*

*A Felipe Haroldo de Mattos e Marcus Neves, pela generosa revisão do texto, e a Mário Brandalise e Marcelo Gerab, pelo apoio com doação de módulos ao nosso laboratório.*

*Aos fabricantes nacionais, que seguem inovando apesar dos desafios econômicos.*

*Por fim, ao PPGMUS-Unespar, pelo contínuo suporte acadêmico, e ao CNPq, pelo apoio institucional e financeiro a esta pesquisa (Chamada Universal nº 409750/2021-2).*



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Fotografia do acervo do SMEM, destacando os sintetizadores de tecla.....	27
FIGURA 2 – Fotografia da sala de testes e gravações do SMEM. O museu permite aos visitantes, perante agendamento prévio, testar os instrumentos do acervo e realizar registros sonoros com gravadores portáteis.. .....	28
FIGURA 3 – Doação de 30 módulos feita por Mário Brandalise ao projeto da Caravana.....	30
FIGURA 4 – Sessão do Caravana dentro da Oficina de Música Eletroacústica do Festival Plurisons, em 2024, Belo Horizonte MG. ....	30
FIGURA 5 – Sintetizador do fabricante paulista EMW. Da esquerda para direita: gerador de ruído, oscilador, envelope, filtro, mixer, delay e amplificador. ....	35
FIGURA 6 – Sintetizador RecoSynth Mutuca (tipo painel com potenciômetro e switches). ....	38
FIGURA 7 – Sintetizador EMW WCS-1x (tipo painel com potenciômetro e switches)... ..	39
FIGURA 8 – Sintetizador VBRAZIL (tipo modular).....	40
FIGURA 9 – Sintetizador RecoSynth Educacional (tipo modular).....	40
FIGURA 10 – Sintetizador Arturia Minibrute 2 (tipo semimodular).....	41
FIGURA 11 – Case da VBrazil: 2 linhas, cada uma com os conectores internos, ao fundo, para fornecer alimentação elétrica, e nas extremidades de cada linha os trilhos para fixação dos módulos com parafusos.....	42
FIGURA 12 – Case impresso em 3D da UHZ Electronics. ....	42
FIGURA 13 – VCV Rack com alguns módulos. Fluxo de sinal (e módulos) da esquerda para direita: interface MIDI (entrada), oscilador (clone Plaits da Mutable Instruments), filtro (clone Ripples da Mutable Instruments), delay, visualizador de forma de onda, VCA, interface de áudio (saída).....	43
FIGURA 14 – Fones de ouvido circumaurais da Kuba Audio.....	47
FIGURA 15 – Patch com o objeto Plaits em Plug Data, recriação do módulo da Mutable Instruments. Biblioteca M.E.R.D.A. de Alexandre Torres Porres (2025). ....	50
FIGURA 16 – Janela com diversas faixas de áudio no Reaper.....	51

FIGURA 17 – Representação de uma onda sonora e seus parâmetros.....	53
FIGURA 18 – Representação de 7 Hz.....	54
FIGURA 19 – Ondas do tipo senoidal (em azul, iniciando a fase em 0º) e cossenoidal (em vermelho, iniciando a fase em 90º).....	55
FIGURA 20 – Sobreposição de duas frequências de 440Hz: em (A) é do tipo construtiva (fase 0º) e em (B) destrutiva (fase 180º). ....	56
FIGURA 21 – Patch em Plug Data (2025) que nos mostra a construção de um timbre similar ao de um clarinete, utilizando 4 harmônicos, com frequências de relação harmônica, mas com amplitudes diferenciadas. ....	59
FIGURA 22 – Diferenças de timbre em uma nota executada no trompete. Análise feita no software SPEAR (2025). ....	61
FIGURA 23 – A nota 6535 (MIDI cents) equivale a frequência 363,638 Hz, que é um Fá acrescido de 35 cents.....	63
FIGURA 24 – Diferenças no timbre e na composição espectral de um som de flauta e outro de vibrafone.....	64
FIGURA 25 – Notação de uma série harmônica com microtons. ....	66
FIGURA 26 – Notação de quartos de tom (50 cents) com as respectivas enarmonias....	66
FIGURA 27 – Sistema de flechas para notação, ilustrado em OpenMusic. ....	67
FIGURA 28 – Notação microtonal em Sibelius, software de notação musical. ....	67
FIGURA 29 – Notação para funções e módulos de um sintetizador.....	69
FIGURA 30 – Estrutura de um sintetizador. ....	73
FIGURA 31 – Diagrama e foto das conexões para cabo do tipo flat com conectores de 16 e 10 pinos. ....	76
FIGURA 32 – Detalhe do cabo e conector do tipo flat. ....	77
FIGURA 33 – Cabo do tipo flat com conectores de 16 e 10 pinos conectado a módulo Eurorack. ....	77
FIGURA 34 – Detalhe do cabo de conexão mono com plugue de 3,5 mm. ....	78
FIGURA 35 – Dimensões de um módulo Eurorack instalado em um case com trilho de montagem. ....	81
FIGURA 36 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda senoidal. ....	85
FIGURA 37 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda dentes de serra. ....	85
FIGURA 38 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda triangular. ....	86

FIGURA 39 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda quadrada.....	86
FIGURA 40 – Modulação por PWM. A onda azul apresenta um ciclo de trabalho predominante no estado positivo (maior tempo em amplitude positiva), enquanto a onda vermelha exibe um ciclo de trabalho invertido, com maior duração no estado negativo (amplitude negativa) .....	87
FIGURA 41 – Onda do tipo pulse com PWM baixo. ....	88
FIGURA 42 – Onda do tipo pulse com PWM alto. ....	88
FIGURA 43 – Módulos de osciladores da EMW, modelos “MIDI Oscillator” e “VCO - 104” .....	90
FIGURA 44 – Interface MIDI e CV de Miguel Ratton.....	92
FIGURA 45 – Módulo Quantizer 101 da EMW.....	93
FIGURA 46 – Modulação por anel em Pure Data.....	95
FIGURA 47 – Espectro gerado por modulação por anel em VCV Rack. A portadora é o VCO enquanto que a moduladora é um LFO.....	95
FIGURA 48 – Módulo de modulação por anel da EMW. ....	96
FIGURA 49 – Modulação FM em patch no Pure Data.....	98
FIGURA 50 – Módulo LFO modulando a frequência de um VCO.....	100
FIGURA 51 – Demonstração de síntese FM em VCV Rack .....	101
FIGURA 52 – Módulo EMW gerador de ruído. ....	103
FIGURA 53 – Ruído branco, rosa e vermelho, respectivamente, ilustrados no VCV Rack. ....	104
FIGURA 54 – Envelope de uma flauta e de uma harpa.....	105
FIGURA 55 – Envelope do tipo ADSR.....	106
FIGURA 56 – Módulo gerador de envelope, ou genericamente ADSR como é tradicionalmente conhecido na música eletrônica. Ao lado direito uma medição no osciloscópio de cada etapa do envelope. ....	107
FIGURA 57 – Patch em VCV Rack com e sem envelope ADSR. ....	108
FIGURA 58 – Funções de gate e trigger e seus valores em voltagem.....	110
FIGURA 59 – Módulo EMW gerador de BPM (clock).....	111
FIGURA 60 – Módulo VCA com as conexões e controles de sinal e de envelope. ....	113
FIGURA 61 – Módulo VCA S700 com a possibilidade de modulação da amplitude. ....	114

FIGURA 62 – Frequência de corte de um filtro visualizada em VCV Rack.....	116
FIGURA 63 – Ressonância de um filtro visualizada em VCV Rack. ....	117
FIGURA 64 – Módulo Fixed Filter Bank da EMW.....	118
FIGURA 65 – Módulo EMW MG24 baseado nos filtros da Moog. ....	119
FIGURA 66 – Módulo da LAPSO, com chave seletora entre filtro do tipo LPF e BPF. ..	120
FIGURA 67 – Módulo de filtro da VBRAZIL.....	121
FIGURA 68 – Módulos da EMW ilustrando a filtragem (VCF S100) de um gerador de ruído (ANALOG NOISE 3X).....	122
FIGURA 69 – Filtragem em VCV Rack. Da esquerda para direita: gerador de ruído (branco), multiplicador de sinal, filtro de banda (FFB) com ênfase em 2800 Hz e espectrograma (verde = sinal sem filtro; azul = sinal com filtro).....	123
FIGURA 70 – Patch em PD ilustrando a filtragem de um gerador de ruído.....	123
FIGURA 71 – Comparação de um LFO de 10Hz (vermelho) e um VCO com 400Hz (verde). ....	125
FIGURA 72 – Módulo MULTI-LFO-NOISE da EMW. ....	126
FIGURA 73 – Onda senoidal pura (em azul) e ela tendo sua frequência modulada por um LFO (em verde). ....	127
FIGURA 74 – Patch em VCV Rack. Da esquerda para a direita: LFO, S&H, clock, osciloscópio, S&H e ruído.....	128
FIGURA 75 – Módulo EMW SAMPLE & HOLD.....	130
FIGURA 76 – Módulo sequenciador de tensão da EMW.....	132
FIGURA 77 – Módulo Overfolder da VBrazil. ....	134
FIGURA 78 – Sintetizador VCS3 Clone, da RecoSynth. Detalhe da matriz e do joystick.....	137
FIGURA 79 – Sintetizador MicroBrute da Arturia. Detalhe do teclado. ....	138
FIGURA 80 – Sintetizador Mutuca, da RecoSynth. Detalhe dos potenciômetros, interruptores e botões.....	138
FIGURA 81 – Sintetizador Phonedrone (ao lado esquerdo, em amarelo), da RecoSynth. Detalhe do discador.....	139
FIGURA 82 – Módulo Finger da Pantala Labs e sintetizador MicroFreak da Arturia. Detalhe para as placas de toque em ambos equipamentos. ....	139
FIGURA 83 – Interface MIDI2CV de Miguel Ratton.....	140
FIGURA 84 – Delay em Pure Data, por meio dos objetos [delwrite~] e [delread~].....	142

FIGURA 85 – Módulo EMW ECHO para efeito de eco-delay. ....	143
FIGURA 86 – Módulo de reverb “Reechoing” da PantalaLabs. ....	145
FIGURA 87 – Reverb de mola da RecoSynth. ....	146
FIGURA 88 – Módulo de distorção da PantalaLabs. ....	147
FIGURA 89 – Módulo de phase shifter da EMW. ....	149
FIGURA 90 – Módulo de Envelope Follower da EMW. ....	151
FIGURA 91 – Exemplo de atenuador na prática: ao lado esquerdo, a fonte de tensão é atenuada até +1V. No lado direito, passa com sinal de +5V. O atenuador é o ATTEN da PantalaLabs e o medidor de tensão é o módulo CV MONITOR da EMW. ....	153
FIGURA 92 – Módulo atenuador da UHZ. ....	154
FIGURA 93 – Módulo MIXER 3-CH da EMW. ....	156
FIGURA 94 – Módulo mixer com attenuverters da UHZ Electronics. ....	157
FIGURA 95 – Módulo CROSSFADER da EMW. ....	158
FIGURA 96 – Três módulos da EMW para conexão de sinais. ....	159
FIGURA 97 – Módulos de lógica da EMW: Logic 101 e Logic 202. ....	160
FIGURA 98 – Módulo UHZ Braids clone da Mutable Instruments. ....	161
FIGURA 99 – Módulo NOISE PLETHORA da Befaco, disponível para compra em formato DIY. ....	163
FIGURA 100 – Ilustração de um multímetro, de um cabo de patching Eurorack e de um VCO da EMW com entrada para controle de 1V/oitava. ....	167
FIGURA 101 – Diagrama de um patch básico para “Síntese Subtrativa”, envolvendo VCO, VCF, VCA e ADSR. ....	169
FIGURA 102 – Módulos VCO, VCF, ADSR EG e VCA no software VCV Rack. O módulo “Audio” representa a conexão entre o software e a interface de áudio do computador. Por essa razão, ele não pertence ao universo dos modulares analógicos, mas é uma funcionalidade necessária para integrar o software ao sistema de áudio digital. ....	170
FIGURA 103 – Diagrama para montagem do patch “Modulação via LFO”. ....	172
FIGURA 104 – Diagrama do patch “Interface de performance”, em que um teclado controlador MIDI é inserido como controlador do VCO e do Envelope. ....	174
FIGURA 105 – Módulos VCO, VCF, LFO, SCOPE, ADSR EG, VCA do software VCV Rack. O “scope” é um visualizador de forma de onda. ....	177
FIGURA 106 – Diagrama do patch “Sequenciamento Rítmico”. ....	178

FIGURA 107 – Patch “Sequenciamento Rítmico” em VCV Rack.....	180
FIGURA 108 – Diagrama do patch “Gerador de Melodias Aleatórias”. .....	181
FIGURA 109 – Versão do patch “Gerador de Melodias Aleatórias” em VCV Rack. ....	182
FIGURA 110 – Diagrama do patch “Drone”.....	183
FIGURA 111 – Patch “Drone” em VCV Rack utilizando módulos externos da Befaco e Audible Instruments.....	185
FIGURA 112 – Diagrama do patch “Interface de performance”, em que um teclado controlador MIDI é inserido como controlador do VCO e do Envelope. ....	186
FIGURA 113 – Teclado Controlador MIDI Arturia Keystep. ....	186
FIGURA 114 – Melodia temática de “Piano Phase” de Steve Reich. ....	187
FIGURA 115 – Painel frontal do EMW-200. ....	190

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Relação entre harmônicos, frequências e proporções intervalares. ....	58
TABELA 2 – Diferenças no timbre e na composição espectral de um som de flauta e outro de vibrafone. ....	64
TABELA 3 – Relação entre amplitudes relativas de diferentes formas de onda. ....	89

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Relação de entradas e saídas em módulos de um sintetizador. ....	74
QUADRO 2 – Relação da variação de tensão em cada tipo de módulo Eurorack. ....	79
QUADRO 3 – Decaimento da amplitude de um sinal processado por delay com feedback. ....	143

## LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – Relação entre frequência e período. ....	54
EQUAÇÃO 2 – Cálculo de comprimento de onda ( $\lambda$ ), sendo $v$ = velocidade do som no ar. ....	54
EQUAÇÃO 3 – Cálculo de proporção de um semitom em temperamento igual. ....	62
EQUAÇÃO 4 – Cálculo de bandas laterais para modulação por anel, em que $f_1$ é a portadora (carrier) e $f_2$ a moduladora (modulator). ....	94
EQUAÇÃO 5 – Cálculo de bandas laterais em FM, em que " $f_c$ " é a frequência da carregadora, " $n$ " representa o índice harmônico e " $f_m$ " é a frequência da moduladora. ....	97
EQUAÇÃO 6 – Índice de modulação em FM. ....	99



# SUMÁRIO

## Prefácio

*Felipe de Almeida Ribeiro*

19

## Parte 1

33

### Conhecimento básico

1.1 Para quem este livro foi escrito e o que esperar dele?.....	33
1.2 O que preciso para começar?.....	37
1.2.1 Sintetizador.....	37
1.2.2 Software: VCV RACK.....	43
1.2.3 Computador com sistema operacional Windows, Macintosh ou Linux.....	44
1.2.4 Interface de Áudio-MIDI.....	45
1.2.5 Gravador de áudio portátil.....	46
1.2.6 Fones de ouvido / Monitor de estúdio.....	46
1.2.7 Software: Pure Data.....	48
1.2.8 Software: Reaper.....	50
1.3 Conhecimentos básicos.....	52
1.3.1 Parâmetros e representação de uma forma de onda sonora.....	53
1.3.2 Série Harmônica, Espectros e Notação Musical.....	57
1.3.3 Notação para sintetizadores.....	68
1.4 Nosso objeto de estudo.....	70
1.4.1 O que é um sintetizador analógico?.....	70
1.4.2 Padrão Eurorack.....	74

## Parte 2

83

### Descrição dos Módulos

2.1 Formas de onda e síntese aditiva.....	83
2.2 Oscilador (VCO).....	89
2.3 Quantizador.....	92
2.4 Modulação por Amplitude (AM).....	93
2.5 Modulação por Frequência (FM).....	97
2.6 Geradores de ruído.....	102
2.7 Geradores de Envelope (ENV, EG ou ADSR).....	105
2.8 Gate, trigger, clock.....	109
2.9 Amplificadores (VCA).....	112
2.10 Filtros (VCF).....	114
2.11 Síntese subtrativa.....	121
2.12 Osciladores de baixa frequência (LFO).....	124

2.13 Sample and hold.....	128
2.14 Sequenciadores .....	131
2.15 Wavefolder .....	133
2.16 Interfaces controladoras externas.....	135
2.17 Interfaces digitais .....	139
2.18 Eco / delay .....	141
2.19 Reverb .....	144
2.20 Distorção .....	146
2.21 Phase Shifter.....	148
2.22 Envelope Follower .....	150
2.23 Atenuadores e attenuverters .....	152
2.24 Mixer e crossfader .....	154
2.25 Múltiplo e lógica.....	158
2.26 Clones e diy .....	160

## PARTE 3

**165**

### Patches

3.1. Como usar um multímetro para entender os diferentes sinais de tensão elétrica em modulares?.....	166
3.2. Síntese subtrativa .....	168
3.3. Modulação via lfo .....	171
3.4. Interface de performance .....	173
3.5. Sequenciamento rítmico.....	177
3.6. Gerador de melodias aleatórias à la "R2-D2" .....	180
3.7 Drone.....	182
3.8. Piano phase (Steve Reich).....	185
3.9 Desafio: "Generative Ambient Music" em VCV Rack.....	187
3.10. Desafio: EMW-200 em VCV Rack.....	189

### Perspectivas futuras

**193**

### Referências

**199**

## **PREFÁCIO**

*Felipe de Almeida Ribeiro*

Por que escrever um livro sobre instrumentos elétricos que já atingiram uma certa obsolescência? Essa pergunta, talvez óbvia para alguns, revela certa complexidade ao buscarmos uma resposta. Em um século marcado pela corrida por acessibilidade digital e pela difusão de softwares livres, vivemos um período em que a eletrônica e a tecnologia digital avançam em velocidade vertiginosa. O novo logo substitui o velho, e o antigo é frequentemente relegado à categoria de obsoleto. Entretanto, o piano, que foi criado há séculos, nunca é chamado de obsoleto. Pelo contrário, é celebrado como um ícone da expressão artística e da inovação da tecnologia musical. Nessa direção, Gary Tomlinson afirma que “a musicalidade sempre foi tecnológica” (2015, p. 48). O mesmo ocorre com outros instrumentos. Portanto, não seria o caso de os sintetizadores modulares ocuparem uma posição semelhante, ao invés de serem vistos como tecnologias ultrapassadas? E, nesse contexto, qual seria o lugar dessas máquinas na música atual e no futuro da criação sonora? Este livro nasce da necessidade de explorar essas questões, especialmente voltado a um público lusófono. Nos cinco microtextos a seguir, convido os leitores a refletirem sobre a relevância desses instrumentos na música e na cultura contemporânea, traçando paralelos entre obsolescência e inovação.

\* \* \*

CONTROLE E DOMÍNIO – Começo com uma analogia simples, mas reveladora, entre música e culinária. Imagine uma rotina em que sua

alimentação se baseia inteiramente em produtos industrializados: enlatados, congelados e ultraprocessados. Nesse cenário, você está completamente desconectado dos ingredientes, afastado do cultivo dos vegetais, das especiarias e das ervas. Vive-se em um mundo de “delivery”, onde o alimento chega pronto, e você, como consumidor, não tem qualquer envolvimento no processo de criação. A produção alimentícia é padronizada: todos consomem a mesma coisa.

Agora, imagine-se em um cenário oposto: um universo em que você tem acesso aos ingredientes e participa ativamente do preparo das refeições. Você é o responsável pela sua cozinha, experimentando, errando, ajustando, e aprendendo no processo. Nem tudo sairá perfeito, mas aumenta-se o grau de controle sobre os ingredientes e sobre o preparo, resultando em algo verdadeiramente potente.

Essa metáfora reflete, de maneira essencial, o fazer musical com sintetizadores modulares. Com eles, não dominamos apenas o resultado sonoro, mas também todo o processo criativo e sensorial — envolvendo tato, som e visual —, gerando uma experiência que é tanto artística quanto profundamente pessoal.

\* \* \*

UM NOVO INSTRUMENTO PARA UMA MÚSICA NOVA – O século XX trouxe consigo uma explosão de experimentações na criação de instrumentos elétricos. Em meio a inúmeros projetos, surgiu a família dos eletrofones, definida por instrumentos que utilizam a eletricidade como fonte sonora. Entre os marcos históricos dessa trajetória estão o *Telharmonium* (1897) de Thaddeus Cahill, o *Theremin* (1922) de Leon (Lev)

Sergeivitch Termen e o *Ondes-Martenot* (1928) de Maurice Martenot<sup>1</sup>. Apesar da inovação tecnológica e da exploração de novos timbres que esses instrumentos possibilitaram, a estrutura musical que os envolvia manteve-se fortemente enraizada na tradição orquestral da música clássica. O *Theremin*, por exemplo, evidencia claras influências da escola violinística, enquanto o *Ondes-Martenot* carrega em seu design a herança da execução por teclas. Adicionalmente, a maioria dos eletrofones iniciais compartilha a eletricidade como gerador sonoro; entretanto, poucos são, de fato, concebidos para depender do alto-falante como meio essencial de produção musical. Um exemplo claro é que boa parte dos solos de *Theremin* poderia ser executada em um violino, sem grande perda expressiva.

Essa relação entre instrumento e linguagem musical traz um alerta importante: o design desses instrumentos não apenas molda os sons que produzem, mas também delimita a linguagem musical que emerge deles. Embora tenham introduzido novos timbres, esses instrumentos, em muitos casos, reforçaram práticas musicais já estabelecidas, limitando-se a criar variações do que já existia, em vez de inaugurar uma ruptura radical. Isso reflete o que Ferruccio Busoni já alertava no início do século XX: a necessidade de gerar sons verdadeiramente novos, em vez de simulacros dos já conhecidos.

Resta, então, a pergunta: em que momento a música eletrônica começa a inaugurar novas linguagens — não como ruptura, mas como desdobramento das tradições instrumentais anteriores? Quando um instrumento elétrico deixa de ser uma versão “amplificada” de seus antecessores acústicos? Entre os construtores pioneiros no início do século XX, o alemão Jörg Mager (1880-1939) foi talvez o que mais se

---

<sup>1</sup> ver 120 Years of Electronic Music (2022); Roads (1996).

aproximou da ideia de um instrumento verdadeiramente novo (como o Sphäraphon) para uma música igualmente nova. E é nesse espírito — o de criar novas possibilidades sonoras e musicais — que este livro caminha.

\* \* \*

TOCAR PARA COMPOR – A Música Concreta, no período pós-guerra, inaugura um mergulho profundo na escuta, tanto pelo uso do microfone quanto pelo alto-falante. Pierre Schaeffer, seu criador, inicia em 1948 uma jornada que o consagraria como o pai da música eletrônica, com influências que se estendem até os DJs contemporâneos. Na época, Schaeffer propôs uma música feita a partir de sons gravados, muitas vezes do cotidiano. Daí o termo “concreto”: a música era feita com sons ‘concretamente’ registrados, manipulados e difundidos. Ele revoluciona o fazer musical ao propor uma nova expressividade, baseada sobretudo na escuta atenta e na coleta e manipulação de sonoridades do dia a dia. O microfone, nesse contexto, transforma-se em uma lupa, uma ferramenta essencial para o compositor de música eletrônica. Assim, surge uma música *dependente* do alto-falante: nenhuma orquestra ou conjunto poderia reproduzir aquilo que era criado em estúdio.

O microfone e o alto-falante tornam-se, então, quase novos instrumentos, assemelhando-se à família dos membranofones, pois ambos dependem de diafragmas que vibram para captar ou projetar som. No entanto, diferentemente dos membranofones tradicionais, eles não produzem som diretamente, mas atuam como mediadores tecnológicos que transformam vibrações acústicas em elétricas (e vice-versa).

Apesar do caráter transformador dessa abordagem, os desdobramentos da Música Concreta e do pensamento acusmático – som ouvido, sem fonte sonora visível – acabaram se distanciando de um

aspecto herdado da música instrumental tradicional: a conexão corpórea e tátil do compositor com a construção dos sons. A veia acusmática pode ser vista como uma ruptura com a centralidade do compositor, deslocando o foco para a escuta e para as ressonâncias do mundo ao redor. Nela, o microfone torna-se indispensável como ferramenta composicional, mas, ao mesmo tempo, *reconfigura* a relação do indivíduo criador com o instrumento manipulador, uma conexão que a tradição da performance musical cultivou ao longo da história. Entretanto, há quem argumente que as edições e cortes em fita magnética da época de Schaeffer, ou mesmo as edições digitais em DAWs atuais, representam formas de interação corpórea entre o artista e o som.

Em sintetizadores, o ato de manipular fisicamente um instrumento – como girar potenciômetros, pressionar teclas, ajustar *sliders* – estabelece uma relação tátil, corpórea e cognitiva especial para o compositor, algo que se perde em abordagens mais passivas, como o ato de ligar um gravador e um microfone. O sintetizador exige uma interação física contínua para moldar cada gesto sonoro, aquilo que Jonathan De Souza chama de “um elo entre o ouvido e a mão” (Souza IN Teboul; Kitzmann; Engström, 2024, p. 82). Essa interação tátil não apenas amplia as possibilidades criativas, mas também reativa uma relação direta entre corpo e som, algo que a música acusmática e concreta tendem a deslocar ao enfatizar a escuta sobre o gesto. Além disso, delega-se à máquina a capacidade de armazenar, processar e transformar memórias sonoras. Esse avanço pode ser interpretado como um estágio de ampliação humana, no qual tecnologias permitem ao compositor superar fenômenos acústicos naturais, redefinindo a relação entre o compositor, o som e a tecnologia, e ampliando o campo criativo para além das limitações dos meios tradicionais.

\* \* \*

RENASCIMENTO – Hoje, testemunhamos uma renascença dos sintetizadores modulares no mercado de instrumentos musicais. Muitos artistas de música eletrônica retornaram a eles, enquanto outros os descobrem pela primeira vez. Aquilo que antes era considerado obsoleto ou um artigo de luxo – como os sintetizadores Moog e Buchla, que eram inacessíveis para a maioria dos músicos – reaparece no mercado, impulsionado por fabricantes independentes e grandes empresas que oferecem clones de sintetizadores clássicos a preços acessíveis. No Brasil, em particular, o tema dos sintetizadores está em fase de redescobrimento, mas reflete o renascimento global dessa cultura. Uma pequena, porém ativa, comunidade de construtores locais, curiosos e talentosos, tem contribuído significativamente para a difusão dos sintetizadores modulares como instrumentos musicais.

Na era digital atual, em que os recursos de software parecem ilimitados, a saturação de possibilidades muitas vezes se torna um obstáculo criativo. A abundância de opções pode gerar fadiga no artista. Em contraste, o trabalho com sintetizadores modulares exige criatividade, resolução de problemas e uma abordagem consciente das limitações tangíveis. Essas limitações não são vistas como barreiras, mas como catalisadores para novas perspectivas de criação. Embora o ambiente digital ofereça maior flexibilidade, é na interação com as restrições físicas que a exploração sonora pode atingir maior profundidade.

Os módulos de sintetizadores são notoriamente complexos. Esses dispositivos podem ser entendidos como *ready-mades* ou até mesmo “caixas-pretas”, no sentido proposto por Vilém Flusser (1985). No entanto, é na interação entre diferentes módulos que emerge seu verdadeiro potencial criativo, frequentemente levando o usuário a

“hackear” suas funcionalidades originais e redefinir o propósito dos circuitos. Mais do que isso, o design dos sintetizadores modulares parece intrinsecamente voltado à reconfiguração. A possibilidade de combinar módulos e criar fluxos de sinal personalizados transforma cada configuração em uma nova realidade sonora:

Ao reunir módulos, elementos-fonte e elementos para o tratamento do som (osciladores, geradores e transformadores), e ao organizar microintervalos, o sintetizador torna audível o próprio processo sonoro, a produção desse processo, e nos coloca em contato com outros elementos além da matéria sonora. Ele une elementos díspares na materialidade e transpõe os parâmetros de uma fórmula para outra. (Deleuze; Guattari, 2005, p. 343)

Essa característica faz do sintetizador modular um ambiente paradoxal: projetado como um instrumento, ele simultaneamente se desconstrói como tal, permitindo ao músico reconfigurá-lo constantemente. Ele carrega em si a capacidade de se reinventar. É um instrumento fluido, ou “líquido”, em que o papel do músico se expande, permitindo-lhe atuar, ao mesmo tempo, como criador, intérprete, luthier e ouvinte. Esse ambiente transcende o processo criativo tradicional, promovendo uma interação entre humano e máquina.

\* \* \*

MINHA TRAJETÓRIA – A motivação para escrever este livro nasceu de minha fascinação pelos sintetizadores modulares e do desejo de divulgar esses instrumentos no território nacional. Minha primeira experiência aconteceu em 2006, já de imediato com um Buchla 200-Series, na University of Victoria, no Canadá, durante as aulas de *computer music* ministradas pelo professor Andrew Schloss, no meu mestrado. Diante daquele instrumento musical, que mais se

assemelhava a um painel de aeronave, criei meus primeiros sons sem buscar qualquer refinamento ou pretensão artística. No entanto, o fascínio pela máquina — como objeto tátil e, de fato, como um instrumento de interação — me conquistou profundamente. Embora o software também despertasse meu interesse, o hardware era ainda mais convidativo. Ele oferecia uma experiência cibernética, permitindo-me estabelecer uma conexão física e sensorial com a máquina.

Em outra memória, agora como professor da Universidade Estadual do Paraná, iniciei a aquisição de alguns sintetizadores para meu próprio ateliê. O primeiro conjunto foi um kit de vários módulos da EMW, fabricante sediada no Estado de São Paulo. Em seguida, durante uma viagem a Nova York, adquiri um Moog Mother-32. Com esses instrumentos em mãos, propus a mim mesmo o desafio de compor uma primeira obra utilizando exclusivamente sintetizadores modulares. Assim, em 2017, nasceu a peça “Remoinhos”, cujo título reflete minha relação com os modulares. A obra foi estreada na 4ª Bienal Música Hoje<sup>3</sup> e, posteriormente, incluída no primeiro CD<sup>4</sup> do grupo de pesquisa Núcleo Música Nova. Foi também nesse período que passei a integrar os sintetizadores modulares às minhas aulas de música, criação e tecnologia, ampliando a exploração sonora e criativa no ambiente acadêmico.

Em 2019, tive a oportunidade de realizar um período de estudos na Alemanha, com uma bolsa da *Alexander von Humboldt Stiftung* em parceria com a CAPES. Durante esse tempo, entrei em contato com uma comunidade maior de modulares. É de lá, afinal, que surgiu a empresa

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://almeidaribeiro.com/music>>. Acesso em 28 dez 2024.

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://www.bienalmusicahoje.com/IVBMH/links/concertos.html#dia20>>. Acesso em 28 dez. 2024.

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://nucleomusicanova.bandcamp.com/album/do-we-really-need-electronics>>. Acesso em 28 de dez. 2024.

Doepfer, uma das grandes responsáveis pelo renascimento dos modulares. Naquele período, frequentei regularmente a *Scheneidersladen*, em Berlim, onde adquiri novos módulos para meus projetos. Também tive a chance de participar da *SuperBooth*, uma feira extraordinária dedicada aos sintetizadores modulares, realizada anualmente durante a primavera alemã. Outro momento marcante foi minha visita ao SMEM, o Museu Suíço de Instrumentos Musicais Eletrônicos<sup>5</sup>, localizado na cidade de Fribourg, na Suíça. No SMEM, tive acesso a um vasto acervo de sintetizadores, baterias eletrônicas, efeitos e outros equipamentos. Era como explorar um verdadeiro oceano de instrumentos, abrangendo praticamente tudo o que se pode imaginar no universo da música eletrônica.

FIGURA 1 – Fotografia do acervo do SMEM, destacando os sintetizadores de tecla.

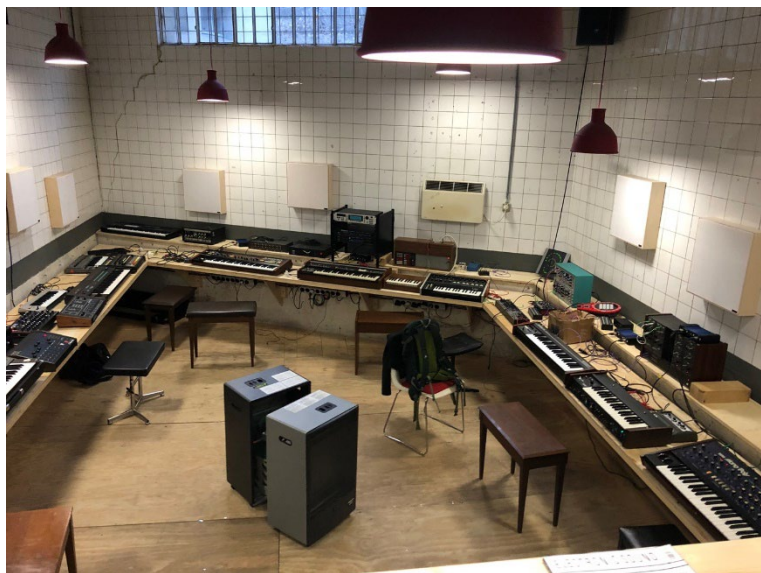


Fonte: fotografia do autor ©2020 Felipe de Almeida Ribeiro.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.smemmusic.ch/>>. Acesso em 28 dez 2024.

FIGURA 2 – Fotografia da sala de testes e gravações do SMEM. O museu permite aos visitantes, perante agendamento prévio, testar os instrumentos do acervo e realizar registros sonoros com gravadores portáteis.



Fonte: fotografia do autor ©2020 Felipe de Almeida Ribeiro.

Com previsão de deixar a Alemanha em maio de 2020, fui surpreendido, como todos, pelo impacto da pandemia de COVID-19<sup>6</sup>. Meu retorno precisou ser antecipado para março de 2020, devido ao fechamento iminente dos aeroportos. De volta ao Brasil, ingressamos em um modo de trabalho remoto, e o trabalho em estúdio se tornou cada vez mais intenso. O período de 2020 e 2021 representou para mim uma verdadeira digestão de toda a minha relação com os sintetizadores modulares. Dediquei-me ao estudo detalhado de diferentes módulos, compreendendo suas funções e explorando sua funcionalidade dentro do meu fazer artístico. Foi também nesse período, especialmente com

---

<sup>6</sup> A pandemia de COVID-19 foi uma crise sanitária global causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, que se espalhou rapidamente a partir do final de 2019. No Brasil trouxe colapso no sistema de saúde, alta mortalidade e profundas crises sociais e econômicas. Medidas como lockdowns, fechamento de escolas e comércio, além da vacinação em massa, marcaram o período.

as flexibilizações do confinamento em 2021, que comecei a elaborar um projeto voltado à popularização dos modulares no Brasil. Durante esse tempo, conheci diversos artistas brasileiros que utilizam sintetizadores modulares em diferentes estéticas: desde o *noise* e o *techno* até, como no meu caso, música de concerto — também chamada de música eletroacústica ou experimental.

Em 2022, iniciei um projeto de pesquisa pelo grupo de pesquisa Núcleo Música Nova<sup>7</sup>, intitulado “Como a tecnologia afetou e tem afetado a linguagem musical?”. O projeto contou com o apoio do CNPq<sup>8</sup> e este livro é um dos resultados desse trabalho. Dentro do escopo desse grande projeto, desenvolvemos duas ações principais: a aquisição de sintetizadores para uso público, por meio da universidade, e a implementação de um projeto de extensão, carinhosamente apelidado de “Caravana da Síntese Sonora”. Os sintetizadores adquiridos estão atualmente alocados no Laboratório de Música, Sonologia e Áudio da Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR)<sup>9</sup>. O acervo conta com uma variedade de sintetizadores modulares, e o acesso a esses equipamentos pode ser solicitado diretamente ao laboratório.

---

<sup>7</sup> Disponível em: <<https://www.nucleomusicanova.com.br/>>. Acesso em 28 dez. 2024.

<sup>8</sup> Processo n°: 409750/2021-2. Disponível em: <<http://www.cnpq.br/>>. Acesso em 28 dez 2024.

<sup>9</sup> Disponível em: <[https://embap.curitiba1.unespar.edu.br/menu\\_embap/estrutura-fisica/lamusa](https://embap.curitiba1.unespar.edu.br/menu_embap/estrutura-fisica/lamusa)>. Acesso em 28 dez. 2024.

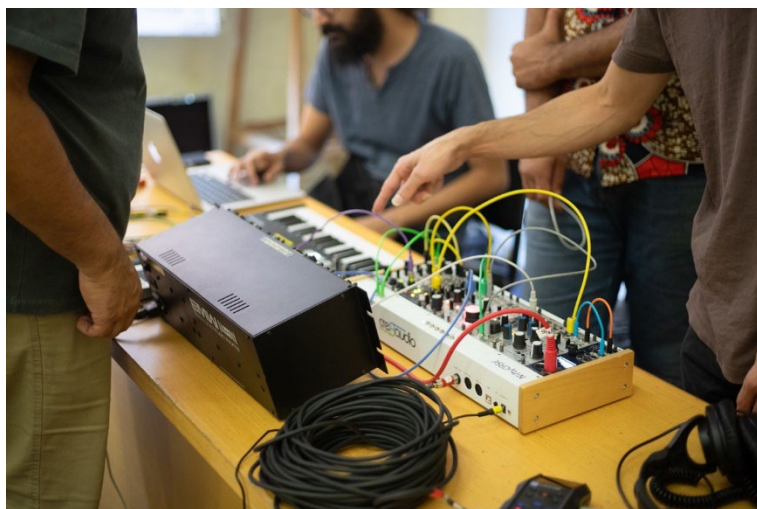
FIGURA 3 – Doação de 30 módulos feita por Mário Brandalise ao projeto da Caravana.



