

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
JOÃO FRANCISCO AGNER GARMATTER

MEMORIAL SOBRE *ESTUDO MICROTONAL*

CURITIBA
2019

João Francisco Garmatter

GRR20154163

Memorial sobre *Estudo microtonal*

Monografia apresentada à disciplina
OA027 - Trabalho de Conclusão de
Curso Bacharelado como requisito
parcial à conclusão do Curso de
Bacharelado em Música - Departamento
de Artes, Setor de Artes, Comunicação e
Design da Universidade Federal do
Paraná.

Orientador:

Prof. Francisco de Azevedo

CURITIBA

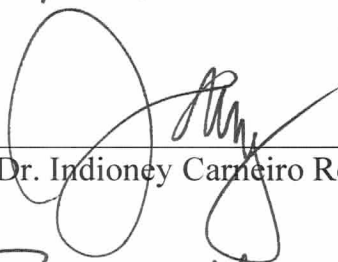
2019

**ATA DA 5ª ETAPA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DO
CURSO DE GRADUAÇÃO**

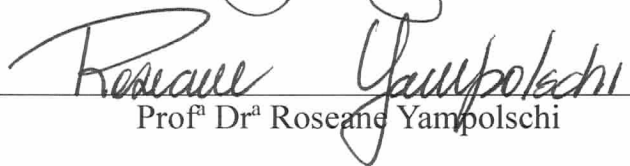
No dia 3 de dezembro de 2019, **João Francisco Garmatter** apresentou neste departamento o Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Música intitulado *Memorial sobre estudo microtonal*, tendo obtido nota 95 (noventa e cinco).



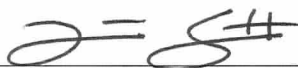
Prof. Dr. Francisco Gonçalves de Azevedo (orientador)



Prof. Dr. Indionei Carneiro Rodrigues



Profª Drª Roseane Yampolschi



João Francisco Garmatter

AGRADECIMENTOS

A todos os mestres que tive na área da música, em especial meu orientador prof. Francisco Azevedo e os membros da banca, prof. Indionei Rodrigues e prof^{ra}. Roseane Yampolschi. Embora ausente da banca, agradeço, também, o prof. Maurício Dottori, com quem aprendi muito durante o curso.

Ao ironicamente seletivo grupo de amigos de meu ano que topavam discutir sobre coisas em um ambiente acadêmico: Augusto de Lima, Gabriel Saber, Guilherme Junkes, Gustavo (Bob) Sanches, Leonardo Lopes, Matheus Reguta; por todas as discussões produtivíssimas (musicais ou não) que me proporcionaram muito aprendizado; por todos os cafés, cervejas e cachaças na parede.

À minha amiga Ariane Ribas, que, gentilmente, aceitou me emprestar sua belíssima voz para que eu confeccionasse o áudio de minha peça.

À minha mãe, Andreza, que sempre me apoiou e me permitiu chegar até aqui.

RESUMO

Este trabalho busca descrever as técnicas e processos composicionais utilizados na peça *Estudo microtonal*, para tonal plexus, instrumento eletrônico microtonal desenvolvido pelo músico e programador Aaron Andrew Hunt. O sistema de afinação do tonal plexus divide a oitava em 205 intervalos iguais, permitindo a reprodução fiel de intervalos justos, intervalos microtonais e xenarmônicos em geral. A peça procura explorar os recursos do tonal plexus como intervalos estranhos ao sistema temperado de 12 intervalos iguais por oitava e a liberdade rítmica e de timbre que o computador permite (sendo o tonal plexus um controlador MIDI). Na peça são utilizadas harmonias da série harmônica até o 15º harmônico e progressões harmônicas que geram conduções de vozes microtonais. *Estudo microtonal* também conta com uma polirritmia precisa que só é possível graças à automação dos pulsos das diferentes vozes.

Palavras-chave: microtonal, xenarmônico, memorial de composição.

ABSTRACT

This work intends to describe the compositional processes and techniques used in the piece *Estudo microtonal* (Microtonal study), for the tonal plexus, an electronic microtonal instrument developed by the musician and programmer Aaron Andrew Hunt. The tuning system of the tonal plexus divides the octave in 205 equal intervals, allowing the precise reproduction of just intervals, microtonal and xenharmonic intervals in general. The piece intends to explore the tonal plexus resources such as intervals strange to the 12 equal intervals per octave and the rhythmic and timbre freedom with the computer allows (since the tonal plexus is a MIDI controller). In the piece, the harmony used is that of the harmonic series up to the 15th harmonic, and it has harmonic progressions that generates microtonal voice-leading. *Estudo microtonal* also exhibits a precise polyrhythm, only possible due to the pulse automation in each different voice.

Key words: microtonal, xenharmonic, composition memorial.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Tabela 1 – Harmônicos em cents e comparação com 12-EDO	07
Figura 1 – A disposição das teclas de dó a si no tonal plexus	10
Figura 2 – As notas naturais na <i>megastaff</i>	12
Figura 3 – Sol bemol, sol natural e sol sustenido na <i>megastaff</i>	13
Figura 4 – Alterações ou <i>shifts</i>	14
Figura 5 – Inflexões	14
Figura 6 – Exemplo de nota na <i>megastaff</i> e seu nome	15
Figura 7 – Gráfico representando forma da pela	26
Figura 8 – Tabela de encadeamentos	28
Figura 9 – Possíveis encadeamentos de f(f)	29
Figura 10 – Possíveis encadeamentos de f2(9f:8)	30
Figura 11 – Possíveis encadeamentos de f3(10f:8)	30
Figura 12 – Possíveis encadeamentos de f4(11f:8)	31
Figura 13 – Possíveis encadeamentos de f5(12f:8)	31
Figura 14 – Possíveis encadeamentos de f6(13f:8)	32
Figura 15 – Possíveis encadeamentos de f7(14f:8)	32
Figura 16 – Possíveis encadeamentos de f8(15f:8)	33
Figura 17 – Detalhe da partitura, página 2	34
Figura 18 – Comparação harmonia 9f:8 e 11f:8	35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	01
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	04
1.1 Divisões iguais da oitava	04
1.2 Cents	04
1.3 Série harmônica	06
1.4 O tonal plexus	09
1.4.1 Megascare	12
1.5 Microtonal ou xenarmônico?	16
2. MEMORIAL	17
2.1 O <i>Estudo microtonal</i>	17
Partitura da peça	18
2.2 Por que o tonal plexus?	25
2.3 Por que “estudo”?	25
2.4 Forma	25
2.5 Harmonia	27
2.6 Ritmo e timbre	36
2.7 Produção do áudio e partitura	37
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	42

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado com o objetivo principal de criar uma música que explore sonoridades pouco exploradas. Mesmo havendo, a partir do século XX, um nicho de músicos que exploram microtons e sistemas diferentes de afinação, ainda é um grupo muito ínfimo quando comparado aos músicos que se mantêm presos ao sistema de 12 intervalos iguais por oitava. Mesmo no meio acadêmico, pelo menos no Brasil, é um assunto pouco desenvolvido. Isso eu concluí em minha experiência na universidade e em minhas pesquisas na internet. Há poucos materiais em português acerca do tema. Isso faz com que o aprendizado na área seja mais difícil e exigente do aluno.

No decorrer da minha graduação, tive a solitária jornada de pesquisar sobre sistemas diferentes de afinação, realizando buscas na internet por conta própria. Nenhuma das disciplinas do curso abordavam o tema, pelo menos quando eu as cursei. Não havia conhecimento nem interesse pelo tema por parte de meus colegas alunos. Já por parte dos professores, embora não sendo a especialidade de nenhum deles, cheguei a obter algumas indicações de leitura e muito incentivo positivo para o estudo por conta própria.

Em minhas pesquisas, encontrei muitas músicas que julguei interessantes e muita matemática. Me deparei com Alois Hába e suas peças para piano de quartos de tom; Adriaan Fokker e seu órgão com 31 intervalos por oitava; Harry Partch, sua tonalidade diamante e seus instrumentos exóticos; as escalas de Wendy Carlos, desenvolvidas por ela no século passado e exploradas em suas músicas; a escala de Bohlen-Pierce, que divide o terceiro harmônico em 13 intervalos; os artistas Seivish e Xotla, que fazem EDM (sigla em inglês: *electronic dance music* ou “música eletrônica dançante”) com sistemas microtonais/xenarmônicos¹. Desta forma, pouco a pouco fui entendendo um pouco mais sobre esse universo subexplorado da música. Acabei descobrindo que, embora subexplorado, o universo xenarmônico é extremamente vasto e nos abre a porta para uma infinidade de possibilidades criativas.

