

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA  
ESPECIALIZAÇÃO EM MÚSICA ELETROACÚSTICA

Paul Wegmann

*EN BUSCA DEL TIEMPO...* TEMPERAMENTOS NÃO-OITAVANTES E METAL  
EXTREMO

Curitiba

2023

Paul Wegmann

***EN BUSCA DEL TIEMPO...* TEMPERAMENTOS NÃO-OITAVANTES E METAL  
EXTREMO**

Memorial de composição apresentado para conclusão do curso de Pós-Graduação *Latu Sensu* Música Eletroacústica: ênfase em Composição, turma 2021, Universidade Estadual do Paraná - Campus Curitiba II - FAP, como requisito para obtenção de aprovação final.

Orientador: Prof. Dr. Clayton Mamedes Rosa.

Avaliador: Prof. Dr. Felipe de Almeida Ribeiro

Curitiba

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNESPAR e Núcleo de Tecnologia de Informação da UNESPAR, com Créditos para o ICMC/USP e dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Wegmann, Paul

En Busca del Tiempo... Temperamentos não-  
oitavantes e Metal Extremo / Paul Wegmann. --  
Curitiba-PR, 2023.

25 f.

Orientador: Clayton Mamedes.

Especialização em Música Eletroacústica -  
Universidade Estadual do Paraná, 2023.

1. temperamentos não-oitavantes. 2. escalas não-  
oitavantes. 3. metal extremo. 4. composição  
eletroacústica. 5. harmonia microtonal. I -  
Mamedes, Clayton (orient). II - Título.

**RESUMO:** O presente memorial apresenta uma pesquisa baseada na prática artística da composição eletroacústica, tendo como resultado final a produção de uma obra autoral quadrafônica de doze minutos e quarenta e dois segundos (12:42), a qual intitulei *En busca del tiempo...*. A obra foi estreada no dia 14/04/2023 no I Encontro da Música Eletroacústica Brasileira na UNESPAR, Campus Curitiba II - FAP. O material harmônico utilizado na peça foi produzido a partir de temperamentos não-oitavantes. Materiais texturais foram produzidos com guitarra elétrica de sete cordas, evocando características do metal extremo. A estratégia composicional começou pela elaboração e experimentação com *patches* generativos programados em Max/Msp que produzem harmonias com temperamentos não-oitavantes. Para multiplicar o espectro de alguns sons produzidos mecanicamente, foi programado um *delay* cujas repetições polimétricas são transpostas microtonalmente de acordo com o temperamento não-oitavante escolhido. Para gerar outros materiais harmônicos e espectrais foram utilizados sintetizadores programados também em Max/Msp, registrando *performances* nas quais alguns parâmetros foram controlados em tempo real. As bases conceituais que possibilitaram a realização da peça são i) a noção de Pesquisa em Arte, conforme exposta por Fortin e Gosselin e ii) categorias formais formuladas por James Tenney. O memorial tem por foco descrever ferramentas e materiais utilizados para a elaboração da peça *En busca del tiempo...*

**Palavras-chave:** Composição eletroacústica, Metal extremo, Escalas não-oitavantes, Temperamentos não-oitavantes.

**ABSTRACT:** The present memorial presents a research based on the artistic practice of electroacoustic composition, having as final result the production of a quadraphonic authorial work of twelve minutes and forty-two seconds (12:42), which I entitled *En Busca del tiempo...*. The work was premiered on April 4th 2023 at the 1st Brazilian Electroacoustic Music Meeting at UNESPAR, Curitiba II campus - FAP. The harmonic material used in the piece was produced from non-octave temperaments. Textured materials were produced with a seven-string electric guitar, evoking characteristics of extreme metal music. The compositional strategy began with elaboration and experimentation with generative patches programmed in Max/Msp that produce harmonies with non-octaviant temperaments. In order to multiply the spectrum of some mechanically produced sounds, a delay was programmed whose polymetrical repetitions are transposed microtonally according to the chosen non-octave temperament. To generate other harmonic and spectral materials, synthesizers also programmed in Max/Msp were used, recording performances in which some parameters were controlled in real time. The conceptual bases that enabled the realization of the piece are i) the notion of Research in Art, as exposed by Fortin and Gosselin and ii) formal categories formulated by James Tenney. The memorial focuses on describing the tools and materials used to create the piece *En busca del tiempo...*

**Keywords:** Electroacoustic composition, Extreme metal music, Non-octave scales, non-octave tunings.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 TEMPERAMENTOS NÃO-OITAVANTES .....</b>	<b>7</b>
<b>3 IMPLEMENTAÇÃO DE TEMPERAMENTOS NÃO-OITAVANTES EM MAX/MSP .....</b>	<b>11</b>
<b>4 METAL EXTREMO, MICROTONALIDADE E COMPOSIÇÃO ELETROACÚSTICA .....</b>	<b>17</b>
<b>5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>20</b>
5.1 PESQUISA EM ARTE .....	20
5.2 CATEGORIAS FORMAIS FORMULADAS POR TENNEY.....	20
<b>6 METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
6.1 MATERIAIS UTILIZADOS .....	22
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>

## 1. Introdução

O presente trabalho é um memorial sobre a composição da peça *En busca del tiempo...*<sup>1</sup> estreada no dia 14 de abril de 2023, no *I Encontro da Música Eletroacústica Brasileira*, que teve lugar na UNESPAR, campus Curitiba II - FAP. A peça foi composta utilizando temperamentos não-oitavantes, os quais são gerados a partir de intervalos de equivalência distintos da oitava justa, a exemplo do temperamento igual. O temperamento não-oitavante mais difundido e talvez mais documentado é a escala Bohlen-Pierce. Em função de produzir uma aproximação estética entre a música eletroacústica e o metal extremo, os materiais texturais da peça foram produzidos com guitarra elétrica de sete cordas com distorção de alto ganho, comumente referida como *high-gain*, em inglês. O aspecto rítmico dessas texturas foi composto a partir das primeiras seis frequências de batimento que resultam a partir da frequência de base de um temperamento não-oitavante que consiste num espaço de décima segunda (ou *trítava*, o mesmo intervalo de equivalência da escala Bohlen-Pierce) dividida em vinte e nove partes. A estratégia composicional começou pela elaboração e experimentação com *patches* generativos programados em Max/Msp que produzem harmonias com temperamentos não-oitavantes. Esses *patches* produzem harmonias polifônicas ou homofônicas, escolhendo as alturas aleatoriamente dentro de um registro controlado em tempo real. O ponto mais relevante nesse primeiro estágio do processo foi a experiência de escuta extensiva do material harmônico resultante de diversos temperamentos não-oitavantes, a partir do qual foi possível constatar diferenças de sonoridade e escolher os que foram usados na obra. Entre eles, destaco dois, i) o temperamento resultante da divisão da sétima maior em 17 partes e ii) uma trítava — ou décima segunda — dividida em vinte e nove partes. Os *patches* generativos cumpriram uma função dupla, sendo a primeira e mais importante a de possibilitar experiências de escuta que podem prolongar-se por tempo indefinido, e a segunda é a produção de vasto material harmônico a partir do qual selecionei os melhores momentos, os quais com algumas edições e processos posteriores — como automação de reverberação, síntese granular e filtros — passaram a constituir a peça *En busca del tiempo...*

Para multiplicar o espectro de alguns sons produzidos mecanicamente, foi programado um *delay* de seis canais independentes, cujas repetições são transpostas microtonalmente de acordo com a razão de transposição do temperamento não-oitavante

---

<sup>1</sup> Disponível em:

<https://drive.google.com/drive/folders/12CZjl74lt5gzpX6bhU1MoTwaK4uD4RRQ?usp=sharing>

escolhido. Foram elaboradas texturas polimétricas a partir do controle rítmico das repetições. Os *patches* serão revelados em detalhe mais adiante.