Fonte: fotografia do autor ©2023 Felipe de Almeida Ribeiro.

A “Caravana da Síntese Sonora” leva diversos sintetizadores a diferentes cidades e instituições, promovendo oficinas e concertos com artistas locais. Todas as atividades são gratuitas, com o objetivo de garantir acessibilidade ao público. Até o momento, a Caravana já passou por Curitiba (PR), São Paulo (SP), Florianópolis (SC), Belo Horizonte (MG), Londrina (PR), Maringá (PR) e Rio de Janeiro (RJ).

FIGURA 4 – Sessão do Caravana dentro da Oficina de Música Eletroacústica do Festival Plurisons, em 2024, Belo Horizonte MG.



Fonte: <https://youtu.be/unJrvqfiomk?si=tHW1nHV2YbR1hRhQ>

Finalizando, acredito que o uso de sintetizadores modulares na minha música trouxe à tona algo que eu sentia falta na minha formação como músico no campo da tecnologia: o toque. A experiência de usar minhas mãos para criar música eletrônica foi fundamental, pois me permitiu participar ativamente do processo sonoro, com uma escuta atenta, da mesma forma que fazia nos tempos em que tocava violão. Pequenos ajustes nos potenciômetros desencadeavam grandes transformações no som, o que me colocou em uma posição de maior responsabilidade como artista. O ato de plugar cabos, girar botões e moldar o som no tempo — como em um trabalho de escultura — redefiniu minha prática, transformando-me de um mero consumidor de tecnologias em um participante ativo e engajado. Com este relato, espero motivá-los não apenas à leitura deste livro, mas também a explorarem mais profundamente o universo da criação sonora com sintetizadores modulares.

Boa leitura!

Itapoá, SC, 09/01/2025



# PARTE 1

## CONHECIMENTO BÁSICO

### 1.1 Para quem este livro foi escrito e o que esperar dele?

Este livro é direcionado a artistas interessados na criação sonora com sintetizadores modulares. Nosso foco artístico será, inicialmente, a música experimental eletroacústica, inserida na tradição da música de concerto escrita por inúmeros compositores ao longo da história, como Morton Subotnick, Karlheinz Stockhausen, Pauline Oliveros, Luciano Berio e Wendy Carlos, bem como as produções em solo latino-americano, representadas por obras de Jorge Antunes, Conrado Silva e Vania Dantas Leite, entre outros. Além disso, encorajamos o artista-leitor a dialogar com essa rica cultura composicional em outras práticas sonoras, como a criação de trilhas sonoras, instalações musicais, arte sonora, mídias digitais (online, games) e projetos interdisciplinares, como dança e teatro experimental. É imperativo, portanto, que o leitor se posicione como um artista-criador, compreendendo este texto como um guia voltado para aqueles interessados em criar sons e obras artísticas, e não apenas em operar sintetizadores. Nesse sentido, incentivamos a abordagem da criação com sons eletrônicos como uma arte que integra, de maneira inseparável, a luteria, a performance e a composição musicais, no sentido tradicional desses termos.

Além de um mergulho no mundo da síntese modular, este livro também propõe um diálogo com as diversas ferramentas digitais de criação disponíveis atualmente, como softwares de síntese sonora – Pure Data, Max, entre outros – e as diversas DAWs (*digital audio workstations*), como Reaper, Cubase, Logic e Pro Tools. Embora o foco

principal seja a introdução ao universo da síntese modular, nosso objetivo maior é oferecer ao artista ferramentas para a criação sonora. Adicionalmente, mencionaremos com frequência o VCV Rack, um software de simulação de sintetizadores modulares, por se tratar de uma excelente ferramenta gratuita para aqueles que ainda não possuem acesso a sintetizadores em hardware.

Ao longo deste livro, investigaremos os instrumentos, técnicas e terminologias fundamentais e históricas do universo da síntese sonora, como as utilizadas pelos pioneiros Robert Moog e Donald Buchla em seus sintetizadores comercialmente distribuídos nas décadas de 1960 e 1970, com destaque para os instrumentos Moog Modular e o sistema Buchla Series 100. Nossa referência teórica e histórica será, portanto, esses instrumentos, com um foco especial no funcionamento e na interconexão básica de seus módulos e funções.

Daremos, entretanto, uma ênfase prática especial ao público brasileiro, tanto pela acessibilidade proporcionada pela língua portuguesa quanto pelos desafios financeiros enfrentados diariamente na aquisição de sintetizadores no Brasil. Por essas razões, este livro utilizará instrumentos fabricados no país ou disponíveis em lojas brasileiras, como por exemplo:

FIGURA 5 – Sintetizador do fabricante paulista EMW. Da esquerda para direita: gerador de ruído, oscilador, envelope, filtro, mixer, delay e amplificador.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025). Gerado por ModularGrid (2025).

Nesse contexto, optamos por não incluir exemplos envolvendo sintetizadores raros ou históricos. Em vez disso, utilizaremos sintetizadores fabricados no Brasil, que oferecem uma estrutura didática voltada para iniciantes e são relativamente acessíveis ao público brasileiro. Ressaltamos que não temos convênio com nenhuma marca; a escolha dos módulos foi guiada por seu caráter didático e pela disponibilidade em nosso laboratório<sup>1</sup>.

O que este livro não é? Este não é apenas um livro sobre síntese sonora. Este livro é, antes de tudo, para artistas. Nesse sentido, reforço a importância de compreender a síntese sonora não apenas do ponto de vista técnico, mas como um meio associado a um propósito artístico: a criação de uma situação sonora. Ou seja, nosso estudo de síntese terá sempre como objetivo final a composição de uma peça artística. Assim,

<sup>1</sup> Laboratório de Música, Sonologia e Áudio (LaMuSA) da Universidade Estadual do Paraná, campus Escola de Música e Belas Artes do Paraná (Curitiba PR).

seremos ao mesmo tempo luthiers, programadores, compositores, performers e ouvintes! E com o intuito de criar um ambiente fértil de produção sonora com meios eletrônicos, o livro não descartará soluções improvisadas (“gambiarras”) ou ferramentas digitais e *open-source* que ampliem o repertório criativo do artista.

Este não é um livro sobre música eletrônica de pista. Apesar de buscar evitar divisões binárias entre termos e estilos, é essencial destacar o foco principal da nossa pesquisa. A música de concerto, é claro, compartilha diversas técnicas e conceitos com o rico universo da música popular. No entanto, nosso objetivo é explorar o que se entende por música eletrônica experimental de concerto: aquela que se afasta do ritmo periódico das famosas baterias Roland TR, por exemplo, e se direciona para o desenvolvimento de uma linguagem musical baseada em timbres e texturas que evoluem ao longo do tempo – artistas como Kraftwerk, Brian Eno, Tangerine Dream e Aphex Twin são exemplos emblemáticos dessa abordagem, explorando a manipulação textural como importante elemento na construção musical, em diálogo com estruturas rítmicas tradicionais. Nossa busca é pela sonoridade que exige uma escuta ritualística – a experiência de um concerto, de deslocar-se até um espaço específico para buscar imersão na escuta sonora.

Por fim, este não é um livro para mentes inertes. Saia do quarto, frequente o estúdio e vá para o palco! Coloque-se em situações de exposição artística. No mundo atual, especialmente na era pós-pandêmica, é cada vez mais comum nos acomodarmos no conforto de nossas casas. Contudo, ir ao estúdio e se colocar em risco em um palco é um ritual essencial para o artista de música eletroacústica. Encorajo o leitor a “sujar as mãos”: entre no estúdio, independentemente dos recursos disponíveis, e projete-se em um palco – uma situação de risco, ritualística e criadora.

## 1.2 O que preciso para começar?

Apresentamos, a seguir, uma lista de equipamentos recomendados para acompanhar o conteúdo deste livro. Em cada item, discutiremos o que é essencial e o que é complementar, sempre considerando as possíveis barreiras financeiras enfrentadas no contexto brasileiro. Assim, o leitor poderá montar sua própria configuração, de acordo com suas possibilidades e preferências. Buscaremos oferecer uma visão abrangente sobre marcas, modelos e opções disponíveis no mercado, com especial atenção aos fabricantes brasileiros. Apesar disso, é importante destacar que não possuímos nenhum convênio ou parceria com os fabricantes mencionados. Por fim, todos os softwares indicados neste livro são gratuitos e/ou de código aberto, estando disponíveis para os sistemas operacionais Linux, Windows e Macintosh. Dessa forma, é perfeitamente possível estudar todo o conteúdo deste livro utilizando apenas um laptop.

### 1.2.1 Sintetizador

Idealmente, o artista-leitor deve adquirir um sintetizador analógico de tensão elétrica controlada (popularmente chamado de “voltagem<sup>2</sup>”) para acompanhar o conteúdo deste livro. Entretanto, se a grana está curta, não se desespere: mais ao final desta seção, apresentamos uma solução gratuita. No caso de optar por um sintetizador físico, sugerimos um instrumento que possua as seguintes funções: 1 oscilador (VCO), 1 gerador de ruído, 1 oscilador de baixa frequência (LFO), 1 filtro, 1 gerador de envelope (EG ou ADSR) e 1

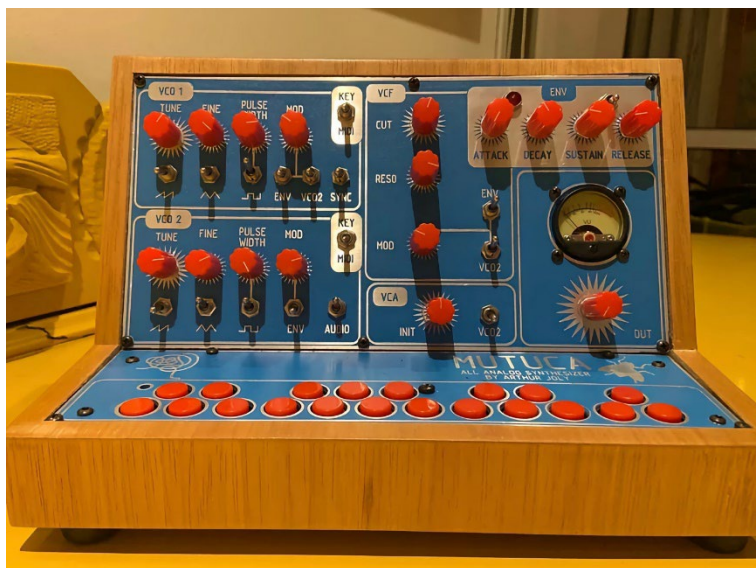
---

<sup>2</sup> Há aqui um conflito entre terminologias e traduções: a esfera musical faz referência ao sintetizador analógico como algo controlado por “voltagem”, apesar do termo correto da área técnica de eletrônica, traduzido para o português, seja “tensão”. Neste livro, adotaremos o termo correto em língua portuguesa: tensão elétrica. Qualquer referência ao termo ‘voltagem’ deve ser compreendida como uma expressão equivalente, mas menos precisa.

amplificador (VCA). Sempre que possível, é interessante ter duas ou mais unidades de alguns módulos, como o VCO, o LFO ou mesmo o ADSR. Outras funções também são bem-vindas, como um Sample and Hold, um Ring Modulator, um Eco/Delay ou mesmo um Reverb. Veremos no capítulo 2 todos os detalhes de cada módulo.

Segundo Ray Wilson (2013, p. 37), os sintetizadores de tensão controlada podem ser construídos em três formatos principais: com painel fixo contendo apenas potenciômetros e switches (Figuras 6 e 7); como módulos independentes que utilizam cabos externos para conexões, o que define os chamados “sintetizadores modulares” (Figuras 8 e 9); ou em uma configuração híbrida, conhecida como semimodular (Figura 10), que pode funcionar tanto sem cabos quanto com eles.

FIGURA 6 – Sintetizador RecoSynth Mutuca (tipo painel com potenciômetro e switches).



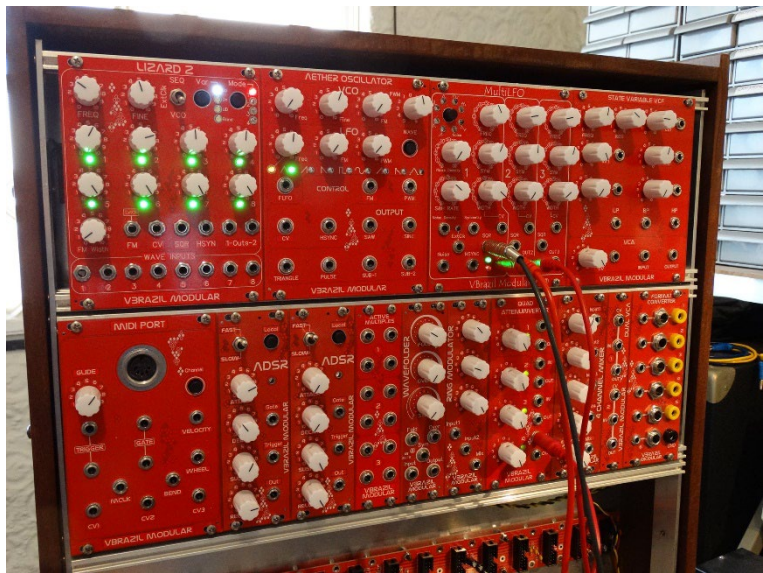
Fonte: Foto gentilmente cedida pela Reco Synth (2025).

FIGURA 7 – Sintetizador EMW WCS-1x (tipo painel com potenciômetro e switches).



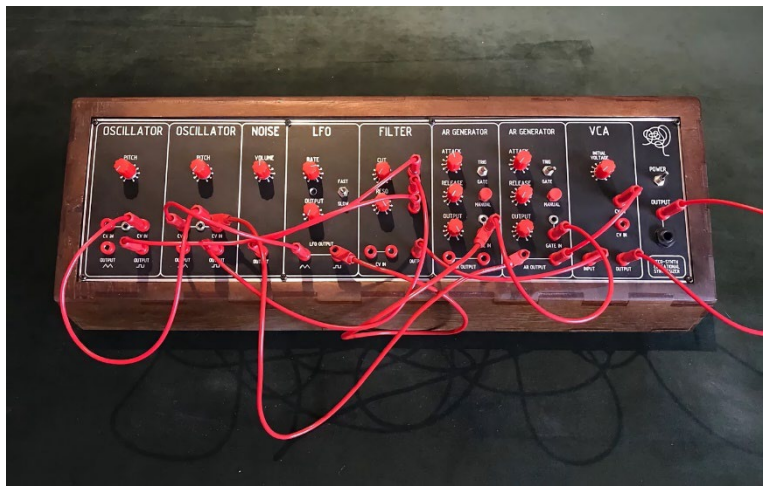
Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW Electronic Music Works (2025).

FIGURA 8 – Sintetizador VBRAZIL (tipo modular).



Fonte: Foto gentilmente cedida pela vBrazil (2025).

FIGURA 9 – Sintetizador RecoSynth Educacional (tipo modular).



Fonte: Foto gentilmente cedida pela Reco Synth (2025).

FIGURA 10 – Sintetizador Arturia Minibrute 2 (tipo semimodular).



*Fonte: Foto gentilmente cedida pela Arturia (2025).*

Para quem está começando na síntese analógica, os sintetizadores semimodulares são uma excelente opção, ou mesmo os inteiramente modulares, embora mais caros e exigem que o usuário tenha um conhecimento prévio de síntese para selecionar adequadamente os módulos<sup>3</sup>. É importante ressaltar que, ao montar uma configuração com módulos independentes, é necessário adquirir também um *hard case* (estojo) especialmente projetado para fixar os módulos e fornecer alimentação elétrica:

<sup>3</sup> Uma comunidade interessante para se conhecer é a ModularGrid (2025), em que se pode simular a montagem de um setup de sintetizadores modulares, sendo possível verificar as especificidades elétricas e de dimensões. Mais informação em: <<https://www.modulargrid.net/>>.

FIGURA 11 – Case da vBrazil: 2 linhas, cada uma com os conectores internos, ao fundo, para fornecer alimentação elétrica, e nas extremidades de cada linha os trilhos para fixação dos módulos com parafusos.



*Fonte: Foto gentilmente cedida pela vBrazil (2025).*

FIGURA 12 – Case impresso em 3D da UHZ Electronics.



*Fonte: Foto gentilmente cedida pela UHZ Electronics (2025).*

Portanto, seja com um sintetizador semimodular ou inteiramente modular, o leitor terá em mãos um sistema didático e versátil para o trabalho diário, com possibilidades de configurações mais avançadas. Já os sintetizadores com painel fixo, que operam apenas com potenciômetros e switches, também são opções interessantes, embora ofereçam menor flexibilidade de conexão devido ao seu sistema mais fechado. Nesse contexto, encorajamos o leitor a explorar os fabricantes nacionais pela relação custo-benefício (ver referências). Além disso, alguns fabricantes internacionais também oferecem soluções acessíveis para o público brasileiro.

### 1.2.2 Software: VCV RACK

Caso o leitor ainda não possua um sintetizador físico, é possível utilizar o software VCV Rack. Este é um simulador gratuito de sintetizadores modulares, amplamente popular. O software pode ser baixado no site oficial (<https://vcvrack.com/>) e oferece uma ampla biblioteca de módulos, incluindo versões virtuais de módulos reais — alguns disponibilizados pelos próprios fabricantes.

FIGURA 13 – VCV Rack com alguns módulos. Fluxo de sinal (e módulos) da esquerda para direita: interface MIDI (entrada), oscilador (clone Plaits da Mutable Instruments), filtro (clone Ripples da Mutable Instruments), delay, visualizador de forma de onda, VCA, interface de áudio (saída).



Uma das vantagens de começar com o VCV Rack é que, por se tratar de uma simulação, não há risco de danos físicos aos equipamentos. Pode explorar à vontade, conectando diferentes módulos, e o máximo que pode acontecer é não sair som. Isso o torna uma alternativa interessante para iniciantes, pois, além de tudo, sua interface gráfica busca reproduzir a experiência física de um sintetizador modular interligados por cabos. Dessa forma, o leitor terá uma experiência próxima à de um sintetizador físico. O ambiente do VCV Rack permite que parte do aprendizado possa ser transferido para o mundo analógico.

Graças aos avanços recentes nas tecnologias de simulação, a comunidade de músicos e fabricantes tem contribuído intensivamente para o desenvolvimento do VCV Rack, incentivando a cultura musical da síntese sonora modular. Na plataforma, é possível baixar versões virtuais de sintetizadores analógicos físicos, de forma gratuita ou, em alguns casos, por um valor simbólico. Além disso, o software é uma excelente ferramenta para conhecer módulos antes de adquirir suas versões em hardware.

### **1.2.3 Computador com sistema operacional Windows, Macintosh ou Linux**

Um computador será uma aquisição importante para nossos estudos. Caso você não possua um sintetizador físico, o computador será indispensável para utilizar o VCV Rack e outros softwares. Porém, se já tiver um sintetizador físico, o uso do computador torna-se opcional, embora altamente recomendado. Explico: com ele, você pode complementar seu sintetizador com diversas funções, como gravação e processamento de áudio, além da possibilidade de trocar informações via MIDI, como no caso de controle e sincronização de sintetizadores. Nesse caso, será necessária uma interface de áudio-MIDI (ver detalhes

abaixo). Por fim, é importante garantir que as configurações do computador sejam compatíveis com os outros equipamentos que você utilizará, como a interface, os softwares ou mesmo os sintetizadores com conexão USB disponível.

#### **1.2.4 Interface de Áudio-MIDI**

A interface de áudio é um complemento interessante para quem utiliza um computador, pois pode facilitar a produção e o processo criativo com diversas funções: conversão analógico-digital e digital-analógico (AD-DA); conexões de entrada e saída de áudio; monitoramento de áudio de alta qualidade com baixa latência; interface MIDI; gravação multipista, entre outras. Uma configuração mínima recomendada inclui: 2 entradas de áudio (microfone e/ou sinal de linha); 2 saídas de áudio (estéreo); 1 saída de monitoração para fones de ouvido (estéreo); conexões MIDI (IN e OUT, ou ainda THRU); e conexão/alimentação via cabo USB.

É importante verificar o tipo de conexão compatível com o seu computador: USB 2, USB-C, FireWire (mais antiga, mas ainda presente em alguns equipamentos) ou Thunderbolt. Conexões do tipo USB são as mais recomendadas, tanto pela ampla compatibilidade e presença no mercado (evitando problemas de obsolescência tecnológica) quanto por atenderem às exigências mínimas de uma interface profissional: baixa latência, alimentação via USB e compatibilidade com diversos sistemas operacionais.

Marcas testadas em nosso laboratório e recomendadas para uso com sintetizadores modulares incluem: Apogee, Arturia, Audient, Behringer, Focusrite, MOTU, PreSonus, RME, SSL, Universal Audio, entre outras.

### **1.2.5 Gravador de áudio portátil**

Na ausência de um computador e de uma interface de áudio, o uso de um gravador portátil é uma alternativa recomendada. Há diversas opções disponíveis no mercado, sendo as marcas Zoom e Tascam as mais populares no Brasil. Entretanto, outras marcas também oferecem soluções de qualidade, como Sound Devices, Sony, Roland, Saramonic e os tradicionais gravadores Marantz. Ao escolher um gravador, é importante verificar se ele possui conexão para entrada de linha externa (line-in), essencial para conectar seu sintetizador.

Além disso, smartphones podem ser utilizados como gravadores portáteis de alta qualidade, desde que equipados com uma interface de áudio compatível. Alguns fabricantes oferecem interfaces híbridas, que funcionam tanto com celulares quanto com computadores. Exemplos incluem marcas como Rode, IK Multimedia, Saramonic, Zoom, Audient, RME, Belkin, MOTU, Roland, Tascam, Apogee e Universal Audio.

### **1.2.6. Fones de ouvido / Monitor de estúdio**

Normalmente, sintetizadores não possuem alto-falantes embutidos. Portanto, para monitorar o som que está sendo criado e processado, será necessário utilizar equipamentos externos. Há várias opções para isso: fones de ouvido (intra-auriculares, supra-auriculares, circumaurais), monitores de estúdio (passivos ou ativos), caixas de PA, amplificadores para teclados/sintetizadores, entre outros. Apesar das diversas alternativas, aqui sugerimos duas escolhas comuns em estúdios e ateliês de música eletroacústica: fones de ouvido circumaurais e monitores de estúdio ativos.

No caso dos fones de ouvido, recomendamos o tipo circumaurais, ou seja, aqueles grandes o suficiente para cobrir toda a orelha,

proporcionando mais conforto e qualidade sonora. Eles estão disponíveis em dois principais formatos: fechado e aberto (há também o semiaberto). Os fones fechados oferecem maior isolamento acústico, sendo mais indicados para gravação. Já os fones abertos permitem uma percepção sonora mais “respirável”, com menor isolamento, mas com uma naturalidade sonora maior, segundo alguns usuários. Ambos são considerados de alta qualidade e amplamente utilizados por profissionais. Exemplos incluem marcas como Kuba (brasileira), Beyerdynamic, Audio-Technica, Sennheiser, AKG, Sony, Bose, Shure, e Audeze.

FIGURA 14 – Fones de ouvido circumaurais da Kuba Audio.



*Fonte: Foto gentilmente cedida pela Kuba (2025).*

Quanto aos monitores de estúdio, recomendamos optar, desde o início, pelo tipo ativo. Monitores passivos exigem um amplificador

externo. Sendo assim, monitores ativos já vêm equipados com amplificador e alto-falante, o que facilita a montagem do sistema (menos cabos e equipamentos) e contribui para a qualidade final do som, já que o amplificador é projetado pelo fabricante especificamente para os alto-falantes utilizados. Exemplos incluem marcas como Yamaha, Focal, Dynaudio, ADAM Audio, Genelec, PreSonus, Neumann, JBL, Avantone Pro, KRK, Mackie, e Tannoy.

### **1.2.7 Software: Pure Data**

Recomendamos a instalação de um software chamado Pure Data (ou simplesmente PD). Desenvolvido por Miller Puckette na década de 1990, o PD foi criado especialmente para a criação e performance de música eletroacústica (e suas diversas derivações). Antes disso, na década de 1980, Puckette trabalhou no IRCAM, em Paris, onde desenvolveu o software Max, que compartilha várias semelhanças conceituais e estruturais com o Pure Data. Atualmente, o Max é comercializado pela Cycling '74<sup>4</sup>.

Zicarelli (2002) destaca dois aspectos interessantes sobre softwares como o Pure Data e o Max. Em primeiro lugar, são programas que “não fazem nada” por si só, pois oferecem janelas em branco, permitindo que o usuário construa suas próprias estruturas do zero – algo que softwares predefinidos não possibilitam. Além disso, Zicarelli cita Puckette ao afirmar que esses softwares são voltados para “(...) pessoas que já atingiram o limite dos programas usuais de sequenciamento e de vozes para equipamentos MIDI” (Puckette apud Zicarelli, 2002, p. 44). Para os fins deste livro, optaremos pelo PD como ferramenta de apoio

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://cycling74.com/>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

didático, reconhecendo que ele pode servir como base para muitos interessados em continuar seus estudos em música eletrônica.

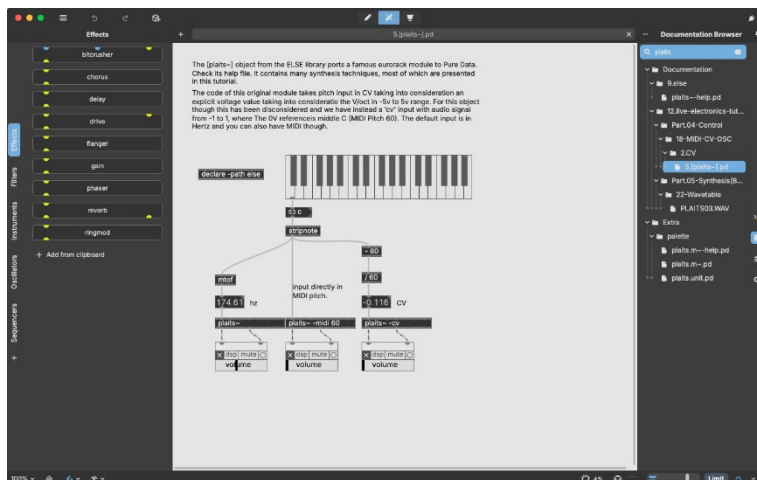
Os termos “patch” e “patching” serão frequentemente utilizados a partir deste ponto. Patching pode ser traduzido literalmente como “remendar”. Na música eletrônica, o termo faz alusão às conexões de cabos entre os módulos de um sintetizador. Assim, um “patch” é uma configuração dessas conexões — um algoritmo projetado para gerar uma sonoridade específica ou mesmo uma programação. O ato de criar essas conexões é chamado de patching. O PD se assemelha ao universo dos sintetizadores modulares por adotar essa prática de interligação. No software, cada objeto ou função é conectado por linhas que representam cabos. Esse termo é amplamente utilizado tanto em contextos analógicos quanto digitais.

Por ser de código aberto, o Pure Data possui diversas versões disponíveis para instalação. A versão “vanilla<sup>5</sup>” é mantida e desenvolvida por Miller Puckette. Entretanto, recomendamos a instalação da versão PlugData, projeto de Timothy Schoen, que inclui bibliotecas e um ambiente gráfico mais intuitivo, ideal para iniciantes. O PlugData pode ser encontrado no site oficial: <https://plugdata.org/>

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://puredata.info/>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FIGURA 15 – Patch com o objeto Plaits em Plug Data, recriação do módulo da Mutable Instruments. Biblioteca M.E.R.D.A. de Alexandre Torres Porres (2025).

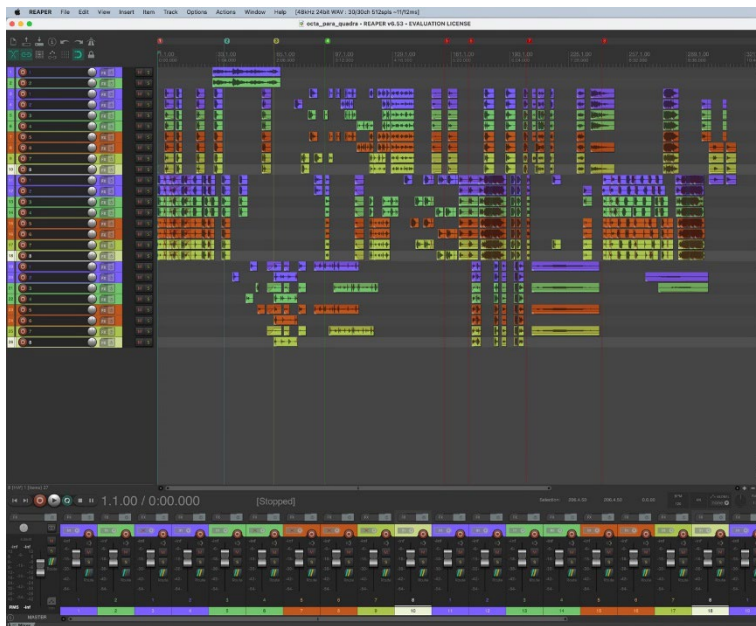


### 1.2.8 Software: Reaper

Encorajamos os leitores a utilizarem um software multipista, também conhecido como DAW (Digital Audio Workstation). O Reaper é uma excelente opção, desenvolvido pela Cockos Incorporated desde 2004, e pode ser instalado sem nenhum custo<sup>6</sup> inicial. Com ele, o usuário pode gravar sons, editá-los, processá-los, trabalhar em ambiente MIDI, carregar efeitos externos (plugins), criar automações, entre outras possibilidades. Tudo isso em um ambiente multipista e com edição não destrutiva, permitindo reverter alterações ou corrigir erros sem comprometer o material original. O Reaper pode ser encontrado no site oficial: <https://www.reaper.fm/>

<sup>6</sup> Apesar de ser pago (licenças a partir de 60 dólares americanos), a empresa aposta na distribuição do Reaper de uma forma muito interessante: o usuário é livre para utilizar o software, sem nenhuma função desabilitada. A única coisa que acontece é que ao iniciar o programa há uma mensagem convidando o usuário para adquirir a licença. Sem a compra do software, essa mensagem dura cerca de 5 segundos antes de desaparecer.

FIGURA 16 – Janela com diversas faixas de áudio no Reaper.



Por fim, antes de começarmos de fato, seguem algumas dicas importantes. Apesar de todo o arsenal de equipamentos apresentado, lembre-se:

- Se você depender demais do seu equipamento, seu som será igual ao som do equipamento.
- Criar é um processo cansativo e, muitas vezes, frustrante. Acostume-se com isso, mas persista, pois é quando menos se espera que algo interessante surja.
- Criou algum som interessante? Grave! Em sistemas modulares, dificilmente será possível recriar exatamente o mesmo som.
- E, por fim, uma reflexão do compositor Morton Feldman: “Nós realmente precisamos de instrumentos eletrônicos?”. É claro que se trata de uma provocação, mas lembre-se de respirar música durante a aventura de construir o seu som. Afinal, todos os instrumentos que veremos adiante são dispositivos criados e utilizados pelo homem como extensões de suas capacidades físicas ou intelectuais. Nosso propósito aqui é criar música, e o diferencial criativo está na forma como o músico utiliza os instrumentos, não apenas nas ferramentas em si.

### 1.3 Conhecimentos básicos

Antes de iniciarmos nossa jornada, revisaremos a seguir alguns conceitos básicos que são fundamentais para o nosso estudo. Esses conhecimentos abrangem aspectos da história da música, acústica, eletrônica e música eletroacústica. Caso o leitor já esteja familiarizado com os tópicos mencionados, sinta-se à vontade para avançar para o próximo capítulo.

Ao estudarmos síntese sonora, encontramos uma terminologia específica e conceitos relacionados ao timbre que exigem atenção. Quando falamos em síntese aditiva ou subtrativa, por exemplo, estamos lidando essencialmente com métodos de geração de timbre. Assim, para aprofundarmos nosso estudo, é necessário adquirir um vocabulário técnico que permita discutir esses parâmetros com precisão. Por isso, abordaremos a seguir os seguintes conceitos:

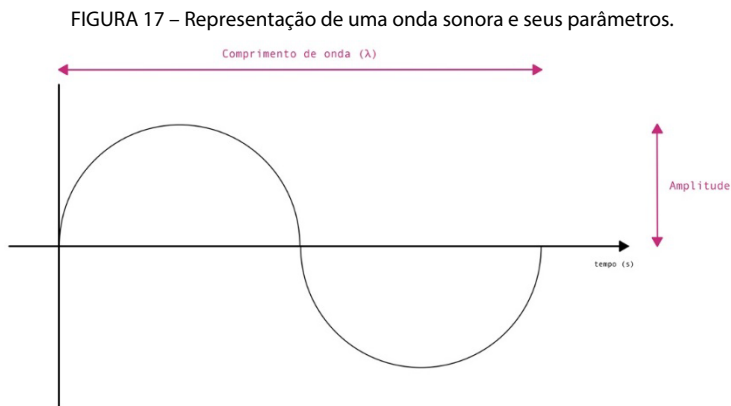
- Parâmetros e representação de uma forma de onda
- Série Harmônica, Espectros e Notação Musical
- Notação para sintetizadores

Se você nunca aprendeu a ler partituras, não se preocupe. Este livro não exige isso. Brian Eno certa vez se descreveu como um “antimúsico” e um “analfabeto musical confesso” (Lysaker, 2019, p. 49), o que não o impediu de criar algumas das músicas mais influentes do século XX. De forma complementar, Stockhausen (1996) apontou a pouca utilidade da notação tradicional na criação de timbres com sintetizadores, destacando a necessidade de novas formas de registro sonoro. Portanto, a música eletrônica abre múltiplas possibilidades, e a intuição baseada na escuta é uma delas. Se você já toca um instrumento ou compõe de ouvido, este livro será uma extensão natural da sua criatividade.

Compreender notação musical será útil no futuro, mas aqui a proposta é outra: um aprendizado aberto, fundamentado na escuta, na exploração e na descoberta.

### 1.3.1 Parâmetros e representação de uma forma de onda sonora

O som é uma onda mecânica longitudinal, ou seja, ele depende de um meio material para se propagar, e as partículas desse meio (como o ar) vibram paralelamente à direção em que a onda se propaga. Quando introduzimos o parâmetro de tempo nesse movimento oscilatório (amplitude positiva e negativa), podemos criar uma representação gráfica para a vibração sonora.



Com base na figura acima, é possível descrever uma forma de onda simples (vibração) utilizando os seguintes parâmetros: frequência, período, comprimento de onda, amplitude e fase.

- Frequência ( $f$ ): quantidade de ciclos completos por segundo, medido em Hertz (Hz).
- Período ( $T$ ): o tempo necessário para a realização de um ciclo completo, medido em segundos (s).

- Comprimento de onda ( $\lambda$  – lê-se “lambda”): o tamanho físico de uma onda, medido em metros (m).
- Amplitude: o deslocamento máximo da vibração em relação ao ponto de repouso (eixo X).
- Fase: o ponto no ciclo em que a vibração começa, medido em graus ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , etc.).

EQUAÇÃO 1 – Relação entre frequência e período.

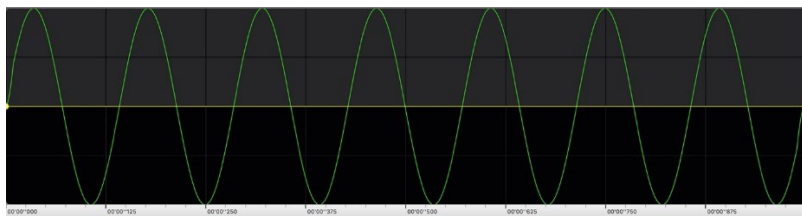
$$f = \frac{1}{T} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

EQUAÇÃO 2 – Cálculo de comprimento de onda ( $\lambda$ ), sendo  $v$  = velocidade do som no ar.

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Abaixo, temos a representação gráfica de uma onda senoidal de 7 Hz, uma onda simples composta por apenas uma frequência, sem harmônicos.

FIGURA 18 – Representação de 7 Hz.