Meu primeiro contato com o tonal plexus foi em meados de 2016, assistindo ao vídeo da palestra de Dolores Catherino, compositora estadunidense, para o TED, no youtube. Na ocasião, Dolores Catherino tocou sua peça *Slipstream*, que me cativou instantaneamente. Era meu segundo ano na faculdade e eu conhecia superficialmente somente alguns assuntos xenarmônicos, mas, por maior o interesse que eu tivesse, nenhuma peça que utilizasse

1 Termo explicado no subcapítulo “1.5 Microtonal ou xenarmônico?”

sistemas diferentes de afinação havia me agradado tanto quanto a de Dolores. A partir de então meu interesse por microtonalismo só aumentou. Achei aquele instrumento incrível, bem como a peça de Dolores e o sistema de notação a respeito da qual ela fala na palestra, o “policromatismo”, como ela mesma denominou. Me interessei muito e logo fui pesquisar sobre o tonal plexus e o policromatismo de Catherino. Aaron Hunt, o criador do tonal plexus, tem um site em que a teoria do tonal plexus é explicada minuciosamente. Lendo as informações de seu site, concluí que o tonal plexus era, de fato, um excelente instrumento microtonal para se explorar, uma vez que este é capaz de reproduzir, segundo Hunt, todo sistema possível de afinação. Cheguei a contatar Aaron Hunt para consultá-lo a respeito da disponibilidade do tonal plexus, que ele mesmo confecciona e vende. Infelizmente o tonal plexus não estava sendo confeccionado já havia um tempo e não havia previsão para a volta de sua produção e venda. Havia a promessa de que um dia ele voltaria, no entanto, e isso me deixou contente. Enquanto escrevo este trabalho, em 2019, sua volta já foi anunciada para o ano que vem. Não possuindo um tonal plexus mas acreditando em seu potencial como instrumento, resolvi fazer de meu TCC um memorial de composição microtonal para tonal plexus. Não havendo o instrumento para alguém reproduzir minha peça, escolhi produzir um áudio da peça.

Levando em conta o caráter um tanto incomum do tema, meu trabalho se inicia com a explanação de conceitos básicos que são fundamentais para qualquer um que queira entender um pouco sobre sistemas diferentes de divisão intervalar. São esses os conceitos de cents, série harmônica, intervalos justos, a notação de intervalos por meio de razões, na forma $a:b$ ou a/b e alguns termos que são utilizados no meio. Em seguida, escrevo sobre o tonal plexus e um pouco da teoria por trás dele. Por fim há o memorial e a partitura do *Estudo microtonal*, explicando as técnicas e escolhas feitas no processo de composição, como aspectos formais, progressões harmônicas, ritmo e timbre. O memorial conta com uma série de gráficos que auxiliam no entendimento das ideias, com simplicidade e objetividade. Os gráficos utilizam valores em cents para descrever os intervalos, o que garante uma comparação fácil e intuitiva com relação ao sistema temperado de 12 intervalos iguais por oitava.

Além dos aspectos musicais da peça, veremos neste trabalho os recursos que foram utilizados para compor uma peça para tonal plexus sem possuir um e a maneira como produzi o áudio. Para poder ouvir minhas ideias e decidir o que seria ou não utilizado na peça, bem

como para construir o áudio da peça, utilizei uma série de softwares de áudio e um controlador MIDI convencional.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Divisões iguais da oitava

A divisão da oitava em intervalos perceptivelmente iguais é um modo comum de constituição de uma escala musical ou sistema de afinação. Alguns dos exemplos são: o próprio sistema de 12 intervalos iguais por oitava, sistema este que é atualmente o mais utilizado na música ocidental; o sistema de 24 intervalos iguais por oitava, ou sistema de quartos de tom; o sistema de 31 intervalos iguais por oitava, presente no órgão de Fokker.

Para se evitar a longa expressão “intervalos iguais por oitava” ou “divisões iguais da oitava” toda vez que alguém for se referir a um sistema com esta característica, algumas abreviações são utilizadas. Uma delas é no formato n -TET, sendo n o número de divisões iguais da oitava e TET a sigla, em inglês, *tone equal temperament* (RECHBERGER, 2018, p.24). Por exemplo: 12-TET significa *12-tone equal temperament*, ou, em português, temperamento igual de 12 tons (aqui a palavra “tom” não se refere a um intervalo, mas sim a um som – por exemplo: o tom 440 Hz). Esta abreviação, no entanto, não deixa claro por si só que se trata de uma divisão igual particularmente da oitava. As escalas podem ser divisões iguais de outros intervalos, como no sistema temperado da escala de Bohlen-Pierce, mencionada na introdução. Por esta razão, o termo EDO – também do inglês, *equal divisions of an octave* (RECHBERGER, 2018, p.24-25), ou, em português, divisões iguais de uma oitava – faz mais sentido. A abreviação EDO é utilizada de forma semelhante à abreviação TET, n -EDO, sendo n novamente o número de divisões iguais da oitava. A abreviação também aparecem da forma n -ET, ET sendo a sigla para *equal temperament* (HUNT, 2008). Neste trabalho utilizarei a abreviação EDO, pelas razões apresentadas acima.

1.2 Cents

Cent é uma unidade de medida de intervalos musicais em que 1 cent representa um centésimo de semitom do temperamento igual de 12 intervalos por oitava. Isso significa que um semitom do 12-EDO tem 100 cents, e a oitava, 1200 cents. O fato de o cent ser baseado

no 12-EDO faz com que sua utilização seja muito prática e intuitiva para quem quer que esteja acostumado com a música ocidental. Os semitons do 12-EDO sendo sempre múltiplos de cem em cents, qualquer valor diferente permite a rápida comparação com o sistema do piano. Por exemplo, se nos depararmos com o valor 386 cents, podemos concluir que é um intervalo 14 cents mais baixo que uma terça maior do 12-EDO, que é 400 cents.

Essa medida foi criada no século XIX pelo matemático inglês Alexander John Ellis, e desde então ela tem sido utilizada para medir e comparar intervalos de diferentes temperamentos e sistemas de afinação (RASCH, 2002, p.210).

O ouvido humano considera equivalentes intervalos que são multiplicações de alguma frequência por um mesmo valor, e não adições de frequências. Por exemplo, 200 Hz e 400 Hz formam uma oitava entre si. Isso é porque 400 é o dobro de 200, não porque 400 é $200 + 200$. Isso se faz claro quando ouvimos a relação entre 400 Hz e 600 Hz. Neste caso, trata-se de uma quinta justa. Já, se multiplicarmos 400 Hz por 2, obteremos 800 Hz, que, agora sim, é uma oitava. Essa característica da audição humana faz com que o entendimento, o estudo e a manipulação de intervalos musicais sejam contraintuitivos se lidarmos diretamente com as frequências e razões. A utilização de cents já nos é mais intuitiva, pois o mesmo valor em cents representa um intervalo específico independente de sua altura no espectro. Um semitom temperado será sempre 100 cents, independente de se ele parte de 100 Hz ou de 15 000 Hz. Para calcular o valor real das frequências um semitom acima de 100 Hz ou de 15 000 Hz, teríamos que multiplicar esses números por $\sqrt[12]{2}$.

Uma vez que o ouvido humano percebe os intervalos musicais de maneira logarítmica, a fórmula para calcular valores intervalares em cents é logarítmica. A fórmula se dá da seguinte forma, sendo n o valor em cents e a/b a razão entre duas frequências quaisquer:

$$n = 1200 \cdot \log_2 \left(\frac{a}{b} \right)$$

Log de x na base 2 significa o número que, estando como expoente de 2, resulta em x . Por exemplo: $\log_2(16) = 4$, pois dois elevado a quatro é 16. O logarítmico de 2 na base 2 é 1, pois dois elevado a um é 2. Sendo assim, qualquer número que seja colocado no lugar de 1200 na fórmula representa o número de divisões iguais da oitava, pois ele será multiplicado por 1 e n será este valor. Isso é melhor visualizado quando calculamos o valor de 1 cent,

chegando no resultado 2^{1200} , ou $\sqrt[1200]{2}$, ou seja, o número que multiplicado por ele mesmo 1200 vezes resulta em 2 (que é a oitava).

Calculadoras comuns não calculam logarítmicos na base 2. Por este motivo, convém frequentemente pesquisar o valor do intervalo almejado em alguma fonte. Há, também, sites de fácil acesso na internet que calculam os valores em cents automaticamente, bastando inserir a razão que se quer converter ou até mesmo o valor decimal.

1.3 Série harmônica

O verbete *Harmonics* do *The New Grove Dictionary of Music and Musicians* afirma que, segundo o matemático francês Fourier, qualquer formato de onda pode ser descrito como um conjunto de ondas senoidais em diferentes frequências. Quando as frequências dessas ondas formam uma progressão aritmética cuja razão é o valor da frequência mais grave dentre elas, chamamos essa sequência de série harmônica, e o som formado é percebido pelo ouvido humano como tendo uma altura definida.

A frequência mais grave presente em um som é chamada de fundamental. As demais frequências, mais agudas, são chamadas de parciais. Quando as frequências parciais são múltiplos inteiros da fundamental (ou seja, pertencem a sua série harmônica), elas são chamadas de harmônicos, por isso a fundamental também pode ser chamada de primeiro harmônico (pois é o valor da fundamental multiplicado por um) (CAMPBELL; GREATER; OLDFHAM, 2001). Por exemplo, se a frequência fundamental for f , seus harmônicos serão $1f$, $2f$, $3f$, $4f$, $5f$, $6f$ etc. A frequência $2f$ é chamada de segundo harmônico, a $3f$ de terceiro harmônico e assim por diante.