As bases conceituais que auxiliaram na realização da presente pesquisa artística são i) a noção de Pesquisa em Arte, conforme exposta por Fortin e Gosselin (2014) e ii) categorias formais formuladas por James Tenney (1961). O memorial tem por foco descrever ferramentas e materiais utilizados para a elaboração da peça *En busca del tiempo...* revelando um processo criativo desenvolvido a partir da busca por uma inter relação estética entre o metal extremo e a música eletroacústica, empregando estratégias tecnológicas e composicionais para o controle de alturas derivadas de temperamentos não-oitavantes.

## 2. Temperamentos não-oitavantes

Diferentemente do tradicional temperamento igual, um temperamento não-oitavante utiliza como base um intervalo de equivalência distinto da oitava, e que pode ser dividido em  $n$  número de partes. Por exemplo, pode-se dividir um intervalo de décima primeira aumentada em trinta e duas partes iguais, ou uma sétima maior em dezessete partes iguais e distribuí-las exponencialmente, como o temperamento igual ou 12EDO<sup>2</sup>. A escala Bohlen-Pierce, por exemplo, segue este princípio, trata-se de uma escala macrotonal<sup>3</sup> não-oitavante que

[...] foi descoberta nas décadas de 1970 e 1980 por três pessoas independentes umas das outras. O primeiro a investigar a escala foi o engenheiro alemão de microondas e comunicações Heinz Bohlen em Hamburgo. Vários anos depois, na Califórnia, Estados Unidos, outro engenheiro de microondas e comunicações, John Robinson Pierce, também descobriu a mesma escala. Na mesma época, o engenheiro de software holandês Kees van Prooijen trabalhou no mesmo material. (MÜLLER, 2019, trad. nossa)<sup>4</sup>

Essa escala consiste na divisão da trítava em 13 partes iguais. O termo trítava (em inglês *tritave*, em alusão a *octave*) refere-se ao terceiro parcial da série harmônica, cuja razão

<sup>2</sup> EDO é um aforismo que significa *equal divisions of the octave*, em português, doze divisões iguais da oitava.

<sup>3</sup> O mínimo intervalo possível na escala Bohlen-Pierce é maior que o semitom temperado. Este último corresponde a 100 cents, enquanto o menor intervalo possível na escala Bohlen-Pierce é de 146,3 cents, um pouco menos de três quartos de tom.

<sup>4</sup> “The Bohlen-Pierce scale was discovered in the 1970s and 1980s by three people independently from each other. The first one to investigate the scale was the German microwave and communications engineer Heinz Bohlen in Hamburg. Several years later in California, USA, another microwave and communications engineer, John Robinson Pierce, also discovered the same scale. Around the same time, the Dutch software engineer Kees van Prooijen worked on the same material” (MÜLLER, 2019).

intervalar é de 3:1, o qual passa a substituir a oitava, 2:1, enquanto intervalo de equivalência<sup>5</sup>. De acordo com os materiais pesquisados, a escala Bohlen-Pierce pode ser considerada a primeira escala não-oitavante da história, partindo da curiosidade de pessoas que não eram músicos mas tinham contato com música e questionaram por que, na música, é utilizado apenas um único temperamento, o temperamento igual ou 12EDO. O engenheiro Heinz Bohlen chegou a descrever outras escalas não-oitavantes, além da conhecida como Bohlen-Pierce. A história detalhada da descoberta da escala Bohlen-Pierce, bem como artigos, artistas e composições sobre este assunto, podem ser acessados no The Bohlen-Pierce Site<sup>6</sup>, que foi mantido durante a década de 1990 pelo próprio Heinz Bohlen, falecido em 2016. Até o momento da redação do presente trabalho, a última atualização que consta no site foi realizada em 2013. Apesar disso, contém vasto material sobre o assunto.

Outro exemplo de temperamentos ou escalas não-oitavantes, talvez um pouco menos radicais na sua concepção, são as escalas de Wendy Carlos, compositora de inúmeras trilhas sonoras para cinema e pioneira na utilização de sintetizadores na segunda metade do século XX. Ela inventou três escalas que não possuem oitava temperada (1200 cents), mas produzem intervalos que, para ela, soam mais consonantes que aqueles produzidos no temperamento igual ou 12EDO. No seu artigo *Three asymmetric divisions of the octave*, a autora inquire

[...] por que não, como experimento, investigar divisões que não são baseadas em números inteiros, mas permitem partes fracionárias? Isso perderá toda a simetria da oitava, mas se lidarmos com a oitava mais tarde, poderemos encontrar alguns espécimes de igual divisão realmente interessantes. Vários anos atrás, escrevi um programa de computador para realizar uma investigação precisa de busca profunda nesse tipo de divisão assimétrica, tomando como alvo as proporções: 3/2, 5/4, 6/5, 7/4 e 11/8. Aqui está o que se descobriu. Entre 10-40 passos iguais por oitava existem apenas três divisões que são incrivelmente mais consonantes do que quaisquer outros valores ao redor, como exuberantes ilhas tropicais espalhadas em um grande oceano de caos uniforme. Eu os chamo de Alfa ('alfa'), Beta ('beta') e Gama ('gama'). Essas felizes descobertas ocorrem em: 'alfa' = 78,0 cents/ passo = 15,385 passos/oitava, 'beta' = 63,8 cents/ passo = 18,809 passos/oitava, 'gama' = 35,1 cents/ passo = 34,188 passos/oitava. (CARLOS, 1986, trad. nossa)<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Frequentemente referido em inglês como *frame interval*, em alguns autores, *framework*.

<sup>6</sup> Atualmente abrigado pela Huygens-Fokker Foundation, disponível em: <https://www.huygens-fokker.org/bpsite/>.

<sup>7</sup> “[...] as an experiment, investigate divisions which are not integer based, but allow fractional parts? That will lose all octave symmetry, but if we handle the octaving later, we might be able to find some really interesting equal-step specimens. Several years ago I wrote a computer program to perform a precise deep-search investigation into this kind of Asymmetric Division, based on the target ratios of: 3/2, 5/4, 6/5, 7/4, and 11/8. Here's what it discovered. Between 10-40 equal steps per octave only three divisions exist which are amazingly more consonant than any other values around the, like lush tropical islands scattered in a great ocean of uniform chaos. I call them Alpha ('alpha'), Beta ('beta'), and Gamma ('gamma'). These happy discoveries occur at: 'alpha'

As três escalas aqui descritas foram criadas a partir de um intervalo de equivalência que não corresponde a um número inteiro, como no caso da oitava justa, cuja razão intervalar é de 2:1. Apesar de se perder a simetria da oitava, Wendy Carlos aponta com fascínio para as possibilidades harmônicas destas novas escalas, referindo-se especialmente à escala *alpha* como “incrivelmente pura”, cujos movimentos melódicos são “exóticos e frescos” (CARLOS, 1986).