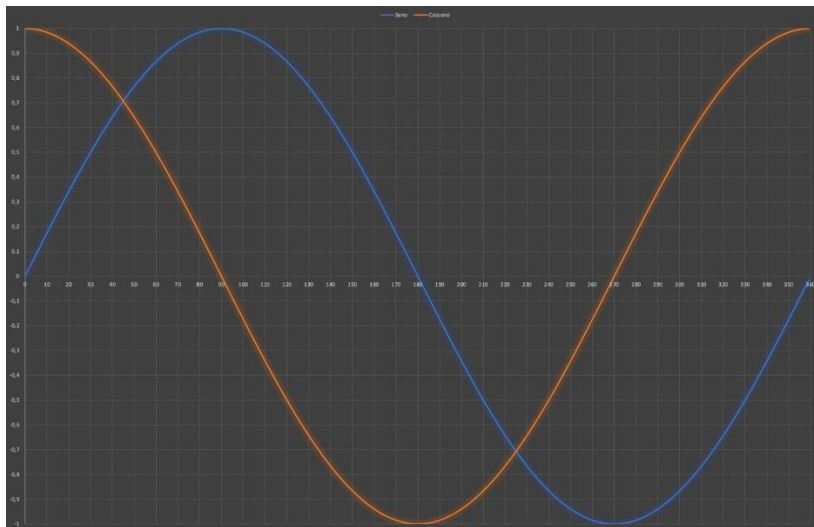
Na figura, é possível identificar a frequência diretamente no gráfico: 7 oscilações completas por segundo, ou seja, 7 Hz. O período ( $T$ ) é inversamente proporcional à frequência:  $T = 1/7$  ou aproximadamente 0,1428 segundos. Este valor é frequentemente convertido para milissegundos (ms), resultando em 142,85714 ms. O comprimento de

onda ( $\lambda$ ) pode ser calculado dividindo a velocidade do som no ar<sup>7</sup> pela frequência:

$$\lambda = \frac{v}{f} \qquad \lambda = \frac{343}{7} \qquad \lambda = 49m$$

A amplitude pode ser visualizada no gráfico como o deslocamento em relação ao ponto de repouso. Já a fase é descrita pelo ponto inicial da oscilação. No exemplo acima, a onda começa em  $0^\circ$ , ou seja, inicia seu movimento oscilatório exatamente no eixo zero. Esse tipo de onda é chamado de onda senoidal ou, matematicamente, função seno, onde  $\text{seno}(0^\circ) = 0$ ,  $\text{seno}(30^\circ) = 0,5$  etc. Alternativamente, uma onda pode começar em  $90^\circ$ , sendo chamada de função cosseno.

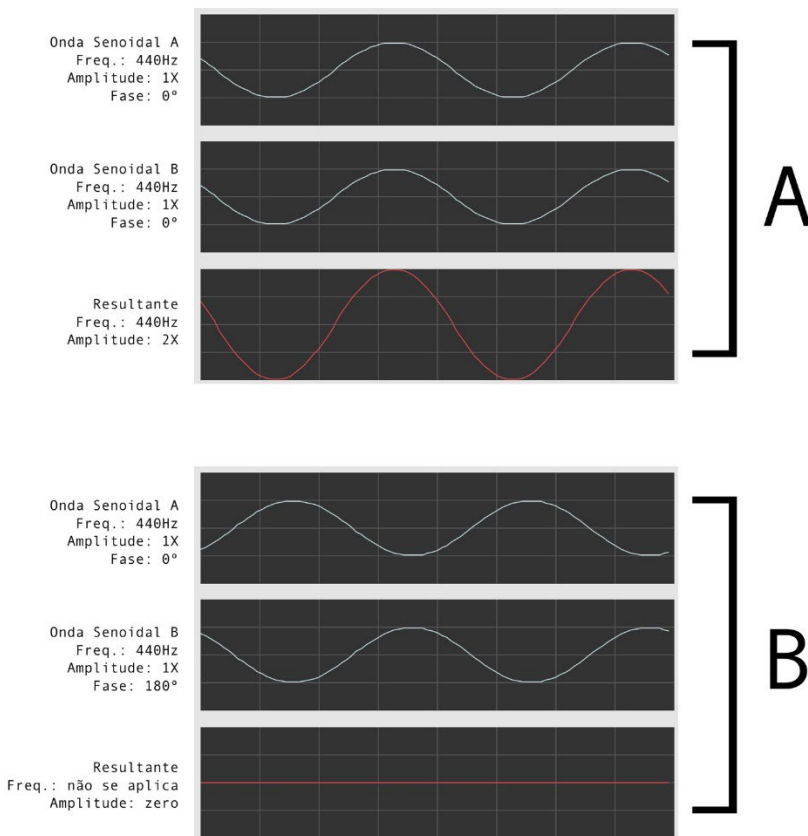
FIGURA 19 – Ondas do tipo senoidal (em azul, iniciando a fase em  $0^\circ$ ) e cossenoidal (em vermelho, iniciando a fase em  $90^\circ$ ).



<sup>7</sup> Considerando a temperatura aproximada de  $19,5^\circ$  Celsius, a velocidade do som no ar é de 343 m/s.

Outra maneira de entender o conceito de “fase” é por meio da sobreposição de duas formas de onda idênticas com fases diferentes. Observe as ilustrações abaixo:

FIGURA 20 – Sobreposição de duas frequências de 440Hz: em (A) é do tipo construtiva (fase  $0^\circ$ ) e em (B) destrutiva (fase  $180^\circ$ ).



Na figura “A”, temos duas ondas senoidais idênticas, com frequências iguais e fases alinhadas. A sobreposição é **construtiva**, resultando na soma das amplitudes das ondas. Já na figura “B”, as mesmas ondas possuem uma diferença de fase de  $180^\circ$ , ou seja, enquanto uma atinge sua amplitude positiva máxima (+1), a outra atinge

sua amplitude negativa máxima (-1). Essa sobreposição é **destrutiva**, resultando em uma amplitude total igual a zero, o que, em teoria, gera silêncio completo. É importante destacar que este é um exemplo ideal, já que, na prática, sobreposições destrutivas completas são raras em ambientes acústicos ou sistemas não-lineares. O conceito de fase torna-se mais evidente em contextos de interação entre várias formas de onda, especialmente quando seus movimentos de amplitude estão fora de sincronia.

### 1.3.2 Série Harmônica, Espectros e Notação Musical

Para entender o conceito de série harmônica, devemos remontar a Pitágoras (cerca de 570-495 a.C.), a quem são atribuídos os primeiros estudos formais que relacionam som e matemática. Sabe-se que Pitágoras realizou inúmeros experimentos relacionados ao que hoje entendemos como a disciplina de acústica, utilizando apenas um monocórdio – um instrumento centrado em uma única corda. Com esse instrumento, Pitágoras descobriu importantes relações harmônicas, concluindo que dentro de um som fundamental existe toda uma estrutura harmônica com propriedades específicas. Por exemplo, ao comparar a corda solta com a mesma corda pressionada em sua metade (relação de 2:1), ele observou a produção de um intervalo de oitava. Continuando essa relação matemática, Pitágoras identificou outras proporções: 3:2, que gera o intervalo que hoje chamamos de quinta perfeita, e 4:3, que corresponde ao intervalo de quarta perfeita. Essa sequência de proporções continuou revelando outros intervalos, delineando o conceito de série harmônica. A série harmônica consiste em uma sequência de vibrações (frequências) que ocorrem simultaneamente e têm relações de números inteiros com a frequência

fundamental. Por exemplo, imagine uma flauta cuja nota fundamental vibra a 100 Hz. De acordo com Henrique (2002), a flauta é classificada como um instrumento de tubo aberto-aberto e, por isso, é capaz de produzir todos os harmônicos. Seguindo esta lógica, temos a seguinte série de harmônicos:

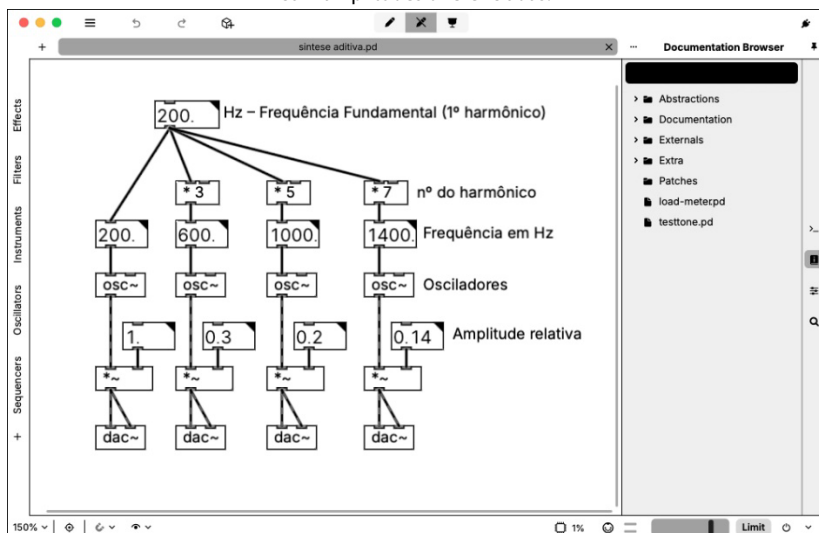
TABELA 1 – Relação entre harmônicos, frequências e proporções intervalares.

<b>Nº do Harmônico</b>	<b>Frequência</b>	<b>Proporção</b>
<i>Fundamental (1º harmônico)</i>	100Hz	1:1
<i>2º harmônico</i>	200Hz	2:1
<i>3º harmônico</i>	300Hz	3:1
<i>4º harmônico</i>	400Hz	4:1
<i>5º harmônico</i>	500Hz	5:1
<i>6º harmônico</i>	600Hz	6:1
<i>7º harmônico</i>	700Hz	7:1
<i>8º harmônico</i>	800Hz	8:1
<i>etc.</i>	<i>etc.</i>	<i>etc.</i>

O 2º harmônico possui uma relação de 2:1 em relação à fundamental. Isso significa que, se a frequência fundamental for 100 Hz, o 2º harmônico terá o dobro dessa frequência: 200 Hz. O mesmo padrão se aplica ao 3º harmônico (relação 3:1, ou 300 Hz), ao 4º harmônico (4:1, ou 400 Hz) e assim por diante. Chamamos esse mapeamento numérico e sonoro de série harmônica, e os componentes da série que obedecem a essas relações matemáticas de números inteiros são chamados de harmônicos. É importante salientar que todas as frequências desta suposta corda soam simultaneamente. Elas não formam uma sequência melódica, nem constituem exatamente um acorde no sentido tradicional. O que ouvimos é uma espécie de “polifonia”, embora seja percebida com base em uma nota fundamental que atua como referência. Esse fenômeno tem uma base física — várias vibrações coexistindo no ar — mas sua interpretação como um som único com

altura definida é fruto de processos psicoacústicos, nos quais o sistema auditivo integra os harmônicos em torno de uma fundamental percebida. Se não é melodia e nem acorde, necessitamos de uma nova terminologia. Começa-se a falar em timbres, em que há uma amplitude relativa para cada harmônico contribuindo para a percepção geral do som. Veja uma possível explicação abaixo:

FIGURA 21 – Patch em Plug Data (2025) que nos mostra a construção de um timbre similar ao de um clarinete, utilizando 4 harmônicos, com frequências de relação harmônica, mas com amplitudes diferenciadas.



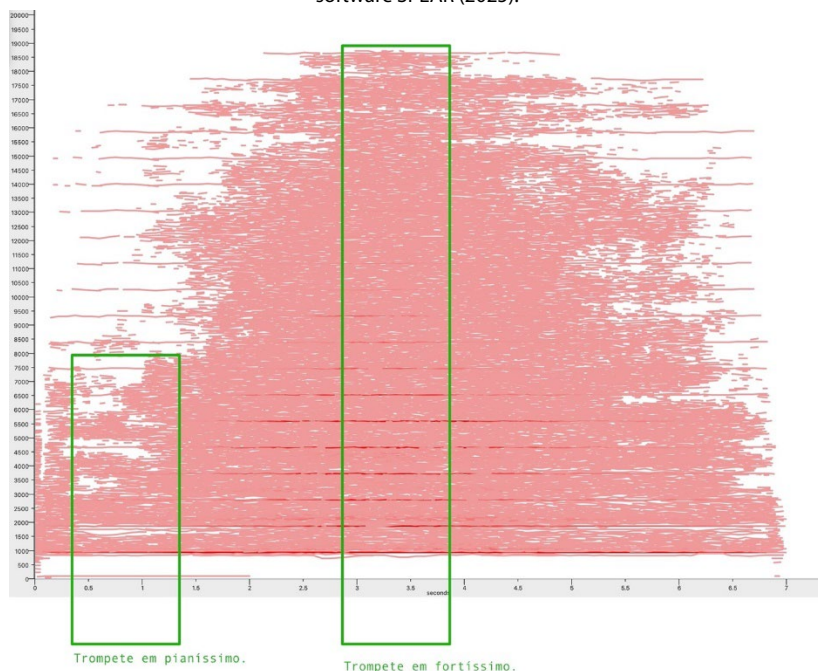
O conteúdo da figura acima será abordado com mais detalhes na seção de “Síntese Aditiva”. Entretanto, já podemos introduzir algumas propriedades do timbre de um som. Neste exemplo, temos um patch que explica e simula timbres, buscando recriar o som de um clarinete em seu primeiro registro. Nesse registro, o clarinete é classificado como um tubo fechado-aberto, produzindo apenas harmônicos ímpares (ver Henrique, 2002). O patch utiliza uma frequência fundamental de 200 Hz (1º harmônico) e calcula automaticamente os harmônicos

correspondentes – neste caso, o 3º, 5º e 7º harmônicos, com frequências de 600, 1000 e 1400 Hz. Esses valores alimentam os osciladores, sendo gerados em uma relação de série harmônica. Para evitar que o resultado soe como um acorde de téttrade, as amplitudes dos harmônicos são relativas e seguem um algoritmo específico. Portanto, a percepção de uma nota fundamental requer que sua amplitude seja a maior dentre os componentes. Para isso, empregamos a fórmula de uma onda quadrada, na qual a amplitude de cada harmônico decai de acordo com o inverso de sua ordem. Assim, o 3º harmônico possui amplitude de  $1/3$  (0,3); o 5º harmônico,  $1/5$  (0,2); e o 7º harmônico,  $1/7$  (0,14). O som resultante remete ao timbre característico de um clarinete em seu primeiro registro.

Podemos agora trabalhar com a definição clássica de timbre: um som complexo (flauta, clarinete, voz humana, canto de um pássaro etc.) é uma sonoridade que pode ser decomposta em vários componentes, cada um com sua própria frequência, amplitude, duração e fase. Essa constatação foi feita por Hermann von Helmholtz (1954) em seu livro *Die Lehre von den Tonempfindungen* (1895), que pode ser traduzido como *O ensino das sensações sonoras*. Durante o século XX, o entendimento de timbre se expandiu, incorporando novos fatores à sua definição. Essencialmente, manteve-se o entendimento de Helmholtz, mas a definição moderna de timbre passou a considerar o envelope temporal do som como um todo, além dos parâmetros já mencionados. Dentro desse envelope temporal, reconheceu-se que o conteúdo espectral do som muda ao longo do tempo. Por exemplo, o timbre de um trompete em pianíssimo é diferente do timbre do mesmo trompete em fortíssimo, mesmo que ambos produzam a mesma nota fundamental. Falar de timbre, portanto, passou a depender de uma perspectiva dinâmica e

contextual, como demonstra a análise espectral abaixo, que apresenta um gesto de crescendo e decrescendo em um trompete:

FIGURA 22 – Diferenças de timbre em uma nota executada no trompete. Análise feita no software SPEAR (2025).



Retornando aos cálculos de Pitágoras, é importante observar que seus experimentos inauguraram uma longa tradição de estudos sobre afinação ao longo da história da música. Surgiram inúmeras propostas, como a afinação Pitagórica (atribuída a Pitágoras), a afinação Justa, a afinação natural e os diversos temperamentos (igual, Werckmeister, Rameau, entre outros). No contexto da tecnologia de instrumentos elétricos, o sistema de Temperamento Igual foi adotado como padrão. Nesse sistema, o intervalo da oitava é dividido em exatamente 12 partes iguais. A fórmula utilizada para calcular a proporção de um semitom é:

EQUAÇÃO 3 – Cálculo de proporção de um semitom em temperamento igual.

$$\begin{aligned} \text{Semitom} &= \sqrt[12]{2} \\ \text{Semitom} &= 1,05946... \end{aligned}$$

No entanto, essa fórmula define o intervalo de quinta como 700 cents, enquanto na afinação Pitagórica a quinta pura possui 701,95 cents. Isso cria, no contexto de um ciclo de quintas, o chamado coma pitagórico – uma discrepância acumulada de aproximadamente 23,4 cents ao final de 12 ciclos de quintas. Em contraste, no sistema de Temperamento Igual, 12 ciclos de quintas levam exatamente ao ponto de partida. A afinação Pitagórica é mais afinada do ponto de vista harmônico, mas é incompatível com o conceito de modulação. O Temperamento Igual resolve esse problema, mas introduz outro: batimentos e leves desafinações do ponto de vista matemático. Para artistas que trabalham com sintetizadores, há algumas soluções criativas para expandir as possibilidades de afinação. Uma abordagem é abandonar os conceitos de Temperamento Igual e modulação, substituindo-os por sistemas baseados em voltagem. Essa ideia será explorada mais adiante, ao analisarmos o uso de sequenciadores. Outra solução é recorrer a tecnologias digitais, como o módulo quantizador  $\mu$ Tune (microTune) do fabricante alemão Tubbutec<sup>8</sup> (2025) ou o software Scala<sup>9</sup> (2025), que permite o carregamento de centenas de fórmulas de afinação, as quais podem ser enviadas diretamente para os osciladores.

Diante da vasta diversidade de notas, afinações e intervalos presentes na história da música, tornou-se necessário desenvolver uma solução para sua representação em notação musical. A necessidade de diferenciar esses diversos sistemas de afinação levou ao termo microtom, que se refere a relações intervalares menores que um

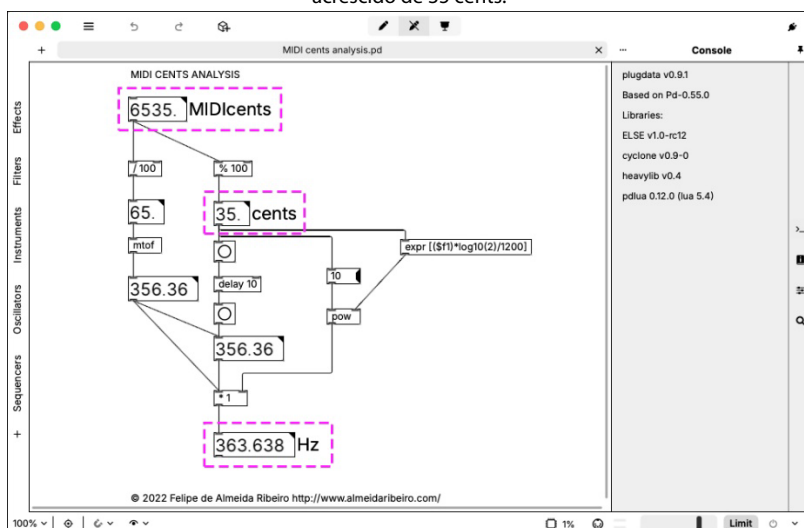
---

<sup>8</sup> Disponível em: <<https://tubbutec.de/>>

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://www.huygens-fokker.org/scala/>>

semitom. Como uma primeira solução, o etnomusicólogo Alexander John Ellis (1814-1890) desenvolveu uma unidade intervalar chamada cents: 100 cents correspondem a 1 semitom; 50 cents equivalem a um quarto de tom; 25 cents correspondem a um oitavo de tom e assim por diante. Posteriormente, o conceito de cents foi incorporado à notação MIDI, resultando na notação em MIDI cents. Na notação MIDI, o Dó central é convencionado pelo número 60. Já na notação em MIDI cents, o Dó central é representado pelo número 6000, em que os dois primeiros dígitos (60) indicam a nota MIDI, enquanto os dois últimos representam os microtons expressos em cents. Assim, 6000 é um Dó central, e 6050 representa um Dó central mais um quarto de tom. Segue abaixo um patch para análise de MIDI cents: ao digitar o número em MIDI cents, obtém-se a frequência em Hertz e o valor correspondente em cents:

FIGURA 23 – A nota 6535 (MIDI cents) equivale a frequência 363,638 Hz, que é um Fá acrescido de 35 cents.



Cientes dos intervalos microtonais, bem como dos conceitos de timbre e série harmônica, vamos agora explorar como descrever um

timbre. Na figura e na tabela abaixo, comparamos as primeiras quatro frequências de uma flauta transversal e de um vibrafone. O objetivo é evidenciar as diferenças entre espectros harmônicos e inarmônicos, além de apresentar suas notações microtonais. Também buscaremos compreender melhor as terminologias “harmônicos” e “sons parciais”:

FIGURA 24 – Diferenças no timbre e na composição espectral de um som de flauta e outro de vibrafone.

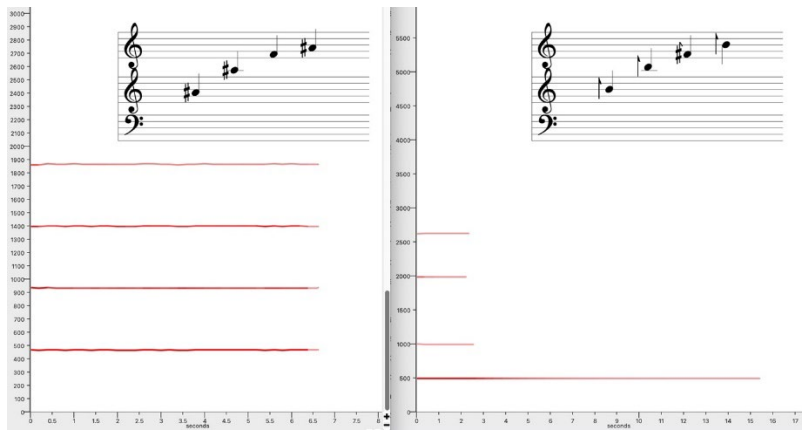


TABELA 2 – Diferenças no timbre e na composição espectral de um som de flauta e outro de vibrafone.

INSTR.	FREQUÊNCIAS (HZ)	NOTA + CENTS	MIDI CENTS	PROPORÇÃO	RELAÇÃO
FLAUTA	1863,923096	A#6	9400	4,0	HARMÔNICA
	1398,376587	F6 + 1.8 CENTS	8902	3,0	
	932,169617	A#5	8200	2,0	
	466,176697	A#4	7000	–	
VIBRAFONE	2627,859619	E7 - 6 CENTS	9994	5,3	INARMÔNICA (PARCIAIS)
	1987,577637	B6 + 10 CENTS	9510	4,0	
	993,833618	B5 + 10 CENTS	8310	2,0	
	495,891876	B4 + 7 CENTS	7107	–	

A flauta, como esperado, apresenta um espectro harmônico, ou seja, os componentes de seu timbre seguem uma relação harmônica baseada em números inteiros: 2, 3 e 4. Isso ocorre porque se trata de um instrumento do tipo aerofone de tubo aberto-aberto, que segue a estrutura da série harmônica (Henrique, 2002). Nesse contexto, utilizamos a nomenclatura de sons harmônicos: 1º harmônico (fundamental), 2º harmônico, 3º harmônico e assim por diante. Já o vibrafone, por ser um idiofone de barra, apresenta um espectro inarmônico. Suas frequências incluem tanto relações de números inteiros quanto de números decimais, como 2, 4 e 5,3. Por não seguir a estrutura da série harmônica, utilizamos a nomenclatura de sons parciais: 1º parcial (fundamental), 2º parcial, 3º parcial, etc. Portanto, podemos descrever um som com base em seu conteúdo espectral:

- Se o conteúdo for harmônico (seguindo a série harmônica), utilizamos a terminologia de harmônicos.
- Se o conteúdo for inarmônico (não seguindo apenas as relações da série harmônica), utilizamos a terminologia de sons parciais.

Contudo, é importante ressaltar que o fato de um espectro ser harmônico ou inarmônico não está diretamente relacionado à ideia de possuir altura definida ou não. Muitos instrumentos possuem um espectro inarmônico e, ao mesmo tempo, apresentam altura definida, como é o caso do sino de igreja e do vibrafone. Por outro lado, alguns instrumentos são inarmônicos e não possuem altura definida, como a caixa clara ou o prato de bateria.

Por fim, concluímos nosso estudo explorando as possibilidades de notação musical dentro desse contexto. É evidente que o modelo tradicional de linguagem musical, com sete nomes de notas e três acidentes musicais (bequadro, sustenido e bemol), é insuficiente para

representar toda a gama de sons existentes. Foi, portanto, necessário expandir esse sistema. Consequentemente, o conceito de cents foi adaptado para a notação musical:

FIGURA 25 – Notação de uma série harmônica com microtons.



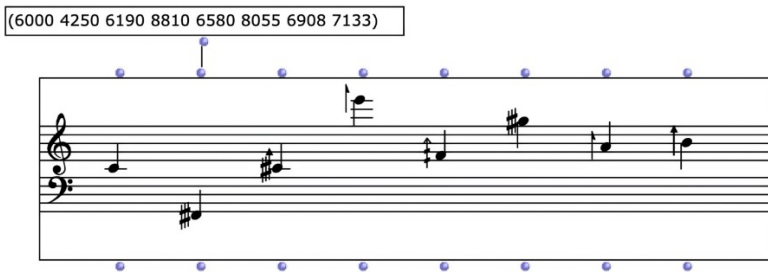
No exemplo acima, observamos a série harmônica de Dó2 (65,4064 Hz), acompanhada dos respectivos valores em MIDI cents e frequências logo abaixo de cada harmônico. É notável, porém, a presença de acidentes musicais “estranhos”. Apesar de seu caráter exótico, essa notação musical já é relativamente antiga e está integrada a diversos softwares de notação musical – como MuseScore, Sibelius, Dorico e Finale –, além de softwares de análise musical, como o IRCAM OpenMusic (2025), que permite notações ainda mais complexas. No exemplo abaixo, elaborado no Sibelius (2025), apresentamos a convenção de notação de quartos-de-tom com suas respectivas enarmonias:

FIGURA 26 – Notação de quartos de tom (50 cents) com as respectivas enarmonias.



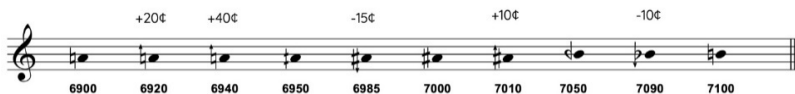
Nos próximos dois exemplos, analisamos o sistema de flechas que ampliam as possibilidades de detalhamento na notação microtonal. Alguns softwares, como o IRCAM OpenMusic (2025), generalizam o uso dessas flechas, de modo que elas indicam simplesmente “algum valor” acima ou abaixo do acidente representado na pauta. Essa generalização ocorre porque a visualização gráfica é complementada pelos dados numéricos gerados pelo software:

FIGURA 27 – Sistema de flechas para notação, ilustrado em OpenMusic.



Outros softwares, mais voltados à notação musical propriamente dita, permitem o acréscimo de elementos visuais adicionais. No exemplo abaixo, criado no Sibelius, temos, além da notação no pentagrama, uma linha superior com informações complementares sobre os cents necessários para alcançar precisamente a altura desejada. Na linha inferior, inserimos a nota representada em MIDI cents.

FIGURA 28 – Notação microtonal em Sibelius, software de notação musical.

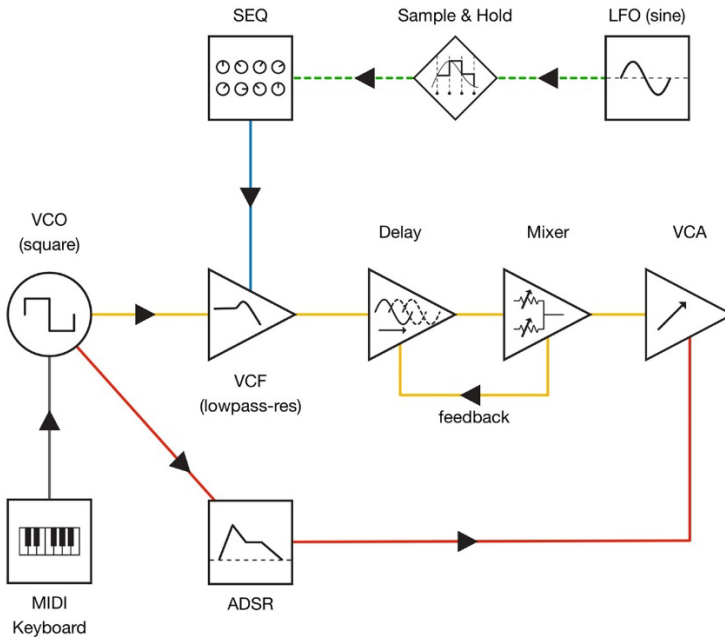


Por fim, considero importante que o leitor-artista reflita sobre a questão central desta seção: as alturas, melodias, sons e timbres que criamos não precisam ser limitados ao sistema temperado, aquele que se restringe à escala cromática (Dó, Dó#, Ré, Ré#, Mi, Fá etc.). Por isso, é fundamental para o artista buscar emancipação: a busca pelo som ideal muitas vezes encontra força na marginalidade, nos “sons outros”, aqueles que não se enquadram na escala temperada – que, vale destacar, é matematicamente desafinada. E como lidar com tudo isso? Como “consertar” ou “concertar” essa questão? Minha sugestão é que você comece se expondo: ouça diferentes escalas, explore afinações variadas, escute gravações que não utilizam o sistema temperado. Depois, experimente com essas afinações. Desenvolva um idioma próprio, uma maneira única de se expressar. Por fim, compare suas descobertas com a convenção do temperamento igual, amplamente adotada em equipamentos MIDI. Como contornar essas limitações? Veremos adiante.

### **1.3.3 Notação para sintetizadores**

Para nosso estudo, adotaremos uma notação e simbologia para módulos e funções de sintetizadores com base na proposta de Bjørn & Meyer (2018). Em seu livro *Patch & Tweak*, os autores disponibilizam gratuitamente uma biblioteca de símbolos vetorizados destinada à notação de módulos e funções de sintetizadores. Na figura abaixo, apresentamos um exemplo dessa notação:

FIGURA 29 – Notação para funções e módulos de um sintetizador.



Sendo que:

- Blocos circulares: fontes de áudio.
- Blocos triangulares: moduladores de áudio.
- Blocos quadrados: fontes de CV.
- Blocos losangulares: moduladores de CV.
- Linha verde (tracejada): clock.
- Linha amarela (contínua): áudio.
- Linha azul (contínua): outras fontes de tensão/voltagem.
- Linha cinza (contínua): tensão/voltagem para controle de altura (1V por oitava).
- Linha vermelha (contínua): trigger e gate.

É importante que o leitor se familiarize com essa notação, pois ela será utilizada ao longo do texto. A biblioteca completa está disponível para download em Bjørn & Meyer (2018).

## 1.4 Nosso objeto de estudo

### 1.4.1 O que é um sintetizador analógico?

Ao longo da história da música, diversas invenções de instrumentos elétricos contribuíram para a grande família dos sintetizadores. Alguns exemplos incluem: o *Telharmonium* (1897), de Thaddeus Cahill (Estados Unidos); o *Helmholtz Sound Synthesiser* (1905), de Max Kohl (Alemanha); o *Theremin* (1922), de Lev Sergeivitch Termen (Rússia); o *Sphäraphon* (1924), de Jörg Mager (Alemanha); o órgão *Hammond* (1935), de Laurens Hammond (Estados Unidos); o *Melochord* (1947), de Harald Bode (Alemanha); e o estúdio de Milão, *RAI Studio of Phonology* (1955), projetado por Alfredo Lietti (Itália). Esses são apenas alguns exemplos representativos (120 Years of Electronic Music, 2022).

Entretanto, o tipo de sintetizador que iremos explorar neste livro é um instrumento típico dos anos 1960, como aqueles desenvolvidos e comercializados por Robert Moog e Donald Buchla: “Todos os sintetizadores de música eletrônica fabricados desde o primeiro Moog em 1964 têm duas coisas importantes em comum: 1) são concebidos de forma modular e (2) empregam o conceito de controle de tensão” (Deutsch, 1976, p. 73). Trata-se do conceito de sintetizadores controlados por tensão elétrica – *voltage-controlled synthesizer* – (Moog, 1964; Kettlewell, 2002; Howe, 1972; Manning, 2013), também conhecidos como *VC synthesizers* (daí o comum termo “CV”) ou, mais amplamente, sintetizadores modulares. Esse modelo de sintetizador se manteve parcialmente consistente em sua fabricação ao longo dos anos e se caracteriza pela utilização de padrões elétricos específicos, o que garante grande compatibilidade entre módulos de diferentes fabricantes, permitindo configurações variadas de instrumentos. Essa flexibilidade é uma característica crucial para fins musicais, pois um

sintetizador coloca todos os parâmetros em variação contínua, possibilitando que elementos aparentemente heterogêneos se transformem gradualmente uns nos outros. (Souza IN Teboul; Kitzmann; Engström, 2024, p. 90).

Ao longo dos anos, os sintetizadores se dividiram em duas grandes referências sonoras e construtivas: o som da *Costa Leste* (Moog) e o da *Costa Oeste* (Buchla). O som da *Costa Leste*, popularizado por Robert Moog, baseia-se na síntese subtrativa, em que geradores de som geram formas de onda complexas que são moldadas por filtros. O famoso *Moog Ladder*, um filtro passa-baixa ressonante de -24 dB, é um dos elementos mais icônicos do som da *Costa Leste*, proporcionando timbres encorpados e harmônicos suaves. Já o som da *Costa Oeste*, atribuído a Don Buchla, foca na construção de timbres complexos por meio de osciladores complexos, síntese FM e aditiva, além de *waveshaping*. Em vez de filtrar o som, seus projetos priorizam a geração e manipulação de formas de onda por meio de modulação profunda, criando texturas dinâmicas e orgânicas (Pinch; Trocco, 2004; Perfect Circuit, 2025). Tal instrumento foi concebido por Buchla em contato com o *San Francisco Tape Music Center*, um ambiente experimental, fértil e frequentado por diversos compositores como Morton Subotnick e Ramón Sender (Holmes, 2008, p. 221).

Os sintetizadores modulares são instrumentos musicais elétricos pertencentes à família dos eletrofones. Eles criam sons e timbres a partir de configurações elétricas. O fluxo de sinal em um sintetizador segue três etapas principais:

- Geração do som: realizada por geradores de som, como os osciladores e geradores de ruído.

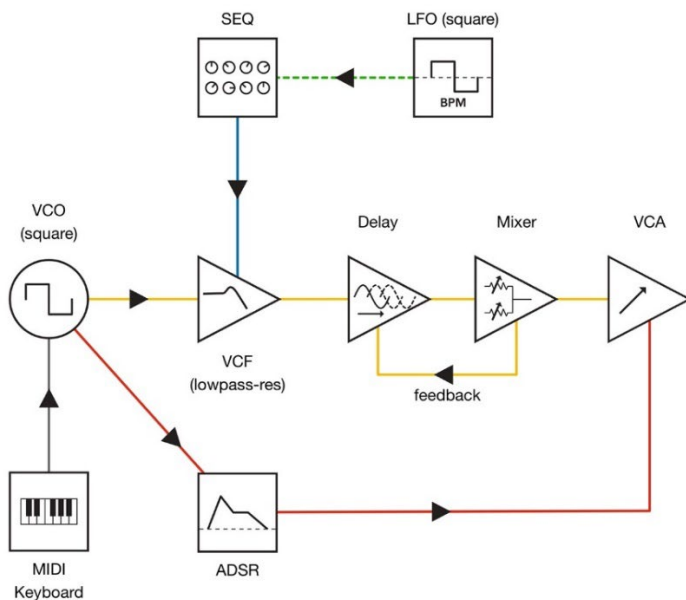
- Modelagem do timbre: realizada por módulos responsáveis pela filtragem do som (síntese subtrativa) e pela modulação temporal (envelope sonoro).
- Amplificação e saída: o som é enviado para o amplificador e, em seguida, para o alto-falante.

Desta forma, os primeiros módulos desenvolvidos, do ponto de vista histórico, podem ser categorizados assim:

- Geradores de sinal de áudio: responsáveis por iniciar um sinal, como osciladores (VCO) e geradores de ruído (NG).
- Modificadores de sinal de áudio: responsáveis por processar o sinal recebido, como filtros (VCF) e amplificadores (VCA).
- Moduladores de sinal: responsáveis por alterar os parâmetros de outros módulos, como osciladores de baixa frequência (LFO), geradores de envelope (EG ou ADSR) e sequenciadores (SEQ).

A seguir, apresentamos uma ilustração de uma estrutura básica de sintetizador:

FIGURA 30 – Estrutura de um sintetizador.



Fonte: ilustração realizada pelo autor. Fotos dos módulos realizada a partir de imagens cedidas pela EMW (2025). Gerado por ModularGrid (2025).

No exemplo acima, o fluxo de sinal segue a seguinte ordem:

1. O *MIDI Keyboard* (controlador MIDI de teclas) envia duas informações principais: a altura que o oscilador (VCO) deve afinar e o instante em que o ADRS deve atuar no VCA.

- 2. O som gerado pelo VCO passa por um filtro (VCF), que é modulado por um sequenciador de tensões (SEQ), que por sua vez é modulado por um oscilador de baixa frequência (LFO). A interação entre SEQ e LFO permite criar defasagens no filtro, resultando em uma sonoridade diferente para cada nota pressionada.
- 3. O som segue para um *delay* com *feedback*, criando uma sensação de ambiência. O *feedback* define o número de repetições e a intensidade do efeito.
- 4. Por fim, o ADSR controla a abertura do VCA, permitindo que o som seja amplificado e enviado ao alto-falante.

Observe que cada módulo possui plugues de entrada e saída. Com base na divisão acima, os plugues de entrada e saída de cada módulo seguem a seguinte lógica:

QUADRO 1 – Relação de entradas e saídas em módulos de um sintetizador.