A série harmônica está presente, por exemplo, nos timbres de colunas de ar ou cordas vibrando, como as cordas de um violino ou de um violão, o som da flauta ou da voz humana. As intensidades dos diferentes parciais e suas variações no decorrer do tempo são determinantes para as diferenças que percebemos entre os timbres. Pequenas variações na série harmônica, como um leve alargamento ou encurtamento dos intervalos, são comuns e também contribuem para a identidade dos timbres (FINEBERG, 2000).

Como já vimos anteriormente, os intervalos musicais podem ser expressos em forma de razão. Por exemplo: o intervalo formado entre o segundo e o terceiro harmônico pode ser

escrito da forma 3:2 (no vocabulário musical, conhecido como quinta justa). Entre o harmônico 3 e 7 há o intervalo 7:3 e assim por diante.

Com exceção da oitava (2:1), os intervalos da série harmônica, também chamados de intervalos puros ou justos, não são reproduzidos com exatidão no 12-EDO. Tendo historicamente como base a quinta justa, nosso sistema teve que distorcer levemente esse intervalo para que fosse possível haver 12 intervalos iguais por oitava, fazendo com que a quinta reproduzida no 12-EDO seja aproximadamente 2 cents mais baixa que a quinta justa de fato. Essa diferença, no entanto, não é tão significativa quanto a de outros intervalos do 12-EDO quando comparados com seus enarmônicos justos. Segue uma tabela com os intervalos da série harmônica até o décimo sexto harmônico, com seus respectivos valores aproximados em cents ao lado:

Tabela 1 – Harmônicos em cents e comparação com 12-EDO

Harmônico	Intervalo com relação à fundamental	Nota comparada com o 12-EDO, com fundamental sendo C
1	0¢	C
2	1200¢	C
3	1901.96¢	G+1.96¢
4	2400¢	C
5	2786.31¢	E-13.69¢
6	3101.95¢	G+1.96¢
7	3368.82¢	B $\flat$ -31.18¢
8	3600¢	C
9	3803.91¢	D+3.91¢
10	3986.31¢	E-13.69¢
11	4151.31¢	F $\sharp$ -48.69¢
12	4301.96¢	G+1.96¢
13	4440.53¢	A $\flat$ +40.53¢
14	4568.82¢	B $\flat$ -31.18¢
15	4688.78¢	B-11.22¢
16	4800¢	C

Na tabela é possível observar que o único intervalo justo presente no 12-EDO é a oitava. Dos demais intervalos, a quinta é o único que se difere de seu equivalente justo por menos de 3 cents. O restante dos intervalos, com exceção da segunda maior (que é formada por duas quintas sobrepostas) formam relações maiores do que 10 cents com seus enarmônicos do outro sistema. Isso faz com que o uso da entonação justa soe estranho aos ouvidos acostumados com o 12-EDO.

É conveniente observar mais algumas relações matemáticas da série harmônica. Nota-se que os harmônicos que são potências de 2 são sempre C. Isso é porque a razão 2:1 é a oitava. Uma vez que o ouvido humano percebe frequências em oitavas como sendo equivalentes, concluímos que apenas os harmônicos ímpares são notas “novas”. Por exemplo, o harmônico 3 é o primeiro parcial que corresponde à nota G, com a fundamental sendo C. A nota G, no entanto, vai aparecer em todos os múltiplos de 3 por potências de 2, como 6, 12, 24 etc. Portanto, todos os harmônicos pares são oitavas de algum harmônico ímpar mais grave. Citando mais um exemplo, o harmônico 14 é a oitava superior do harmônico 7. As relações não terminam por aí. Toda vez que um harmônico ímpar não for primo, ele formará algum intervalo que já apareceu antes em relação à fundamental com algum outro harmônico mais grave. Por exemplo, o harmônico 9 é 3 vezes o harmônico 3 ($3 \times 3 = 9$). Isso quer dizer que ele é a décima segunda justa da décima segunda justa da fundamental (ou a quinta da quinta, se ajustarmos em oitavas para facilitar). O harmônico 15 também é ímpar mas não é primo. Podemos descobrir qual é a sua relação com qual harmônico anterior realizando a fatoração do número. $15 = 3 \times 5$, portanto concluímos que o 15º harmônico é cinco vezes o terceiro harmônico ou três vezes o quinto harmônico. Tudo isso faz mais sentido quando pensamos em termos musicais: com a fundamental sendo C, o décimo quinto harmônico é B. O terceiro harmônico é G, uma quinta (se ajustarmos em oitavas), e o quinto, E, uma terça maior. B é tanto a terça maior de G (5×3) quanto a quinta justa de E (3×5). Isso faz com que, mesmo todos os harmônicos ímpares sendo “novos”, os primos são os únicos que não têm relações já existentes com harmônicos anteriores, fazendo com que sejam “mais novos”.

A capacidade de algum sistema de reproduzir com precisão determinados intervalos da série harmônica é descrita por meio do que Harry Partch chama de limite harmônico. Sistemas com limite-3 reproduzem fielmente o terceiro harmônico; sistemas com limite-5, o quinto harmônico (e todos os harmônicos anteriores) e assim por diante (EKMAN, 2011, p.10). O limite harmônico de algum sistema é sempre um número primo (MANZOLLI;

PORRES, 2005, p.2), por causa das relações internas presentes na série harmônica, vistas no último parágrafo. O 12-EDO tem uma aproximação boa do limite-3 e razoável do limite-5, mas ruim quanto ao limite-7, 11 ou 13. Isso pode ser observado na tabela, onde se vê que, com exceção dos harmônicos 1(unísono), 2(oitava), 3(quinta) e 5(terça maior), os harmônicos primos são aqueles com maior divergência em relação aos intervalos do 12-EDO (harmônico 7 com 31.18 cents de divergência; harmônicos 11 e 13, ambos com mais de 40 cents de divergência).

A exploração de intervalos justos de limites superiores é presente na música de diversos compositores do século XX, tais como Harry Partch, Ben Johnston e Adriaan Fokker. Para isso ser possível, no entanto, a tradição musical não bastava, pois carecia de instrumentos, técnicas e notações que dessem conta de reproduzir sistemas tão diferentes. Diante desse desafio, os músicos desenvolveram novos instrumentos, novas técnicas e novas notações. Um exemplo de sistema criado no século XX para explorar intervalos diferentes é a “tonalidade diamante” de Harry Partch, que utiliza intervalos puros como base. Harry Partch criou instrumentos com esse sistema, como a marimba diamante (NEIMOG; RIBEIRO, 2016, p.48).

Hoje em dia, a composição com sistemas diferentes se tornou muito mais fácil com o computador e com recursos eletrônicos de fácil acesso em geral. Isso não somente facilita a composição de músicas microtonais/xenarmônicas como possibilita a criação de música eletrônica em sistemas diferentes sem haver a necessidade de possuir um instrumento físico microtonal.

1.4 O tonal plexus

Tonal plexus é um instrumento musical microtonal eletrônico desenvolvido pelo músico e programador alemão Aaron Andrew Hunt. Trata-se de um controlador MIDI, portanto depende de um software para ser utilizado. Sua interface física conta com um painel que remete ao visual de um piano tradicional, mas com vários botões redondos preenchendo onde seriam as teclas, somando um total de 211 botões por oitava. Apesar de sua afinação ser ajustável de acordo com a vontade do usuário, o tonal plexus tem suas teclas especificamente

dispostas para reproduzir o Sistema Hunt (em inglês, *Hunt System*, ou *H-System*), o complexo sistema de afinação criado por Aaron Hunt.

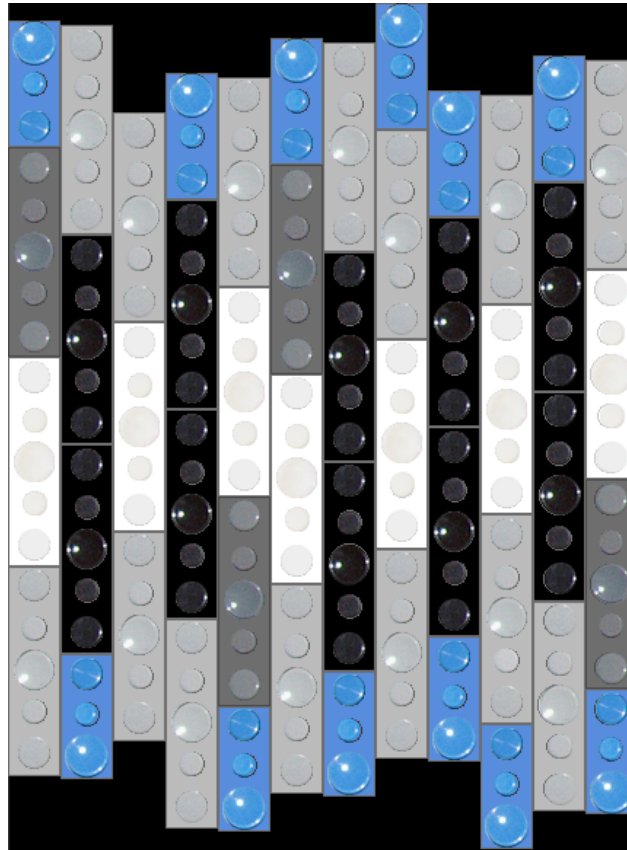


Figura 1 – A disposição das teclas de dó a si no tonal plexus (captura de tela do software TPXE)