Tanto a escala Bohlen-Pierce quanto as escalas *alpha*, *beta* e *gamma* de Wendy Carlos representam uma mudança relevante no âmbito dos sistemas escalares, pois ampliam o paradigma de afinação que desde a Grécia antiga até meados do século XX baseava-se apenas na razão de oitava justa, ou 2:1. Uma peculiaridade desses novos temperamentos reside em que a perceptibilidade da ciclicidade anteriormente oferecida pela oitava fica parcialmente comprometida, pois estamos culturalmente habituados a escutar as oitavas como fechamento e reinicialização dos ciclos intervalares. Ivan Wyschnegradsky, compositor russo pioneiro na utilização e teorização sobre afinações microtonais no século XX, em relação à percepção da ciclicidade sugere que

Com a adoção do temperamento igual, o *continuum* tonal foi de fato transformado em meio sonoro. Mas foi necessário mais de um século para que essa transformação penetrasse na (nossa) consciência e para que o igual espaçamento dos tons desse origem ao sentido de sua equivalência. A cromatização progressiva da linguagem musical, o uso cada vez mais extenso de ambiguidades tonais decorrentes da ambigüidade do temperamento (igual) escancarou o fundamento da ordem tonal até que o início do século XX realizou a consciência da equivalência de (os) doze tons. (WYSCHNEGRADSKY apud BEAULIEAU, 1991)<sup>8</sup>

Sabemos que indivíduos com treinamento musical prévio conseguem perceber quando uma escala cromática ascendente alcança a oitava da primeira nota. Para integrar uma escala não-oitavante no repertório auditivo seria preciso um treinamento com foco na percepção dos intervalos macro ou microtonais que formam dita escala e no número de graus que separam a primeira nota do intervalo de equivalência — como a trítava, no caso da escala

---

= 78.0 cents/step = 15.385 steps/octave, 'beta' = 63.8 cents/step = 18.809 steps/octave, 'gamma' = 35.1 cents/step = 34.188 steps/octave” (CARLOS, 1986).

<sup>8</sup> “With the adoption of equal temperament, the tonal continuum was *de facto* transformed into a sonorous medium. But more than a century was needed for this transformation to penetrate (our) consciousness and for the equal spacing of the tones to give birth to the sense of their equivalence. Progressive chromaticization of the musical language, the more and more extended use of tonal ambiguities arising from the ambiguity of the (equal) temperament gapped the foundation of tonal order until the beginning of the twentieth century accomplished the awareness of the equivalence of (the) twelve tones” (WYSCHNEGRADSKY apud BEAULIEAU, 1991).

Bohlen-Pierce. O fato de que o número de escalas ou temperamentos não-oitavantes possíveis é considerável, dado que qualquer intervalo pode ser dividido em  $n$  número de partes, dificulta a viabilidade de uma possível implementação de um treinamento perceptivo que consiga cobrir esse volume gigantesco de escalas possíveis. Considerando inclusive as escalas microtonais baseadas na relação de oitava, seria algo ainda muito distante para a realidade da escola de música hoje. Apesar de terem existido pioneiros da microtonalidade como o compositor tchecoslovaco Alois Hába, quem criou o *Departamento de Música de Quartos e Sextos de Tom* no Conservatório de Praga em 1933, oferecendo um curso de três anos de duração (BATTAN, 1980, p. 14), os estudos musicais em percepção musical hoje, quase cem anos depois, continuam focando apenas no estudo do 12EDO. Dessa maneira, a música microtonal fica restrita a cursos universitários de composição musical que se ocupam de estudar a história dos sistemas musicais comumente referidos como historicamente estabelecidos, passando por alto que o uso de escalas microtonais possui hoje uma história comprovadamente milenar, sendo o 12EDO uma invenção relativamente recente, no séc. XVIII. Apesar disso, os grupos de acadêmicos que se dedicam ao estudo de escalas e sistemas de afinação microtonais são ainda menores.

De uma perspectiva histórica, a utilização de escalas ou temperamentos não-oitavantes aparece como uma consequência lógica das pesquisas iniciadas no final do século XIX e na primeira metade do séc. XX, nas quais se experimentava com diferentes divisões da oitava. De acordo com Terumi Narushima, enquanto compositores como Harry Partch utilizavam a entonação justa, baseada nos intervalos encontrados na série harmônica natural,

outros músicos, como Ivor Darreg, experimentaram escalas que dividem a oitava em diferentes números de intervalos igualmente espaçados diferentes de 12. Estes incluem escalas que dividem o semitom em intervalos menores, como quartos de tom, sextos e oitavos tons (por exemplo, Julián Carrillo, Alois Hába e Ivan Wyschnegradsky), bem como escalas que se aproximam apenas de intervalos como temperamento igual de 19 tons (por exemplo, Joseph Yasser, Joel Mandelbaum) e temperamento igual de 31 tons (por exemplo, Adriaan Fokker), para citar apenas alguns. Ainda outros músicos propuseram escalas que não são baseadas em oitavas, como a escala Bohlen-Pierce (Bohlen 1978; Mathews, Roberts & Pierce 1984) ou as escalas Alfa, Beta e Gama de Wendy Carlos (Carlos 1987, p. 43). Tais exemplos de sistemas de afinação microtonal fornecem aos músicos uma vasta gama de recursos de afinação para tocar. Eles oferecem uma paleta de cores vibrantes que de outra forma não estariam disponíveis nas notas “preto e branco” da afinação convencional. Embora a maioria dos músicos contemporâneos ainda trabalhe com temperamento igual de 12 tons como sua afinação padrão, há uma consciência crescente de escalas alternativas à medida que mais músicos são seduzidos pelas infinitas possibilidades oferecidas pelos sistemas de afinação microtonal. (NARUSHIMA, 2018, pp. 1-2, trad. nossa)<sup>9</sup>

<sup>9</sup> “other musicians such as Ivor Darreg have experimented with scales that divide the octave into different numbers of equally spaced intervals other than 12. These include scales that divide the semitone into smaller

Esta citação de Narushima contém uma interessante lista de compositores e compositoras e os sistemas de afinação utilizados por cada um, incluindo escalas não-oitavantes, cujas principais referências são Bohlen, Mathews, Roberts e Pierce e Wendy Carlos.

Tanto o rock progressivo que me levou ao metal extremo quanto a música na qual a harmonia é um parâmetro importante (jazz, fusion e música de concerto) foram inspirações que me levaram a continuar criando, estudando e aprofundando conhecimento sobre música. Entretanto, essas influências se encontravam mais fragmentadas na minha produção artística antes de ter cursado a Especialização em Música Eletroacústica na UNESPAR. Por exemplo, quando compunha um tema de fusion, ou uma peça de metal progressivo ou uma obra eletroacústica havia pouco ou nulo diálogo entre elas. Nesse sentido, a presente pesquisa se constitui como uma oportunidade para buscar integrar estéticas distintas, integração que precisa ainda ser amadurecida. Por outro lado, a microtonalidade, especialmente a utilização de escalas não-oitavantes, é recente, pouco documentada e pouco teorizada, mas ao mesmo tempo oferece inúmeras possibilidades criativas.