<i>Categoria</i>	<i>Entrada de áudio</i>	<i>Saída de áudio</i>	<i>Entrada de controle</i>	<i>Saída de controle</i>
<i>Geradores de sinal de áudio</i>		<i>sim</i>	<i>sim</i>	
<i>Modificadores de sinal de áudio</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	<i>sim</i>	
<i>Moduladores de sinal</i>			<i>sim</i>	<i>sim</i>

Fonte: tabela criada a partir de Akins (2021, p. 6).

Todas essas especificidades serão abordadas com detalhe na Parte 2 deste livro.

1.4.2 Padrão Eurorack

O termo *Voltage Controlled Synthesizer* já sugere uma imersão em terminologia técnica intimamente relacionada à eletrônica. Portanto, é necessário explorar os termos e conceitos fundamentais oriundos da eletrônica para compreender melhor o universo dos sintetizadores modulares. Ressalta-se que este livro não tem como objetivo ensinar a construção de sintetizadores. Além disso, não é necessário dominar

todos os aspectos do funcionamento eletrônico de cada módulo para fazer música. Entretanto, possuir informações básicas a respeito permite explorar modos mais avançados em patches.

O conceito de sintetizador controlado por tensão elétrica foi descrito por Robert Moog na 16ª edição da Audio Engineering Society (Moog, 1964). Em seus primeiros instrumentos, Moog destacou a importância de padronizar valores de tensão, pois a padronização permite compatibilidade entre diferentes módulos e possibilita a criação de múltiplas combinações e interpretações de uso. Isso permite ao usuário agrupar módulos em quantidades, funções e ordens variadas, resultando em instrumentos com sonoridades personalizadas e diversas. Essa flexibilidade, no entanto, era viável apenas entre módulos cujos fabricantes adotassem padrões de tensão compatíveis. Caso contrário, o funcionamento seria inviável.

Cerca de 30 anos depois, em 1996, a Doepfer Musikelektronik GmbH (Alemanha) popularizou a abordagem modular. Seu fundador, Dieter Döpf, liderou a criação e disseminação do padrão Eurorack, que se tornou mundialmente adotado por outros fabricantes, inclusive pela Moog. Embora o formato já tivesse sido explorado por outros antes de Doepfer, foi a fábrica alemã que consolidou sua popularidade, inaugurando um período significativo de expansão do instrumento, que segue crescendo até hoje (Vail, 2014, p. 262). Randell e Rietveld (IN Teboul; Kitzmann; Engström, 2024, p. 172) classificam os sintetizadores Eurorack como sistemas “pós-digitais”, pois o design de módulos e o fluxo de sinal dos patches incluem tanto processos analógicos quanto digitais, com possibilidades de configurações únicas. A seguir, analisaremos as especificações do padrão Eurorack.

O primeiro aspecto da padronização que iremos abordar é o estojo, ou *case*, como é popularmente conhecido. Ele possui duas funções

principais: proteger os módulos, que são fixados com parafusos em trilhos de montagem, e fornecer alimentação elétrica para o funcionamento dos módulos. Alguns cases possuem fonte de alimentação elétrica interna, enquanto outros servem apenas como carcaça para acomodar os módulos, exigindo a instalação de um módulo adicional fabricado especificamente para fornecer energia elétrica.

Em ambos os casos, a fonte de alimentação oferece corrente DC para os módulos por meio de cabos flat (tipo *ribbon cable*) com conectores IDC (Insulation Displacement Connector), amplamente disponíveis em lojas de componentes eletrônicos. Alguns fabricantes ainda utilizam o padrão original de cabos e conectores de 16 vias, mas a maioria adota cabos de 10 vias, com conectores de 16 pinos no case e 10 pinos nos módulos.

FIGURA 31 – Diagrama e foto das conexões para cabo do tipo flat com conectores de 16 e 10 pinos.

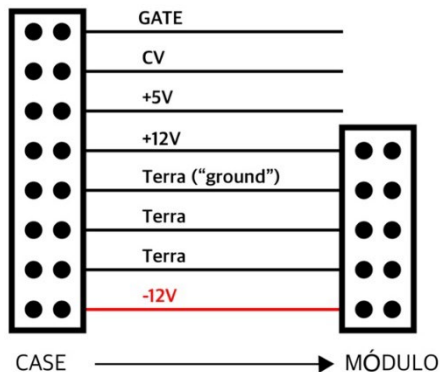


FIGURA 32 – Detalhe do cabo e conector do tipo flat.

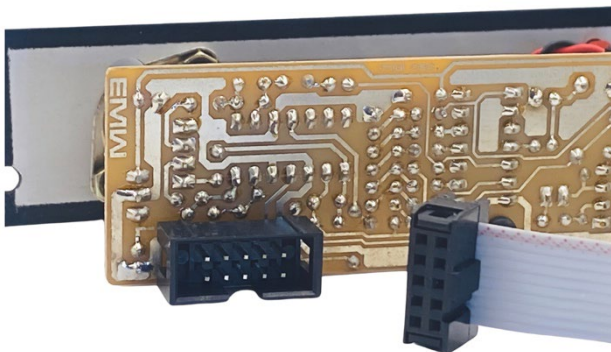
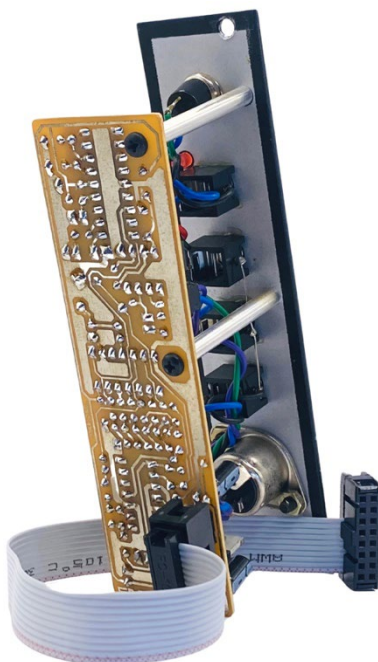


FIGURA 33 – Cabo do tipo flat com conectores de 16 e 10 pinos conectado a módulo Eurorack.



Muitos fabricantes requerem apenas alimentação em +12V e -12V para seus módulos, razão pela qual optam pelo formato de 16 pinos no case e 10 pinos nos módulos. O fornecimento de +5V é opcional, mas

amplamente utilizado em módulos digitais. De qualquer forma, o formato de 16 pinos permanece como padrão, garantindo versatilidade na alimentação.

Atenção ao instalar os módulos: é essencial conectar corretamente a via de -12V. Os fabricantes geralmente indicam na placa o lado correspondente a -12V, e os cabos possuem uma das vias colorida em vermelho para facilitar a identificação. Respeitar essa regra é crucial para evitar danos elétricos ao equipamento.

Com os módulos devidamente conectados, discutiremos outro tipo de energia: aquela distribuída entre os painéis frontais dos módulos. No padrão Eurorack, toda conexão ocorre pela parte frontal, daí o termo modular. Essas conexões utilizam cabos com plugues mono de 3,5 mm.

FIGURA 34 – Detalhe do cabo de conexão mono com plugue de 3,5 mm.



No padrão Eurorack, as conexões seguem especificações elétricas (em sua maioria corrente AC) para garantir compatibilidade entre módulos de diferentes fabricantes.

Embora tudo se trate de tensão elétrica, é importante distinguir entre dois tipos de sinais em um sintetizador modular:

- Sinais de áudio: ondas sonoras produzidas pelo sintetizador e audíveis ao ouvido humano. São gerados por módulos como osciladores (VCO) e geradores de ruído, sendo reproduzidos por alto-falantes.
- Sinais de controle: tensões usadas para modular ou controlar aspectos dos sinais de áudio. Esses sinais criam variações dinâmicas no som, como vibrato, texturas ou alterações no envelope de amplitude. Diferentemente dos sinais de áudio, os sinais de controle não são audíveis.

As tensões geradas por módulos Eurorack podem ser descritas conforme o quadro a seguir:

QUADRO 2 – Relação da variação de tensão em cada tipo de módulo Eurorack.		
Grupo 1	Osciladores (VCO)	entre -5V e +5V
	Filtros controlados por tensão (VCF)	
	Amplificadores controlados por tensão (VCA)	
	Sequenciadores	
Grupo 2	Osciladores de baixa frequência (LFO)	entre -5V e +5V ou entre 0V a +5V
	Geradores de Envelope (EG)	
Grupo 3	Trigger/Gate/Clock	entre 0 V a +5V
Grupo 4	Attenuverter	deslocamento de 2.5V para cima ou para baixo

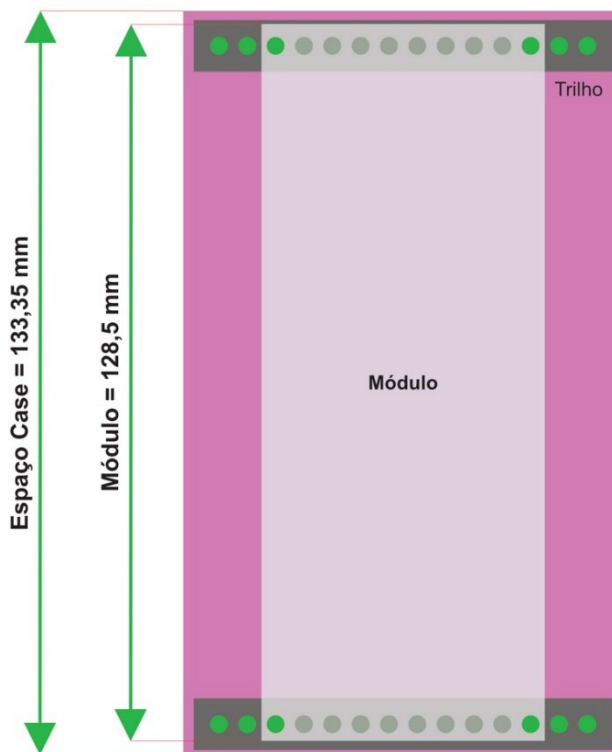
Alguns módulos Eurorack são projetados para operar apenas com tensões positivas, como 0V a +10V. No entanto, muitos fabricantes desenvolvem circuitos capazes de lidar com tensões fora do intervalo esperado, descartando, limitando ou ajustando os sinais excedentes de forma segura. Por exemplo, um módulo que espera 0V a +10V pode converter tensões negativas, como -5V, para 0V, sem causar danos. Isso é comum em VCAs e geradores de envelope. Entretanto, tensões fora da faixa esperada podem levar a comportamentos imprevisíveis, como *clipping*, distorções ou até o silenciamento do sinal. Embora geralmente

seguras, essas tensões podem ser perigosas em módulos sem proteção adequada. Por isso, é sempre recomendável operar os módulos dentro das especificações indicadas pelos fabricantes para garantir compatibilidade e evitar danos.

Essa padronização de tensões não apenas cria convenções entre fabricantes, mas também permite que o usuário transcenda os paradigmas tradicionais de ritmo e altura, adotando uma nova linguagem sonora. É como se o Eurorack fosse o “esperanto” dos sintetizadores controlados por tensão, promovendo interação universal entre usuários e fabricantes.

O padrão Eurorack, estabelecido pela Doepfer, também define dimensões padronizadas. Verticalmente, o espaço do case segue o padrão 3U, em que 1U equivale a 1,75 polegadas (44,45 mm). Assim, 3U correspondem a 133,35 mm. No entanto, a altura real dos módulos é ligeiramente menor (128,5 mm) para permitir sua fixação com parafusos nos trilhos de montagem.

FIGURA 35 – Dimensões de um módulo Eurorack instalado em um case com trilho de montagem.



Horizontalmente, as dimensões são medidas em múltiplos de 1HP (*horizontal pitch unit*), que equivale a 5,08 mm (aproximadamente 0,2 polegadas). Os módulos variam em largura, com tamanhos como 3HP, 8HP, 24HP, entre outros.



## **PARTE 2**

### **DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS**

Neste capítulo, exploraremos os módulos essenciais que compõem um sintetizador modular, desvendando suas funções e discutindo as formas de conexão e interação entre eles. Nosso estudo incluirá desde módulos clássicos – como osciladores, filtros, amplificadores e geradores de envelope – até módulos mais avançados e especializados.

O objetivo é proporcionar uma compreensão aprofundada das capacidades e da flexibilidade dos sintetizadores modulares, permitindo que o leitor não apenas entenda o funcionamento individual de cada módulo, mas também como estes podem ser combinados para criar configurações sonoras complexas e criativas.

Abordaremos, de maneira detalhada, os painéis e interfaces dos módulos, explicando o papel de cada controle, entrada e saída. No entanto, iremos além de uma descrição meramente técnica, focando também nas possíveis conexões entre módulos e nas técnicas de síntese sonora que emergem dessas interações. Essas técnicas constituem a base de qualquer abordagem modular – seja ela em sintetizadores físicos ou virtuais – e serão apresentadas de forma prática e teórica, oferecendo uma perspectiva que combina os princípios da eletrônica musical com a prática artística. Para informações mais detalhadas sobre construção de sintetizadores, ver Klein (1982), Horn (1984) e Friedman (1986) além de Manning (2013, p. 101).

#### **2.1 Formas de onda e síntese aditiva**

Antes de analisarmos as características dos geradores de som, é importante estudar as diferentes formas de onda (quadrada, triangular

etc.). Para isso, retomaremos o conteúdo apresentado no início deste livro sobre a série harmônica, relacionando-o ao conceito de Transformada de Fourier, formulado pelo matemático e físico francês Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830). Este conceito é amplamente referenciado em áreas como música computacional, análise sonora, *Music Information Retrieval* (MIR) e síntese sonora. A Transformada de Fourier permite descrever uma onda periódica por meio da soma de senos e cossenos com frequências múltiplas da fundamental. Em outras palavras, graças à Transformada de Fourier, tornou-se possível descrever e recriar sonoridades complexas utilizando diversas funções senoidais simples (Holmes, 2008, p. 178). Esse princípio, que explica o som como uma soma de ondas senoidais, é a base da síntese aditiva.

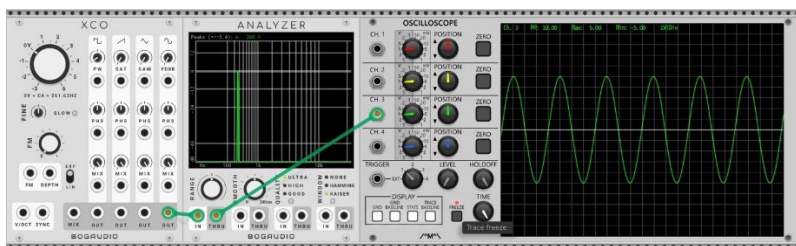
Nos sintetizadores modulares analógicos, a construção de ondas complexas em VCOs não segue o princípio da síntese aditiva exatamente como nos sistemas digitais. Estes calculam a soma dos harmônicos em tempo real, enquanto os analógicos dependem da geração direta por circuitos oscilatórios. Nos VCOs analógicos, formas de onda desejadas, como senoidal, quadrada ou dente de serra, são geradas diretamente por circuitos eletrônicos especializados. Por exemplo, para produzir uma onda quadrada em um VCO, utilizam-se capacitores e resistores em combinação com transistores ou amplificadores operacionais, formando um circuito oscilador. Esse circuito cria transições rápidas entre dois estados de tensão, resultando em uma onda quadrada, cuja série harmônica é rica em harmônicos ímpares.

Na música eletrônica, alguns timbres clássicos são padronizados em VCOs: onda senoidal, onda quadrada, onda dente de serra e onda triangular. Cada uma possui um “algoritmo” de timbre próprio, uma espécie de receita que resulta em uma sonoridade única e, muitas vezes, em uma visualização com forma geométrica característica. A seguir,

detalharemos como cada uma dessas formas de onda é produzida e como podem ser geradas:

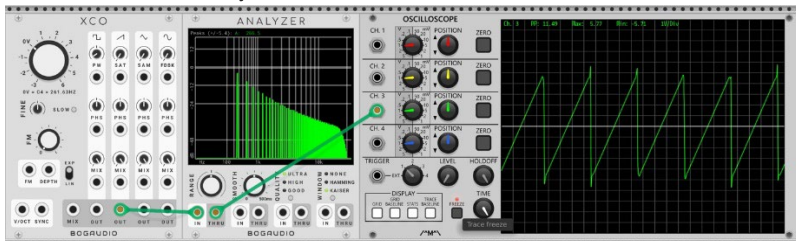
**Onda Senoidal:** É um tom puro, composto apenas pela frequência da fundamental (1º harmônico). Por exemplo, 100 Hz isoladamente é uma onda senoidal.

FIGURA 36 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda senoidal.



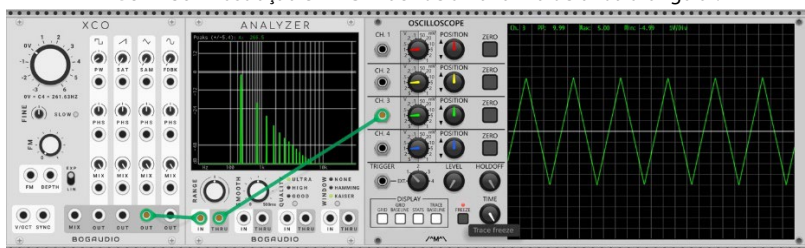
**Onda Dentes de Serra:** É formada pela fundamental e por uma sequência contendo todos os harmônicos (1, 2, 3, 4, 5, 6 etc.) múltiplos da fundamental. Por exemplo, 100, 200, 300, 400, 500, 600 Hz etc., são componentes do espectro de uma onda dente de serra, desde que a amplitude de cada harmônico decaia de forma inversamente proporcional ao número do próprio harmônico: 1º harmônico (amplitude 1/1); 2º harmônico (amplitude 1/2); 3º harmônico (amplitude 1/3); 4º harmônico (amplitude 1/4), e assim por diante.

FIGURA 37 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda dentes de serra.



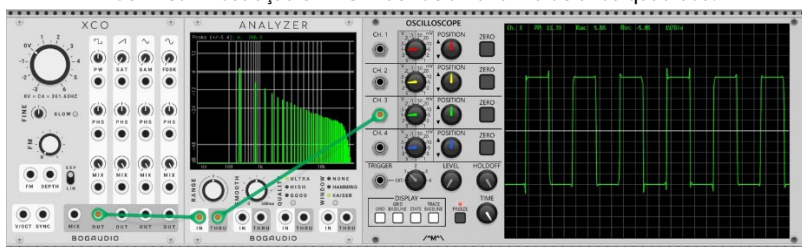
**Onda Triangular:** É formada pela fundamental e por uma sequência de harmônicos ímpares (1, 3, 5, 7 etc.) múltiplos da fundamental. Por exemplo, 100, 300, 500, 700 Hz etc., são componentes do espectro de uma onda triangular, desde que a amplitude de cada harmônico decaia de forma inversamente proporcional ao número do próprio harmônico elevado ao quadrado: 1º harmônico (amplitude  $1/1$ ); 3º harmônico (amplitude  $1/3^2$  ou  $1/9$ ); 5º harmônico (amplitude  $1/5^2$  ou  $1/25$ ); 7º harmônico (amplitude  $1/7^2$  ou  $1/49$ ), e assim por diante.

FIGURA 38 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda triangular.



**Onda Quadrada:** É formada pela fundamental e por uma sequência de harmônicos ímpares (1, 3, 5, 7, etc.) múltiplos da fundamental. Por exemplo, 100, 300, 500, 700 Hz, etc., são componentes do espectro de uma onda quadrada, desde que a amplitude de cada harmônico decaia de forma inversamente proporcional ao número do próprio harmônico: 1º harmônico (amplitude  $1/1$ ); 3º harmônico (amplitude  $1/3$ ); 5º harmônico (amplitude  $1/5$ ); 7º harmônico (amplitude  $1/7$ ), e assim por diante.

FIGURA 39 – Ilustração em VCV Rack de uma forma de onda quadrada.



Um tipo especial de onda quadrada é aquele produzido por PWM (*Pulse Width Modulation*), ou modulação por largura de pulso. Nesse caso, ajusta-se o tempo que a onda passa em seus picos positivos e negativos de voltagem. Em uma onda quadrada padrão, 50% do ciclo está na amplitude positiva e os outros 50% na amplitude negativa. Com a modulação por largura de pulso, essa proporção pode ser alterada, modificando o timbre. Abaixo, uma demonstração de duas ondas quadradas moduladas por largura de pulso – PWM:

FIGURA 40 – Modulação por PWM. A onda azul apresenta um ciclo de trabalho predominante no estado positivo (maior tempo em amplitude positiva), enquanto a onda vermelha exibe um ciclo de trabalho invertido, com maior duração no estado negativo (amplitude negativa).



Note que a onda em azul (VCO à esquerda) apresenta maior duração no estado de amplitude positiva, enquanto a onda em vermelho exibe uma menor duração nesse estado, concentrando-se mais no estado

negativo. Apesar dessa diferença no ciclo de trabalho (*duty cycle*), ambas compartilham a mesma frequência fundamental. Abaixo, apresentamos outro exemplo, em que é possível observar à esquerda o espectro harmônico e as diferenças entre os harmônicos gerados por cada configuração.

FIGURA 41 – Onda do tipo pulse com PWM baixo.

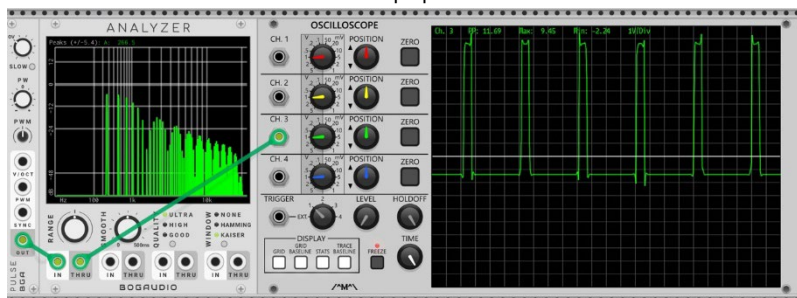
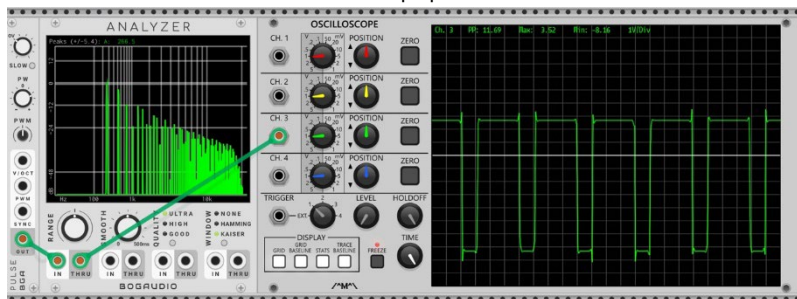


FIGURA 42 – Onda do tipo pulse com PWM alto.



De forma resumida, as amplitudes e o conteúdo harmônico de cada uma dessas formas de onda seguem as seguintes fórmulas, baseadas na decomposição espectral de Fourier. Essas relações explicam como cada harmônico contribui para a formação do timbre característico de cada onda:

TABELA 3 – Relação entre amplitudes relativas de diferentes formas de onda.

<i>Forma de Onda</i>	<i>Fund.</i>	<i>2º h.</i>	<i>3º h.</i>	<i>4º h.</i>	<i>5º h.</i>	<i>6º h.</i>	<i>7º h.</i>	<i>8º h.</i>	<i>etc.</i>
<i>Senoidal</i>	1								
<i>Quadrada</i>	1		1/3		1/5		1/7		
<i>Dentes de serra</i>	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	
<i>Triangular</i>	1		1/9		1/25		1/49		

## 2.2 Oscilador (VCO)

O VCO (*Voltage-Controlled Oscillator*), ou oscilador controlado por tensão, é considerado o coração de um sintetizador, pois é o módulo responsável por produzir sons de altura definida (frequências periódicas), de forma semelhante ao que ocorre em uma corda vibrante de um violão, por exemplo. Luís Henrique (2002, p. 723) afirma que “os primeiros sintetizadores analógicos usavam osciladores controlados por tensão (...)”. Por sua vez, Robert Moog define o oscilador como um módulo que “(...) produz um sinal eletrônico que se repete regularmente entre 20 e 20.000 vezes por segundo, no qual percebemos como altura definida. (...) Um oscilador controlado por tensão produz uma altura definida cuja frequência pode ser alterada rapidamente ao se mudar a tensão” (Moog in Kettlewell, 2002, p. 114). Os osciladores geralmente geram diferentes formas de onda simultaneamente, com saídas separadas. As formas de onda mais comuns são: onda senoidal, onda quadrada, onda triangular, onda dente de serra e onda pulso. Para nosso estudo, utilizaremos os módulos EMW MIDI Oscillator e EMW VCO-104.

FIGURA 43 – Módulos de osciladores da EMW, modelos “MIDI Oscillator” e “VCO - 104”.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

O módulo EMW MIDI OSCILLATOR permite o acionamento de todas as formas de onda por meio de mensagens MIDI<sup>1</sup> externas, normalmente enviadas de um teclado com conexão “MIDI Out”. Este módulo gera três formas de onda: dente de serra (*sawtooth*), quadrada (*square*) e sub-oscilador (uma onda quadrada uma ou duas oitavas abaixo, dependendo do fabricante). A conversão entre voltagem e frequência ocorre automaticamente dentro do módulo, cobrindo uma faixa de notas de C1 a C6.

<sup>1</sup> O padrão de comunicação MIDI (Musical Instrument Digital Interface) tem sido considerado, desde a década de 1980, como o formato padrão de comunicação entre sintetizadores, teclados e demais equipamentos de áudio. Para nosso estudo com osciladores, nos importa saber que a conexão MIDI IN espera receber informações MIDI, enquanto que a conexão MIDI OUT é quem envia essas informações. Para saber mais sobre o protocolo MIDI, ver Ratton (2019) e Holmes (2008, p. 228).

O módulo VCO-104, por outro lado, funciona de forma similar, mas sem protocolo MIDI. Ele oferece controles de frequência fundamental, modulação de frequência com sinal externo (FM) e modulação por largura de pulso (*Pulse Width Modulation* ou PWM). Em termos de saídas, o VCO-104 apresenta quatro formas de onda (senoidal, triangular, dente de serra e quadrada), além de entradas para controle de voltagem (CV In) e sincronia de fase (sync).

As notas emitidas por um VCO são definidas pela relação entre a tensão elétrica aplicada e a frequência gerada. Historicamente, Robert Moog e a Korg desenvolveram dois modelos distintos para essa relação – Volt por Oitava (V/Oct) e Hertz por Volt (Hz/V) –, que acabaram sendo amplamente adotados por outros fabricantes. O modelo proposto por Moog (Wilson, 2013, p. 38) prevê um aumento de 1 Volt a um incremento de uma oitava sobre a frequência fundamental. Por exemplo, um aumento de 5 Volts eleva a frequência em 5 oitavas. Essa relação entre voltagem e frequência é logarítmica (Devarahi, 1982, p. 34). A Korg, por sua vez, utiliza uma convenção diferente, conhecida como Hertz por Volt (Hz/V). Nesse sistema, a frequência do oscilador aumenta linearmente em proporção direta ao aumento da tensão. Por exemplo, se 1V corresponde a uma frequência de 100 Hz, 2V produzirá 200 Hz, 3V produzirá 300 Hz e assim por diante. Essa relação é linear, diferentemente do padrão V/Oct (Volt por Oitava).

Para controlar um módulo VCO sem MIDI por meio de um teclado MIDI externo (ou vice-versa), é necessário utilizar um conversor de MIDI (nota, velocity etc.) para voltagem (CV). Um exemplo de equipamento que realiza essa conversão é o MIDI2CV, de Miguel Ratton.

FIGURA 44 – Interface MIDI e CV de Miguel Ratton.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela RATTON (2025).

Por fim, alguns VCOs oferecem diferentes formas de controle de frequência, utilizando potenciômetros variados. É comum encontrar os seguintes controles:

- *Fine Tune* (ou *Frequency*): Controle preciso da frequência, às vezes com ajuste em cents.
- *Coarse Tune*: Controle mais amplo, que abrange uma grande faixa de frequências, mas sem a mesma precisão.
- *Octave Selector*: Uma chave que seleciona diretamente a oitava desejada.

As terminologias utilizadas para descrever esses controles podem variar entre os fabricantes. Alguns módulos possuem denominações específicas que refletem o design e funcionalidades específicas.

### 2.3 Quantizador

Um quantizador (*quantizer*) é um módulo que converte sinais de controle contínuos, geralmente representados como tensões elétricas (CV), em valores discretos alinhados a uma escala musical predefinida (como cromática, maior, menor, entre outras). Esse módulo é amplamente utilizado para transformar variações livres de tensão – geradas, por exemplo, por um sequenciador, *Sample & Hold* ou LFO – em

notas musicais precisas, ajustadas às frequências correspondentes da escala escolhida. Abaixo um exemplo:

FIGURA 45 – Módulo Quantizer 101 da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Além dos conectores convencionais de entrada e saída, observa-se a presença de chaves seletoras que permitem configurar o tipo de conversão de sinal, como: seleção de acordes ou escalas, modos maior ou menor, além da opção de utilizar *trigger* interno ou externo (módulo externo).

## 2.4 Modulação por Amplitude (AM)

De forma geral, a modulação por amplitude é um processo de síntese sonora em que a amplitude de um sinal portador (*carrier*), geralmente gerado por um VCO, é variada em função de um segundo

sinai modulador (*modulator*), que pode ser outro VCO ou um LFO: “(...) multiplicando suas amplitudes instantâneas, amostra por amostra – cria-se um efeito conhecido como modulação do anel (ou, mais geralmente, modulação de amplitude)” (Cycling' 74, 2025). Essa interação resulta em alterações no espectro do sinal portador, criando novos componentes harmônicos ou inarmônicos, dependendo da frequência do modulador em relação à portadora. É particularmente útil para a criação de espectros complexos e inarmônicos utilizando apenas dois osciladores (Vail, 2014, p. 50).

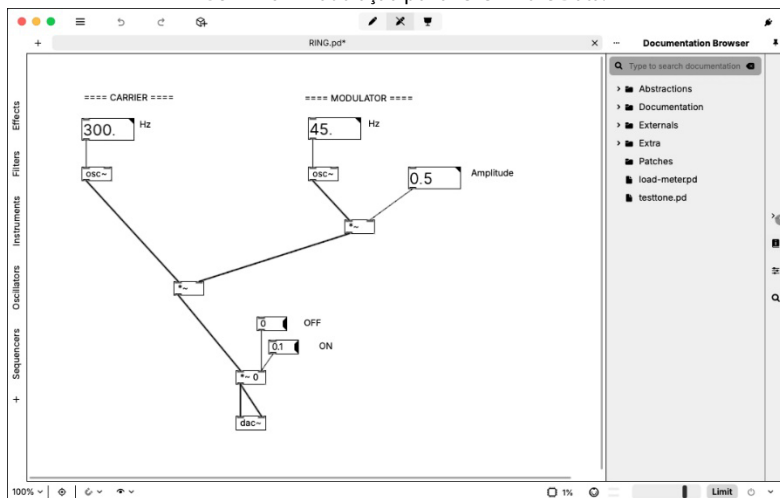
A modulação por anel (*ring modulation*) é um caso específico de modulação por amplitude (*amplitude modulation* - AM). Na modulação por anel, a frequência moduladora (*modulator*) transforma a frequência portadora (*carrier*) em um sinal complexo, composto pela soma e pela diferença entre as duas frequências (EMW, 2025). A fórmula que descreve esse processo é:

EQUAÇÃO 4 – Cálculo de bandas laterais para modulação por anel, em que  $f_1$  é a portadora (*carrier*) e  $f_2$  a moduladora (*modulator*).

$$f_{sidebands} = f_1 \pm f_2$$

Por exemplo, se  $f_1 = 300\text{Hz}$  (portadora) e  $f_2 = 200\text{Hz}$  (moduladora), o resultado será a criação de duas novas frequências (ou bandas laterais): uma de  $500\text{Hz}$  (soma) e outra de  $100\text{Hz}$  (diferença). A principal diferença entre Ring e AM, é que em AM convencional o sinal modulador pode introduzir bandas laterais (frequências de soma e diferença), mantendo a portadora intacta, enquanto na modulação por anel a portadora é suprimida. O fluxo de sinal de um patch para modulação por anel pode ser descrito da seguinte forma:

FIGURA 46 – Modulação por anel em Pure Data.



É importante observar que se a frequência da moduladora estiver abaixo de 20Hz, o resultado será percebido como um efeito de *tremolo*. Apenas frequências acima de 20Hz gerarão a sensação de continuidade, resultando em um espectro “polifônico” conforme exemplificado acima. A ilustração a seguir demonstra como, com apenas duas ondas senoidais, é possível criar um espectro complexo utilizando operações de modulação por anel.

FIGURA 47 – Espectro gerado por modulação por anel em VCV Rack. A portadora é o VCO enquanto que a moduladora é um LFO.



A EMW disponibiliza um módulo dedicado para modulação por anel, chamado Ring Modulator. Segundo o fabricante, o circuito do módulo é baseado no famoso IC LM1496, usado no Roland 100M. Diferentemente do módulo equivalente no VCV Rack, o Ring Modulator da EMW oferece potenciômetros para controle direto dos sinais de portadora e moduladora, acompanhados de suas respectivas conexões, além de uma saída para o sinal modulado.

FIGURA 48 – Módulo de modulação por anel da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW.

A modulação por anel foi amplamente utilizada por compositores no século XX, como Karlheinz Stockhausen (1928-2007), que a empregou para criar timbres em peças como *Kontakte* (Stockhausen, 1966). Nesse sentido, destacamos que a técnica de modulação por anel é muito útil para criação de sons metálicos e inarmônicos (percussão), efeitos texturais, ou mesmo para a desconstrução e expansão de timbres de módulos tradicionais

(ondas quadradas, dentes de serra etc.). Para mais informações sobre síntese AM e modulação por anel, ver Strange (2022, p. 117, 126).

## 2.5 Modulação por Frequência (FM)

A modulação por frequência (FM<sup>2</sup>) é uma técnica de síntese sonora que permite a criação de espectros complexos ao variar a frequência de um oscilador portador por meio de outro oscilador modulador (Deutsch, 1976, p. 77). Na FM, o espectro gerado é composto pela frequência da portadora ( $f_c$ ) somada e subtraída múltiplas vezes pela frequência da moduladora ( $f_m$ ). As frequências geradas são conhecidas como bandas laterais (*sidebands*). As frequências das bandas laterais são determinadas pela relação:

EQUAÇÃO 5 – Cálculo de bandas laterais em FM, em que “ $f_c$ ” é a frequência da carregadora, “ $n$ ” representa o índice harmônico e “ $f_m$ ” é a frequência da moduladora.

$$\text{Sidebands} = f_c \pm n * f_m$$

A quantidade e a intensidade dessas bandas laterais dependem do índice de modulação. Vale ressaltar que, dependendo da relação entre a frequência da portadora ( $f_c$ ) e da moduladora ( $f_m$ ), o espectro pode ser harmônico (relações simples, como 2:1 ou 3:2) ou inarmônico (relações mais complexas ou não racionais, como 1,41 ou 1,73). Essa flexibilidade torna a FM uma técnica poderosa para criar desde timbres percussivos e metálicos até sons ricos e texturizados.

É importante observar que a frequência da moduladora, em conjunto com o índice de modulação, determina o efeito percebido na síntese FM.

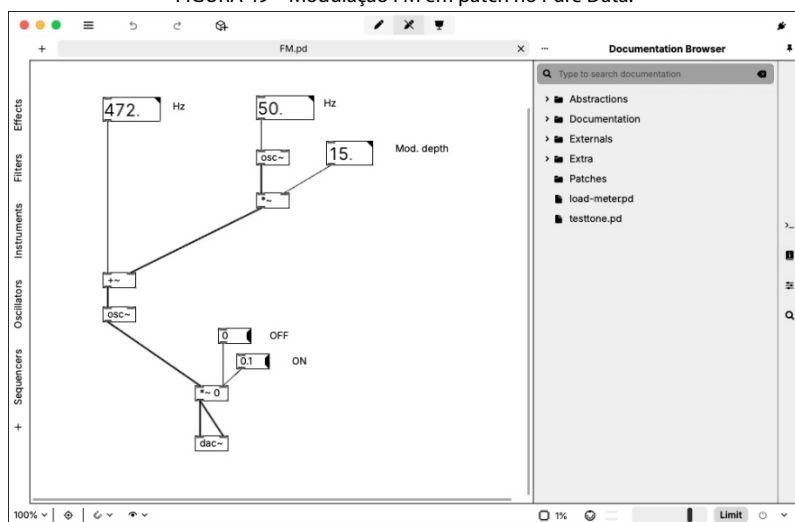
---

<sup>2</sup> John Chowning, pioneiro na síntese FM digital, contribuiu significativamente para o desenvolvimento e popularização da técnica FM. Em 1973, ele publicou suas descobertas sobre como a modulação de frequência poderia ser usada para criar timbres complexos e ricos harmonicamente. Sua pesquisa culminou no uso da FM digital em sintetizadores comerciais, como o Yamaha DX7, que revolucionaram a música eletrônica nas décadas de 1980 e 1990. Além disso, Chowning demonstrou que a FM era uma abordagem computacionalmente eficiente, permitindo que sons complexos fossem gerados com recursos limitados de hardware.