Acima vemos um recorte da disposição das teclas do tonal plexus. De início já é possível notar semelhança com a disposição das teclas de um piano: as teclas brancas e pretas. Na imagem, que mostra de dó a si, vemos 12 faixas verticais, cada uma separada em regiões menores com botões redondos dentro. A primeira dessas faixas é dó, seguido de dó sustenido à sua direita, ré em seguida e assim por diante. Dentro de cada faixa há quatro regiões (com exceção do ré, em que há somente três). De baixo para cima, essas regiões ficam mais agudas. Dentro de cada região há 5 ou 6 botões, que também seguem a ordem de frequência ascendente de baixo para cima. As regiões em azul podem parecer ter três botões, mas na realidade as regiões azuis da parte inferior são uma continuação das regiões azuis da parte superior da faixa anterior. Por exemplo: a região azul de fá sustenido é uma continuação da

região azul que se inicia na parte superior do fá. O botão maior de cada região azul inferior é correspondente ao botão maior da região azul superior que o antecede. Por isso as regiões azuis contém 6 botões mas apenas 5 frequências. Essa repetição do botão acontece para que o teclado seja isomórfico, ou seja, que as formas dos acordes sejam iguais em qualquer posição do instrumento. Por exemplo: as relações geométricas de uma tríade maior justa são sempre idênticas, independente de qual nota seja a fundamental. Isso é diferente do piano, em que os acordes maiores têm formas diferentes.

O Sistema Hunt divide a oitava em 205 intervalos iguais, resultando na diferença de 5,853658536585366 cents(1200:205) entre uma nota e a próxima no sistema (ou seja, de um botão redondo para o que está imediatamente acima). Isso faz com que qualquer frequência almejada fique com uma diferença máxima menor do que três cents para cima ou para baixo, se arredondada para a frequência mais próxima no instrumento.

O Sistema Hunt foi criado para ser capaz de reproduzir com fidelidade todo e qualquer sistema de afinação possível (HUNT, 2015, p.25), desde os diversos temperamentos diferentes desenvolvidos ao longo da história da música ocidental, às escalas orientais que pouco têm a ver com o 12-EDO e aos sistemas microtonais/xenarmônicos desenvolvidos no século XX e XXI (até mesmo os que ainda não foram criados). Hunt defende que este seria o teclado microtonal ideal, pois qualquer construção de um instrumento que usasse como base um sistema alheio ao 12-EDO mas que não fosse capaz de reproduzir outros sistemas seria simplesmente “trocar uma prisão por outra” (HUNT, 2015, p.7).

Para atingir o objetivo de reproduzir todos os possíveis sistemas de afinação, o parâmetro utilizado por Hunt foi o da percepção humana. Ele usa como um de seus fundamentos o conceito de menor intervalo melódico perceptível pelo ouvido humano. Este intervalo, chamado em sua forma abreviada de JND (em inglês, *just noticeable difference*, ou diferença justa perceptível), está sujeito a diversos fatores que o fazem variar. Além de mudar de pessoa para pessoa, a intensidade dos diferentes sons, suas durações, suas posições no espectro audível (intervalos em regiões muito agudas ou muito graves tendem a ser percebidos com menos precisão por nossos ouvidos), tudo isso faz com que o JND varie (HUNT, 2008). Levando tudo isso em consideração, Hunt defende ser conveniente calcular uma média aproximada de tal intervalo a partir de dados provenientes de diferentes pesquisas já feitas na área. Ao fazer isso, o valor encontrado por Hunt foi de 6 cents, como ele descreve em seu site (HUNT, 2008).

1.4.1 Megascoring

Aaron Hunt propõe uma notação peculiar para o tonal plexus, chamada por ele mesmo de *megastaff* ou *megascoring* (em português seria algo como *megapauta* ou *megapartitura*). Além do novo tipo de pauta, Hunt nos introduz a um conjunto de termos e símbolos diferentes dos utilizados no sistema tradicional de notação para se referir às notas de seu sistema. Na composição de *Estudo microtonal*, não utilizei a *megastaff*, mas é relevante explicar o motivo pelo qual tomei esta decisão. Para cumprir este objetivo é necessário entender, mesmo que superficialmente, o sistema proposto por Hunt.

A *megastaff* se trata da ampliação de uma pauta de partitura tradicional, mas com 5 linhas adicionais entre cada uma das 5 linhas de costume, somando um total de 25 linhas e 24 espaços. As linhas adicionais são divididas em dois tipos, cada uma em um tom de cinza, para se diferenciarem entre si e entre as linhas pretas originais da pauta tradicional. Entre cada linha preta e a próxima há duas linhas de região (*region lines*). Essas são em uma tonalidade escura de cinza. Os espaços restantes são preenchidos pelas linhas micro (*micro lines*), em uma tonalidade mais clara de cinza, fechando as 5 linhas cinzas entre cada linha preta e a próxima. As notas naturais ficam dispostas da seguinte forma na *megastaff*:

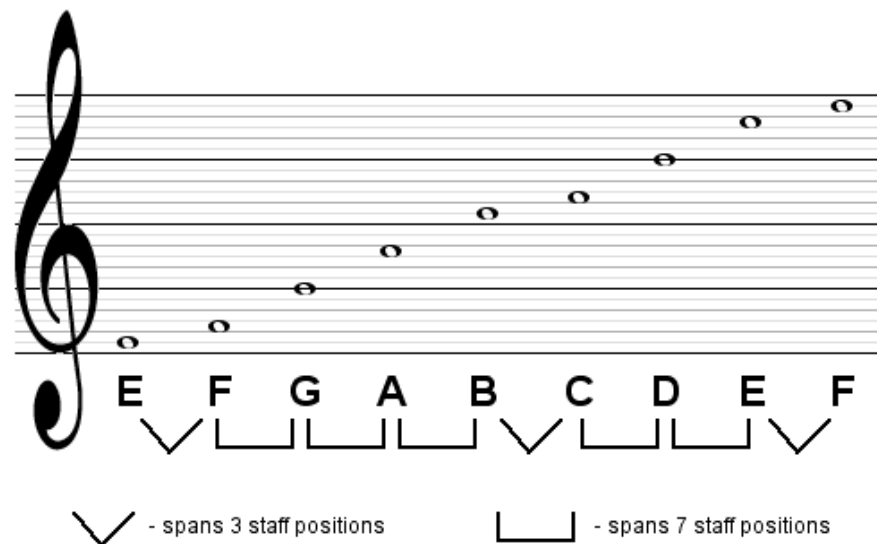


Figura 2 – as notas naturais na *megastaff* (captura de tela do site <http://musictheory.zentral.zone>)

Hunt propõe que as notas com acidentes de bemol ou sustenido estejam representadas em uma linha ou espaço, sem o sinal de acidente:

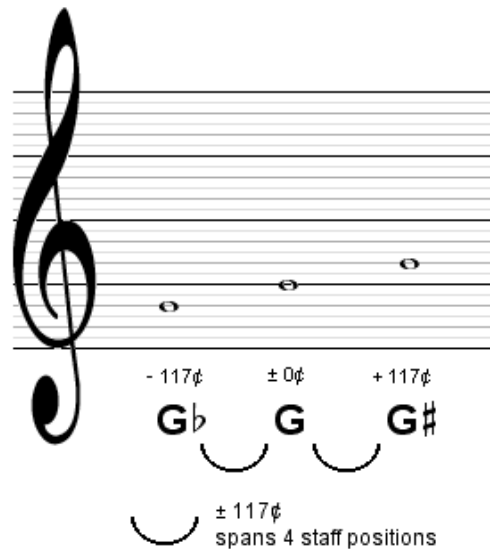


Figura 3 – Sol bemol, sol natural e sol sustenido na *megastaff* (captura de tela do site <http://musictheory.zentral.zone>)

O intervalo de semitom², como mostra a figura acima, está a uma distância de quatro posições de uma nota, as posições sendo tanto linhas quanto espaços. Tendo estabelecido as posições das notas naturais e dos acidentes, Hunt nomeia os tipos de alteração possíveis nessas notas. Ele chama esse tipo de alteração de *shift*.

2 O semitom em questão é o semitom gerado pela sobreposição de sete quintas justas do sistema Hunt e ajustado em oitavas. Esta forma de se chegar ao semitom é derivada do sistema pitagórico de afinação, em que as notas são deduzidas a partir da quinta justa (3:2). A mínima diferença entre a quinta justa perfeita e a quinta justa do sistema Hunt (diferença esta menor do que 1 cent) faz com que haja essa diferença do semitom cromático pitagórico (aproximadamente 114 cents) para o semitom de 117 cents em questão.