Isto representa, na minha produção, um caminho de ampliação do dado harmônico que venho perseguindo durante muitos anos, que se originou na minha prática jazzística e acabou levando-me à música eletroacústica. No contexto do lugar geográfico que habito, a cidade de Curitiba, Paraná, a música eletroacústica é uma prática ainda muito restrita. A pesquisa artística que visa este tipo de síntese estética é relevante não apenas num sentido pessoal de desenvolvimento artístico em direção a uma identidade composicional mais madura e integrada, mas também pelo fato de poder registrar e partilhar esse processo no formato de uma pesquisa, envolvendo procedimentos técnicos e reflexões inerentes ao processo criativo, descrevendo em detalhes como foram integrados elementos de estéticas distintas e até díspares em termos de concepção formal e de abordagem técnica/criativa. Se sabe que uma pesquisa isolada não é mais que um grão de areia que somado a muitos outros, representa o corpo de conhecimento produzido por uma nação num determinado campo. Assim, os procedimentos e reflexões contidos neste memorial pretende somar na composição

---

intervals such as quartertones, sixth tones and eighth tones (e.g., Julián Carrillo, Alois Hába and Ivan Wyschnegradsky), as well as scales that closely approximate just intervals such as 19-tone equal temperament (e.g., Joseph Yasser, Joel Mandelbaum) and 31-tone equal temperament (e.g., Adriaan Fokker), to name but a few. Still other musicians have proposed scales that are non-octave-based, such as the Bohlen–Pierce scale (Bohlen 1978; Mathews, Roberts & Pierce 1984) or Wendy Carlos’ Alpha, Beta and Gamma scales (Carlos 1987, pp. 42–43)” (NARUSHIMA, 2018, pp. 1-2).

desse corpo de conhecimento sobre criação sonora, com ênfase no hibridismo estético e na harmonia microtonal.

### 3. Implementação de temperamentos não-oitavantes em Max/Msp

Na atualidade, com a potência dos novos computadores e o desenvolvimento de plataformas digitais que permitem programar de forma criativa com aplicações artísticas, é possível utilizar temperamentos não-oitavantes sem a necessidade de construir instrumentos físicos — com todas as dificuldades técnicas que isto envolveria. Na plataforma de programação visual Max/Msp<sup>10</sup>, o objeto `groove~` serve para ler áudio contido num *buffer*<sup>11</sup> da frente para trás, de trás para frente, em maior ou menor velocidade, ou transposto. Para esta última função, o `groove~` se serve de uma expressão que calcula a razão de transposição (*transposition ratio*, na Fig. 1) de modo que consegue transpor qualquer sinal de áudio, usando os intervalos que formam o temperamento igual.

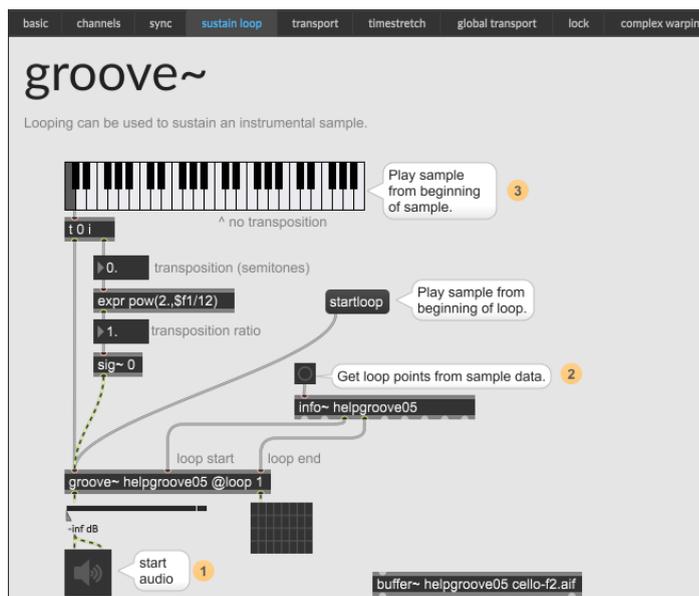


FIGURA 1 - Arquivo de ajuda do objeto `groove~`, em Max/Msp.

A expressão que produz a razão de transposição é  $\text{pow}(2, \$f1/12)$ . O número 2 representa a oitava como intervalo de equivalência,  $\$f1$  é o número da nota MIDI ou seja, a

<sup>10</sup> Programa criado originalmente por Miller Puckette no IRCAM, *Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique*; traduzido como Instituto de Pesquisa e Coordenação de Música e Acústica. Hoje em dia, o desenvolvimento de Max/Msp está a cargo da companhia Cycling '74.

<sup>11</sup> Memória utilizada para armazenar dados de forma temporária.

sua posição ordinal na escala — e o número 12 é o divisor do intervalo de equivalência, neste caso, 12 semitons.

Para realizar transposições com intervalos microtonais, a expressão pode ser modificada para dividir a oitava em maior número de partes. Para tal, basta substituir o número 12 contido na expressão por um número maior. Foi assim que comecei a utilizar escalas microtonais nas minhas peças, trabalhando inicialmente com a escala bicromática, isto é, uma oitava dividida em vinte e quatro partes (ou quartos de tom). Utilizei este temperamento por primeira vez em 2017 para a composição da peça [Reflexões sobre a Imortalidade dos Átomos](#), uma obra mista para guitarra elétrica, set de percussão sinfônica tocada por dois percussionistas, eletrônica ao vivo e sons eletrônicos com difusão quadrifônica — produto do meu trabalho de conclusão do Bacharelado em Composição e Regência na Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR). Alguns compositores pioneiros na utilização deste temperamento no século XX são Alois Hába, Ivan Wyschnegradsky e Iván Carrillo — anteriormente mencionados.

Com base neste mesmo temperamento, elaborei o *Wegs<sup>12</sup> Microtonal Delay*, um *patch* em Max/Msp que produz seis cópias do sinal original. Estas podem ser atrasadas (*delay*) e repetidas (*feedback*) dividindo um pulso comum e transpostas de acordo com o temperamento igual, cromático ou bicromático.



FIGURA 2 - *Wegs Microtonal Delay*.

<sup>12</sup> Wegs em alusão a meu sobrenome, Wegmann, que em alemão significa forasteiro ou visitante. Curiosamente, me encontro há 15 anos morando em terras estrangeiras, sendo o Chile meu país de origem.

Esse *patch* programado em Max oferece seis módulos independentes, cada um com controle intervalar (de altura) e de amplitude, panorâmica fixa ou controlada por osciladores de baixa frequência (LFO), filtro de agudos e atraso com divisão metronômica e controle de retroalimentação (*feedback*). Por último, controle de mistura entre o sinal original e a soma dos seis delays.