Quando a moduladora opera abaixo de 20 Hz, o resultado tende a ser percebido como um *vibrato* — uma variação lenta e contínua da frequência da portadora. À medida que a frequência da moduladora excede 20 Hz, ela começa a introduzir bandas laterais ao espectro da portadora, o que pode gerar mudanças timbrais significativas. O caráter dessas mudanças — harmônicas ou inarmônicas — depende da relação de frequência entre a moduladora e a portadora: relações de frequência inteiras produzem espectros harmônicos, enquanto relações não inteiras geram espectros inarmônicos, característicos de sonoridades metálicas ou complexas. Além disso, quando a frequência da moduladora atinge valores suficientemente altos, nosso sistema auditivo não consegue distinguir as oscilações individuais, percebendo o som como uma textura ou timbre unificado, e não como variações frequenciais no tempo.

Abaixo, apresentamos a estrutura de um patch em Pure Data para modulação por frequência:

FIGURA 49 – Modulação FM em patch no Pure Data.



Um conceito central na FM é o índice de modulação, que determina a intensidade da modulação e a quantidade de harmônicos gerados no espectro resultante. Ele é definido como a razão entre a variação máxima da frequência da portadora ( $\Delta f$ ) e a frequência da moduladora ( $f_m$ ):

EQUAÇÃO 6 – Índice de modulação em FM.

$$I = \frac{\Delta f}{f_m}$$

Esse índice tem impacto direto na densidade espectral: valores baixos resultam em harmônicos mais espaçados e timbres simples, enquanto valores altos produzem harmônicos mais próximos, criando timbres ricos e densos. Essa relação é fundamental para ajustar o caráter sonoro desejado em aplicações de síntese.

A implementação da técnica FM no universo analógico pode ser realizada por meio da combinação de módulos, em que um oscilador desempenha o papel de controlador de sinal (modulador), enquanto outro oscilador gera áudio (portador). Muitos VCOs oferecem conexões dedicadas para modulação por FM. Por exemplo, o VCO-104 da EMW possui uma entrada intitulada F.MOD, projetada especificamente para essa função. No exemplo abaixo, um sinal proveniente de um LFO é enviado para modular a frequência do VCO-104. O módulo também inclui um potenciômetro que permite ajustar a intensidade da modulação (índice de modulação).

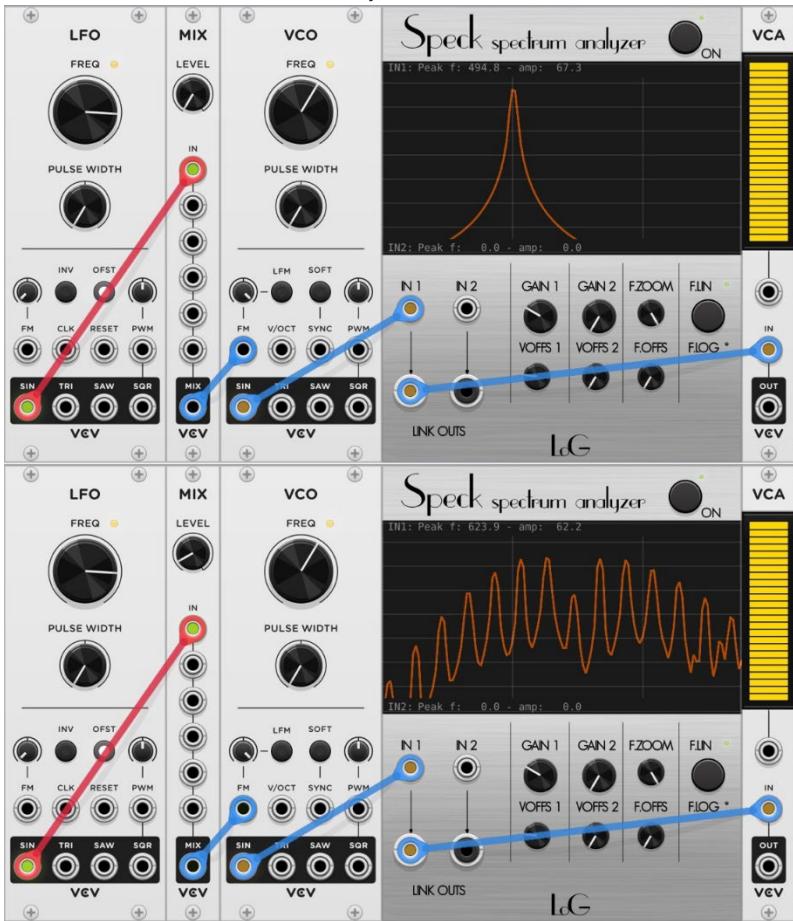
FIGURA 50 – Módulo LFO modulando a frequência de um VCO.



Fonte: ilustração do autor a partir de foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

A figura a seguir detalha visualmente o comportamento do sinal na modulação por síntese FM em sistema VCV Rack:

FIGURA 51 – Demonstração de síntese FM em VCV Rack.



Nesse caso, o LFO opera a uma frequência de 100 Hz, enquanto o VCO portador está configurado em 500 Hz. Na parte superior da figura, o controle do módulo MIX está em zero, impedindo qualquer influência do LFO sobre o VCO, que produz apenas sua frequência fundamental (500 Hz). Já na parte inferior, o MIX é ajustado para permitir a passagem de 10% do sinal do LFO. O resultado pode ser visualizado no analisador de espectros, que mostra a formação de bandas laterais características da modulação por FM (índice de modulação). Vale notar que as terminologias variam: no

EMW VCO-104, a entrada é rotulada como “F.MOD”, enquanto em plataformas como o VCV Rack utiliza-se o termo mais genérico “FM”. Para mais informações sobre síntese FM, ver Strange (2022, p. 113).

## **2.6 Geradores de ruído**

Além dos osciladores, outro módulo gerador de som bastante comum nos sintetizadores modulares é o gerador de ruído. Estes módulos são amplamente utilizados para criar sons percussivos ou efeitos que imitam sons naturais, como o som de vento ou de ondas do mar. O gerador de ruído produz um sinal contendo todas as frequências, gerado a partir de flutuações randômicas de voltagem. Quando essas flutuações são convertidas em sinal de áudio, resultam em um som semelhante ao de um rádio sintonizado entre estações (Crombie, 1982, p. 82).

Como objeto de estudo, analisaremos o módulo ANALOG NOISE 3X da EMW:

FIGURA 52 – Módulo EMW gerador de ruído.

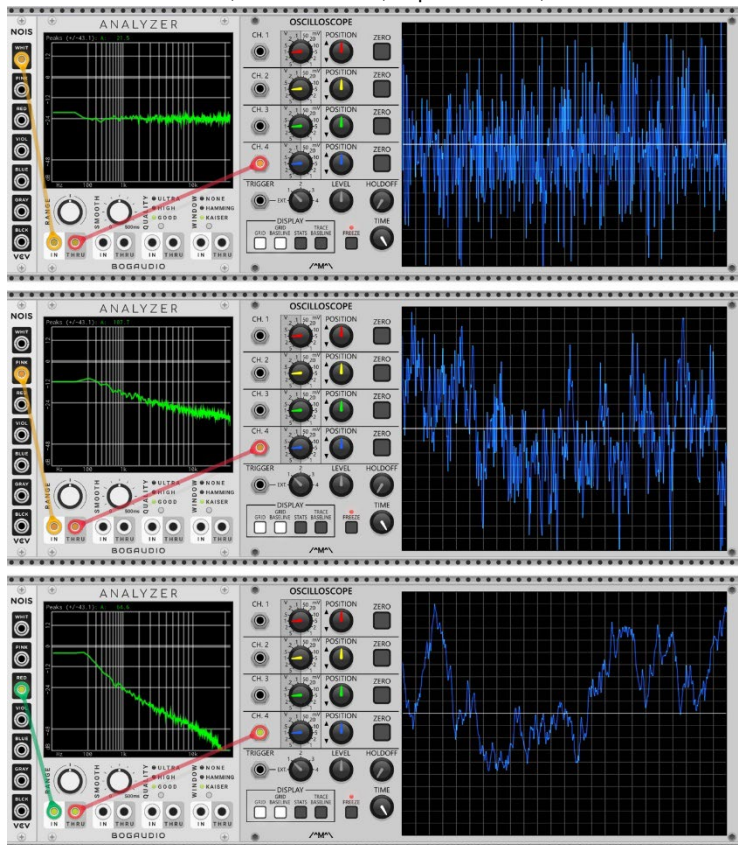


*Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).*

Este módulo possui um painel minimalista e gera três tipos distintos de sinal de ruído: ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho. Cada tipo de ruído apresenta características espectrais específicas (Roads, 2015, p. 103):

- Ruído branco (*white noise*): apresenta um espectro de frequências com resposta plana, ou seja, todas as frequências possuem a mesma intensidade. Muito usado como base para sintetizar sons de pratos ou efeitos de explosão.
- Ruído rosa (*pink noise*): possui um decaimento da amplitude de 3 dB por oitava, o que o torna mais equilibrado para a audição humana, pois reduz a energia nas frequências mais altas. Bastante empregado em teste de acústica ou criação de sons ambiente mais naturais.
- Ruído vermelho (*red noise*): apresenta um decaimento da amplitude de 6 dB por oitava, resultando em um som mais grave e escuro. Aplicado para criar texturas e ambientes densos.

FIGURA 53 – Ruído branco, rosa e vermelho, respectivamente, ilustrados no VCV Rack.



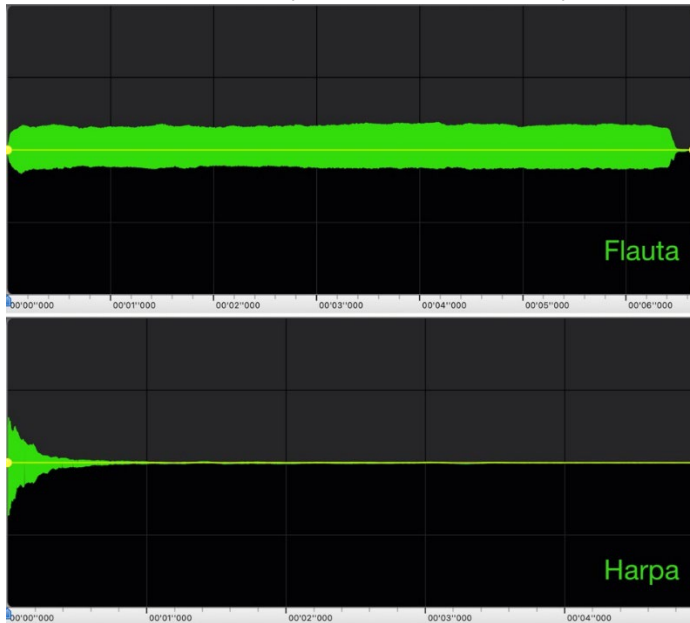
Em um setup clássico de sintetizador modular, o módulo de ruído é utilizado de duas maneiras principais:

- Como fonte sonora, geralmente interligado a um filtro para modelar o timbre desejado.
- Como gerador de dados randômicos de controle, conectado a módulos como sequenciadores ou sample & hold. Essa configuração permite a criação de variações aleatórias no controle de parâmetros, como altura, amplitude ou modulação, enriquecendo a expressividade sonora.

## 2.7 Geradores de Envelope (ENV, EG ou ADSR)

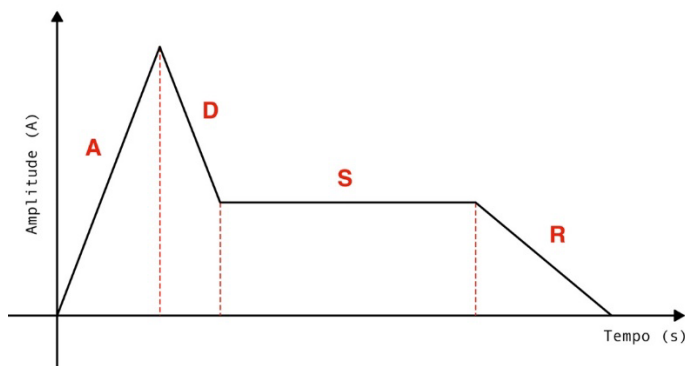
Toda manifestação sonora possui um comportamento temporal em relação à sua dinâmica. Por exemplo, a harpa e o piano apresentam um ataque rápido causado pelo martelo ou pelo dedilhar, seguido por um decaimento natural do som. Já um instrumento de sopro pode ter diferentes formas de ataque, uma sustentação controlada (pelo sopro) e um decaimento rápido ao cessar do som. Essas diferenças são ilustradas da seguinte forma:

FIGURA 54 – Envelope de uma flauta e de uma harpa.



Nos sintetizadores, o desenho do envelope do som é realizado por um módulo criado por Robert Moog, chamado Envelope Generator (EG), também conhecido como ADSR. A sigla ADSR representa as quatro etapas básicas de um gerador de envelope simples: *attack* (ataque), *decay* (decaimento), *sustain* (sustentação) e *release* (soltura).

FIGURA 55 – Envelope do tipo ADSR.



Fonte: ilustração criada pelo autor a partir de Dodge; Jerse (1997, p. 84)

Em alguns sintetizadores, o envelope é mais simples, possuindo apenas as etapas de ataque (A) e soltura (R), e é então denominado envelope AR. Segundo Kettlewell (2002), o gerador de envelope foi implementado por Robert Moog para trazer maior naturalidade aos sons sintéticos, imitando o comportamento dinâmico dos instrumentos acústicos. O próprio Moog descreve sua criação:

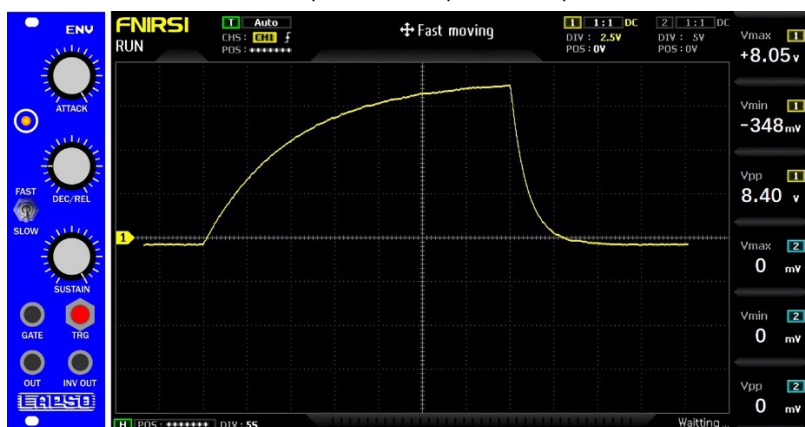
(...) O gerador de envelope dentro do teclado abria o amplificador de tensão controlada toda vez que pressionada a tecla, e é assim que o som era moldado. (...) O primeiro teclado que construímos usou um mecanismo de teclado de órgão, juntamente com alguns circuitos que abriam e fechavam o amplificador de tensão controlada sempre que uma tecla era pressionada, o que faria um envelope no som. Vladimir Ussatchevsky, que em 1964 era o chefe do Columbia-Princeton Electronic Music Center em Nova York, nos fez um pedido. Ele queria que eu criasse e construísse um gerador de envelope que tivesse quatro partes no envelope, o aumento inicial ou o ataque, a queda inicial ou a decadência, uma área plana chamada sustentação, e quando você soltasse o teclado ou o gatilho, a volta ao silêncio, que é chamado de soltura. Este envelope de quatro partes, ataque, decadência, sustentação, soltura, agora é bem conhecido para todos os músicos de eletrônica que tocam sintetizadores. É chamado de envelope ADSR. (Moog *apud* Kettlewell, 2002, p. 115)

Essa busca por recriar o gestual dos instrumentos acústicos em dispositivos eletrônicos também é abordada por Barry Truax (2015, p.

10), que afirma: “(...) Um dos grandes desafios na criação de sons eletroacústicos é estabelecer uma linguagem em que o gestual possa ser percebido”.

Como exemplo prático, analisaremos o ENV da Lapso, um gerador de envelope sonoro simples utilizado para controlar a amplitude do sinal de maneira semelhante ao comportamento dos instrumentos acústicos.

FIGURA 56 – Módulo gerador de envelope, ou genericamente ADSR como é tradicionalmente conhecido na música eletrônica. Ao lado direito uma medição no osciloscópio de cada etapa do envelope.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela LAPSO (2025).

O módulo ENV da Lapso apresenta uma entrada *gate*, duas saídas, um botão *trigger* e três potenciômetros para ajustar os parâmetros de ataque, decaimento/soltura e sustentação. O *gate* aciona o envelope e é disparado por impulsos de 2,5V. Segundo Crombie (1982) e Vail (2014), cada estágio do envelope desempenha um papel específico:

- Ataque (*attack*): o tempo necessário para o sinal alcançar sua voltagem máxima após o disparo do *gate*.
- Decaimento (*decay*): o tempo que o sinal leva para reduzir sua intensidade após o ataque.



No exemplo, uma interface MIDI envia a nota para o oscilador (linha amarela), convertendo-a em tensão. O sinal de áudio do VCO é então processado pelo VCA, que está conectado à interface de áudio. O envelope (linha azul) modula o VCA, e o osciloscópio (linha vermelha) mostra como a forma de onda recebe o formato dinâmico do envelope ADSR, com ataque, decaimento, sustentação e soltura. Em contraste, a linha verde apresenta a mesma onda gerada pelo VCO, mas sem passar pelo envelope-VCA, resultando em uma forma de onda contínua e desprovida de articulação (modulação dinâmica).

Portanto, o módulo ADSR é essencial para a articulação musical, controlando a dinâmica de notas e timbres. Sua função principal é modular a amplitude do sinal ao longo do tempo, conforme os parâmetros configurados. Embora seja comumente conectado a um VCA para controle de volume, o gerador de envelope também pode ser utilizado para modular filtros, tornando sua resposta mais orgânica. Isso se assemelha ao comportamento de instrumentos acústicos, em que variações na amplitude influenciam diretamente no timbre, criando sonoridades mais ricas.

## 2.8 Gate, trigger, clock

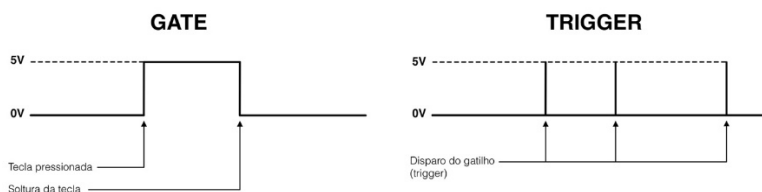
Em vários módulos e sintetizadores, nos deparamos frequentemente com conexões do tipo *gate* e *trigger* (tradução literal seria portão e gatilho, respectivamente). De forma geral, essas duas funções são relativamente semelhantes, pois enviam “ordens em Volts” aos módulos, que por sua vez podem interpretá-las de forma diferente<sup>3</sup>. Por exemplo, a ordem dada por um *gate* informa ao amplificador para

---

<sup>3</sup> Para aqueles conhecedores de Max ou Pure Data, a função “bang” (triggers) e “toggle” (gate) seriam boas analogias para se entender o porquê da necessidade de triggers e gates nos sintetizadores.

iniciar o ciclo do envelope de um som. É normalmente anexo ao ADSR de um teclado controlador MIDI: quando uma tecla (nota) é pressionada, o *gate* “abre” e envia +5V de sinal. Ele mantém a voltagem constante em +5V enquanto a tecla estiver pressionada. Quando a tecla for solta, o valor do *gate* cai para zero. Já o *trigger*, por outro lado, é apenas um impulso de voltagem. É apenas um “faça!” (ou “do it!” na terminologia em Max). O *trigger* pode acionar a mudança de canais de um sequenciador, ou controlar um *sample and hold*, como veremos mais adiante. Segundo Wilson (2013, p. 40), ambos são impulsos que vão de zero a algum valor positivo de voltagem. A diferença é que o *trigger* é por natureza muito rápido, às vezes alguns milissegundos apenas, enquanto que a duração do *gate* é controlada por algum tipo de interação, como no caso de uma tecla pressionada por um pianista.

FIGURA 58 – Funções de gate e trigger e seus valores em voltagem.



Fonte: ilustração criada a partir de Ray Wilson (2013, p. 40)

Na prática, qual a diferença entre um *trigger* e *gate*? O *gate* pode ser encarado como a nota sustentada em um teclado, com a tecla pressionada. Ou seja, o gráfico da figura acima mostrará o *gate* aberto por quanto tempo durar o gesto de pressionar uma tecla. Isso influenciará na duração da nota. Com a função de *trigger*, por outro lado, interessa-nos mais o impulso inicial, e não quanto tempo vai durar. Com o *trigger*, “aproveita-se” esse impulso para disparar algo.

Em se tratando de diferença de tempo, chegamos ao conceito de “clock” (relógio). O *clock*, dentro do contexto dos sintetizadores

modulares, refere-se a um sinal periódico utilizado para sincronizar diferentes módulos e dispositivos. Ele funciona como um metrônomo eletrônico, enviando pulsos regulares (*triggers* periódicos) que definem o ritmo ou o tempo de uma execução. Conceitualmente, o *clock* estabelece uma referência temporal, permitindo que sequenciadores, moduladores, geradores de envelope e outros módulos trabalhem em sincronia.

Em termos de hardware, exemplificamos com o EMW BPM GENERATOR:

FIGURA 59 – Módulo EMW gerador de BPM (clock).



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Este módulo de *clock* apresenta controles de tempo (ajustado em BPM – batidas por minuto), além de conexões para enviar ou receber sinais de sincronização. O *clock* é essencial para garantir coordenação rítmica e temporal em sistemas modulares, sendo amplamente utilizado

tanto em performances ao vivo quanto em produções em estúdio. Na prática, ao conectarmos a saída de um *clock* a um sequenciador, por exemplo, cada pulso gerado pelo *clock* fará o sequenciador avançar um passo. Alguns módulos apresentam outras funcionalidades, como a possibilidade de subdivisões rítmicas de 1/4, 1/8 ou 1/16.

## 2.9 Amplificadores (VCA)

O módulo VCA (*Voltage Controlled Amplifier*) permite controlar a amplitude de um sinal por meio da modulação de tensão, cuja principal fonte geralmente é o gerador de envelope (Wilson, 2013, p. 46). Como aponta Crombie (1982, p. 30), este módulo normalmente opera em conjunto com o gerador de envelope. Em um patch típico, o VCA é modulado por um envelope que gera uma tensão de controle variável ao longo do tempo, imitando o comportamento natural de aumento e diminuição na intensidade do som.

Embora o termo “amplificador” seja utilizado, o VCA não amplifica o sinal no sentido tradicional. Segundo Devarahi (1982, p. 66), o nível de saída do VCA não excede o nível de entrada. O módulo é usado principalmente para controlar o ganho do sinal de áudio, limitando-o ao valor máximo de 1, que representa 100% do sinal de entrada sendo encaminhado para a saída. O conceito de “amplificação”, nesse contexto, pode ser compreendido como a capacidade de tornar o som mais forte ou mais fraco, como explica Moog: “um amplificador simplesmente torna o som mais forte ou mais fraco” (Moog apud Kettlewell, 2002).

O modelo VCA 101 da EMW é um exemplo simples que ilustra a relação entre um sinal de áudio e a modulação aplicada pela entrada de um envelope:

FIGURA 60 – Módulo VCA com as conexões e controles de sinal e de envelope.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

O módulo VCA 101 possui dois canais de entrada, ambos com controles de ganho independentes. Além da capacidade de mixar dois sinais, ele oferece uma entrada de envelope (env. in) para receber a modulação proveniente de um gerador de envelope. Por fim, conta com uma conexão de saída (out) que fornece o sinal resultante após o processamento pelo VCA.

Alguns módulos de VCA permitem a modulação direta da amplitude no próprio módulo, como é o caso do EMW VCA S700:

FIGURA 61 – Módulo VCA S700 com a possibilidade de modulação da amplitude.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

O S700 possui a conexão MOD.IN, que permite a inserção de fontes de modulação (como LFO ou VCO), e um potenciômetro MOD.LEVEL para ajuste manual do nível de modulação. Essa configuração oferece flexibilidade para criar dinâmicas em tempo real, incluindo efeitos de tremolo ou texturas sonoras via modulação por amplitude (AM), diretamente no VCA. Isso amplia as possibilidades criativas em patches modulares, tornando este tipo de VCA uma ferramenta interessante para síntese sonora avançada.

## 2.10 Filtros (VCF)

O VCF é um filtro controlado por tensão elétrica. Todo filtro tem como função permitir ou inibir a passagem de determinados

componentes. Com os filtros de áudio, isso não é diferente: eles enfatizam certos componentes harmônicos de uma onda complexa enquanto atenuam ou bloqueiam outros, causando mudanças tímbricas na onda filtrada em relação à onda original (Devarahi, 1982, p. 50). Por isso, os filtros são frequentemente associados à síntese subtrativa. Robert Moog explica o desenvolvimento de seus filtros (Moog apud Kettlewell, 2002):

O último módulo que eu quero mencionar é o filtro controlado por tensão, que foi encomendado em 1965 por Gustav Ciamaga da Universidade de Toronto. Este filtro é um dispositivo que enfatiza ou atenua (reduz) várias partes de um som musical... o que chamamos de overtones. Ao fazê-lo, ele muda o timbre sem alterar a altura ou a intensidade. O filtro controlado por tensão permitiu que as mudanças de timbre no som fossem afetadas rapidamente e os *sintetizadores* analógicos se distinguem mais por suas capacidades de filtro de controle do que por qualquer outra função.

Segundo Crombie (1982, p. 25) e Roads (2015, p. 130-131), existem quatro tipos principais de filtros:

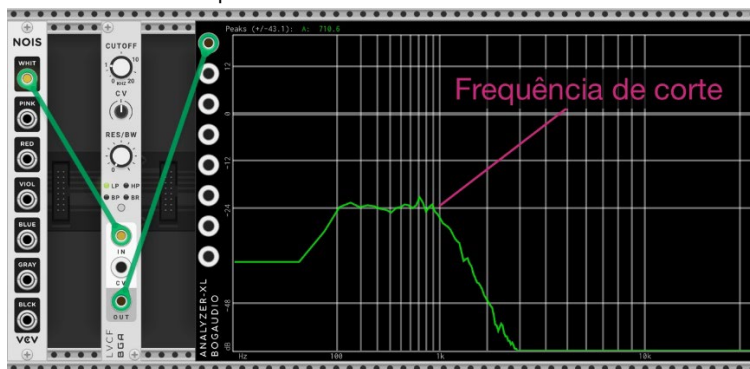
- *Low-pass filter* (LPF – passa-baixas): remove todas as frequências acima de uma frequência determinada.
- *High-pass filter* (HPF – passa-altas): remove todas as frequências abaixo de um ponto específico.
- *Band-pass filter* (BPF – passa-bandas): remove todas as frequências que não fazem parte de uma banda selecionada.
- *Notch filter* ou *band-reject filter* (rejeita-bandas): remove as frequências de uma banda específica.

Em filtros modulares, há normalmente as seguintes possibilidades de tipos de conectores e controles:

- *Cutoff*: seleciona a frequência de corte para os filtros.
- *Resonance* (ou *Q*): controla a realimentação de uma determinada frequência, enfatizando-a.
- *Audio In*: ajusta a intensidade de entrada do sinal.
- *Mod. Level* (ou *CV*): regula a intensidade da modulação.

A frequência de corte de um filtro (*cutoff frequency*) é conceitualmente o ponto em que a amplitude decai 3 dB. Trata-se de um decaimento gradual, não de um corte abrupto:

FIGURA 62 – Frequência de corte de um filtro visualizada em VCV Rack.

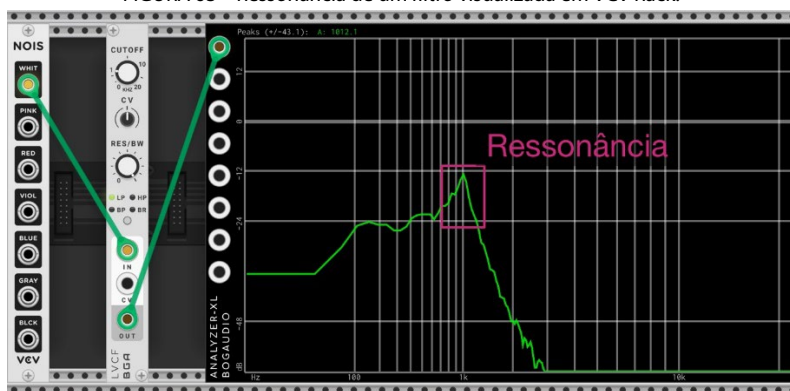


Outra terminologia importante para filtros é a inclinação da atenuação (*filter slope*) ou “rolagem” (*roll-off*). Como mostrado na figura acima, o corte de um filtro não é abrupto, e o ângulo do declínio é conhecido como *filter slope*. Alguns fabricantes adotam uma curvatura de atenuação medida em decibéis por oitava: 12 dB/oct (como nos filtros do Arp Odyssey) ou 24 dB/oct (como nos filtros Moog). Em alguns casos, segundo Akins (2021, p. 33), o decaimento de cada 6 dB é classificado com outra terminologia: *pole*. Por exemplo, um filtro com atenuação de 6 dB tem 1 *pole*, enquanto um com 24 dB tem 4 *poles*.

Por fim, a ressonância é outro controle presente em alguns filtros. Como o próprio termo sugere, trata-se de uma amplificação seletiva de

frequências, funcionando quase como um filtro passa-banda acoplado ao filtro principal. Dependendo do fabricante, pode ser chamada de *feedback* ou “Q” (qualidade). Deutsch (1976, p. 96) aponta outras terminologias, como “regeneração” e “ênfase”. Em configurações de alta ressonância, o filtro pode inclusive oscilar por conta própria, mesmo sem nenhum sinal de entrada, funcionando como um oscilador. Vale destacar que este comportamento é exclusivo de módulos físicos analógicos (Crombie, 1982, p. 25; Wilson, 2013, p. 45).

FIGURA 63 – Ressonância de um filtro visualizada em VCV Rack.



No mercado de modulares, é comum encontrarmos uma diversidade de combinações. Para exemplificar, apresentaremos aqui quatro módulos de fabricantes brasileiros:

- EMW Fixed Filter Bank
- EMW VCF-MG24
- LAPSO VCF FIL
- VBrazil 12dB State Variable VCF

O EMW Fixed Filter Bank é uma combinação de oito filtros de banda, cada um com uma faixa de frequência específica e saída dedicada, além de uma saída que mixa todas as bandas.

FIGURA 64 – Módulo Fixed Filter Bank da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Já o VCF-MG24 da EMW é um filtro ressonante do tipo low-pass, fabricado no mesmo estilo dos filtros Moog de 24 dB por oitava. Segundo o fabricante, é projetado para se assemelhar ao filtro do Minimoog.

FIGURA 65 – Módulo EMW MG24 baseado nos filtros da Moog.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

No módulo MG24, temos duas entradas de sinal (Audio in), dois pontos de modulação (Mod. in) e duas saídas de sinal (VCF out).

Outro exemplo interessante é o módulo VCF FIL da Lapso. Segundo o fabricante (Lapso, 2025) o módulo é inspirado no projeto de Moritz Klein. Inclui ajuste interno para regular a intensidade do parâmetro *resonance* e oferece duas entradas para controle externo, como LFOs, que podem ser utilizados simultaneamente para modular o parâmetro *cutoff*. A entrada CV possui um controle dedicado para ajustar a intensidade do sinal de modulação.

FIGURA 66 – Módulo da LAPSO, com chave seletora entre filtro do tipo LPF e BPF.



*Fonte: Foto gentilmente cedida pela LAPSO (2025).*

Por fim, o 12dB State Variable VCF da VBrazil Systems é um filtro analógico avançado de dois canais. Ele oferece saídas simultâneas de passa-baixas (LP de 12dB e 18dB), passa-banda (BPF) e passa-altas (HPF), além de um controle dedicado para ressonância:

FIGURA 67 – Módulo de filtro da VBRAZIL.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela VBRAZIL (2025).

Sua principal novidade está na implementação de uma resposta variável de 12dB/oitava e de 18dB/oitava. O design foi otimizado para modularidade, com ampla faixa de controle e resposta dinâmica. Segundo o fabricante, este filtro possui um VCA incorporado e é “(...) auto ressonante, podendo ser usado como um VCO (1 Volt/Oitava), gerando uma senoide de alta qualidade” (VBRAZIL, 2025). Para mais informações sobre diferentes tipos de filtro, ver Strange (2022, p. 147).

## 2.11 Síntese subtrativa

De forma geral, a síntese subtrativa é o principal método de síntese sonora trabalhado com sintetizadores modulares. O conceito é simples: subtraem-se informações de uma fonte sonora com certa complexidade

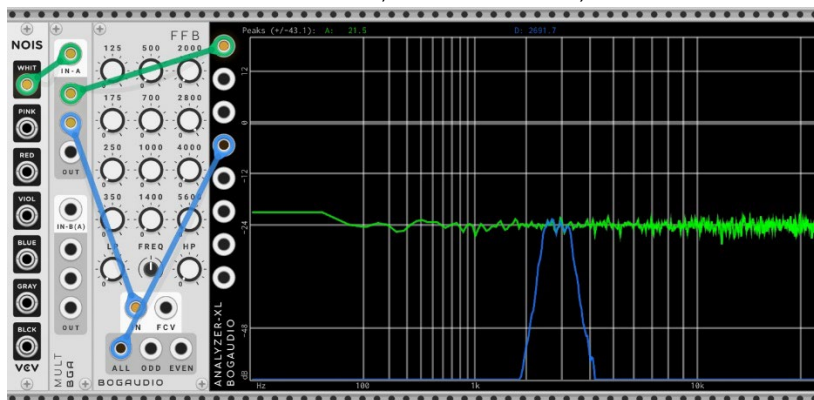
espectral, utilizando filtros para modificar o conteúdo harmônico do som (Holmes, 2008, p. 200). Essa fonte pode ser, por exemplo, um gerador de ruído branco ou uma forma de onda quadrada. Na prática, a ideia central da síntese subtrativa é criar uma diversidade de sonoridades utilizando poucos recursos. As figuras abaixo ilustram a aplicação dessa técnica em sintetizadores analógicos e sua simulação no VCV Rack. Em ambos os casos, temos um módulo gerador de ruído e um módulo responsável pela filtragem.

FIGURA 68 – Módulos da EMW ilustrando a filtragem (VCF S100) de um gerador de ruído (ANALOG NOISE 3X).



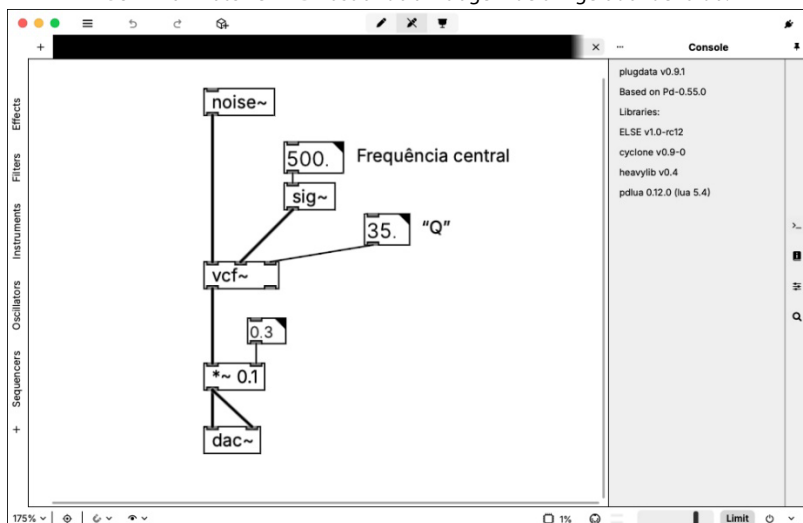
Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

FIGURA 69 – Filtragem em VCV Rack. Da esquerda para direita: gerador de ruído (branco), multiplicador de sinal, filtro de banda (FFB) com ênfase em 2800 Hz e espectrograma (verde = sinal sem filtro; azul = sinal com filtro).



A seguir, observe o mesmo patch implementado em Pure Data (PD):

FIGURA 70 – Patch em PD ilustrando a filtragem de um gerador de ruído.



Na figura acima, é apresentado o fluxo de sinal de uma síntese subtrativa básica: um gerador de ruído chamado [noise~], um filtro denominado [vcf~], um controle de ganho do sinal operado pelo objeto

[\*~], e um conversor de dados digitais para sinal analógico chamado [dac~]. O filtro está configurado no modo passa-banda (*band-pass*) e possui parâmetros ajustáveis, como a frequência de corte (*cutoff*, definida em 500 Hz) e a largura de banda (*Q*, ajustada em 35). Dessa forma, os diferentes ajustes na frequência central e na largura de banda resultam em uma grande diversidade de sonoridades.

## 2.12 Osciladores de baixa frequência (LFO)

O oscilador de baixa frequência (LFO, ou *low frequency oscillator*) tem como função principal gerar uma onda periódica em frequências baixas, normalmente utilizadas para controlar alguma modulação, geralmente na faixa de 0,2 Hz a 20 Hz. De acordo com Vail (2014, p. 138), ao invés de servir como fonte sonora, o LFO atua modulando outros componentes, podendo, por exemplo, modular a amplitude do VCA, criando um efeito de tremolo, ou modular a frequência de um VCO, aproximadamente entre 6 Hz e 9 Hz, gerando um vibrato (Roads, 2015, p. 130). Além disso, o LFO pode modular a frequência de um VCO e gerar um espectro FM. Portanto, o LFO deve ser entendido não como um gerador de som em si, mas como um gerador de modulação projetado para interagir e modificar outros módulos no patch. Sua função primária não é ser ouvido diretamente, como um VCO, mas sim modular outros módulos. No exemplo abaixo, comparamos um LFO emitindo uma onda senoidal de 10 Hz (em vermelho) e um VCO emitindo uma onda triangular de 400 Hz (em verde):

FIGURA 71 – Comparação de um LFO de 10Hz (vermelho) e um VCO com 400Hz (verde).