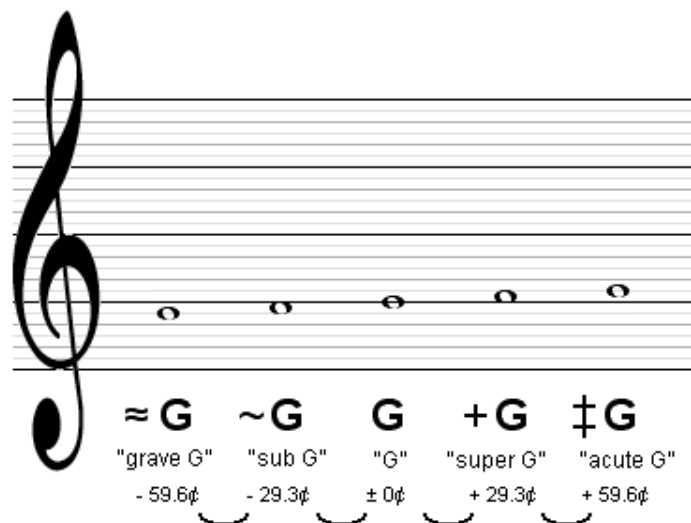


Figura 4 – alterações ou *shifts* (captura de tela do site <http://musictheory.zentral.zone>)

As notas com as alterações que Hunt chama de *grave*, *sub*, *super* e *acute*, que implicam em diferenças de 29.3 cents, também são representadas na pauta sem símbolos adicionais, como é possível notar na figura. Por fim, há a inflexão (*inflection*), que indica as menores unidades de alteração de altura de alguma nota.

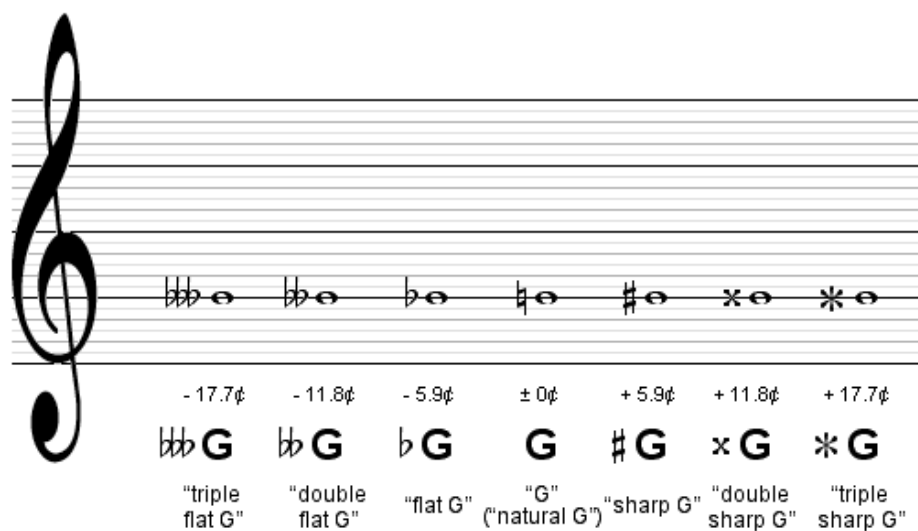


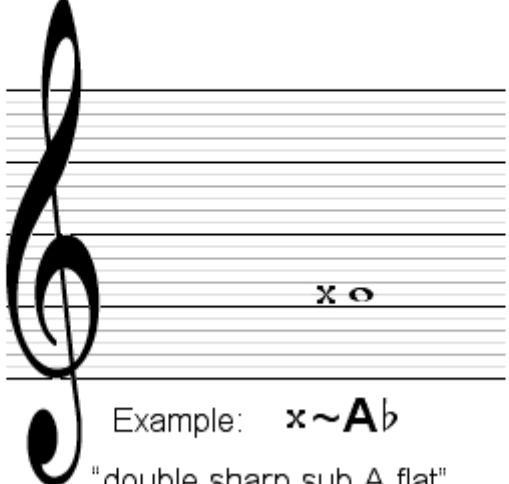
Figura 5 – inflexões (captura de tela do site <http://musictheory.zentral.zone>)

Para as inflexões, que representam mudanças de 5.9 cents, Hunt utilizou os símbolos e termos tradicionais de bemol, sustenido, dobrado bemol e dobrado sustenido. Ele também se

apropriou dos menos comuns triplo bemol e triplo sustenido, com um símbolo diferente representando este, como é possível ver na última imagem. Desta vez, os símbolos aparecem nas representações das notas na partitura.

A nomenclatura das notas do sistema Hunt envolve, portanto, quatro elementos: o nome da nota, representado por uma letra; o nome do acidente, representado por um símbolo tradicional à direita da letra; a alteração(*shift*), representada por um símbolo diferente logo à esquerda da letra; e a inflexão, representada por um símbolo tradicional (com exceção do triplo sustenido) à extrema esquerda. Segue um exemplo de nota representada na partitura com o modo de escrevê-la e de pronunciá-la, em inglês(em cima da *megastaff* está a ordem das alterações na hora de escrever/falar a nota):

inflection	enharmonic shift	letter	accidental
------------	------------------	--------	------------



Example: **x ~ A b**
 "double sharp sub A flat"

Figura 6 – exemplo de nota na *megastaff* e seu nome (captura de tela do site <http://musictheory.zentral.zone>)

Tendo um entendimento geral da *megastaff* é possível compreender as razões pelas quais optei por evitá-la. O subcapítulo “3.7 Produção do áudio e partitura” discorre sobre isso.

1.5 Microtonal ou xenarmônico?

Embora não muito difundido na língua portuguesa, o termo *xenharmonic*, em inglês, é bem consolidado. Há, inclusive, o *Xenharmonic Wiki*, uma página colaborativa na internet em que se encontra muita informação sobre o assunto. Por ser uma palavra importante que encontrei muito frequentemente em meus estudos e por ser um conceito diferente do conceito da palavra microtonal, julguei válido explicar essa palavra em meu trabalho. Embora o termo microtonal seja, também, utilizado como tendo o mesmo significado do termo xenarmônico, uma breve análise da etimologia dessas palavras nos revela suas diferenças essenciais.

O termo “xenarmônico” junta a palavra grega ξενος (*xenos*), que significa “estranho”, com a palavra “harmônico”. O neologismo foi criado pelo compositor estadunidense Ivor Darreg para descrever músicas, escalas ou sistemas de afinação que soem diferentes do 12-EDO (RECHBERGER, 2018, p.218).

Dizer que uma música é microtonal significa dizer que essa música contém intervalos menores do que um semitom do 12-EDO (100 cents)(GRIFFITHS; LINDLEY; ZANNOS, 2001). Assim, concluímos que toda música microtonal é xenarmônica, mas nem toda música xenarmônica é microtonal. Uma música na escala de Bohlen-Pierce, por exemplo, não é microtonal, mas é xenarmônica. A escala de Bohlen-Pierce divide o intervalo 3:1 em 13 intervalos (puros ou temperados)(WALKER, 2001). Isso faz com que todos os intervalos possíveis dentro da escala sejam maiores do que 100 cents (em seu temperamento igual, a menor unidade intervalar é 146 cents), fazendo com que não sejam possíveis relações microtonais dentro do sistema. Ao mesmo tempo, os intervalos se diferem consideravelmente daqueles presentes no 12-EDO, portanto é considerado xenarmônico.

Em *Estudo microtonal*, a harmonia utilizada é da série harmônica até o harmônico 15 (com a liberdade de estar em qualquer oitava), fazendo com que o menor intervalo harmônico seja 15:16, ou 112 cents. Sendo maior do que um semitom temperado, não é um intervalo microtonal. No entanto, esses intervalos são transpostos nas mudanças de harmonia, e é nesses momentos em que os intervalos microtonais aparecem, de forma melódica. Havendo, então, intervalos melódicos menores que 100 cents, *Estudo microtonal* pode ser considerado uma peça microtonal. Isso é melhor visualizado no próximo capítulo, onde mostro exemplos.

2. MEMORIAL

A peça *Estudo microtonal* foi composta visando sua reprodutibilidade no tonal plexus, mas, uma vez não possuindo este instrumento nem conhecendo ninguém que o possuísse, julguei conveniente fazer e apresentar um áudio da peça. Tratando-se de um controlador MIDI, o tonal plexus reproduz samples de um computador, portanto, a diferença entre uma performance real e um áudio criado em software não é tão comprometedora quanto se fosse uma peça para instrumento acústico.

2.1 O *Estudo microtonal*

A partitura da peça não é uma partitura comum, tampouco uma partitura do Sistema Hunt, a *megastaff*. Trata-se de um gráfico com linhas horizontais rosas representando as notas em sua duração (eixo horizontal) e altura (eixo vertical) sobre uma grade. A altura de cada nota é dada escrita acima de cada linha, em Hz. A altura representa o valor almejado, sendo que este deve ser aproximado para a frequência mais próxima reprodutível no tonal plexus, causando uma diferença máxima de 3 cents, como já vimos anteriormente. As linhas horizontais da grade estão separadas umas das outras por uma altura que representa 100 cents. As linhas verticais servem como um auxílio visual para o intérprete, facilitando a visualização da ordem das vozes. O tempo aproximado que cada compasso (neste caso, o conjunto de 6 colunas) está descrito acima da grade.