O *Wegs Microtonal Delay* foi utilizado para processar o primeiro som que inicia a peça *En Busca del Tiempo...* o qual foi produzido arrastando um banco de madeira num piso de tacos, produzindo material ruidoso, uma altura definida e também multifônicos de duas notas, dependendo do peso colocado no banco na hora de friccioná-lo no chão.



FIGURA 3 - Banco que foi friccionado contra o piso de madeira.

O referido *delay* também foi utilizado para processar o sinal limpo da guitarra elétrica que aparece na peça em 7:26, a qual realiza um gesto ascendente com dois acordes, transcritos na figura abaixo.

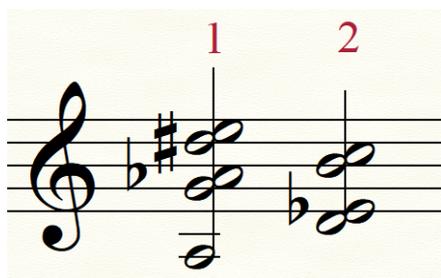


FIGURA 4 - Os dois acordes utilizados na peça.

O próximo passo na utilização de escalas microtonais se deu descobrindo que, além de modificar o divisor da oitava, também é possível trocar a oitava por outro intervalo de equivalência. Sem consciência de que estava entrando num terreno harmônico até hoje pouco explorado e sem saber da existência da escala Bohlen-Pierce que se baseia na divisão de um intervalo distinto da oitava (a *trítava*, ou décima segunda), iniciei um processo de

experimentação sonora modificando a expressão da *Figura 1* para que tanto o intervalo de equivalência quanto a sua divisão fossem arbitrários. Na figura abaixo foi calculada a razão de transposição da escala Bohlen-Pierce, a modo de exemplo.

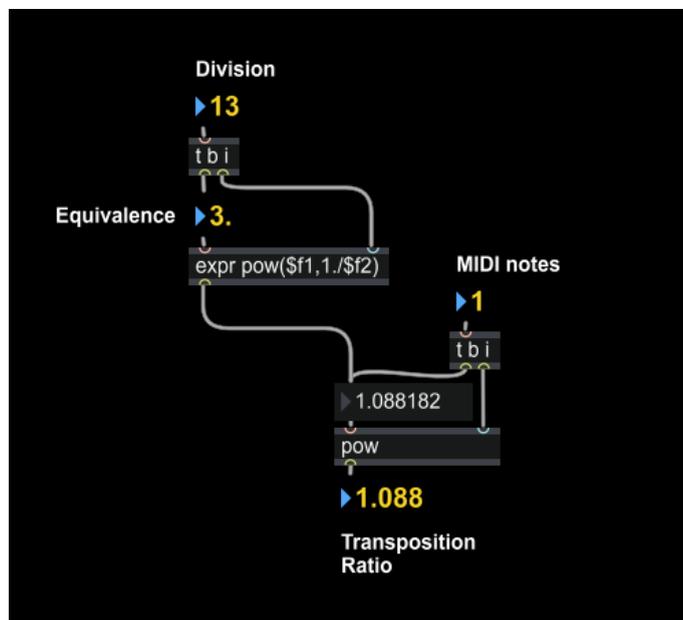


FIGURA 5 - Modificação da expressão utilizada para controlar *pitch-shifting* a partir de temperamentos não-oitavantes. O número 3 refere-se à tritava e o número 13 indica a quantidade de divisões.

Na sequência, para obter a frequência exata da nota é necessário multiplicar a razão de transposição (*transposition ratio* na *Figura 5*) pela frequência de base do temperamento, isto é, a primeira nota e a mais grave do temperamento, a partir da qual todas as outras notas são geradas de acordo com a razão de transposição. Se a frequência de base é 110 Hertz, a segunda nota dentro da escala Bohlen-Pierce terá um valor de 113.7 Hz, conforme mostra a *Figura 6*.

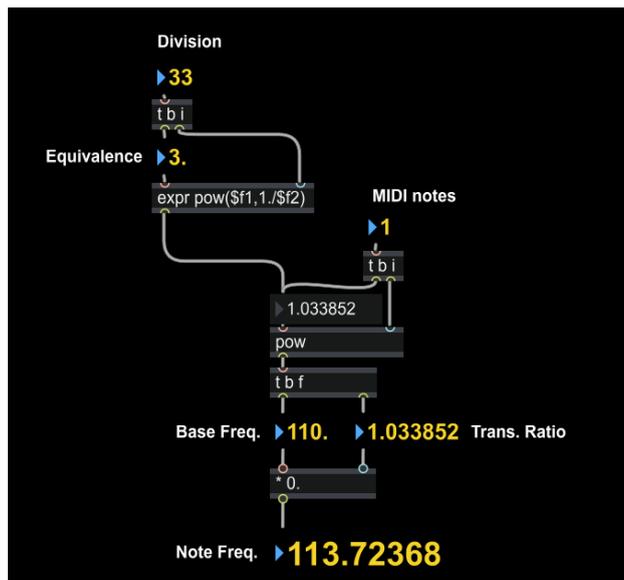


FIGURA 6 - *Patch* completo para calcular a frequência exata de cada nota dentro da escala Bohlen-Pierce ou qualquer outro temperamento não-oitavante.

Nesse *patch*, basta definir o intervalo de equivalência e o número de divisões. A nota 0 é igual à frequência de base (110 Hz), tendo a segunda nota o valor de 113.72368 Hz. Com base neste mecanismo foi possível elaborar um algoritmo que gera uma lista com as frequências exatas do temperamento. O sistema de listas é computacionalmente mais eficiente, pois em vez de computar o cálculo cada vez que é preciso obter o valor da nota em Hertz, dispara-se um elemento da lista — cujo valor foi previamente calculado — utilizando um índice, um número que representa a sua posição na lista. Esses valores frequenciais, a princípio utilizados para controlar para controlar osciladores e produzir as alturas que compõem um temperamento não-oitavante, também podem ser utilizados para controlar filtros e outros dispositivos.

Posteriormente, foi elaborado o *patch* intitulado *Armonia* (2022), o qual possui como núcleo o *patch* da *Figura 6*. Este primeiro protótipo produz acordes e espectros apenas com ondas senoidais.



FIGURA 7 - *Armonia*, *patch* que produz acordes a partir de temperamentos não-oitavantes escolhidos.

*Armonía* conta com controle de tempo metronômico, intervalo de equivalência, divisão (micro ou macrotonal), o número de notas que irão compor o acorde ou espectro e controle de panorâmica independente para cada uma das vozes. *Min* e *Max* controlam o âmbito de registro. *Duration* controla a duração das harmonias em milissegundos. O programa escolhe as notas pseudo-aleatoriamente dentro do registro configurado e pode ser controlado em tempo real. Por último, o botão *δvs* transpõe uma oitava acima algumas notas do acorde que são escolhidas aleatoriamente para ocupar mais espaço no espectro audível, “abrindo” o acorde. O material gerado pode ser salvo em arquivo de áudio formato *wav*.