É importante destacar que alguns fabricantes projetam LFOs capazes de operar em uma faixa de frequência muito mais ampla. Por exemplo, alguns modelos chegam a atingir 35 Hz (Crombie, 1982, p. 32). Isso amplia as possibilidades do LFO, permitindo transições suaves entre modulação lenta e sons audíveis. Esses LFOs geralmente possuem chaves que permitem alternar entre diferentes faixas de operação, comumente rotuladas como *fast* (rápido) e *slow* (lento). Isso significa que, dependendo do modelo e do fabricante, o LFO pode transcender seu papel tradicional, funcionando como um VCO em frequências audíveis. Por fim, as formas de onda mais comuns nos módulos LFO incluem: senoidal, triangular, dente de serra e quadrada.

Há uma grande diversidade de LFOs no mercado. Como exemplo, analisamos abaixo o módulo MULTI LFO-NOISE da EMW. Este módulo possui três potenciômetros que resumem bem os principais parâmetros de um LFO: controle da frequência da onda, seletor de formas de onda e controle da intensidade do sinal gerado. Ele opera em frequências de 0,2 Hz a 12 Hz, conta com duas saídas idênticas de sinal e oferece oito formas de onda: dente de serra, rampa (dente de serra invertida), quadrada, triangular, senoidal, senoidal retificada, spike e ruído.

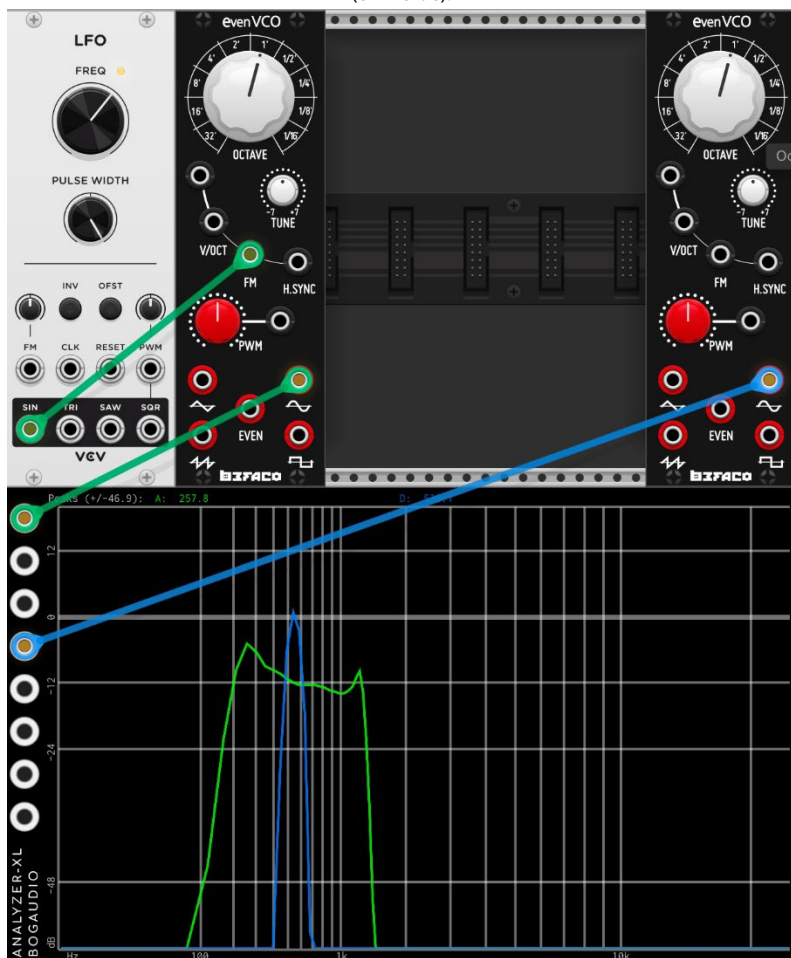
FIGURA 72 – Módulo MULTI-LFO-NOISE da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

No próximo exemplo, em VCV Rack, apresentamos dois VCOs: um com e outro sem modulação por um LFO. A ação do LFO resulta em modulação por frequência (FM).

FIGURA 73 – Onda senoidal pura (em azul) e ela tendo sua frequência modulada por um LFO (em verde).

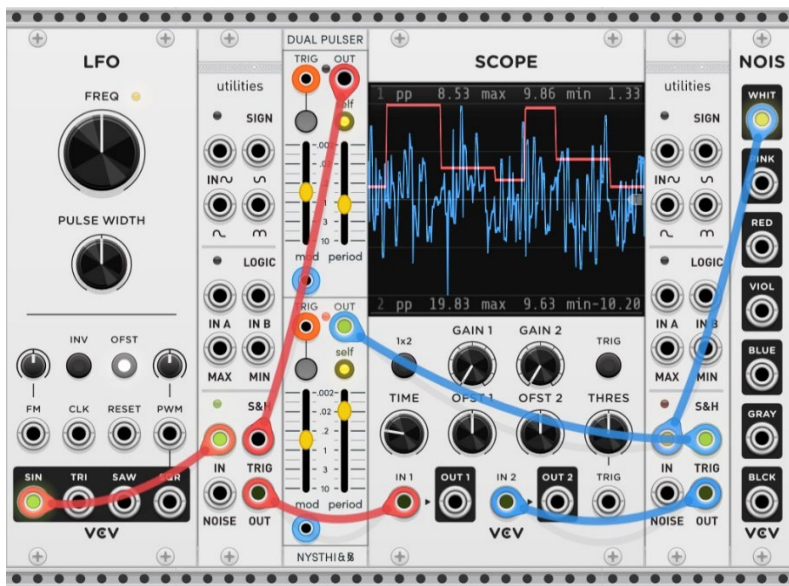


Na linha azul, o VCO opera sem o LFO, produzindo apenas uma onda senoidal simples (uma única frequência). Já na linha verde, temos o VCO modulado por FM, o que resulta em um espectro complexo devido à ação do LFO. Essa técnica é uma maneira eficiente e acessível de gerar espectros ricos e complexos utilizando apenas um VCO e um LFO.

## 2.13 Sample and hold

A função de “Sample and Hold” (doravante S&H) é extremamente útil para elevar a complexidade de nossos patches. A tradução de S&H é literalmente “amostrar” (medir) e “reter”. Definimos um S&H como uma função que mede a tensão de um sinal contínuo em intervalos regulares de tempo e que retém esses valores até a próxima medição. O resultado dessa operação é ilustrado na figura abaixo:

FIGURA 74 – Patch em VCV Rack. Da esquerda para a direita: LFO, S&H, clock, osciloscópio, S&H e ruído.



No exemplo acima, temos dois cenários de S&H: LFO e S&H (em vermelho no osciloscópio) e Ruído Branco e S&H (em azul no osciloscópio). O LFO emite uma onda senoidal, que é capturada pelo S&H em intervalos regulares de tempo determinados por um clock (neste caso um clock lento). O resultado do S&H nesse caso também é mostrado em vermelho. Já no segundo exemplo, um gerador de ruído é amostrado

por outro S&H em intervalos mais curtos (*clock* rápido). Devido à natureza “errática” do ruído, o sinal medido pelo S&H resulta em uma leitura mais randômica, representada em azul no osciloscópio. Desta forma, o S&H funciona, em ambos os casos, como um gerador de dados para alimentar e controlar outros módulos. Por exemplo, as informações geradas e mostradas no osciloscópio poderiam ser enviadas para controlar a frequência de VCOs, resultando em alturas específicas, ou para VCFs, gerando variações timbrais.

No universo analógico, podemos citar como exemplo o módulo EMW SAMPLE & HOLD. Esse módulo, como muitos outros S&H, opera com os seguintes parâmetros principais:

- *Clock frequency* (frequência do *clock*): controla a taxa de amostragem do S&H;
- *Input level* (nível do sinal de entrada): ajusta a amplitude do sinal recebido;
- *Glide* (interpolação entre valores): suaviza a transição entre valores amostrados;
- *Output level* (nível do sinal de saída): ajusta a amplitude do sinal gerado.

Além disso, o módulo conta com uma chave seletora para alternar entre um *clock* interno ou externo.

FIGURA 75 – Módulo EMW SAMPLE &amp; HOLD.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

No que diz respeito às conexões, o módulo apresenta (da esquerda para direita, de cima para baixo):

- Saída Ruído branco;
- Saída Onda triangular;
- Saída Onda quadrada;
- Saída Gate;
- Entrada: Clock externo
- Saída Trigger;
- Entrada: S&H
- Saída (duplicada): sinal retido pelo S&H.

É comum que módulos de S&H incluam geradores de ruído e formas de onda embutidos, servindo como fontes internas para leitura.

Isso garante que o módulo possa operar de maneira autossuficiente, sem depender de sinais externos. Por fim, destacamos que o S&H é essencial em patches modulares, pois gera dados pseudoaleatórios ou aleatórios a partir de fontes simples, como osciladores e geradores de ruído.

## **2.14 Sequenciadores**

Durante o auge da música experimental e da Tape Music (música criada com fita magnética), o fabricante Donald Buchla (1937-2016) e o compositor Morton Subotnick (1933-) desenvolveram um módulo que expandiu as possibilidades lógicas do pensamento composicional. Subotnick declarou que “[...] essa ideia de corte e emenda [de tape] era ridícula”, referindo-se à dificuldade e à imprecisão inerentes ao processo manual de manipulação física da fita magnética (Subotnick apud Chadabe, 1997, p. 146). Com base nessa crítica, Buchla desenvolveu o sequenciador nos sistemas modulares como uma alternativa mais prática e criativa — ainda que a ideia de sequenciadores remonte aos anos 1930, com o Rhythmicon, criado por Lev Termen em colaboração com Henry Cowell. Joel Chadabe descreve a inovação de Buchla da seguinte forma:

A ideia de Buchla era construir um sistema modular controlado por tensão. Seu conceito incluiu a ideia de um sequenciador, um dispositivo analógico automatizado que permitia que um compositor configurasse e guardasse uma sequência de notas (ou uma sequência de sons, ou intensidade, ou outra informação musical) e reproduzi-la automaticamente. Como ele disse: ‘Minha primeira ideia foi reduzir a mão de obra no corte de fitas, e foi daí que o sequenciador veio, então se eu construísse um sequenciador de dezesseis etapas, eu poderia eliminar dezesseis cortes’ (Chadabe, 1997, p. 147)

Sequenciadores são, portanto, módulos utilizados para disparar uma sequência de eventos, como notas, tensões ou outros parâmetros musicais, de forma automatizada e cíclica.

A EMW apresenta diversos módulos do tipo sequenciador. Para exemplificar, utilizaremos o modelo SEQUENTIAL VOLTAGE, que possui oito canais capazes de disparar sequencialmente diferentes voltagens:

FIGURA 76 – Módulo sequenciador de tensão da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Cada potenciômetro do módulo controla uma saída de tensão que pode variar entre 0 e 10 Volts. É possível ajustar os valores girando os potenciômetros para selecionar diferentes tensões dentro dessa faixa. A mudança entre os canais é controlada por um dispositivo de *trigger*

externo conectado à entrada “clk. in” (clock in). De acordo com o fabricante, o impulso enviado ao clock in deve ter valores entre 2,5 e 15 Volts. As saídas out (idênticas) seguem a sequência dos canais de 1 a 8, disparando as tensões armazenadas em cada etapa.

## 2.15 Wavefolder

Um wavefolder é um dispositivo de síntese modular usado para transformar formas de onda relativamente simples em sons mais complexos e ricos em harmônicos. Ele recebe uma forma de onda de entrada, geralmente proveniente de um oscilador – como uma onda senoidal, triangular ou dente de serra – e a modifica por meio de um processo de dobra ou curvatura não linear. Esse processo gera harmônicos adicionais, alterando significativamente o timbre original.

O processo de dobra (*folding*) envolve a curvatura da forma de onda, fazendo com que ela “volte sobre si mesma” em pontos específicos. Quando a amplitude da onda ultrapassa um limite pré-definido (ou ajustável, dependendo do módulo), ela é invertida ou espelhada, criando uma nova forma de onda. Esse procedimento pode ser repetido várias vezes, aumentando a complexidade harmônica e resultando em timbres mais ricos.

Os wavefolders geralmente possuem uma série de controles que permitem ao usuário ajustar os parâmetros do processo de dobra. Abaixo, analisaremos o módulo OVERFOLDER da VBrazil:

FIGURA 77 – Módulo Overfolder da VBrazil.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela VBRAZIL (2025).

- *Symmetry*: ajusta a simetria da dobra, o que afeta a distribuição dos harmônicos, criando timbres mais balanceados ou assimétricos, dependendo da posição do controle.
- *Fold* (quantidade de dobra): controla o grau em que a forma de onda é dobrada. Um aumento na dobra resulta em mais harmônicos e um som mais complexo. Esse parâmetro atua alterando o ganho ao longo da cadeia de estágios.
- *Over*: altera a sensibilidade do processo de folding, resultando no que a VBrazil chama de “over folding”. Esse controle causa mudanças radicais no espectro harmônico do sinal gerado: “(...) altera a sensibilidade de ‘folding’ causando o efeito que chamei de ‘over folding’, mudando radicalmente o espectro harmônico do sinal gerado” (VBRAZIL, 2025).

Os *wavefolders* são ferramentas eficazes para criar sons inarmônicos, que não são facilmente alcançados com osciladores básicos, os quais tendem a produzir formas de onda com harmônicos previsíveis. Eles são amplamente utilizados para criar texturas, drones e timbres evolutivos, mas também podem ser aplicados a *leads*, baixos ou sons percussivos para adicionar complexidade harmônica e inarmônica.

## **2.16 Interfaces controladoras externas**

As interfaces de controle são o meio pelo qual o usuário interage diretamente com o sintetizador e seus módulos, ajustando parâmetros e explorando suas possibilidades sonoras. Através dessas interfaces, é possível modificar aspectos como altura, frequência de corte de filtros, estágios de um envelope, entre outros.

É fundamental destacar a importância dessas interfaces, pois elas são os principais veículos de comunicação entre o músico e o instrumento. Como afirma Cook (2004, p. 316), “a principal falha no paradigma controlador/sintetizador é a perda da intimidade entre o músico e o instrumento”. Nesse sentido, a escolha do ambiente de interação mais adequado para cada músico se expressar deve ser cuidadosamente considerada. Há uma ampla variedade de interfaces controladoras disponíveis no mercado, sendo as mais comuns:

- Teclado de piano: amplamente utilizado em sintetizadores como os da Moog, é uma interface popular que, geralmente em combinação com a tecnologia MIDI, controla a altura das notas e outros parâmetros. Consolidou-se como interface principalmente pelo sucesso do álbum “Switched-On Bach” (1969) de Wendy Carlos (Holmes, 2008, p. 212, 219).

- Placas de toque (controlador capacitivo): muito usadas em sintetizadores da Buchla, essas placas permitem o controle sensível ao toque, capturando a posição e, em alguns casos, a pressão exercida pelo usuário.
- Antenas: características dos Theremins, essas interfaces captam o movimento das mãos no campo eletromagnético, possibilitando o controle contínuo de parâmetros como altura e volume.
- Potenciômetro (*knob*): um controle giratório que ajusta parâmetros de forma contínua.
- *Fader / slider*: controles deslizantes, horizontais ou verticais, que permitem ajustes precisos de valores.
- Botões (*triggers, buttons*): atuam como gatilhos para disparar eventos ou iniciar modulações em um sintetizador.
- *Joystick*: oferece controle bidimensional, permitindo a manipulação simultânea de dois parâmetros.
- Piezo de contato / microfone: normalmente conectados a um módulo de *envelope follower*, capturam vibrações ou sons, convertendo-os em sinais de controle que podem modular outros parâmetros do sintetizador.
- Discador (*dial*): um controle deslizante em formato de disco, usado para ajustar valores contínuos.
- Interruptor (*switch*): dispositivo eletrônico que permite ou interrompe o fluxo de sinal elétrico. É usado para ativar ou desativar funções, alterar caminhos de sinal ou selecionar entre diferentes opções em um módulo.
- Matriz (*matrix*): sistema de roteamento flexível que funciona como um *patch bay*, permitindo a criação de conexões de sinal complexas entre diferentes componentes do sintetizador.

Dada a ampla funcionalidade dessas interfaces, elas se tornam indispensáveis na manipulação de sintetizadores modulares. Nas figuras abaixo, destacamos exemplos de algumas dessas interfaces:

FIGURA 78 – Sintetizador VCS3 Clone, da RecoSynth. Detalhe da matriz e do joystick.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela RecoSynth (2025).

FIGURA 79 – Sintetizador MicroBrute da Arturia. Detalhe do teclado.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela Arturia (2025).

FIGURA 80 – Sintetizador Mutuca, da RecoSynth. Detalhe dos potenciômetros, interruptores e botões.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela RecoSynth (2025).

FIGURA 81 – Sintetizador Phonedrone (ao lado esquerdo, em amarelo), da RecoSynth. Detalhe do discador.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela RecoSynth (2025).

FIGURA 82 – Módulo Finger da Pantala Labs e sintetizador MicroFreak da Arturia. Detalhe para as placas de toque em ambos equipamentos.



Fonte: Fotos gentilmente cedidas por Gibran Salomão / PantalaLabs (2025) e Arturia (2025).

## 2.17 Interfaces digitais

No panorama atual, recomendamos expandir as ferramentas analógicas para integrá-las ao universo digital. Afinal, a proposta deste

livro é explorar o uso de instrumentos físicos, sejam eles analógicos ou digitais. Deixando de lado a clássica disputa entre “analógico versus digital”, propomos aqui a fusão dessas tecnologias em prol dos processos criativos dos artistas. Embora os filtros analógicos sejam reconhecidos por sua riqueza sonora e osciladores analógicos pela pureza de suas formas de onda, as ferramentas digitais oferecem vantagens únicas, como síntese granular e precisão no sequenciamento.

Dito isso, apresentamos algumas possibilidades de integração entre modulares analógicos e tecnologias digitais. A primeira estratégia é a utilização de uma interface conversora. Muitos fabricantes atuais já incorporam sinal MIDI com conexões USB. Para sintetizadores puramente analógicos, a Ratton, empresa sediada em Curitiba-PR, oferece o modelo MIDI2CV, que converte sinais MIDI em sinais elétricos no padrão Eurorack. Na figura abaixo, observamos a possibilidade de conexão tanto via MIDI quanto USB, com conversão para CV e gate no formato Eurorack.

FIGURA 83 – Interface MIDI2CV de Miguel Ratton.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela RATTON (2025).

Além de equipamentos dedicados, como o MIDI2CV, é possível conectar sistemas modulares a interfaces de áudio com acoplamento DC

(*DC coupled*). Interfaces *DC coupled* permitem enviar sinais de controle gerados no computador diretamente para o sistema Eurorack. Esses sinais podem modular filtros, osciladores e outros módulos. Em contraste, interfaces de áudio comuns (*AC coupled*) filtram sinais DC e não conseguem transmitir sinais de controle. Assim, uma interface *DC coupled* possibilita o envio de voltagens estáveis, oferecendo controle preciso do sistema modular.

O fabricante Expert Sleepers (2025) é referência em módulos Eurorack para conversão analógico-digital, mas outros fabricantes, como PreSonus, Universal Audio, MOTU, Apogee e RME, também oferecem interfaces de áudio com suporte a *DC coupling*. No ambiente digital, diversos softwares permitem interação direta com sistemas Eurorack, utilizando essas interfaces. Por exemplo, Csound, SuperCollider, Max/MSP e Pure Data são compatíveis com a geração de sinais CV. O VCV Rack também é uma excelente ferramenta para integração com modulares físicos. Além disso, DAWs como Reaper, Ableton Live, FL Studio, Softube Modular, Native Instruments Blocks, Reason, Bitwig Studio e Spekro Audio suportam comunicação com sistemas Eurorack.

## 2.18 Eco / delay

A função de delay (atraso) é uma ferramenta poderosa, que possibilita a recursividade em um circuito e amplia o nível de complexidade de um patch. Esse recurso pode ser usado tanto para gerar atrasos de áudio, como em ecos, quanto para criar efeitos como *flanger* ou mesmo simular sons de cordas com Karplus-Strong<sup>4</sup>. Seja

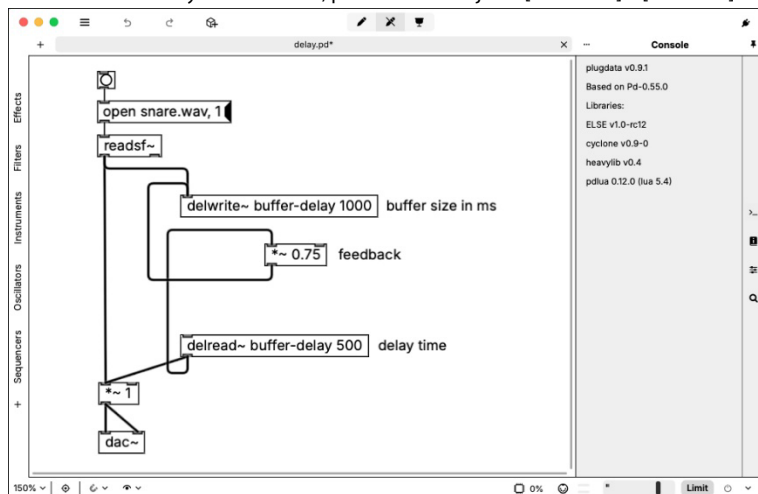
---

<sup>4</sup> Karplus-Strong é uma técnica usada para simular sons de cordas por meio de delays curtos e feedback controlado.

processando sinais de áudio ou de controle, o delay permite explorar realimentações e sobreposições de uma mesma instância do sinal, resultando em saídas complexas e dinâmicas.

Abaixo, ilustramos o funcionamento de um delay em Pure Data, destacando o fluxo de sinal de um delay com feedback:

FIGURA 84 – Delay em Pure Data, por meio dos objetos [delwrite~] e [delread~].



No exemplo, o sinal original é reproduzido pelo objeto [readsf~], amplificado por [\*~] e enviado à saída de áudio [dac~]. Para introduzir o atraso, uma parte do sinal é enviada para [delwrite~], que grava o áudio em um buffer com tamanho especificado em 1000 milissegundos. O objeto [delread~] lê o conteúdo desse buffer após o tempo de atraso definido (500 ms). O feedback é controlado pelo objeto [\*~ 0.75], que retorna 75% do sinal ao início do fluxo do delay. Ou seja, 75% do sinal processado é retroalimentado ao início do fluxo do delay, permitindo repetições sucessivas com decaimento gradual. Nesse contexto, o delay funciona com a seguinte lógica:

QUADRO 3 – Decaimento da amplitude de um sinal processado por delay com feedback.

Som	Linha do tempo (ms)	Amplitude
Impulso original	0	100%
Delay 1	500	100%
Delay 2	1000	75%
Delay 3	1500	56,25%
Delay 4	2000	42,19%
etc.	etc.	etc.

O módulo digital ECHO da EMW produz resultados similares. Este delay gera uma sequência de repetições do sinal de entrada.

FIGURA 85 – Módulo EMW ECHO para efeito de eco-delay.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Como parâmetros, o módulo permite ajustar:

- Tempo de repetição (delay ms): varia entre 20 e 400 ms.
- Intensidade do feedback: controla a quantidade de sinal que é retroalimentada no circuito, influenciando o número e a intensidade das repetições.
- Mix dry/effect: regula a proporção entre o sinal original e o sinal processado na saída.

Embora o delay seja geralmente posicionado no final do fluxo de sinal, inseri-lo em outras partes do patch pode gerar efeitos interessantes. Por exemplo, é possível criar uma cadeia complexa de LFOs passando por um delay, gerando modulações rítmicas dinâmicas com padrões imprevisíveis. Assim, o delay pode ser aplicado tanto a sinais de áudio quanto a tensões de controle, ampliando as possibilidades criativas, especialmente em contextos que exploram recursividades. Para mais informações sobre delay, ver Strange (2022, p. 190).

## 2.19 Reverb

Existem diversos efeitos de áudio amplamente utilizados como módulos em sintetizadores. Um dos mais antigos e populares é o *reverb*, um efeito de reverberação gerado a partir de uma série de reflexões sonoras. Segundo Deutsch (1976, p. 98), “[tradicionalmente] a verdadeira reverberação acústica ocorre em qualquer grande salão, onde a música ou outro som parece ‘pairar no ar’ depois de ter sido produzido. A reverberação artificial é produzida por um reverb do tipo mola.”

No contexto dos módulos Eurorack, o *reverb* pode ser implementado de diferentes formas, cada uma com características específicas. Modelos baseados em hardware podem utilizar tanques de mola ou placas metálicas, que criam um efeito de reverberação mecânica característico, enquanto módulos digitais processam o sinal

eletronicamente, permitindo algoritmos complexos que simulam espaços acústicos variados, desde pequenas salas até grandes catedrais. Abaixo um módulo de reverb da PantalaLabs:

FIGURA 86 – Módulo de reverb “Reechoing” da PantalaLabs.



Fonte: Foto gentilmente cedida por Gibran Salomão / PantalaLabs (2025).

A RecoSynth possui uma unidade de reverb de mola chamada “The Recoverb Deluxe”, que possui controles de tonalidade, removedor de ruído, além de um *dry/wet* para mixar sinal puro e processado:

FIGURA 87 – Reverb de mola da RecoSynth.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela RecoSynth (2025).

Para que um conjunto de reflexões sonoras seja percebido como reverberação, e não como ecos distintos, é necessário que o intervalo de tempo entre elas seja suficientemente curto. Geralmente, considera-se que, para ser classificado como reverb, as reflexões devem ocorrer em um período inferior a aproximadamente 50 milissegundos após o som direto, de forma que o ouvido humano não consiga discerni-las individualmente. Esse tempo crítico varia conforme o ambiente e o espectro do som original, mas, em geral, acima desse limite, as reflexões começam a ser percebidas como repetições separadas, configurando um efeito de delay em vez de reverberação. Para mais informações sobre reverb, ver Strange (2022, p. 190).

## 2.20 Distorção

Um módulo de distorção modifica o sinal de áudio adicionando conteúdo harmônico e alterando sua forma de onda, geralmente para criar um som mais agressivo ou saturado. As duas principais funções de um módulo de distorção são: alterar a forma de onda por meio de *clipping* (recorte) e gerar harmônicos adicionais (múltiplos inteiros da frequência fundamental) ou mesmo inarmônicos, dependendo do tipo de distorção.

O *clipping* é o principal mecanismo de distorção. Quando um sinal excede um determinado limite, a forma de onda tem seus picos cortados, o que resulta na introdução de novos harmônicos. Esse processo aumenta a complexidade harmônica do sinal, tornando-o mais áspero e com maior densidade sonora. Ao recortar o sinal, os módulos de distorção geram componentes harmônicas que não estavam presentes no sinal original.

O fabricante Gibran Salomão, da PantalaLabs, oferece o módulo DISTORTION:

FIGURA 88 – Módulo de distorção da PantalaLabs.



Fonte: Foto gentilmente cedida por Gibran Salomão / PantalaLabs (2025).

Os principais controles e funcionalidades de um módulo de distorção são:

- *Resonance*: Ajusta o realce de frequências específicas próximas ao ponto de corte, enfatizando determinados harmônicos e aumentando a intensidade do efeito.
- *Bias*: Desloca o ponto zero da forma de onda, alterando a simetria do sinal processado. Esse parâmetro pode criar distorções assimétricas, resultando em uma sonoridade mais rica e inarmônica.
- *Cutoff*: Controla o limite de frequência onde o efeito de distorção começa a ser aplicado, funcionando como um filtro que seleciona as frequências a serem processadas.
- *CV Input*: Permite a modulação de parâmetros por sinais de controle externos (CV). Por exemplo, é possível alterar dinamicamente o *cutoff* ou o *bias* com um LFO ou envelope, criando variações temporais na distorção.
- *Output*: Saída do sinal processado, contendo o áudio modificado pelo efeito de distorção.

## 2.21 Phase Shifter

Um módulo *Phase Shifter* é projetado para modificar a fase de um sinal de áudio ou de controle, criando efeitos de movimento, profundidade e complexidade sonora. Ele pode induzir fenômenos psicoacústicos, como a sensação de deslocamento espacial, além de enriquecer o som com texturas dinâmicas (Jenkins, 2007, p. 8).

Abaixo um exemplo do módulo EMW PHASER 4:

FIGURA 89 – Módulo de phase shifter da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Neste exemplo da EMW, os principais controles que temos em um módulo *phaser* são:

- *Depth*: Controla a intensidade da modulação de fase, ajustando o quanto o efeito será perceptível no som.
- *Feedback*: Regula a quantidade de sinal processado que é realimentado no circuito, aumentando a ressonância e realçando os efeitos de varredura de fase.
- *Mod. Freq.*: Define a frequência da modulação interna, permitindo criar variações rítmicas e pulsantes no efeito.
- *Phase*: Ajusta a posição da fase, alterando como o sinal será processado em relação ao original.
- *Audio In Vol.*: Controla o nível do sinal de áudio de entrada, garantindo um ganho apropriado para o processamento.

- *Mod. In 1*: Permite a entrada de sinais externos para modulação, como LFOs ou envelopes.
- Chave seletora (onda triangular/onda quadrada): Alterna entre formas de onda triangular e quadrada para a modulação interna. A forma de onda triangular produz variações mais suaves e contínuas, enquanto a onda quadrada cria mudanças abruptas e rítmicas.
- *Audio In* (conector): Entrada para o sinal de áudio a ser processado.
- *Out 1* e *Out 2* (conectores): Saídas de áudio processado, podendo incluir saídas estéreo ou versões diferentes do efeito.
- *Mod. In 1* e *Mod. In 2* (conectores): Entradas para sinais de modulação externos, possibilitando controle dinâmico dos parâmetros do módulo.

Módulos para *phase shifting* são ideais para sínteses texturais e movimentações sonoras (espaciais) em sistemas modulares.

## 2.22 Envelope Follower

O Envelope Follower é um módulo que converte sinais de áudio em tensões elétricas de controle (CV), permitindo que a dinâmica do áudio controle outros parâmetros no sintetizador modular. Ele “segue” a amplitude do som de entrada, gerando um envelope correspondente, útil para modular filtros, amplificadores ou disparar eventos sincronizados.

No caso, apresentamos o Envelope Follower da EMW:

FIGURA 90 – Módulo de Envelope Follower da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Basicamente, dois parâmetros são responsáveis pela detecção de sinal: o potenciômetro *gate threshold* (limiar de disparo do *gate*) e a chave de *fast/slow* (velocidade de acionamento). De forma geral, o módulo é capaz de:

- Gerar envelopes a partir de áudio. Ele converte a amplitude do som em um CV, que pode ser usado para controlar outros módulos.
- Disparar *triggers* e *gates*. Quando o sinal de entrada ultrapassa um limite ajustável (*threshold*), o módulo emite *triggers* e *gates* que podem ser usados para sincronizar eventos.
- Ajustar tempos de resposta. O usuário controla os tempos de ataque e decaimento, definindo se o envelope responderá rapidamente a sons percussivos ou suavemente a sons contínuos.

- Manipular outros sinais de controle. Além de áudio, ele pode processar outros sinais de controle, alterando suas características dinâmicas.

## 2.23 Atenuadores e attenuverters

Atenuadores são módulos projetados para reduzir a amplitude de um sinal, seja ele de áudio ou controle (CV). Eles funcionam diminuindo a intensidade do sinal de entrada, ajustando-o para níveis mais baixos. Isso é especialmente útil para adaptar o nível de sinais antes de enviá-los a outros módulos, evitando sobrecarga ou *clipping*.

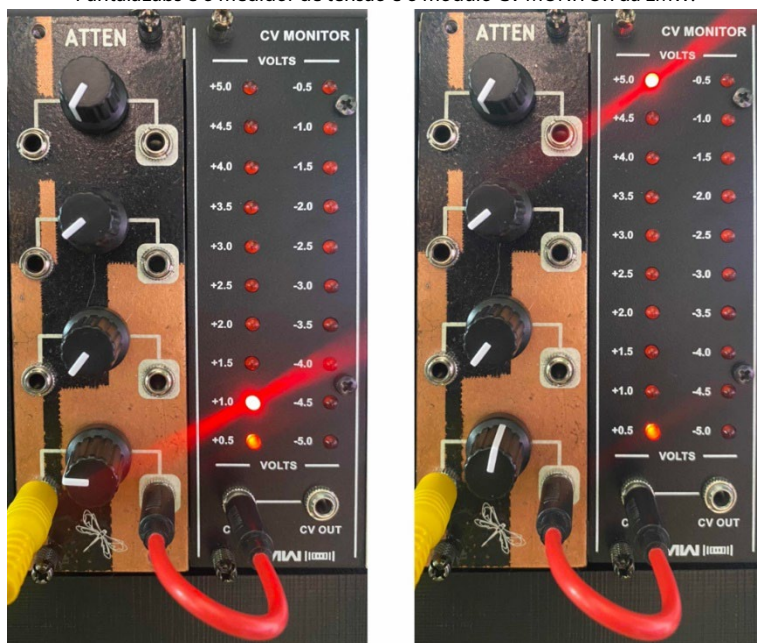
Attenuverters<sup>5</sup>, por sua vez, oferecem uma funcionalidade adicional. Além de reduzir a amplitude do sinal, eles também podem inverter sua polaridade. A inversão de polaridade ocorre quando os valores positivos de um sinal se tornam negativos, e vice-versa. Essa funcionalidade é útil em situações como cancelamento de fase ou para criar efeitos específicos ao modular outros parâmetros. Portanto, em attenuverters o sinal pode ser atenuado e invertido simultaneamente.

De forma geral, tanto os atenuadores quanto os attenuverters possuem conectores de entrada e de saída, além de um potenciômetro que permite ajustar o nível de atenuação ou inversão do sinal. Abaixo, apresentamos um exemplo com o módulo ATTEN da PantalaLabs em duas situações: com o sinal reduzido para +1V e, posteriormente, para +5V. Note a posição do potenciômetro para cada caso:

---

<sup>5</sup> O nome “attenuverter” é uma junção dos termos “attenuator” (atenuador) e “invert” (inversor).

FIGURA 91 – Exemplo de atenuador na prática: ao lado esquerdo, a fonte de tensão é atenuada até +1V. No lado direito, passa com sinal de +5V. O atenuador é o ATEN da PantalaLabs e o medidor de tensão é o módulo CV MONITOR da EMW.



Segue abaixo outro exemplo, o módulo atenuador de dois canais fabricado pela UHZ:

FIGURA 92 – Módulo atenuador da UHZ.



Fonte: Foto gentilmente cedida por UHZ Electronics (2025).

Uma curiosidade é que muitos módulos de outras funções incluem circuitos de atenuação em seus circuitos, embora possam ser rotulados de forma diferente, como *gain* (ganho) ou *level* (nível). Embora *gain* seja tecnicamente o oposto de *attenuation*, muitos módulos utilizam o termo para descrever ajustes de amplitude dos níveis de entrada e saída que também incluem atenuação.

## 2.24 Mixer e crossfader

Um módulo de mixer é projetado para combinar diversos sinais de áudio ou de controle (CV) em uma única saída. Ele permite ajustar os níveis relativos de cada sinal de entrada por meio de controles

individuais, como potenciômetros ou faders. Suas principais funções incluem:

- Mesclar vários sinais de entrada em um único fluxo de saída;
- Ajustar a intensidade de cada sinal de entrada.

Embora os mixers possuam funções de atenuação, sua principal diferença em relação aos atenuadores é a capacidade de combinar sinais, em vez de apenas reduzir a amplitude individualmente.

No áudio profissional, o objetivo de um mixer é combinar múltiplos canais de áudio em uma saída estéreo (dois canais). Em sistemas Eurorack, o princípio é semelhante, mas, com maior frequência, os mixers são usados para combinar sinais em saídas mono (um canal). Contudo, há no mercado mixers adaptados ao áudio estéreo, permitindo aplicações em difusão estereofônica. Em sintetizadores modulares, os mixers também podem combinar sinais de controle – não apenas sinais de áudio. Para essa função, são conhecidos como *utility mixers*.

Para nosso estudo, apresentamos o módulo MIXER 3-CH da EMW.

FIGURA 93 – Módulo MIXER 3-CH da EMW.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

O MIXER 3-CH da EMW possui três entradas e duas saídas – todas mono –, com controles separados para ajustar a intensidade de cada entrada. As duas saídas fornecem o mesmo resultado: uma combinação das três entradas. Este mixer é capaz de processar sinais AC (como saídas de osciladores) e sinais DC (como envelopes e LFOs), garantindo versatilidade em patches modulares (EMW, 2025). Abaixo apresentamos outro exemplo de mixer, da UHZ Electronics, mas com atenuverters:

FIGURA 94 – Módulo mixer com atenuverters da UHZ Electronics.



*Fonte: Foto gentilmente cedida por UHZ Electronics (2025).*

Outra forma de se pensar a mixagem de sinais é por meio de um crossfader (“fader cruzado”). Ele pode ser visto como um tipo de mixer especializado, projetado para realizar transições contínuas entre dois sinais de áudio ou controle (CV). Diferentemente de um mixer tradicional, que combina vários sinais de forma independente, o crossfader permite ajustar a proporção entre os sinais de entrada de maneira interativa, usando um controle deslizante ou rotativo. Muitos módulos também oferecem modulação por CV, automatizando as transições e possibilitando longos gestos. A EMW possui o módulo CROSSFADER para tal função:

FIGURA 95 – Módulo CROSSFADER da EMW.