Uma bula descreve o timbre e parâmetros a serem utilizados nos samples, bem como algumas outras indicações para a reprodução da peça.

Estudo Microtonal

Para tonal plexus

João Garmatter, 2019

Bula

As notas são representadas por linhas rosas em uma grade, com suas frequências escritas acima de cada linha, em Hz. Na grade, a distância entre uma linha horizontal e a outra representa 100 cents. O tempo entre as linhas verticais varia de acordo com a indicação de tempo acima da grade, no entanto, ele não precisa ser preciso. O intérprete é livre e as indicações de tempo servem apenas para dar uma noção.

Em cada nota, abaixo do valor em Hz, há, para fins analíticos, a relação daquela frequência com a primeira fundamental (f). Enquanto f representa 65.4 Hz, F representa a fundamental da harmonia de cada momento, aparecendo abaixo da grade. As multiplicações e divisões de f só são apresentadas de 8 a 15, mas os valores reais podem estar em diferentes oitavas.

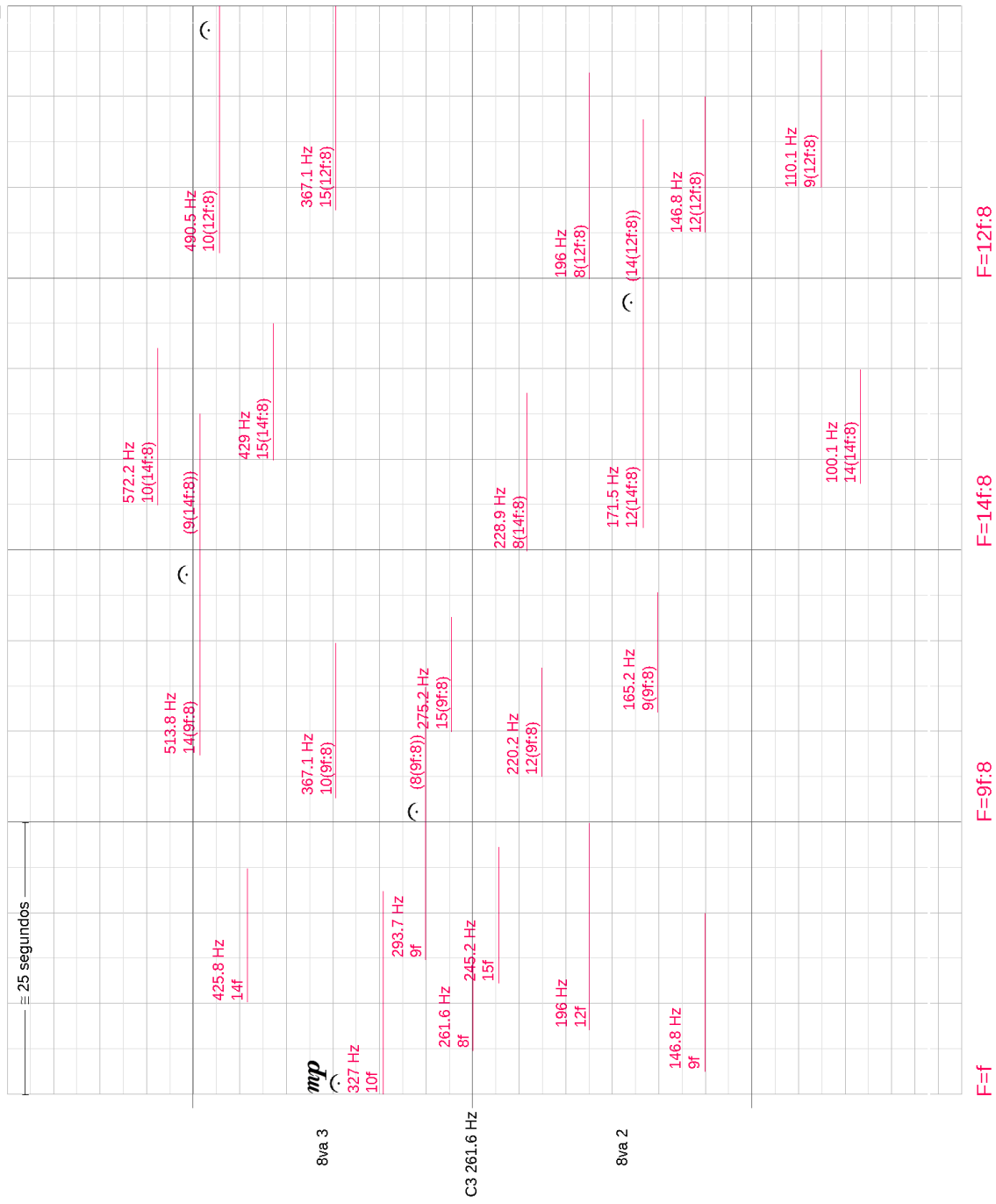
Samples:

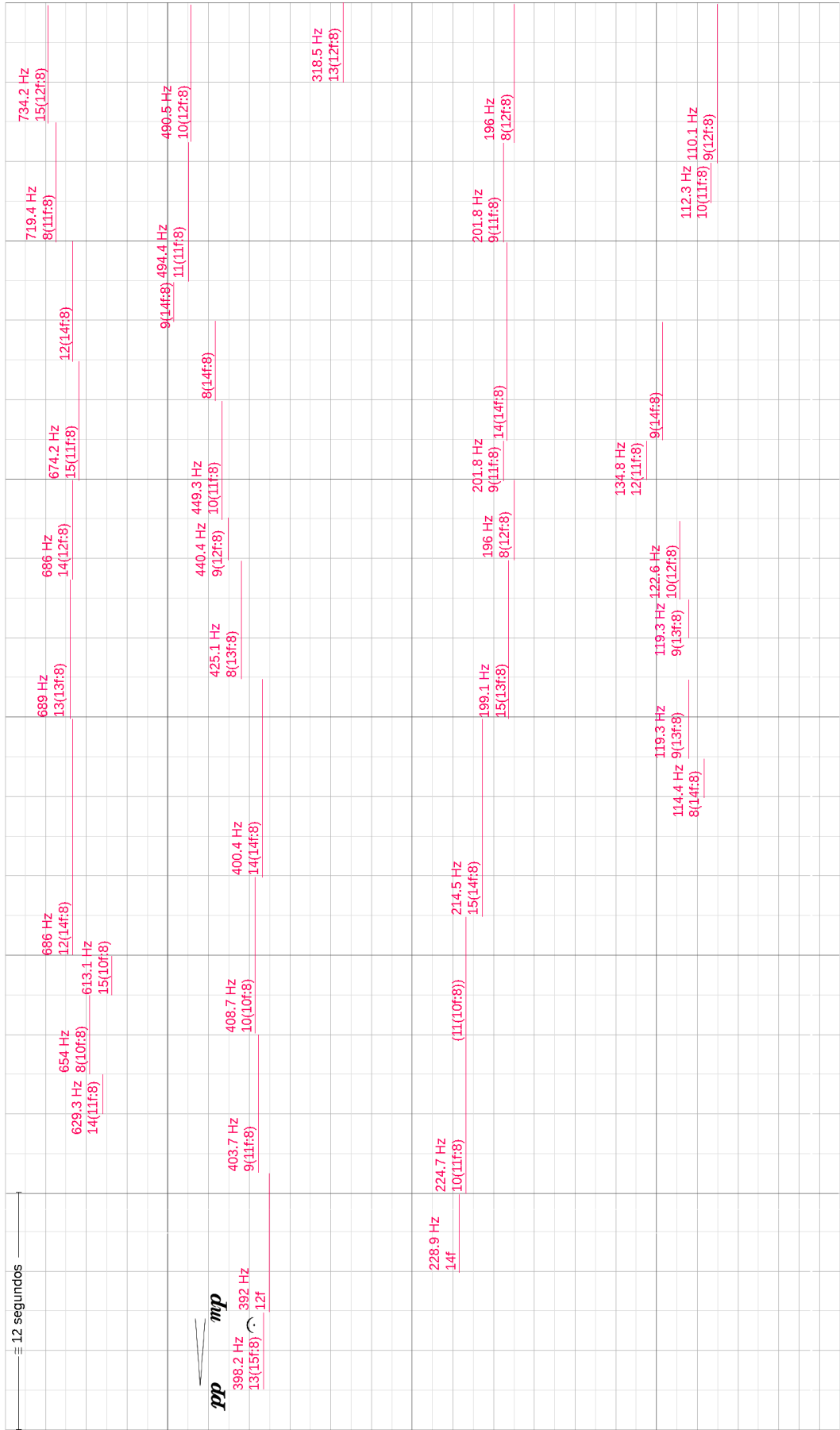
O timbre dos samples deve ser da voz humana. Efeitos e edições são bem vindos.

Cada sample utilizado na peça deve ter um pulso em uma frequência que é a frequência da nota dividido por alguma potência de 2, resultando num valor abaixo de 20 Hz. Por exemplo, o sample do dó central (261.6 Hz) pode ter um pulso de 16.35 Hz(261.6:16), ou 8.175 Hz(261.6:32). Dentro dessas regras, a escolha é do intérprete.