O sinal dos osciladores pode ser utilizado para controlar modulações ou a própria espacialização das vozes, com o devido escalamento para prover os mecanismos desejados de valores proporcionais de acordo com a sua função. Por exemplo, uma frequência de 1.500 Hertz pode ser muito rápida para uma espacialização, mas pode ter efeitos interessantes em outros parâmetros que modifiquem o espectro frequencial. Esta ideia foi implementada numa segunda versão de *Armonía* que trabalha de forma polifônica, com síntese por frequência modulada (fm), modulação de fase, filtros dinâmicos e invólucros de amplitude e inarmonicidade independentes para cada uma das seis vozes.

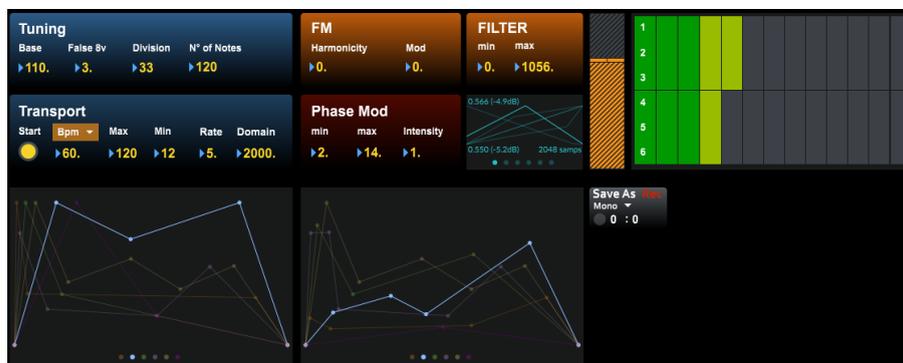


FIGURA 8 - Versão polifônica do *patch* Armonía.

Esses *patches* elaborados em Max/Msp serviram para produzir o material harmônico/espectral da peça *En busca del tiempo...*

#### 4. Metal Extremo, Microtonalidade e Composição Eletroacústica

Apesar de existirem exemplos do gênero musical conhecido como *metal* que se utilizam de intervalos menores que o semitom, comumente o temperamento bicromático (24

notas por oitava), não encontrei referências que apresentem a fusão estética presente na obra *En Busca del Tiempo...*<sup>13</sup> Isto se deve a que a estética do metal extremo é preservada de forma integral, apenas utilizando o temperamento bicromático como matriz escalar<sup>14</sup>. Porém, a concepção formal continua sendo baseada em *riffs*<sup>15</sup> que servem de base de acompanhamento e cujas mudanças respondem à quadratura da canção. Morfológicamente, a obra *En Busca del Tiempo...* baseia-se na própria morfologia de sons que vão perdendo (em mais ou menos tempo) protagonismo na textura, dando lugar a sons sintetizados que misturam-se mais tarde com texturas elaboradas com guitarra elétrica. Estas, por sua vez, possuem um timbre com uma forte historicidade e reconhecibilidade. A guitarra elétrica é um instrumento popular por excelência, porém a atitude composicional e os métodos que foram empregados neste processo criativo são típicos da música eletroacústica, que pode ser definida também como

Música na qual a tecnologia eletrônica, hoje em dia baseada principalmente no uso do computador, é usada para acessar, gerar, explorar e configurar materiais sonoros, e na qual alto-falantes são o principal meio de transmissão. (EMMERSON; SMALLEY, 2001, p. 1, trad. nossa)

Entretanto, para a composição da peça, inicialmente, pretendi utilizar estratégias de elaboração rítmica presentes na música da banda *Meshuggah*, a saber, formas de compasso longas e ímpares, heterometria e superposição métrica (PIESLAK, 2007). O estilo de *Meshuggah* traz elementos do metal extremo como a utilização de guitarras com acréscimo de cordas graves (em alguns casos chegando até nove cordas), o emprego de *riffs* com distorção de alto ganho (referida comumente pela expressão inglesa *high-gain*) e vocais guturais. Já a complexidade rítmica presente nas composições dessa banda é um traço estético oriundo do metal progressivo, uma mistura entre rock progressivo e heavy metal. Este hibridismo entre metal extremo e metal progressivo foi chamado pelo guitarrista da banda<sup>16</sup>

<sup>13</sup> Disponível em

[https://drive.google.com/drive/folders/12CZj174lt5gzpX6bhU1MoTwaK4uD4RRQ?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/12CZj174lt5gzpX6bhU1MoTwaK4uD4RRQ?usp=drive_link)

<sup>14</sup> São raros os exemplos de metal microtonal, [este vídeo](#) serve para caracterizar a maneira em que escalas microtonais são frequentemente utilizadas pelos metaleiros.

<sup>15</sup> Unidades melódicas que tendem a repetir-se de forma mais ou menos inalterada, dependendo do estilo de rock. Bandas de metal progressivo como *Symphony-X* e *Dream Theater* utilizam estratégias comparáveis à variação progressiva, ou *developing variation*. Este é um traço reconhecível na música europeia de concerto que aparece no rock por meio de músicos que cultuavam tais repertórios em meados e finais da década de 1960. King Crimson, Gentle Giant, Emerson Lake & Palmer, Pink Floyd são alguns exemplos. Pode-se dizer que houve uma certa hegemonia do rock inglês emergente neste período, especialmente a partir dos *Beatles*.

<sup>16</sup> O guitarrista sueco Fredrik Thordendal.

de *Djent*, onomatopéia que faz referência ao som percussivo das cordas graves da guitarra (sete ou mais) com doses extremas de distorção, utilizando a palma da mão<sup>17</sup> (que ataca as cordas com a palheta) para produzir sons percussivos. Apesar das características novas trazidas pela banda ao contexto do metal, a utilização de *palm muting* é tão antiga quanto o próprio gênero rock, e a complexidade rítmica é típica do rock progressivo, portanto não parece haver um motivo de peso para a distinção do estilo com um novo nome além do rótulo comercial. Tal gênero poderia simplesmente ser considerado metal progressivo contemporâneo. Por este motivo, no título deste projeto foi utilizado o termo Metal Extremo, e não *Djent*. De toda maneira, após *Meshuggah* outras bandas de *Djent* como *Animals as Leaders* e *Periphery* alcançaram popularidade.

Contudo, as estratégias de elaboração rítmica de *Meshuggah* foram abandonadas, pois foi vislumbrado um caminho, na minha leitura, um pouco mais interessante para um contexto eletroacústico. Consistiu em derivar pulsos em *bpm* a partir das frequências de batimento entre a frequência de base do temperamento e as primeiras seis frequências subsequentes. Neste caso, o temperamento não-oitavante consistiu na divisão de uma quinta justa em dezenove partes. Para calcular as frequências de batimento, basta subtrair o valor de uma frequência da outra. Logo, para converter em *bpm* basta multiplicar por sessenta. Este procedimento é interessante na medida em que deriva medidas de velocidade do próprio temperamento, fazendo um aproveitamento rítmico a partir do material harmônico, ao mesmo tempo que produz uma textura rica em complexidade devido às assincronias entre os ataques, como mostra a figura abaixo.

---

<sup>17</sup> Em inglês *palm muting*.