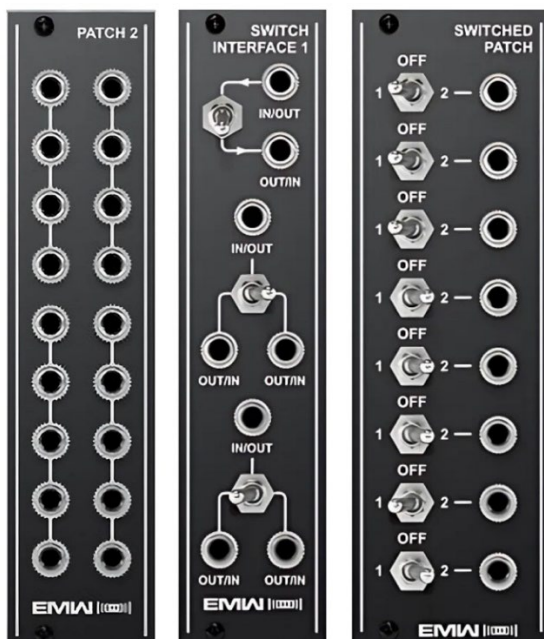


Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

## 2.25 Múltiplo e lógica

Um módulo múltiplo (*multiple*) é um divisor de sinal projetado para facilitar a interligação de cabos e expandir as possibilidades de conexão dentro de um sistema Eurorack. Esses módulos permitem que vários pontos de conexão compartilhem o mesmo sinal, sendo úteis para criar patches mais complexos. Existem diferentes tipos de módulos múltiplo, alguns dos quais incluem interruptores. Abaixo, apresentamos três tipos fabricados pela EMW:

FIGURA 96 – Três módulos da EMW para conexão de sinais.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

No caso do módulo PATCH2, há dois grupos com quatro pontos de conexão cada, além de outros dois grupos com cinco pontos de conexão cada. Os pontos interligados no painel compartilham o mesmo sinal, permitindo a distribuição ou combinação de sinais conforme necessário. O SWITCH INTERFACE 1 é um módulo de interruptor de sinal que apresenta uma chave seletora e três fluxos de sinal, sendo dois deles com conexões duplicadas. Observe que cada conector pode funcionar tanto como entrada quanto como saída, não havendo uma ordem fixa para o fluxo de sinal. Por fim, o SWITCHED PATCH é um múltiplo com dois fluxos de sinal, nos quais o usuário pode optar para qual fluxo enviar o sinal ou mesmo desligá-lo, utilizando uma chave seletora.

Caso o leitor tenha interesse em outros módulos para conexão e fluxo de sinais, pode explorar os módulos de lógica. Esses módulos

podem ser vistos como múltiplos automatizados e inteligentes, que utilizam operações lógicas baseadas em algoritmos para transformar e combinar sinais de controle (CV), criando padrões e interações complexas. Realizam operações como AND, OR, XOR e NOT, combinando ou comparando sinais de entrada e gerando novos padrões de saída com base em condições lógicas definidas. Não necessitam de ação humana, como a interação com chaves. São ferramentas ideais para criar situações avançadas. Abaixo, dois modelos fabricados pela EMW:

FIGURA 97 – Módulos de lógica da EMW: Logic 101 e Logic 202.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

## 2.26 Clones e diy

Por fim, há um forte movimento no mercado e na comunidade de modulares em direção à distribuição de módulos no formato open-hardware e DIY. Open hardware refere-se a dispositivos cujo design é

disponibilizado publicamente, permitindo que qualquer pessoa estude, modifique, fabrique e distribua o hardware. Esse modelo promove a transparência, a colaboração e a inovação, incentivando a comunidade a contribuir para o aprimoramento e a personalização dos dispositivos.

Entre os fabricantes mais conhecidos que adotaram esse formato estão a Mutable Instruments e a Befaco. Apesar de ter encerrado suas atividades, a Mutable Instruments é famosa por seus módulos de design open-hardware, como exemplificado na figura abaixo, que mostra o clone de um Braids, originalmente da Mutable Instruments, fabricado pela UHZ Electronics:

FIGURA 98 – Módulo UHZ Braids clone da Mutable Instruments.



Fonte: Foto gentilmente cedida por UHZ Electronics (2025).

Atualmente, muitos fabricantes trabalham com clones de sintetizadores clássicos das décadas de 1970 e 1980, ou mesmo de módulos mais recentes em licença open-hardware. Exemplos incluem a After Later Audio, Behringer, Grayscale, Michigan Synth Works e TLM Audio, entre outros.

Outra característica importante do mercado de sintetizadores modulares é a crescente popularidade dos módulos no formato DIY (*Do It Yourself*). Esses módulos são fornecidos em forma de kits, com manuais detalhados, permitindo que os usuários montem seus próprios dispositivos e reduzam significativamente os custos finais de um módulo. O processo pode incluir desde a soldagem de componentes em uma placa de circuito impresso até a montagem de painéis e gabinetes.

Além de ser uma opção mais acessível em termos financeiros, o DIY promove o aprendizado prático sobre eletrônica e síntese modular. Os usuários ganham familiaridade com o funcionamento interno dos módulos, o que pode facilitar reparos, personalizações ou até a criação de designs originais. Fabricantes como Befaco, Erica Synths (com sua linha DIY) e várias outras empresas independentes disponibilizam kits que atendem desde iniciantes até usuários avançados. Abaixo um exemplo da Befaco:

FIGURA 99 – Módulo NOISE PLETHORA da Befaco, disponível para compra em formato DIY.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela Befaco (2025), licenciada sob CC BY-SA 4.0. Disponível em: <https://www.befaco.org/licensign>

O DIY também desempenha um papel importante no fortalecimento da comunidade modular, já que os projetos abertos incentivam a colaboração entre músicos, entusiastas e desenvolvedores. Muitos eventos e fóruns, como os workshops de soldagem ou encontros dedicados a projetos DIY, promovem o compartilhamento de conhecimento e a troca de experiências entre participantes.



## PARTE 3

### PATCHES

Este capítulo apresenta uma série de 10 estudos com patches projetados para explorar os fundamentos do funcionamento de módulos em um sintetizador modular, bem como o papel da tensão elétrica em cada módulo. Esses patches demonstram como diferentes combinações de módulos – incluindo osciladores, filtros, amplificadores e geradores de envelope – podem criar uma ampla variedade de sons. Cada exemplo é acompanhado de um objetivo claro e de um tutorial passo a passo, incluindo diagramações visuais. O propósito central deste capítulo é aprofundar a compreensão dos princípios da síntese modular, no anseio idealizado por Hobert Howe (1972, p. 120):

Como há uma gama tão vasta de possibilidades abertas ao compositor, pouca atenção tem sido dada às considerações composicionais na música eletrônica. O que ocorreu até agora na história da música eletrônica foi uma era de exploração e experimentação. Centenas de peças foram compostas e gravadas – nem todas valiosas em termos de conteúdo musical, mas importantes pelos meios com os quais o articulam.

(...)

Gradualmente, os compositores se tornarão mais tecnicamente competentes, permitindo que dediquem mais atenção às questões musicais, e, aos poucos, passaremos a esperar da música eletrônica os mesmos padrões que exigimos de qualquer música.

Não tenha medo de ajustar os parâmetros, conectar módulos inesperados e explorar combinações inusitadas. Uma das grandes vantagens do Eurorack é sua resistência: ele foi projetado para experimentação e dificilmente sofrerá danos por conexões fora do convencional. Ou seja, você pode conectar os cabos aleatoriamente sem

risco de queimar nada; o pior que pode acontecer é gerar silêncio ou um resultado inesperado. A maioria dos módulos conta com proteção integrada, então sinta-se à vontade para testar diferentes conexões entre CV, áudio e modulação. Apenas evite ligar saídas em outras saídas, pois isso pode causar comportamento imprevisível e, em casos raros, sobrecarga nos circuitos.

Abrace o caos, escute os resultados e deixe as descobertas inesperadas guiarem sua criatividade! Se quiser aprofundar seu conhecimento e refinar suas habilidades, livros como *Welsh's Synthesizer Cookbook* (Welsh, 2006), *Synthesis: An Introduction to the History, Theory, & Practice of Electronic Music* (Deutsch, 1976), *The Book of Bad Ideas* (2025) e *Practical Synthesis for Electronic Music* (Roland, 2025) oferecem exercícios valiosos para aprimorar sua abordagem criativa. Divirta-se!

### **3.1. Como usar um multímetro para entender os diferentes sinais de tensão elétrica em modulares?**

Um multímetro é uma ferramenta elétrica extremamente útil para medir tensões em patches de sintetizadores modulares analógicos. Ele permite visualizar as variações de tensão elétrica que controlam diferentes aspectos do som. Compreender o comportamento dessas tensões é essencial para desenvolver patches mais complexos e obter maior controle sobre o som. Módulos e fluxo de sinal:

- Multímetro
- Módulos diversos (VCO, VCF e VCA)

Abaixo, apresenta-se uma ilustração desse exercício, seguida por um passo a passo sobre como realizar as medições.

FIGURA 100 – Ilustração de um multímetro, de um cabo de patching Eurorack e de um VCO da EMW com entrada para controle de 1V/oitava.



1. De acordo com a figura acima, conecte o multímetro às respectivas extremidades do cabo de *patching*. Em seguida, conecte o cabo à saída do módulo que será medido.
2. Configure o multímetro para medir tensão contínua (DC), já que a maioria dos sinais de controle em um sintetizador modular, como CV (controle de tensão), consiste em tensões contínuas. Certifique-se de que o intervalo de medição esteja ajustado para a faixa de 0V a +10V.
3. Com o auxílio de um cabo de *patching*, conecte as pontas do multímetro às saídas de um VCO. Ao medir, você observará uma variação de tensão que corresponde à oscilação do sinal de áudio. Oscilações rápidas são típicas de um sinal de VCO, enquanto oscilações mais lentas caracterizam um LFO.
4. Em seguida, meça a tensão em um filtro (VCF). Ao medir a saída de um VCF, você poderá observar como a tensão varia conforme a frequência de corte é ajustada.
5. Por fim, analise o comportamento de um amplificador (VCA). Ao medir a saída do VCA, você observará a tensão modulada por um gerador de envelope (EG). Quando o envelope é ativado, ele gera uma curva de tensão que controla a amplitude do som. Sem o EG, não haverá tensão elétrica saindo do VCA. Ao medir, perceba as mudanças de tensão que refletem as etapas de ataque, decaimento, sustentação e liberação (ADSR) da amplitude.

Caso você não possua módulos físicos, este exercício pode ser realizado utilizando um multímetro diretamente em um cabo conectado

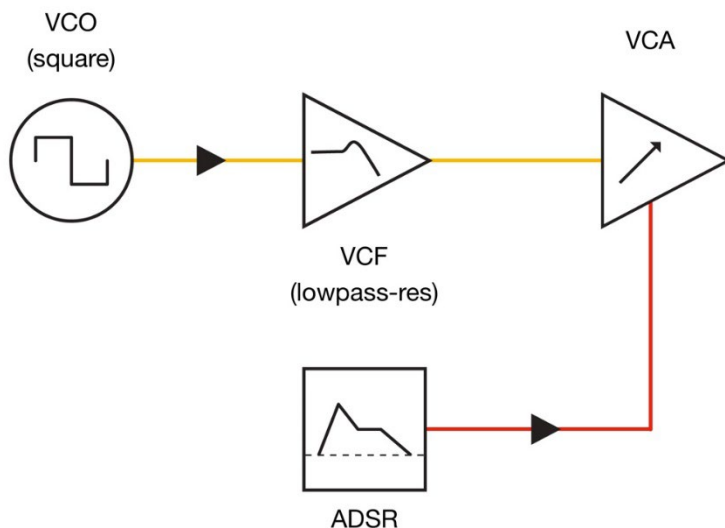
à saída de áudio de uma interface que seja *DC coupled* (verifique no site do fabricante). Interfaces desse tipo permitem a transmissão de sinais de controle, como CVs e LFOs, que podem ser gerados em softwares modulares, como o VCV Rack. Conecte o multímetro à saída da interface e observe as variações de tensão, que refletem o comportamento dos sinais moduladores, de forma semelhante à de um sistema modular analógico. Esse método é uma alternativa eficiente para explorar e compreender o fluxo de tensões sem a necessidade de hardware especializado.

### **3.2. Síntese subtrativa**

O primeiro patch que exploraremos utiliza a clássica técnica de síntese subtrativa. Nessa abordagem, uma fonte geradora de som complexo é filtrada por um VCF, permitindo a criação de uma diversidade de sons. Essa configuração básica é ideal para compreender como os principais módulos contribuem para a formação do som em sintetizadores clássicos da década de 1960. O fluxo de sinal de áudio é: VCO, VCF, VCA, com o EG modulando o VCA. Módulos e fluxo de sinal:

- VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- VCF (Filtro Controlado por Tensão)
- EG (Gerador de Envelope)
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

FIGURA 101 – Diagrama de um patch básico para “Síntese Subtrativa”, envolvendo VCO, VCF, VCA e ADSR.



1. Conecte a saída do oscilador (VCO) à entrada do filtro (VCF).
2. Em seguida, conecte a saída do filtro ao amplificador controlado por tensão (VCA).
3. Utilize um gerador de envelope (EG) para modular o VCA, controlando a amplitude do som ao longo do tempo.
  - O acionamento do envelope depende do tipo de módulo utilizado. Caso esteja usando um VCO com controle MIDI, geralmente será possível mapear as teclas do controlador MIDI para disparar o gate do envelope, sincronizando-o com a execução das notas.
  - Em geradores de envelope manuais, como o ENV da LAPSO ou o ADSR 102 da EMW, é possível disparar a sequência ADSR manualmente por meio de botões, sem depender de um gate externo.

Substitua o VCO por um gerador de ruído (noise). Isso possibilita a criação de texturas mais complexas. O fluxo ajustado seria: NOISE → VCF → EG → VCA. Por fim, recrie o patch no VCV Rack utilizando apenas os módulos nativos, conforme ilustrado na figura abaixo.

FIGURA 102 – Módulos VCO, VCF, ADSR EG e VCA no software VCV Rack. O módulo “Audio” representa a conexão entre o software e a interface de áudio do computador. Por essa razão, ele não pertence ao universo dos modulares analógicos, mas é uma funcionalidade necessária para integrar o software ao sistema de áudio digital.



Experimente automatizar os parâmetros do seu patch e inclua novos módulos. Algumas sugestões: automatize o controle de *gates* e *triggers*, afetando a troca de notas, ou mude os moduladores que controlam a frequência de corte (*cutoff*) e ressonância, ou mesmo a velocidade e profundidade de LFOs. Explore o *panning* estéreo, movimentando o som no espaço. Que tal alterar a forma de onda do VCO em tempo real, transformando timbres enquanto o som se desenvolve? Ajuste, manualmente, os valores de um ADSR. Use divisores ou multiplicadores de *clock* para criar padrões rítmicos que desafiem a previsibilidade. Misture fontes sonoras com *crossfaders*, controle a saturação e o drive para explorar transições entre sons suaves e

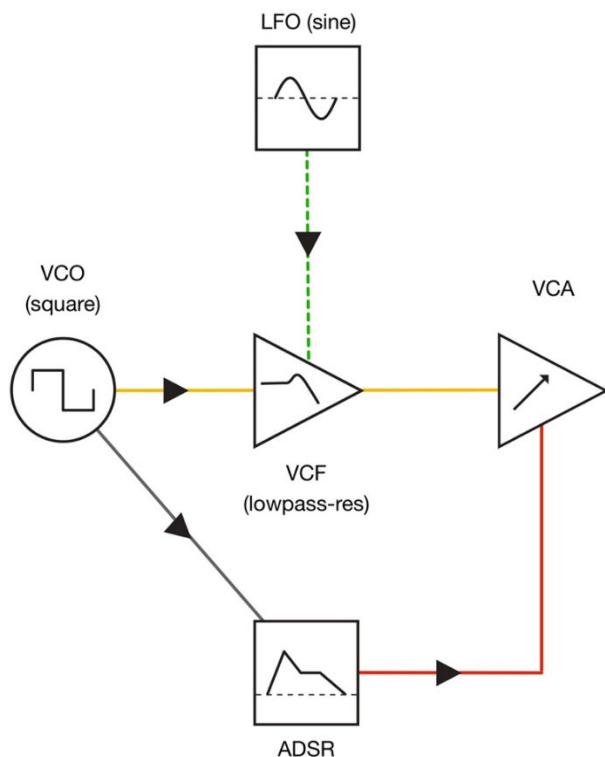
agressivos, ou ainda crie loops de feedback e controle-os dinamicamente para texturas ricas e instáveis.

### **3.3. Modulação via lfo**

Dando continuidade ao patch anterior, adicione um LFO (*Low Frequency Oscillator*) para modular o filtro (VCF). A modulação de baixa frequência introduz movimento e variação ao som, criando texturas dinâmicas e evolutivas. Esse patch ilustra os princípios fundamentais da modulação em síntese modular, demonstrando como o LFO pode alterar os parâmetros de outros módulos e, assim, adicionar complexidade e dinamismo ao som de maneira contínua. Módulos e fluxo de sinal:

- VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- VCF (Filtro Controlado por Tensão)
- LFO (Oscilador de Baixa Frequência)
- EG (Gerador de Envelope)
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

FIGURA 103 – Diagrama para montagem do patch “Modulação via LFO”.



1. Conecte a saída do oscilador (VCO) à entrada do filtro (VCF).
2. Em seguida, conecte a saída do filtro ao amplificador controlado por tensão (VCA).
3. Utilize um gerador de envelope (EG) para modular o VCA, controlando a amplitude do som ao longo do tempo.
4. Por fim, conecte um LFO à entrada de “frequência de corte” (*cutoff*) do VCF.

**Modulação no VCO:** Após montar o patch básico, conecte o LFO ao VCO para criar um vibrato. A terminologia para essa conexão varia conforme o módulo e pode ser indicada como “CV”, “FM” ou até “Swing”. Dependendo da velocidade do LFO, o vibrato pode variar de uma oscilação suave a uma modulação extremamente rápida (acima de 20

Hz). Quando o LFO opera nessa faixa, o vibrato se transforma em modulação de frequência (FM), produzindo espectros sonoros mais complexos. Para isso, será necessário um LFO capaz de atingir frequências acima de 20 Hz.

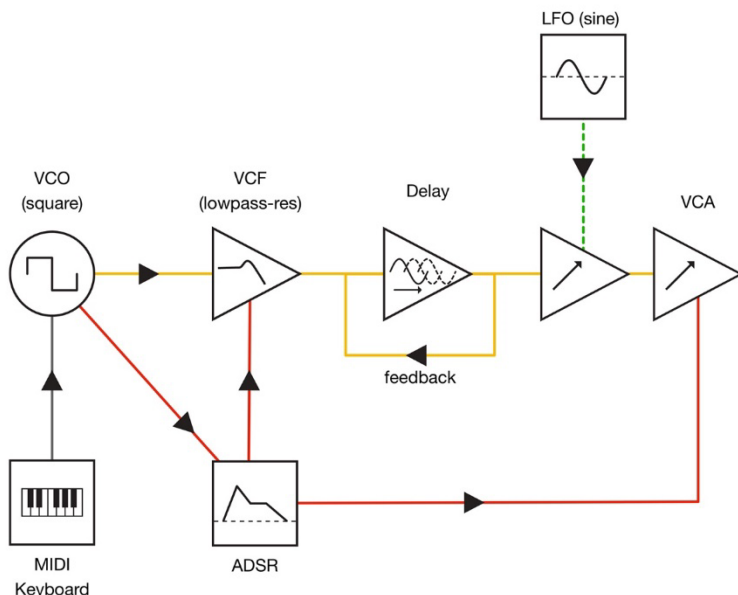
**PWM (Modulação de Largura de Pulso):** Experimente conectar o LFO à entrada de modulação de largura de pulso (PWM) de uma onda quadrada no VCO. O LFO controlará a proporção entre as partes positiva e negativa da onda, modificando o timbre ao alterar os harmônicos gerados.

**Modulação de Amplitude (AM):** Conecte o LFO ao VCA para modular a amplitude do som. Nesse caso, o ADSR pode ser desativado, pois o LFO assumirá o controle da amplitude. Esse processo apresenta o conceito de modulação por amplitude (AM). Assim como na FM, a AM cria novos espectros sonoros por meio de variações dinâmicas na amplitude, também conhecidas como tremolos. Quando o LFO opera acima de 20 Hz, a modulação se transforma em AM verdadeira, gerando novos espectros com parciais adicionais, enriquecendo ainda mais o som.

### **3.4. Interface de performance**

Dando continuidade à sequência de patches apresentados, o diagrama abaixo ilustra um patch típico de sintetizadores da década de 1970.

FIGURA 104 – Diagrama do patch “Interface de performance”, em que um teclado controlador MIDI é inserido como controlador do VCO e do Envelope.



Ele explora a modulação do filtro em relação à dinâmica do ADSR, refletindo características acústicas encontradas em instrumentos físicos, em que amplitudes dinâmicas tendem a enriquecer o conteúdo espectral. A construção deste patch segue os passos descritos a seguir.

Módulos e fluxo de sinal:

- KB (teclado com conexão MIDI OUT ou CV de “Pitch” e “Gate”)
- VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- VCF (Filtro Controlado por Tensão)
- Delay
- LFO (Oscilador de Baixa Frequência)
- EG (Gerador de Envelope)
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

1. Este patch é uma extensão do anterior, com a adição de um teclado MIDI (KB), um *delay* e um segundo VCA.
2. Conecte um teclado controlador MIDI ao sistema modular. Se o teclado possui uma saída MIDI (MIDI OUT), você precisará de um módulo com entrada MIDI que converta o sinal para CV de pitch e gate, permitindo acionar o ADSR. Caso o teclado ofereça conexões separadas de CV para pitch e gate, conecte o CV de pitch ao VCO (1V/oitava) e o gate ao ADSR.
3. Utilize o sinal do envelope para modular tanto o VCA quanto a frequência de corte do VCF. Isso sincroniza a amplitude do som com a quantidade de harmônicos, criando um comportamento similar ao de instrumentos acústicos.
4. Após o VCF, envie o sinal para um módulo de *delay*. Idealmente, o *delay* deve oferecer controles de tempo, *feedback* (para ajustar o número de repetições) e *dry/wet* (para misturar o sinal processado com o sinal original).
5. Do *delay*, encaminhe o sinal ao primeiro VCA, que será modulado por um LFO. Use uma baixa frequência no LFO para criar um efeito de tremolo, experimentando com ondas quadradas e triangulares.
6. Por fim, direcione o sinal ao segundo VCA, que será modulado pela amplitude do ADSR. Este ADSR também deve modular o VCF, integrando a modulação de amplitude com a modulação de filtro.

Explorando curtos tempos de *delay*: Experimente tempos extremamente curtos no *delay* com altos valores de *feedback*. Quando as repetições são rápidas o suficiente, elas podem se sobrepor a ponto de não serem percebidas como eventos individuais. Com o aumento do *feedback*, essas sobreposições criam um efeito de ressonância que resulta em uma sonoridade metálica. Este efeito é conhecido como *comb filter*.

Ambientes extensos com *delays* longos: Em contraste, use tempos de *delay* longos com valores médios de *feedback*. Configure um envelope ADSR com tempos prolongados e toque uma nota por vez no teclado, mantendo intervalos de aproximadamente 10 segundos entre elas. O resultado será um ambiente de repetições extensas, similar a um cânone. Com o aumento do tempo de *delay*, o efeito se distancia das

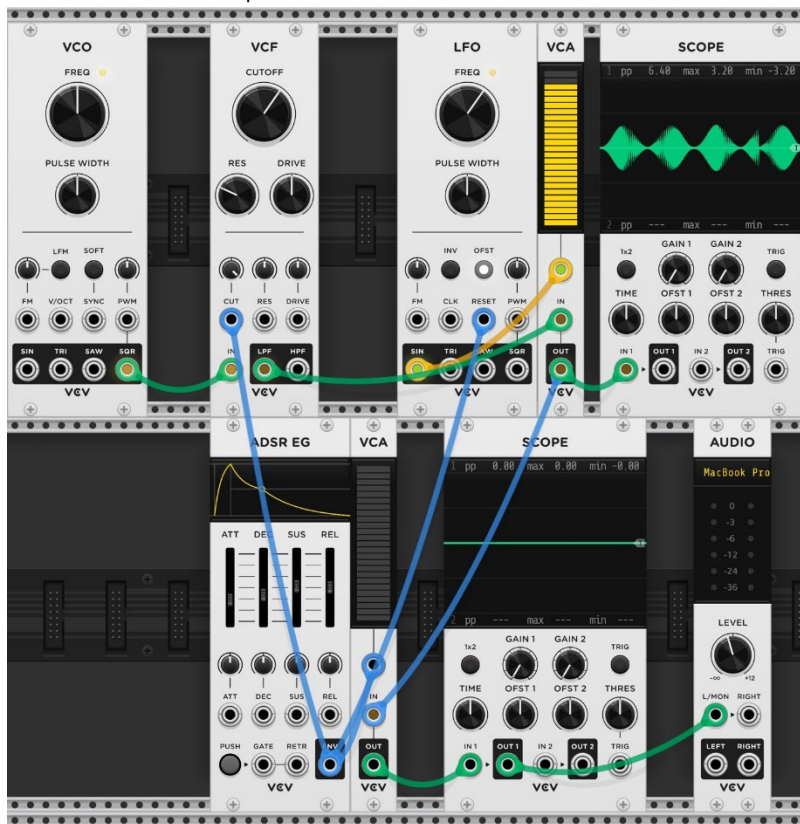
repetições periódicas típicas de um *delay* convencional, evoluindo para uma textura mais complexa e rica, onde camadas sucessivas se acumulam para formar uma atmosfera sonora.

**Sincronização de LFO e ADSR:** Sincronize o LFO (utilizado para o tremolo) com os ataques do ADSR. Essa sincronização evita defasagens entre os ciclos dos módulos, reforçando o contorno da amplitude gerada pelo ADSR em sincronia com o tremolo.

**Controle total pelo LFO:** Uma abordagem interessante é desconectar o ADSR e permitir que o LFO controle todos os parâmetros do patch. Isso permite observar como a sincronia entre a fase (ataques) e a métrica (tempo) de cada evento influencia o som gerado.

**Versão no VCV Rack:** Apresentamos abaixo uma versão do patch no VCV Rack. Experimente recriar sua própria versão com base no diagrama.

FIGURA 105 – Módulos VCO, VCF, LFO, SCOPE, ADSR EG, VCA do software VCV Rack. O “scope” é um visualizador de forma de onda.

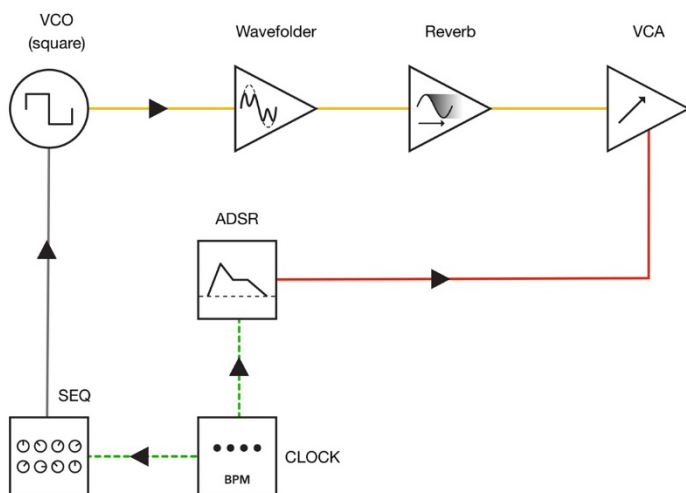


### 3.5. Sequenciamento rítmico

Neste exercício, utilizaremos um sequenciador, *clock*, *wavefolder* e reverb para criar uma sequência rítmica. O sequenciador será responsável por controlar as etapas do patch, com módulos que permitem ajustes independentes em cada estágio. Sequenciadores como o SEQUENTIAL VOLTAGE da EMW, que possui 8 controles independentes, são ideais para ajustar e modificar cada parte da sequência com precisão. A construção do patch segue os passos descritos a seguir. Módulos e fluxo de sinal:

- SEQ (sequenciador)
- Clock
- VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- Wavefolder
- Reverb
- EG (Gerador de Envelope)
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

FIGURA 106 – Diagrama do patch “Sequenciamento Rítmico”.



1. Conecte a saída do *clock* ao sequenciador (SEQ) e ao gerador de envelope ADSR.  
O *clock* acionará simultaneamente o sequenciador e o envelope.
2. A cada trigger emitido pelo clock, o sequenciador enviará uma nova tensão de controle para a entrada de 1V/oitava do VCO, determinando a altura da nota gerada pelo oscilador.
3. O fluxo de áudio será: a saída do VCO passará pelo wavefolder, depois pelo reverb e, por fim, pelo VCA.
4. O wavefolder distorcerá o sinal do VCO, criando timbres mais complexos ao modificar as formas de onda originais.
5. O reverb será aplicado após o wavefolder, adicionando ambiência e simulação de espaços acústicos, enriquecendo a espacialidade do som.

6. Paralelamente, o *clock* também acionará o ADSR, que modulará a abertura do VCA. Isso controlará a dinâmica do som, permitindo que o envelope molde a forma de onda gerada pelo VCO, determinando a duração e a intensidade de cada nota.

Sequenciadores e *clocks* podem existir como módulos dedicados ou integrados a outros dispositivos. Por exemplo: a Arturia fabrica teclados controladores MIDI que combinam funções de sequenciamento e *clock* em um único equipamento; o módulo Sample and Hold da EMW inclui uma função de *clock* e pode funcionar como sequenciador aleatório; e até mesmo uma onda quadrada de um LFO pode ser usada como *clock*.

Como variações desse patch, sugerimos algumas ideias para explorar possibilidades sonoras adicionais:

**Modulação do Wavefolder:** Controle os parâmetros do wavefolder utilizando outro LFO ou o ADSR. Isso pode introduzir variações dinâmicas no timbre, adicionando movimento e complexidade ao som.

**Sequenciamento de Modulação:** Use um segundo sequenciador para modular parâmetros além do *pitch* do VCO, como a forma de onda ou a frequência de corte do filtro. Cada etapa do sequenciador pode ser configurada para alterar levemente o timbre ou outros aspectos ao longo do tempo.

**Automação da velocidade do *clock*:** Experimente modular a velocidade do *clock* com um LFO para criar variações rítmicas na sequência. Isso pode gerar efeitos de aceleração ou desaceleração, resultando em padrões rítmicos imprevisíveis.

**Simulação no VCV Rack:** Recrie este patch no VCV Rack e experimente diferentes módulos. Por exemplo, utilize o Meta Modulator (Audible Instruments, baseado nos módulos Mutable Instruments) como wavefolder, e o Spring Reverb (Befaco) como módulo

de reverb. O Seq 3, disponível no próprio VCV Rack, é um sequenciador com *clock* embutido que pode facilitar a construção do patch.

FIGURA 107 – Patch “Sequenciamento Rítmico” em VCV Rack.



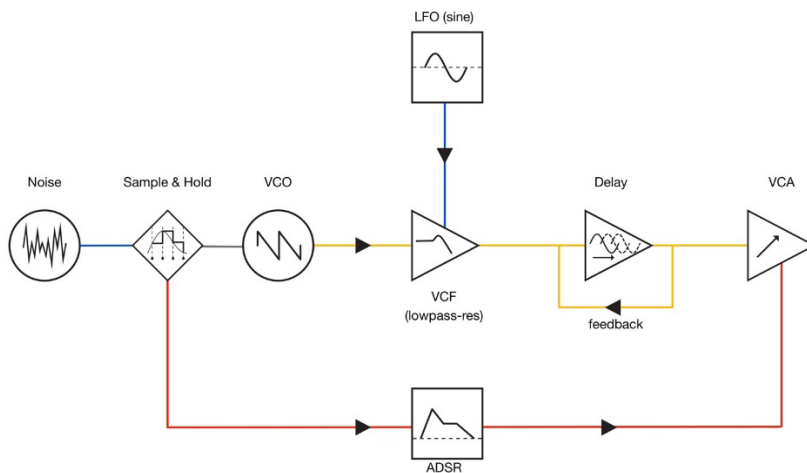
### 3.6. Gerador de melodias aleatórias à la “R2-D2”

Este patch explora o conceito de aleatoriedade em sistemas modulares. Utilizamos um gerador de ruído branco como fonte de tensões aleatórias, criando variações imprevisíveis no sinal. Para capturar essas tensões em momentos específicos, aplicamos um módulo de *Sample and Hold* (S&H), que armazena a tensão em intervalos regulares definidos por um *clock* interno. A tensão resultante é enviada ao VCO, modulando sua frequência e gerando uma melodia aleatória, cuja próxima nota não pode ser prevista, dado que a fonte é um gerador de ruído. O som gerado passa por módulos de filtro e delay, simulando o som robótico característico do personagem R2-D2 no filme Star Wars. Módulos e fluxo de sinal:

- Noise (Gerador de Ruído)
- Sample and Hold
- VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- VCF (Filtro Controlado por Tensão)
- LFO (Oscilador de Frequência Baixa)

- Delay
- EG (Gerador de Envelope)
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

FIGURA 108 – Diagrama do patch “Gerador de Melodias Aleatórias”.



1. O módulo *Sample and Hold* captura tensões randômicas geradas pelo módulo de Noise em intervalos definidos pelo clock interno. Isso gera uma sequência de tensões elétricas discretas e aleatórias.
2. Essas tensões são enviadas para a entrada 1V/oitava do VCO, que inicia o fluxo de áudio. O som gerado pelo VCO é processado sequencialmente pelo VCF, delay e VCA, onde é moldado e enriquecido.
3. O *clock* que aciona o *Sample and Hold* também dispara o envelope ADSR, controlando a abertura e o fechamento do VCA e, conseqüentemente, a dinâmica do som.
4. Por fim, o LFO modula a frequência de corte do filtro passa-baixa (VCF), adicionando movimento e variação ao timbre resultante.

Implemente este patch no VCV Rack. O módulo de Noise do VCV Rack oferece diferentes tipos de ruído (branco, rosa, vermelho, entre outros). Comece com o ruído branco. O módulo de *Sample and Hold* no VCV Rack funciona manualmente, exigindo que um trigger (ou botão

“push”, conforme etiquetado) seja enviado para capturar o sinal. Recomendamos utilizar o módulo “Random”, que dispara *triggers* aleatórios baseados em uma probabilidade configurável pelo usuário, podendo ser mais ou menos periódico.

FIGURA 109 – Versão do patch “Gerador de Melodias Aleatórias” em VCV Rack.



Após implementar o patch, experimente torná-lo mais imprevisível, construindo texturas sonoras mais densas. Para isso, use vários módulos “Random” e LFOs. Adicionalmente, ajuste os parâmetros de *delay* (tempo, *feedback* e mistura *dry/wet*) para criar diferentes ambiências e intensidades de reverberação. Por fim, experimente integrar um quantizador ao patch para transformar as tensões aleatórias em notas organizadas, alinhadas a escalas definidas pelo usuário.

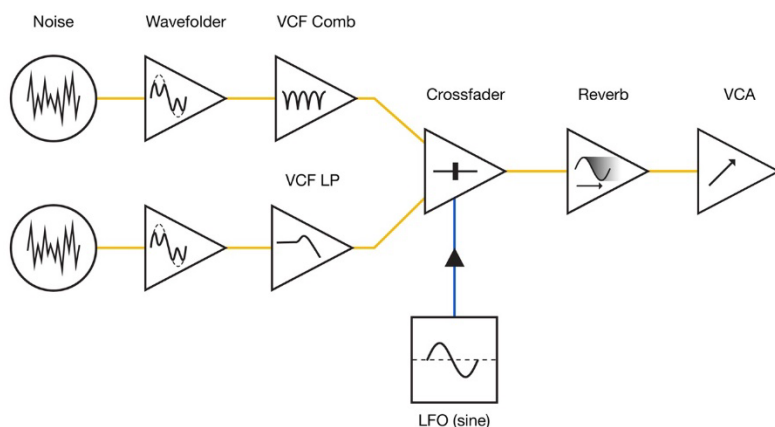
### 3.7 Drone

O objetivo deste patch é criar texturas sonoras complexas que evoluem lentamente ao longo do tempo. A montagem consiste em um gerador de textura utilizando duas vozes independentes. Para isso, empregamos dois módulos de ruído como fontes sonoras. Filtros serão aplicados para modelar o timbre de cada voz antes de combiná-las. Em seguida, utilizaremos um módulo de crossfader controlado por um LFO, permitindo transições suaves e graduais entre as duas vozes. O LFO será

configurado com uma frequência baixa, garantindo que a modulação ocorra de forma lenta e quase imperceptível. No final do sinal, aplicaremos um módulo de reverb para adicionar ambiência e enriquecer as texturas geradas. Por fim, lembre-se: “(...) limite o número de controles apenas àqueles que provocam uma mudança significativa” (Erbe, 2022, p. 25). Módulos e fluxo de sinal:

- Noise (Gerador de Ruído) – dois módulos
- Wavefolder – dois módulos
- VCF (Filtro Controlado por Tensão) – tipo comb
- VCF (Filtro Controlado por Tensão) – tipo low-pass
- Crossfader
- LFO (Oscilador de Frequência Baixa)
- Reverb
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

FIGURA 110 – Diagrama do patch “Drone”.