Inicialmente o ataque e release dos samples deve ser longo, mudando somente quando há indicação na partitura. LFO de volume é bem vindo.

1





2.2 Por que o tonal plexus?

O tonal plexus foi o instrumento escolhido para essa peça por duas razões. A primeira é porque ele reproduz com precisão os intervalos xenarmônicos e microtonais almejados. A segunda é porque, sendo um controlador MIDI, ele permite a reprodução de arquivos de áudio (samples) vinculados às teclas. A ideia rítmica da peça é extremamente precisa, o que faz com que a alternativa mais viável seja a edição dos samples com os ritmos das notas presentes em cada arquivo de áudio. Isso é explicado no subcapítulo “3.6 Ritmo”.

2.3 Por que “estudo”?

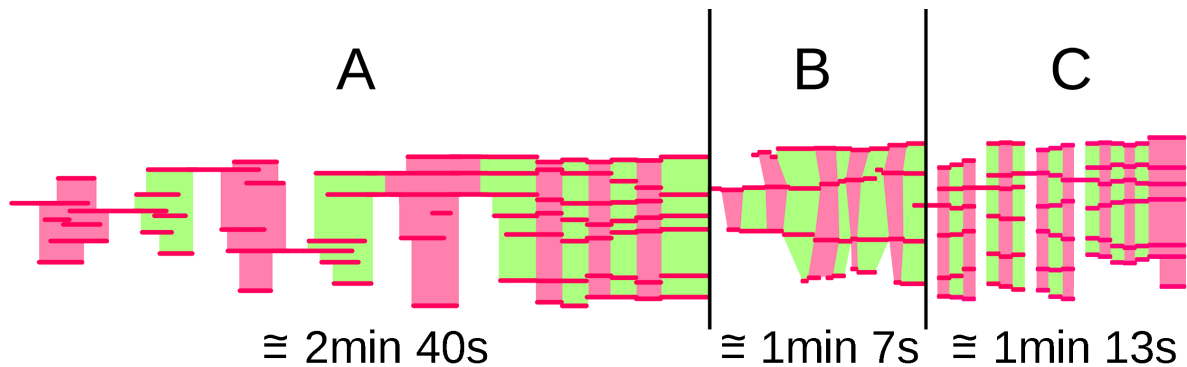
Peças com o nome “estudo” originalmente têm fins direcionados ao aperfeiçoamento de técnicas instrumentais performáticas. No século XX, no entanto, o termo começou a ser utilizado também para descrever peças em que o compositor ou compositora explora ou experimenta alguma sonoridade. Um exemplo desse tipo de estudo é a peça *Quatre études pour orchestre* de Stravinsky (FERGUSON, 2001).

A peça *Estudo microtonal* não se trata de um estudo direcionado a técnicas de algum instrumento. Trata-se de um estudo direcionado à exploração das ideias harmônicas e rítmicas descritas em seguida.

2.4 Forma

Como mostra o gráfico abaixo, a música consiste de 3 partes que chamei de A, B e C. O gráfico representa um resumo da partitura, vista do início ao fim. Os preenchimentos rosa-claro e verde-claro entre as linhas representam a harmonia a qual as notas pertencem naquele momento. Mantive apenas duas cores pois a intenção é somente mostrar as mudanças de harmonia. Duas cores intercaladas cumprem este objetivo.

Figura 7 – Gráfico representando forma da peça



A música se inicia estática e lentamente, com as vozes entrando uma após a outra e formando a harmonia 8:9:10:12:14:15 (sempre com liberdade de oitavas). Procurei espaçar intervalos muito próximos para a harmonia ser mais consonante, como 14:15 ou 15:16 descendo ou subindo uma ou mais oitavas de uma das notas. Depois de a harmonia estar completa, as vozes vão desaparecendo uma a uma até sobrar apenas uma. Esta se mantém e outras vozes entram uma a uma, formando um acorde também de 8:9:10:12:14:15, mas desta vez com outra fundamental. Este processo se repete algumas vezes na parte A, sendo que, por uma vez, duas notas se mantêm sozinhas em vez de uma, e em seguida três. Até este momento intervalos melódicos microtonais ainda não são percebidos. As vozes, então, começam a mudar todas de uma vez e abruptamente, em vez de sumirem e reaparecerem gradualmente. Neste momento o ritmo harmônico se acelera e as conduções de vozes expõem finalmente os microtons melódicos, como pode ser visto no segundo compasso da página 2 da partitura.

Uma segunda parte se inicia com apenas uma voz, que vem crescendo lentamente do pianíssimo e desce um intervalo melódico microtonal. Mais três vozes aparecem, uma a uma, fazendo melodias microtonais em contraponto. Nesta parte há antecipações e retardos, o que pode ser visualizado no gráfico nas linhas inclinadas que representam as mudanças de harmonia na parte B. No fim dessa parte um acorde se mantém e uma quinta voz entra repentinamente, se mantendo enquanto as outras são cortadas juntas. Este é o início da parte C. A partir da nota mantida, seguem três acordes, um seguido do outro, com conduções de vozes microtonais semelhantes às do final da parte A e mudanças rápidas da harmonia. Uma nota se mantém do último acorde e fica sozinha por um tempo, até as outras vozes entrarem fazendo outros três acordes seguidos. O processo se repete, gerando um contraste entre as 6

vozes que fazem blocos de acordes seguidos de uma voz sozinha. Este processo é semelhante à parte A, mas com algumas diferenças: o contraste entre uma voz sozinha e mais vozes é repentino e não gradual; existe mudança harmônica na parte com mais vozes (o que só acontece no final da parte A); o ritmo harmônico é mais acelerado. Por essas razões chamei a última parte de parte C e não A'. Enfim, no final da parte C os acordes não são três seguidos, mas seis, com o último sendo mais longo e a sua fundamental aparecendo em uma sétima voz, fazendo o baixo. O acorde cresce em intensidade e a peça se encerra em seu corte abrupto.

2.5 Harmonia

Todos os acordes da música são notas da série harmônica de alguma fundamental, chegando no máximo até o 15º harmônico, sempre com a possibilidade de estar em qualquer oitava (por exemplo, 9f pode aparecer como baixo enquanto que 8f aparece no meio) e com a possibilidade de omissão de qualquer harmônico. As progressões de acordes são transposições (ou mudança de fundamental) sempre com, pelo menos, uma nota em comum, que também pode ou não estar omitida.

Por exemplo: o acorde 1 tem a fundamental f1. As possíveis notas são 8f1, 9f1, 10f1, 11f1, 12f1, 13f1, 14f1, 15f1 ou qualquer oitava desses valores. O acorde seguinte tem a fundamental f2, sendo que a estrutura intervalar a partir da fundamental é a mesma (a da série harmônica, com ou sem omissões), mas uma nota ao menos se mantém. Se a nota 12f1 for a que se mantém e eu quero que ela agora seja o 14º harmônico do segundo acorde, f2 será 12f1:14. Este encadeamento harmônico chamei de 12=14, o que significa que a frequência do décimo segundo harmônico da primeira harmonia se manteve e virou o décimo quarto harmônico da harmonia seguinte. As possibilidades de encadeamento desta forma relacionando todos os harmônicos ímpares até o 15º de duas séries harmônicas estão presentes no gráfico a seguir (todos os valores estão ajustados em oitavas para caber entre 8 e 15, para facilitar a compreensão):