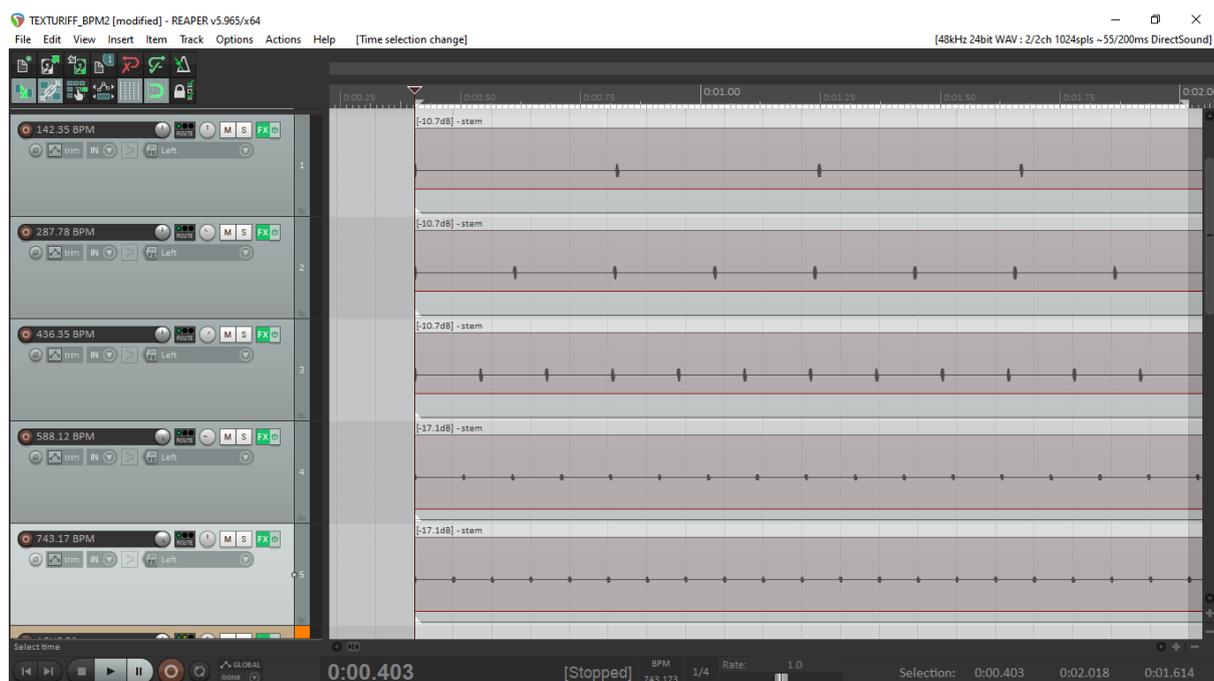


FIGURA 9 - Pulsos em bpm que serviram de base para gravar as guitarras elétricas. Foram utilizadas cinco camadas.

Para gravar cinco das seis camadas foi utilizada uma guitarra elétrica com a sétima corda afinada em Lá (um tom abaixo do tradicional), com distorção de alto ganho e utilizando as estratégias de elaboração rítmica citadas anteriormente para a criação de *riffs* polimétricos com mais de uma guitarra. Apenas uma camada foi gravada com afinação tradicional, com a sétima corda em Si. Esse é um tipo de textura que se evita no rock e também em sub-gêneros como o metal, nos quais geralmente se opta pela técnica de *double tracking*, a qual consiste em gravar duas ou três camadas do mesmo *riff* em uníssono rítmico, de modo a reforçar os ataques e criar distinção no campo estéreo, endereçando cada uma delas aos canais esquerdo (mono), direito (mono) e centro (mono dobrado). Do ponto de vista estético, a intenção é reforçar o impacto percussivo dos *riffs* por meio da dobra em uníssono, cuja distinção fica por conta das micro variações temporais ou micro atrasos de uma guitarra em relação à outra, e tímbricas, ou micro variações entre os espectros harmônicos entre camadas, produzindo um efeito que se aproxima do efeito Haas, porém, de uma natureza mais complexa devido ao fator humano envolvido nas diferenças entre os eventos sonoros do canal esquerdo, direito e centro.

O trabalho criativo em torno dos procedimentos eletroacústicos e critérios de organização formal descritos responderam a problemas que surgiram no início do percurso da

especialização, tais como: de que maneira seria possível estabelecer um diálogo criativo entre o metal extremo e a música eletroacústica microtonal, tendo como principal referência a música da banda sueca Meshuggah? Como produzir material harmônico utilizando temperamentos não-oitavantes? Como trabalhar com estes temperamentos utilizando sons acústicos? Quais critérios ou técnicas podem ser utilizados para a estruturação de uma narrativa harmônica? e por fim, Como integrar estes elementos e conseguir um resultado estético satisfatório em relação aos meus desejos sonoros?

## **5. Fundamentação teórica**

As bases conceituais que possibilitaram a realização deste projeto são i) a noção de Pesquisa em Arte, discutida por Fortin e Gosselin (2014), ii) categorias formais formuladas por Tenney (1961).

### **5.1 Pesquisa em Arte**

Em artigo publicado em 2014 os, autores Fortin e Gosselin não pretendem dar uma definição única devido à mutabilidade das tendências de época e metodologias artísticas, mas propõem que pesquisa em arte pode compreender-se basicamente como uma busca pela “compreensão do conhecimento incorporado de um coreógrafo ou artista”, misturando “teoria e prática ao longo do processo criativo e no objeto de arte” (Fortin; Gosselin, 2014, p. 1). Assim, a presente pesquisa se articula como uma tese-criação, cujo produto final é a obra eletroacústica *En busca del tiempo...* junto ao presente memorial que revela detalhes relevantes sobre o processo criativo.

### **5.2 Categorias formais formuladas por Tenney**

Na primeira seção do livro *Meta-Hodos*, James Tenney argumenta que novos materiais musicais e um novo ritmo de mudança na música do século XX levam à necessidade de novos termos para esses materiais, termos que digam a respeito das propriedades perceptivas de tais elementos (TENNEY, 1961). Do micro ao macro, Tenney

define *elementos* como unidades subordinadas ao *clang*<sup>18</sup>, sejam eles articulados de forma horizontal (sequencial) ou vertical (simultaneamente). Por exemplo, uma nota. Um *clang* pode ser qualquer evento ou configuração sonora que é apreendido de forma imediata como uma unidade musical primária, uma estrutura auditiva singular, não importando seu nível de complexidade desde o ponto de vista acústico, por exemplo, um grupo de notas. Por último, segundo o autor, *sequências* são sucessões de *clangs* que se diferenciam de outras sucessões, por exemplo, grupos de notas percebidos como distintos devido às notas que fazem parte de cada clang. Estas categorias servem para distinguir unidades espectromorfológicas perceptíveis e são úteis especialmente na composição eletroacústica pois trazem clareza na hora de pensar e organizar o material sonoro. Podem ser ilustradas graficamente da seguinte maneira:



FIGURA 10 - Sequência composta de três clangs, sendo cada ponto um elemento distinto.

## 6. Metodologia

As etapas realizadas para a composição da peça *En busca del tiempo...* foram as seguintes:

1. Elaboração, ampliação e refinamento de *patches* em Max/Msp para produzir material harmônico baseado em temperamentos não-oitavantes, comandando-os em tempo real e gravando as experimentações. O áudio das seis vozes foi enviado para o programa

<sup>18</sup> Vocábulo de origem germânico (*Klang*) que é traduzido como som num sentido unitário ou unidade imediatamente perceptível.