1. Inicie gerando texturas ruidosas com o *noise*, processado por um *wavefolder* e um filtro. Explore diferentes configurações até encontrar uma sonoridade textural que lhe agrade. Repita o mesmo procedimento para criar a segunda voz.

2. Direcione o sinal de cada noise para o crossfader, que será modulado lentamente por um LFO. Para transições suaves, utilize uma onda senoidal ou triangular com frequência abaixo de 1 Hz. Se necessário, insira um atenuador entre o LFO e o crossfader para controlar a intensidade da modulação.
3. Após o crossfader, envie o sinal combinado para um módulo de reverb e, em seguida, para o VCA.
4. Note que, neste patch, não utilizamos um ADSR, pois o objetivo é evitar articulações típicas desse módulo. Aqui, buscamos manter um som contínuo e sustentado. Caso o VCA não permita controle direto de volume, utilize um módulo que forneça tensões constantes, como o EMW DUAL VOLTAGE SOURCE, para abrir o VCA.

Recrie o mesmo patch no VCV Rack utilizando módulos externos mais complexos: Noise Plethora (Befaco), Resonator (Audible Instruments, baseado nos módulos Mutable Instruments) e Spring Reverb (Befaco). O Noise Plethora e o Resonator integram funcionalidades como filtros e *wavefolders*, simplificando o patch. O Noise Plethora oferece duas vozes, cada uma com bancos de ruídos diferentes, permitindo maior variação sonora.

No patch do VCV Rack, diferentemente do exemplo inicial, o *crossfader* é posicionado antes do Resonator, que atua como um filtro e *wavefolder*. Teste esta configuração e experimente criar seu próprio drone, explorando mudanças lentas e graduais nas texturas sonoras.

FIGURA 111 – Patch “Drone” em VCV Rack utilizando módulos externos da Befaco e Audible Instruments.



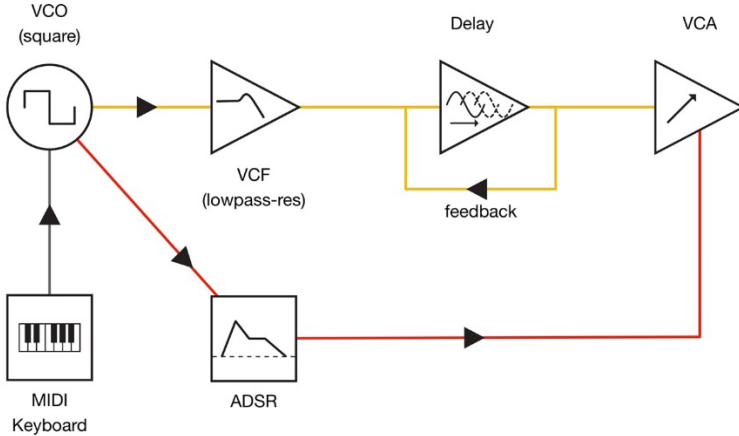
### 3.8. Piano phase (Steve Reich)

Este exercício propõe a prática de programação de sequenciadores, seja em um sistema modular físico, controladores MIDI ou no VCV Rack, explorando diferentes formas de controle. O objetivo é recriar “Piano Phase” de Steve Reich utilizando um sequenciador de notas para sua execução. Originalmente para dois pianos, o desafio aqui está no uso de um controlador MIDI (ou CV) na função de sequenciador, permitindo explorar as características de repetição e variação presentes na peça. Módulos e fluxo de sinal:

- KB (teclado com conexão MIDI OUT ou CV de Pitch e Gate)
- VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- VCF (Filtro Controlado por Tensão)
- LFO (Oscilador de Baixa Frequência)
- EG (Gerador de Envelope)
- Delay
- VCA (Amplificador Controlado por Tensão)

1. O patch segue a configuração descrita no exercício “Interface de performance”.  
 Repita o processo de configuração.

FIGURA 112 – Diagrama do patch “Interface de performance”, em que um teclado controlador MIDI é inserido como controlador do VCO e do Envelope.



2. Como controlador MIDI, sugerimos o Arturia Keystep. Nele, ative a chave SEQ localizada no canto superior esquerdo.

FIGURA 113 – Teclado Controlador MIDI Arturia Keystep.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela Arturia (2022).

3. Escolha uma memória disponível utilizando a chave rotatória SEQ.
4. Pressione REC (*append*) e insira as notas diretamente no teclado, conforme indicado na partitura abaixo.

FIGURA 114 – Melodia temática de “Piano Phase” de Steve Reich.



proporcionam timbres delicados, característicos da música ambiente. Afine os VCOs em intervalos harmônicos simples (como quintas ou oitavas) para criar uma base harmônica rica. Considere o uso de módulos que ofereçam formas de onda complexas, como os da Befaco ou da Audible Instruments, para adicionar variação ao som. Uma sugestão: aproveite as possibilidades do ambiente digital para integrar quantizadores e explorar escalas alternativas ou microtonais, expandindo a paleta harmônica de sua música ambiente.

Filtros (VCFs) – Direcione os sinais dos VCOs para um filtro passa-baixa (*low-pass filter*), ajustando a frequência de corte (*cutoff*) para suavizar os timbres e remover frequências mais agudas. Para adicionar movimento ao som, module o *cutoff* com um LFO em frequência lenta.

Modulação Aleatória – Utilize módulos de *Sample & Hold* ou geradores aleatórios para criar variações imprevisíveis. Module parâmetros como o *pitch* dos osciladores, o *cutoff* do filtro ou o tempo de um *delay*. Certifique-se de que as mudanças geradas sejam lentas e gradativas para manter a fluidez da música.

Crossfader – Utilize módulos de crossfader para criar transições suaves e dinâmicas entre as vozes dos VCOs. Para um efeito mais envolvente, configure longos períodos de transição, permitindo que os sons de cada voz se misturem gradualmente, enriquecendo a textura.

LFOs para Movimento – Adicione um ou mais LFOs para introduzir variações em parâmetros como volume (via um VCA), o *cutoff* do filtro ou a afinação dos osciladores. Experimente diferentes formas de onda nos LFOs, como senoides ou ondas aleatórias suaves (*smooth random*), garantindo que as mudanças sejam sutis e orgânicas.

Envelopes Longos – Use envelopes de ataque e liberação longos para controlar o volume (via VCA) ou outros parâmetros. Combine esses

envelopes com *triggers* aleatórios ou divisores de *clock* para ativar novos eventos de forma esparsa e imprevisível.

Efeitos – Um módulo de reverb é essencial para criar uma sensação de espaço. Escolha um reverb com um *decay* longo para que os sons permaneçam e se misturem suavemente. Adicione um delay com tempos longos para criar repetições espaçadas e ecoantes, preenchendo o espaço sonoro. Experimente modulações suaves como *phaser* para adicionar riqueza e movimento ao som.

Sequenciamento Generativo – Use um sequenciador que gere padrões aleatórios ou um quantizador para criar melodias imprevisíveis. Varie a velocidade do *clock* do sequenciador para ajustar o ritmo e a cadência.

Panning e Estéreo – Utilize um módulo de *panning* para mover os sons no campo estéreo de forma aleatória ou modulada por um LFO. Isso aumenta a imersão e cria uma experiência auditiva mais envolvente e dinâmica.

Feedback e Recursividade – Crie loops de *feedback* e conexões recursivas no patch. Por exemplo, envie o áudio de volta para modular parâmetros como o *cutoff* do filtro ou o *pitch* dos osciladores, gerando interações internas entre os módulos que enriquecem o som e sua imprevisibilidade.

### **3.10. Desafio: EMW-200 em VCV Rack**

O EMW-200 é uma recriação brasileira do EML-200, um sintetizador lançado em 1969 pela empresa americana Electronic Music Laboratories. O objetivo deste exercício é simular o EMW-200 (2025) no ambiente VCV Rack.

FIGURA 115 – Painel frontal do EMW-200.



Fonte: Foto gentilmente cedida pela EMW (2025).

Comece utilizando a biblioteca de símbolos de modulares da Patch & Tweak (Bjørn; Meyer, 2018) para elaborar um diagrama representando a construção do sintetizador, destacando o fluxo de sinal e os módulos utilizados. O diagrama deve seguir o padrão dos exercícios anteriores. Em seguida, desenvolva o sintetizador dentro do VCV Rack, utilizando como referência toda a documentação disponível no site do fabricante<sup>1</sup> (EMW, 2024b). Este sintetizador, em sua configuração padrão, possui os seguintes módulos:

- 1 Noise (Gerador de Ruído)
- 3 VCO (Oscilador Controlado por Tensão)
- 1 Delay
- 1 Switch (módulo de lógica)
- 2 VCF (Filtro Controlado por Tensão): *high-pass* e *low-pass*
- 1 Sample and Hold
- 1 EG (Gerador de Envelope AD)
- 1 LFO (Oscilador de Frequência Baixa)

[SNOTE\_LABEL] <https://www.electronicmusicworks.com/synthesizers/emw-200.html>

- 1 Ring Modulator
  - 1 VCA (Amplificador Controlado por Tensão)
  - 1 Mixer de 6 canais com saída estéreo e controle de panorama.
1. Substitua os filtros *high-pass* e *low-pass* por dois filtros do tipo FFB (Fixed Filter Bank).
  2. Implemente controle MIDI, uma funcionalidade ausente no modelo original EML-200 de 1969.
  3. Adicione módulos de reverb e delay, considerando as diferenças entre as implementações do EMS-200 e do EMW-200.
  4. Inclua outros módulos para gerar sinais aleatórios, enriquecendo a imprevisibilidade do patch. Decida em quais módulos ou parâmetros ocorrerá o controle.



## PERSPECTIVAS FUTURAS

Com este livro, encerramos o primeiro quarto deste século, um período em que os sintetizadores modulares voltaram a ocupar um lugar central na música eletrônica contemporânea. Busquei, ao longo destas páginas, apresentar ao leitor o vasto universo dos sintetizadores modulares, percorrendo desde os fundamentos técnicos até caminhos criativos que inspiram a experimentação musical. Partindo dos princípios da síntese sonora e chegando aos detalhes de módulos específicos, exploramos como a modularidade transcende o aspecto técnico para se transformar em uma verdadeira forma de expressão e linguagem artística.

Ao mergulhar nesse universo, percebo uma interação dialógica entre a criação e a artesanaria instrumental, em que a manipulação física dos módulos se torna parte essencial do processo compositivo (Ribeiro, 2018). Essa é uma das particularidades mais interessantes dos sintetizadores modulares: sua vasta gama de conexões possíveis, em que cada configuração pode se tornar um instrumento único ou, em alguns casos, a própria peça musical.

Por fim, meu convite ao leitor é que abrace o risco e a experimentação. Permita-se errar, explorar e criar sons que sejam verdadeiramente seus, únicos e pessoais. Como continuidade a esta jornada, deixo abaixo três sugestões para que você possa seguir explorando e expandindo seus horizontes musicais.

**Familiarize-se com os fabricantes<sup>1</sup> de modulares da América do Sul.** Mais do que ter acesso aos instrumentos, conhecer os fabricantes

---

<sup>1</sup> Para lista completa com links, ver seção de “Referências”.

locais é fortalecer a própria cena artística em que você irá circular e atuar. Nesse sentido, salvaguardando as diferenças de mercado com América do Norte e Europa, temos em nosso território inúmeros luthiers talentosos. No Brasil, fabricantes como VBrazil, EMW, Dissonus Instruments, Reco Synth, LAPSO, PantalaLabs, Ratton e UHZ Electronics têm desempenhado um papel essencial nesse movimento. Na América Latina como um todo, adicionamos os colegas da Olivella Modular e Tercer Brazo na Argentina, Ondes e CEMS no Chile, ZanySignals na Colômbia, Bocuma no México e AtomoSynth no Peru. Todos mostram a criatividade das diferentes regiões no campo da fabricação de instrumentos para síntese modular. Além disso, a proliferação mundial de módulos DIY e projetos de open-hardware ampliou significativamente o acesso a essas ferramentas. Porém, caso ainda não esteja pronto financeiramente para adquirir instrumentos físicos, há excelentes softwares para simulações: Cardinal, Reaktor e VCV Rack oferecem possibilidades robustas tanto para o estudo quanto para a criação, além dos projetos M.E.R.D.A., de Alexandre Torres Porres, e Automatonism, de Johan Eriksson, que levam o mundo dos modulares para dentro do ambiente de programação em Pure Data.

**Faça parte do circuito cultural.** O fortalecimento da cena modular depende do envolvimento ativo de todos: artistas, construtores, produtores, ouvintes, educadores, entusiastas. No Brasil, os fabricantes mencionados anteriormente têm incentivado a produção nacional e auxiliado na democratização do acesso a módulos de qualidade. A interação entre comunidades locais e internacionais, mediada por fóruns como ModWiggler (2025) ou redes sociais, é essencial para a troca de ideias, compartilhamento de conhecimento e avanço da prática modular. Nesse sentido, é fundamental reconhecer que somos hoje agentes ativos na renascença dos sintetizadores modulares dentro da

música eletrônica (Jenkins, 2007, p. 194). O interesse crescente por essa tecnologia reflete um movimento global, onde a exploração sonora, a customização de sistemas e a experimentação tornaram-se pilares da música de hoje. Porém, como qualquer cena emergente, essa comunidade precisa ser nutrida. A inovação, o acesso à informação e o intercâmbio entre criadores são essenciais para que o cenário modular continue crescendo. Apoiar eventos, compartilhar conhecimento, investir em novas criações e dialogar com a comunidade são formas de garantir que esse movimento não apenas se mantenha vivo, mas prospere e se expanda, principalmente na América Latina. A sobrevivência e o desenvolvimento desse ecossistema estão diretamente ligados ao nosso compromisso coletivo com a experimentação e a cultura modular.

**Continue estudando.** Sou partidário de que o melhor estudo é aquele com metas. Portanto, coloque-se em situações de organizar concertos e shows com sua música, sessões de *live-coding* ou *jam session*<sup>2</sup> com colegas, lançar álbuns solo ou coletivo, realizar oficinas para a comunidade geral etc. Busque escolas e universidades<sup>3</sup> que disponham de cursos e laboratórios com modulares. Para aprofundar seus conhecimentos de forma independente, há diversos recursos online

---

<sup>2</sup> Live-coding é a prática de criar ou modificar código em tempo real durante uma performance. Bastante comum na comunidade de Pure Data, a prática envolve editar patches enquanto a música é gerada, transformando o código em um instrumento dinâmico e improvisado.

Jam session é uma prática musical coletiva ou individual baseada na experimentação livre e na improvisação com módulos interconectados. Diferente de uma performance totalmente planejada, a jam session modular privilegia a exploração sonora espontânea, a interação dinâmica entre patches e a descoberta de novas texturas e timbres em tempo real.

<sup>3</sup> No Brasil, algumas universidades que possuem equipamentos modulares e/ou desenvolvem projetos com sintetizadores em geral são: a Universidade Estadual do Paraná (Unespar), a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (Unirio), a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Sobre a presença de modulares em instituições de ensino, ver o estudo de Madarnás; Calderón-Garrido; Herrera, 2024.

disponíveis. Livros, sites e redes sociais são excelentes fontes de estudo e para estabelecer contato. Além da vasta lista de referências que este livro traz, incentivo a conhecer três sites excelentes: ModWiggler (2025), ModularGrid (2025) e Learning Modular (2025). Essas páginas oferecem informações técnicas, ideias para patches e fóruns para troca de experiências entre entusiastas:

- ModWiggler (2025), antigo *Muff Wiggler*, é um dos fóruns mais ativos e respeitados da comunidade de sintetizadores modulares. Ele serve como um espaço para discussões sobre módulos Eurorack, Buchla, Serge, Moog, entre outros formatos, além de abranger tópicos sobre síntese sonora, equipamentos vintage, DIY, eventos e performances. A plataforma é um ponto de encontro para músicos, fabricantes e entusiastas, sendo uma fonte rica de conhecimento técnico, troca de experiências e até mesmo mercado de compra e venda de módulos usados.
- ModularGrid (2025) é uma plataforma essencial para planejamento, organização e catalogação de sistemas modulares. Ele permite aos usuários montar virtualmente seus próprios racks em diferentes formatos (Eurorack, 5U, Buchla, etc.), visualizar compatibilidades e calcular consumo de energia. Além disso, o site funciona como um banco de dados extenso, contendo informações detalhadas sobre praticamente todos os módulos disponíveis no mercado. Usuários também podem compartilhar seus setups, obter feedback e explorar racks de outros músicos para inspiração.
- Learning Modular (2025) é um site educacional criado por Chris Meyer, um dos especialistas na área de síntese modular. Ele oferece cursos online, vídeos tutoriais, artigos e recursos para ajudar iniciantes e músicos experientes a aprofundar seus conhecimentos sobre síntese modular em geral. O site aborda desde conceitos básicos de controle de tensão e modulação até técnicas avançadas de patching, ajudando os usuários a entender melhor seus sistemas e expandir sua criatividade no uso dos sintetizadores modulares.

Para concluir, a jornada com sintetizadores modulares é, acima de tudo, um caminho de constante descoberta e reinvenção. A

modularidade não é apenas uma prática técnica, mas uma postura criativa diante do som e da arte. A relação com o instrumento acontece tanto do ponto de vista da performance quanto da criação, ao meu ver de forma indissociável: a música está nos botões que você gira, nos cabos que conecta, no som que molda. Portanto, um sintetizador é mais do que um instrumento; é um modelo para expandir o pensamento. Como a máquina abstrata de Deleuze e Guattari, ele dissolve estruturas rígidas, permitindo que o som e as ideias sejam livremente recombinações de maneiras infinitas (Souza IN Teboul; Kitzmann; Engström, 2024, p. 89). Ele nos convida a pensar de forma fluida, indo além das categorias, e abraçando o imprevisível.

Nesse sentido, a síntese não é apenas liberdade sônica, mas também uma filosofia de criação. Cada conexão que você faz, cada decisão sonora, é um ato de experimentação e autoconhecimento. O sintetizador modular não apenas gera sons – ele propõe perguntas. Minha esperança é que este livro tenha inspirado você a ouvir o inesperado, a subverter padrões e a construir uma relação autêntica com seu instrumento. Que sua prática musical continue evoluindo, desafiando limites e ressoando no mundo da cena contemporânea.



# REFERÊNCIAS

## Bibliográfica

AKINS, Joseph. **The Fundamentals of Synthesizer Programming**. The MIDI Professor, 2021.

BJØRN, Kim; MEYER, Chris. **Patch & Tweak. Exploring Modular Synthesis**. Denmark: Bjooks, 2018. <http://patchandtweak.com/symbols/> e <https://bjooks.com/products/patch-tweak-exploring-modular-synthesis>

CHADABE, Joel. **Electric sound: the past and promise of electronic music**. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1997.

COOK, Perry R. Remutualizing the Musical Instrument: Co-Design of Synthesis Algorithms and Controllers. **Journal of New Music Research**. 2004, Vol. 33, No. 3, pp. 315–320.

CROMBIE, David. **The complete synthesizer: a comprehensive guide**. Omnibus Pr, 1982

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Felix. **A thousand plateaus: capitalism and schizophrenia**. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press, 2005.

DEVARAHI. **The complete guide to synthesizers**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1982.

DEUTSCH, Herbert A. **Synthesis – An Introduction to the History, Theory, & Practice of Electronic Music**. New York: Alfred Publishing Co. Inc., 1976.

DODGE, Charles; JERSE, Thomas. **Computer Music. Synthesis, Composition, and Performance**. 2nd edition. Schirmer / Thomson Learning, 1997.

ERBE, Tom. Thirty Years of Sound Hacking: From freeware to Eurorack. **Organised Sound**. 2022; 27(1): 20–25. <https://doi.org/10.1017/S1355771822000176>

FRIEDMAN, Dean. **Synthesizer Basics**. New York: Amsco Publications, 1986.

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da caixa preta**. São Paulo: Hucitec, 1985.

HENRIQUE, Luís. **Acústica Musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

HELMHOLTZ, Hermann von. **On the Sensations of Tone**. Escrito em 1895. Nova Iorque: Dover Publications, 1954.

HOLMES, Thom. **Electronic and Experimental Music: Technology, Music, and Culture**. New York: Routledge, 2008.

HORN, Delton T. **Music Synthesizers: a manual of design and construction**. Blue Ridge Summit, PA: Tab Books Inc., 1984.

HOWE, Hubert S. Compositional Limitations of Electronic Music Synthesizers. **Perspectives of New Music**, Vol. 10, No. 2 (Spring - Summer, 1972), pp. 120-129. <https://doi.org/10.2307/832337>

JENKINS, Mark. **Analog Synthesizers: Understanding, performing, buying: from the legacy of Moog to software synthesis**. Burlington, MA: Focal Press / Elsevier, 2007.

KETTLEWELL, Ben. **Electronic Music Pioneers**. Vallejo: Pro Music Press, 2002.

KLEIN, Barry. **Electronic Music Circuits**. Indianapolis, IN: Howard W. Sams & Co., Inc., 1982.

LYSAKER, John T. **Brian Eno's Ambient 1: Music for Airports**. New York, NY: Oxford University Press, 2019.

MADARNÁS, Pablo Puentes; CALDERÓN-GARRIDO, Diego; HERRERA, P Perfecto. Prácticas educativas con el sintetizador en las Enseñanzas Artísticas Superiores de Música de Cataluña. **Per Musi**, v. 25, p. e242511, 2024. <https://doi.org/10.35699/2317-6377.2024.51263>

MANNING, Peter. **Electronic and Computer Music**. Oxford University Press, 2013.

MOOG, Robert. Voltage-Controlled Electronic Music Modules. **16th Audio Engineering Society Annual Meeting**. Oct. 12-16, 1964. Disponível em: <http://moogfoundation.org/>

PERFECT CIRCUIT. **East Coast vs. West Coast Synthesis Explained**. Perfect Circuit, [s.d.]. Disponível em: <https://www.perfectcircuit.com/signal/east-coast-west-coast-synthesis>. Acesso em: 29 jan. 2025.

PINCH, Trevor; TROCCO, Frank. **Analog days : the invention and impact of the Moog synthesizer**. Cambridge MA: Harvard University Press, 2004.

RATTON, Miguel. **MIDI TOTAL**. Fundamentos e Aplicações. 2a edição. 2019.

REICH, Steve. **Piano phase**. London: Universal Edition Ltd., 1980.

RIBEIRO, Felipe de Almeida. O impacto dos sintetizadores no processo composicional. **Opus**, v. 24, n. 1, p. 167-186, jan./abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.20504/opus2018a2408>

ROADS, Curtis. **Composing Electronic Music - A New Aesthetic**. New York: Oxford University Press, 2015.

ROADS, Curtis. Early Electronic Music Instruments: Time Line 1899-1950. **Computer Music Journal**, Vol. 20, No. 3 (Autumn, 1996), pp. 20-23. <https://doi.org/10.2307/3680817>

ROLAND. **Practical Synthesis for Electronic Music**. Volume 2. [s.l.]: [s.n.], [20--]. Disponível em: [https://archive.org/details/synth\\_Practical\\_Synthesis\\_for\\_Electronic\\_Music\\_volume\\_2/page/n1/mode/2up](https://archive.org/details/synth_Practical_Synthesis_for_Electronic_Music_volume_2/page/n1/mode/2up). Acesso em: 31 jan. 2025.

STOCKHAUSEN, Karlheinz. **Kontakte**. London: Universal Edition, 1966.

STOCKHAUSEN, Karlheinz; KOHL, Jerome. Electroacoustic Performance Practice. **Perspectives of New Music**, 1996, 34(1), 74-105. <https://doi.org/10.2307/833486>

STRANGE, Allen. **Electronic Music: Systems, Techniques, and Controls**. 2ª edição revisada. Toronto: Responsive Ecologies Lab; Toronto Metropolitan University Library, 2022.

TEBOUL, Ezra J.; KITZMANN, Andreas; ENGSTRÖM, Einar. **Modular Synthesis: Patching Machines and People**. London: Focal Press, 2024. <https://doi.org/10.4324/9781003219484>

THE BOOK OF BAD IDEAS. **The Book of Bad Ideas V2**. [s.l.]: [s.n.], [202?]. Disponível em: [https://www.infinitesimal.eu/modules/images/5/5e/The\\_book\\_of\\_bad\\_ideas\\_V2.pdf](https://www.infinitesimal.eu/modules/images/5/5e/The_book_of_bad_ideas_V2.pdf). Acesso em: 31 jan. 2025.

TOMLINSON, Gary. **A Million Years of Music: The Emergence of Human Modernity**. New York: Zone Books, 2015.

TRUAX, Barry. Combining performers with Soundtracks: some personal Experience. **Sonic Ideas**, Vol.9 No.17. 2015.

VAIL, Mark. **The synthesizer: comprehensive guide to understanding, programming, playing and recording the ultimate electronic music instrument**. New York: Oxford University Press, 2014.

WELSH, Fred. **Welsh's Synthesizer Cookbook: Synthesizer Programming, Sound Analysis, and Universal Patch Book**. 3ª edição. [s.l.]: 2006.

WILSON, Ray. **Make: Analog Synthesizers. A modern approach to old-school sound synthesis**. Sebastopol: Maker Media, 2013.

ZICARELLI, David. How I Learned to Love a Program That Does Nothing. **Computer Music Journal**, 2002; 26 (4): 44–51. <https://doi.org/10.1162/014892602320991365>

## Sites

**120 YEARS OF ELECTRONIC MUSIC**. 120 Years of Electronic Music: The history of electronic musical instruments from 1800 to 2019. Organização de Simon Crab. Disponível em: <https://120years.net/wordpress/>. Acesso em: 29 jul. 2022.

**LAMUSA**. Laboratório de Música, Sonologia e Áudio. Universidade Estadual do Paraná. Disponível em: [https://embap.curitiba1.unespar.edu.br/menu\\_embap/estrutura-fisica/lamusa](https://embap.curitiba1.unespar.edu.br/menu_embap/estrutura-fisica/lamusa). Acesso em: 15 jan. 2025.

**MODULARGRID**. Disponível em: <https://modulargrid.net/>. Acesso em: 11 jan. 2025.

**NUCLEO MUSICA NOVA**. Grupo de Pesquisa Núcleo Música Nova. Disponível em: <https://www.nucleomusicanova.com.br/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PORRES, Alexandre Torres. **M.E.R.D.A.** Repositório no GitHub. Disponível em: <https://github.com/porres/merda>. Acesso em: 11 jan. 2025.

## Software

**ABLETON SUITE.** Disponível em: <https://www.ableton.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**AUTOMATONISM.** Disponível em: <https://www.automatonism.com/the-software>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**BITWIG STUDIO.** Disponível em: <https://www.bitwig.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**CARDINAL.** Disponível em: <https://cardinal.kx.studio/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**CSOUND.** Disponível em: <https://csound.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**CYCLING '74.** Disponível em: <https://cycling74.com/>. Acesso em: 10 jan. 2025.

**DORICO.** Disponível em: <https://www.steinberg.net/dorico/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**FINALE.** Disponível em: <https://www.finalemusic.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**FL STUDIO.** Disponível em: <https://www.image-line.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**IRCAM OPENMUSIC.** Disponível em: <https://forum.ircam.fr/projects/detail/openmusic/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**MUSESCORE.** Disponível em: <https://musescore.org/pt-br>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**NATIVE INSTRUMENTS.** Disponível em: <https://www.native-instruments.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**PLUG DATA.** Disponível em: <https://plugdata.org/>. Acesso em: 25 jan. 2025.

**PURE DATA.** Disponível em: <https://puredata.info/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**REAPER.** Disponível em: <https://www.reaper.fm/>. Acesso em: 25 jan. 2025.

**REASON.** Disponível em: <https://www.reasonstudios.com/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**SCALA.** Disponível em: <https://www.huygens-fokker.org/scala/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**SIBELIUS.** Disponível em: <https://www.avid.com/sibelius>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**SOFTUBE MODULAR.** Disponível em: <https://www.softube.com/modular>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**SPEAR.** Disponível em: <https://www.klingbeil.com/spear/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**SPEKTRO AUDIO.** Disponível em: <https://spektroaudio.com/cv-toolkit-standalone>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**SUPERCOLLIDER.** Disponível em: <https://supercollider.github.io/>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**VCV RACK.** Disponível em: <https://vcvrack.com>. Acesso em: 15 jan. 2025.

### **Fabricantes de modulares – Americana Latina**

**ATOMOSYNTH.** Disponível em: <https://atomosynth.net/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Peru.

**BOCUMA.** Disponível em: <https://www.bocuma.mx/>. Acesso em: 22 jan. 2025. México.

**CEMS.** Disponível em: [https://www.instagram.com/cems\\_modular/](https://www.instagram.com/cems_modular/). Acesso em: 22 jan. 2025. Chile.

**DISSONUS INSTRUMENTS.** Felipe Gesh. Disponível em: [https://www.instagram.com/dissonus\\_instruments/](https://www.instagram.com/dissonus_instruments/). Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**EMW – ELECTRONIC MUSIC WORKS.** Disponível em: <https://www.electronicmusicworks.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025. Brasil.

**KUBA.** Disponível em: <https://kuba.audio/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**LAPSO.** Hélio Pisca. Disponível em: <https://linktr.ee/lapso.eletronica.analogica>, <https://linktr.ee/heliopisca> e <https://www.instagram.com/lapso.eletronica.analogica/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**OLIVELLA MODULAR.** Disponível em: <https://www.olivellamodular.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Argentina.

**ONDES.** Disponível em: <http://www.ondes.cl/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Chile.

**PANTALA LABS.** Gibran Salomão. Disponível em: <http://pantalalabs.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**RATTON.** Disponível em: <http://ratton.com.br/>. Acesso em: 26 jan. 2025. Brasil.

**RECO SYNTH.** Disponível em: <https://www.recosynth.com/educacional>. Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**TERCER BRAZO.** Disponível em: <https://www.instagram.com/tercerbrazoestudio?igsh=MTQxMXRycHBkZ283ZA%3D%3D>. Acesso em: 15 jan. 2025. Argentina.

**UHZ ELECTRONICS.** Disponível em: <https://www.uhzelectronics.xyz/>, <https://www.instagram.com/uhzelectronics/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**VBRAZIL SYSTEMS.** Disponível em: <https://www.vbrazilsystems.com/portugues.html/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Brasil.

**ZANYSIGNALS.** Disponível em: <https://www.zanysignals.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025. Colômbia.

### **Fabricantes de modulares – internacionais**

**AFTER LATER AUDIO.** Disponível em: <https://afterlateraudio.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**ARP.** Disponível em: <http://www.arpynth.com/en/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**ARTURIA.** Disponível em: <https://www.arturia.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**BEFACO.** Disponível em: <https://www.befaco.org/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**BEHRINGER.** Disponível em: <https://www.behringer.com/product.html?modelCode=PoDPX>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**DOEPFER MUSIK ELEKTRONIK GMBH.** Disponível em: <https://www.doepfer.de/home.htm>. Acesso em: 15 jan. 2025.

**ERICA SYNTHS.** Disponível em: <https://www.ericasynths.lv/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**EXPERT SLEEPERS.** Disponível em: <https://www.expert-sleepers.co.uk/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**GRAYSCALE.** Disponível em: <https://grayscale.info/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**KORG.** Disponível em: [https://www.korg.com/us/products/synthesizers/ms\\_20mini/](https://www.korg.com/us/products/synthesizers/ms_20mini/). Acesso em: 22 jan. 2025.

**MICHIGAN SYNTH WORKS.** Disponível em: <https://michigansynthworks.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**MUTABLE INSTRUMENTS.** Disponível em: <https://pichenettes.github.io/mutable-instruments-documentation/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**ROLAND.** Disponível em: <https://www.roland.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**TLM AUDIO.** Disponível em: <https://www.tlm-audio.com/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

**TUBBUTEC.** Disponível em: <https://tubbutec.de/>. Acesso em: 22 jan. 2025.

## **Fabricantes de áudio**

**ADAM AUDIO.** ADAM Audio GmbH. Disponível em: <https://www.adam-audio.com/en/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**AKG.** AKG Acoustics. Disponível em: <https://www.akg.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**APOGEE.** Apogee Electronics Corp. Disponível em: <https://apogeedigital.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**AUDEZE.** Audeze LLC. Disponível em: <https://www.audeze.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**AUDIANT.** Audient Ltd. Disponível em: <https://audient.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**AUDIO-TECHNICA.** Audio-Technica Corporation. Disponível em: <https://www.audio-technica.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**AVANTONE PRO.** Avantone Pro. Disponível em: <https://avantonepro.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**BELKIN.** Belkin International, Inc. Disponível em: <https://www.belkin.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**BEYERDYNAMIC.** beyerdynamic GmbH & Co. KG. Disponível em: <https://global.beyerdynamic.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**BOSE.** Bose Corporation. Disponível em: <https://www.bose.com/home>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**DYNAUDIO.** Dynaudio A/S. Disponível em: <https://dynaudio.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**FOCAL.** Focal-JMLab. Disponível em: <https://www.focal.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**FOCUSRITE.** Focusrite Audio Engineering Ltd. Disponível em: <https://focusrite.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**GENELEC.** Genelec Oy. Disponível em: <https://www.genelec.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**IK MULTIMEDIA.** IK Multimedia Production srl. Disponível em: <https://www.ikmultimedia.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**JBL.** JBL Professional. Disponível em: <https://www.jbl.com.br/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**KRK.** KRK Systems. Disponível em: <https://www.krkmusic.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**MACKIE.** LOUD Audio, LLC. Disponível em: <https://mackie.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**MARANTZ.** Marantz. Disponível em: <https://www.marantz.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**MOTU.** Mark of the Unicorn, Inc. Disponível em: <https://motu.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**NEUMANN.** Georg Neumann GmbH. Disponível em: <https://www.neumann.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**PRESONUS.** PreSonus Audio Electronics, Inc. Disponível em: <https://www.presonus.com/products/audiobox-usb>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**RME.** RME Audio. Disponível em: <https://rme-audio.de/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**RODE.** RØDE Microphones. Disponível em: <https://rode.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**SARAMONIC.** Saramonic. Disponível em: <https://www.saramonic.com.br>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**SENNHEISER.** Sennheiser electronic GmbH & Co. KG. Disponível em: <https://br.sennheiser-hearing.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**SHURE.** Shure Incorporated. Disponível em: <https://www.shure.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**SONY.** Sony Corporation. Disponível em: [https://pro.sony/bp\\_BR/products/audio/pro-audio](https://pro.sony/bp_BR/products/audio/pro-audio). Acesso em: 26 jan. 2025.

**SOUND DEVICES.** Sound Devices, LLC. Disponível em: <https://www.sounddevices.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**SSL.** Solid State Logic. Disponível em: <https://solidstatelogic.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**TANNOY.** Tannoy Ltd. Disponível em: <https://www.tannoy.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

**TASCAM.** TEAC Corporation. Disponível em: <https://tascam.com/>. Acesso em: 26 jan. 2025.



A Editora Fi é especializada na editoração, publicação e divulgação de produção e pesquisa científica/acadêmica das ciências humanas, distribuída exclusivamente sob acesso aberto, com parceria das mais diversas instituições de ensino superior no Brasil e exterior, assim como monografias, dissertações, teses, tal como coletâneas de grupos de pesquisa e anais de eventos.

Conheça nosso catálogo e siga as nossas páginas nas principais redes sociais para acompanhar novos lançamentos e eventos.



**[www.editorafi.org](http://www.editorafi.org)**  
[contato@editorafi.org](mailto:contato@editorafi.org)

Um Guia para Síntese Sonora com Sintetizadores Modulares convida o leitor à experimentação e à descoberta sonora no universo dos sintetizadores modulares. Com uma abordagem que equilibra teoria e prática, Felipe de Almeida Ribeiro percorre desde os fundamentos da acústica e da síntese sonora até aplicações avançadas em música eletrônica, experimentação eletroacústica e performance ao vivo.

O livro explora diferentes arquiteturas de sistemas modulares, abordando tanto sintetizadores físicos – com ênfase nos fabricantes brasileiros – quanto plataformas digitais como VCV Rack e Pure Data (Pd). O livro incentiva uma abordagem híbrida, combinando ferramentas analógicas e digitais para ampliar as possibilidades criativas. Diagramas explicativos, exemplos práticos e sugestões de patches interativos auxiliam o leitor na construção de um pensamento modular aplicado à criação musical.

Mais do que um manual técnico, Um Guia para Síntese Sonora com Sintetizadores Modulares traça um panorama histórico da síntese modular, examinando a evolução dos primeiros sintetizadores e seu impacto na música eletrônica e experimental. Longe de obsoletos, esses instrumentos permanecem potentes para a inovação musical, desafiando a lógica da descartabilidade tecnológica.

A obra também propõe uma reflexão crítica sobre o papel dos sintetizadores modulares na criação contemporânea. Mais do que circuitos e conexões, esses instrumentos são meios expressivos que expandem as possibilidades sonoras e questionam paradigmas musicais. Por isso, o domínio técnico dos módulos deve sempre estar vinculado a uma abordagem estética e conceitual, incentivando um pensamento criativo que vá além da funcionalidade dos equipamentos e contribua para a construção de novas linguagens musicais.

Seja você um iniciante buscando compreender os fundamentos da síntese modular ou um músico experiente explorando novas abordagens, este livro oferece um panorama profundo e acessível sobre um dos campos mais instigantes da criação sonora contemporânea.