*Reaper* 5.9 em canais separados via *re-wire*.<sup>19</sup>

2. Gravação de experimentações sonoras realizadas friccionando um banco de madeira num piso de tacos.
3. Gravação de experimentações sonoras realizadas com guitarra elétrica limpa com afinação convencional processada com o *Wegs Microtonal Delay*.
4. Composição e gravação de texturas produzidas com guitarra elétrica com distorção a válvulas utilizando pulsos derivados do temperamento não-oitavante de quinta justa dividida em dezenove partes.
5. Estruturação da peça a partir da ordem das suas partes: banco de madeira, texturas com guitarra distorcida, textura “coral”, guitarra limpa com delay microtonal e outros materiais harmônicos e espectrais que conduzem ao final da peça.
6. Pós-produção, automação de parâmetros globais e trajetória dinâmica da peça.

## 6.1 Materiais utilizados

1. Computador com *Max/Msp*, *Reaper* e *patches* que operam com escalas não-oitavantes.
2. Banco de madeira.
3. Interface de áudio Focusrite Scarlett, 4 entradas e 4 saídas analógicas.
4. Guitarra Elétrica e amplificador de guitarra valvulado (Egnater Tweaker 15).
5. Microfone shure sm58 (dinâmico) e AT2020 (condensador).
6. Pedais de guitarra: delay analógico, pedal de volume e compressor.
7. Reverb de placa artesanal de fabricação própria.
8. Reverb de mola Sansui RA-900.
9. Reprodutor de fita cassete Technics.
10. Monitores de áudio.

---

<sup>19</sup> Driver de áudio que permite enviar sinal de áudio digital entre programas. Basta selecioná-lo em Max nas configurações de áudio e em Reaper nas entradas de gravação dos canais desejados.

## 7. Considerações Finais

O processo criativo descrito no presente memorial colaborou para o desenvolvimento das minhas pesquisas artísticas por meio da escuta extensiva de materiais harmônicos não-oitavantes produzidos pelos *patches* intitulados *Armonia*, a partir dos quais foram desenvolvidas novas versões, mais completas e mais complexas em termos de possibilidades de síntese sonora. Alguns desses *patches* foram utilizados na composição da trilha sonora do espetáculo *Monstro*<sup>20</sup>, uma peça de dança/teatro estreada na Mostra Solar 2023, nos dias 18 e 27 de maio na Casa Hoffmann de Curitiba.

Estas experiências criativas, que partiram de longas experiências de escuta e experimentação, também serviram para fundamentar a proposta de uma pesquisa de doutorado que iniciei no mesmo ano de 2023 na Universidade Federal do Paraná, sob orientação do Professor Dr. Clayton Mamedes. O projeto visa a composição de um álbum de 8 peças compostas sob uma ótica estética própria do *jazz fusion* contemporâneo, integrando harmonias não-oitavantes com instrumentação popular como bateria acústica e instrumentos de afinação semi-temperada como guitarra e baixo elétrico. O viés teórico e de grande potencial de contribuição para a área de música na temática da harmonia contemporânea consiste na formulação e classificação de temperamentos não-oitavantes de acordo com seu grau de não-oitavância, isto é, de acordo com a distância das alturas que circundam o dobro exato da frequência de base do temperamento (oitava), bem como no estudo das suas propriedades harmônicas, abrindo a possibilidade da invenção de um sistema harmônico inteiramente novo.

---

<sup>20</sup> Intérprete: Flávia Massali. Direção: Eduardo Ramos. Dramaturgia: Michelle Moura, Eduardo Ramos, Gustavo Marcasse e Flávia Massali. Interlocução de Movimento: Dani Durães. Luz e Interlocução Cênica: Nadja Naira. Cenário, Figurino e Adereços: Jade Rudnick Giaxa. Projeções e Inteligência Artificial: Gustavo Marcasse. Direção de Produção: Iara Elliz. Assistência de Produção: Débora Karan. Coordenação de Projeto: Guilherme Greca. Realização: Photon Cultural, Apoio: Setra Companhia, AP da 13 e Sopro Produções Culturais.

## Referências

BATTAN, Suzette Mary. **Alois Hába's Neue Harmonielehre Des Diatonischen, Chromatischen, Viertel-, Drittel-, Sechstel-, und Zwölftel-Tonsystems**. Tese de Doutorado. Nova Iorque: Universidade de Rochester, 1980.

BEAULIEU, Marc. Cyclical Structures and Linear Voice-Leading in the Music of Ivan Wyschnegradsky. **Ex Tempore - Journal of Compositional and Theoretical Research in Music**, v.V/2, 1991. Disponível em <http://www.ex-tempore.org/beaulieu/BEAULIEU.htm>. Acesso em: 8 de mar. de 2022.

BOHLEN, Heinz. The Bohlen-Pierce Site. Disponível em: <https://www.huygens-fokker.org/bpsite/>. Acesso em: 3 de jun. 2023.

CARLOS, Wendy. **Three asymmetric divisions of the octave**. wendycarlos.com, 1986. Disponível em: <https://www.wendycarlos.com/resources/pitch.html>. Acesso em: 5 de nov. 2022.

EMMERSON, S.; SMALLEY, D. Electro-acoustic music. **Stanley Sadie, ed., The New Grove Dictionary of Music and Musicians**, 2nd ed. Londres: Macmillan, 2001.

FORTIN, S.; GOSSELIN, P. Considerações metodológicas para a pesquisa em arte no meio acadêmico. **ARJ – Art Research Journal: Revista de Pesquisa em Artes**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–17, 2014. DOI: 10.36025/arj.v1i1.5256. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/artresearchjournal/article/view/5256>. Acesso em: 10 out. 2022.

LANDY, L. **Understanding the art of sound organization**. Massachusetts: MIT Press, 2007.

MÜLLER, Nora-Louise. noralouisemuller.de, 2019. **The Bohlen-Pierce Clarinet**. Disponível em: [www.noralouisemuller.de/BP-en.html](http://www.noralouisemuller.de/BP-en.html). Acesso em: 05 de jun. 2023.

NARUSHIMA, T. **Microtonality and the tuning systems of Erv Wilson**. Nova Iorque: Routledge, 2018.

PIESLAK, J. Re-casting Metal: Rhythm and Meter in the Music of Meshuggah. **Music Theory Spectrum**, Vol. 29, Issue 2, pp. 219–246, ISSN 0195-6167. The Society for Music Theory, 2007.

TENNEY, J. **Meta-Hodos**. Trad. de Wim Forstman. Oakland: Frog Piak Music, 1988.

WEGMANN, P. *En busca del tiempo...* Peça eletroacústica quadrafônica. Disponível em: [https://drive.google.com/drive/folders/12CZjl74lt5gzpX6bhU1MoTwaK4uD4RRQ?usp=s\\_haring](https://drive.google.com/drive/folders/12CZjl74lt5gzpX6bhU1MoTwaK4uD4RRQ?usp=s_haring) Caso o link esteja quebrado, por favor enviar e-mail a paul.wegmann.p@gmail.com