Figura 8 – tabela de encadeamentos

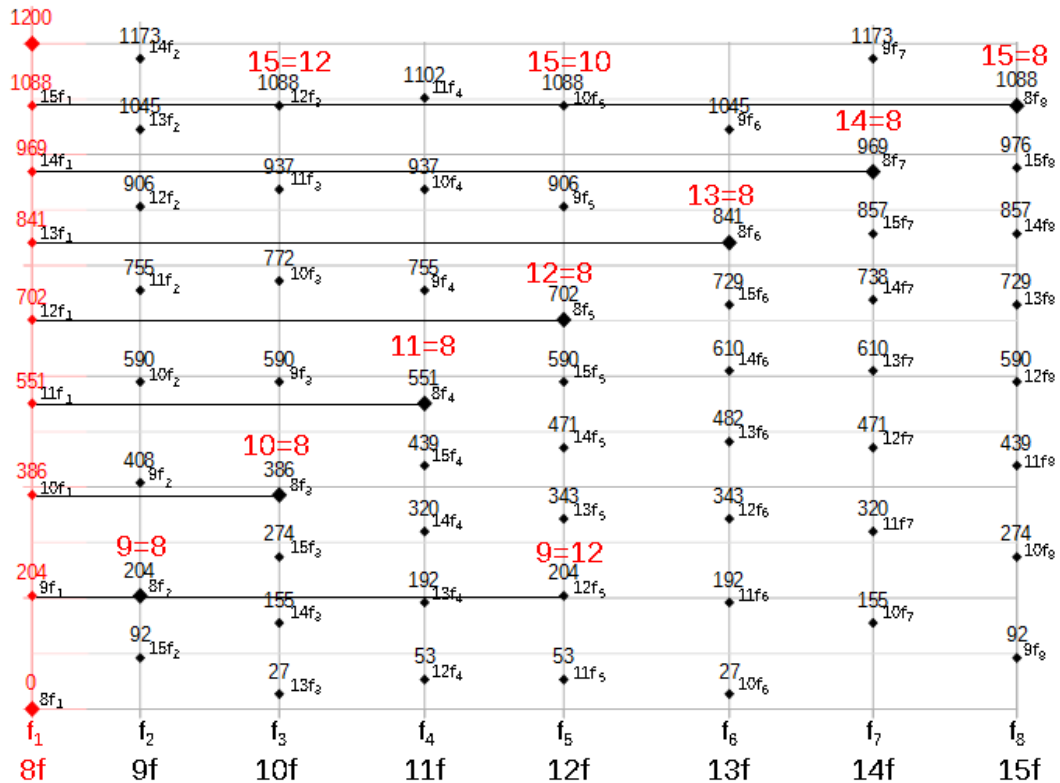
	8	9	10	11	12	13	14	15
8	8/8	8/9	8/10	8/11	8/12	8/13	8/14	8/15
9	9/8	9/9	9/10	9/11	9/12	9/13	9/14	9/15
10	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	10/13	10/14	10/15
11	11/8	11/9	11/10	11/11	11/12	11/13	11/14	11/15
12	12/8	12/9	12/10	12/11	12/12	12/13	12/14	12/15
13	13/8	13/9	13/10	13/11	13/12	13/13	13/14	13/15
14	14/8	14/9	14/10	14/11	14/12	14/13	14/14	14/15
15	15/8	15/9	15/10	15/11	15/12	15/13	15/14	15/15

Os números da primeira coluna representam qual harmônico da primeira harmonia se mantém. Os números da primeira linha são o harmônico que a frequência mantida será da fundamental seguinte. O exemplo citado anteriormente, $12=14$, pode ser visto na linha 12 e coluna 14, onde aparece a razão 12:14. Esta é a fração que representa o valor da nova fundamental em relação à anterior.

Os quadrados em cinza são uníssonos. Quadrados com a mesma cor representam encadeamentos idênticos (exceto os brancos e amarelos). Separados pela diagonal de uníssonos, os intervalos dos encadeamentos são simetricamente inversões uns dos outros. Por exemplo: $9:8$ é inversão de $8:9$; $12:13$ é inversão de $13:12$ etc.

A ideia do *Estudo microtonal* é explorar o maior número possível de encadeamentos da tabela. Para isso, 8 harmonias diferentes bastam, sendo elas as transposições da série harmônica para cada harmônico de uma série harmônica original. Sendo f a primeira fundamental(f_1), as fundamentais seguintes seriam $f_2=9f:8$; $f_3=10f:8$; $f_4=11f:8$; $f_5=12f:8$; $f_6=13f:8$; $f_7=14f:16$; $f_8=15f:16$. Isso pode ser visualizado nos gráficos a seguir:

Figura 9 – Possíveis encadeamentos de fl (f)



Os losangos são as notas de cada harmonia, do harmônico 8 ao 15, dispostas em colunas. Losangos maiores indicam as fundamentais das harmonias, com todas as frequências ajustadas em oitavas para caber na mesma oitava. As linhas pretas horizontais são as notas da harmonia da primeira fundamental se estendendo para compararmos com as harmonias das demais fundamentais. Os números em cima dos losangos são os valores em cents partindo de 8f (0 cents). Ao lado de cada losango está o valor de cada harmônico partindo de fn e ajustado em oitavas. Em vermelho, no formato $a=b$, estão os tipos de encadeamento, descritos na tabela anterior. No gráfico acima aparecem os encadeamentos da primeira linha (número 8) da tabela de encadeamentos.

Os gráficos a seguir seguem a mesma lógica, mas com as linhas horizontais partindo das harmonias de outras fundamentais, para visualizarmos as relações entre as outras possíveis harmonias. Cada gráfico corresponde a uma linha da tabela de encadeamentos. Cada fundamental está destacada em vermelho no gráfico que a corresponde.

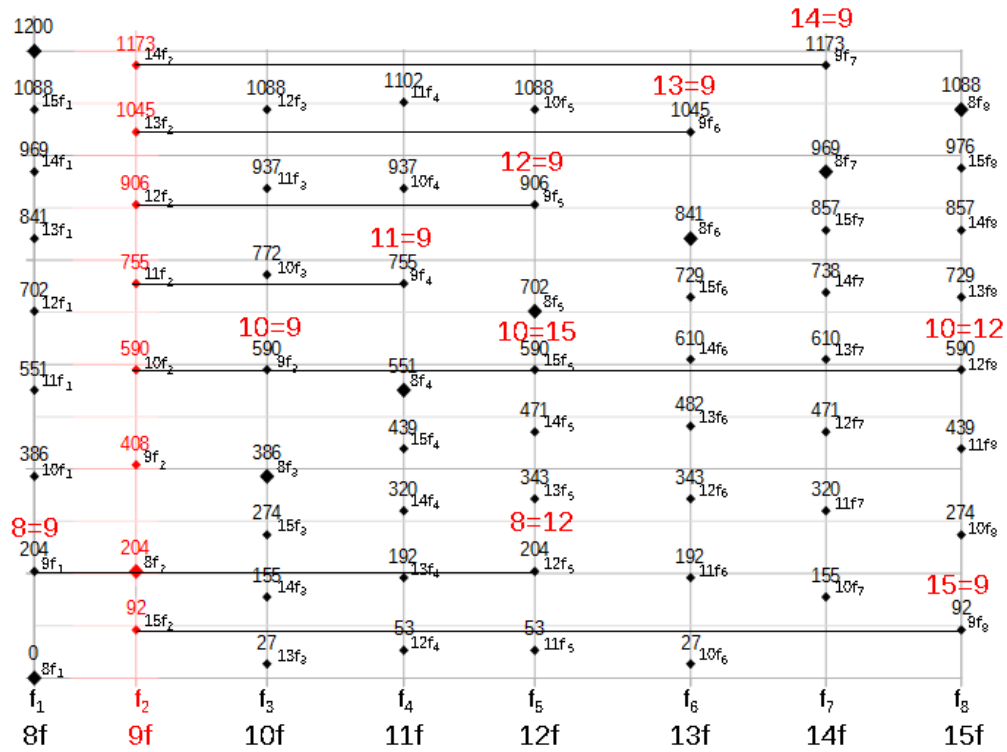
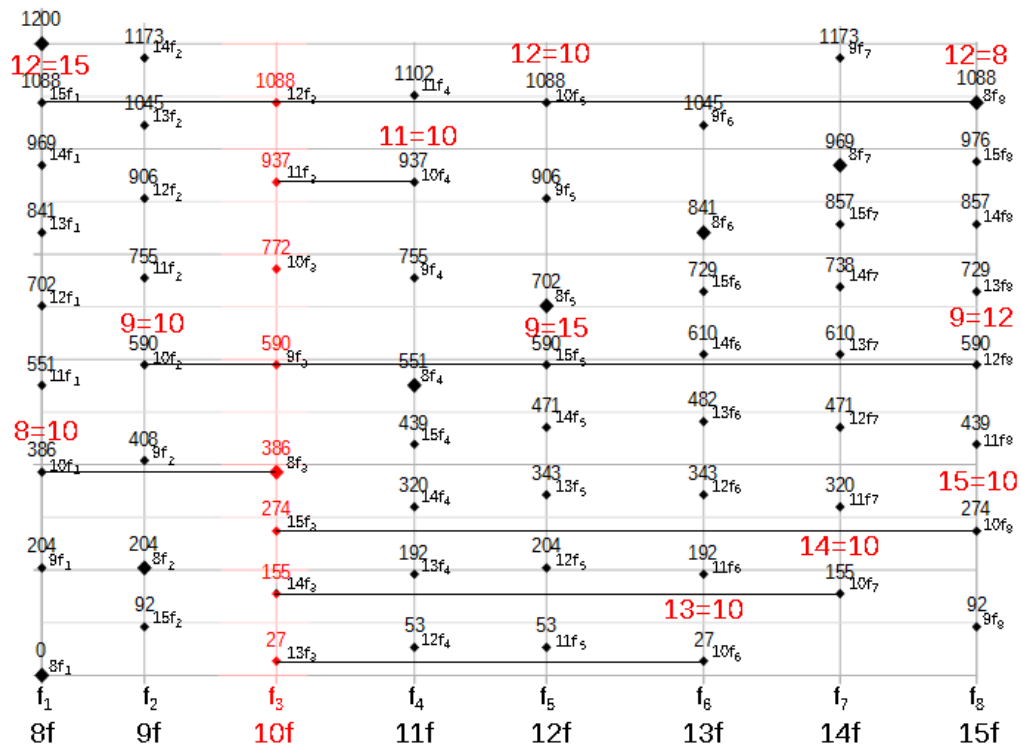
Figura 10 – Possíveis encadeamentos de f_2 (9f:8)Figura 11 – Possíveis encadeamentos de f_3 (10f:8)

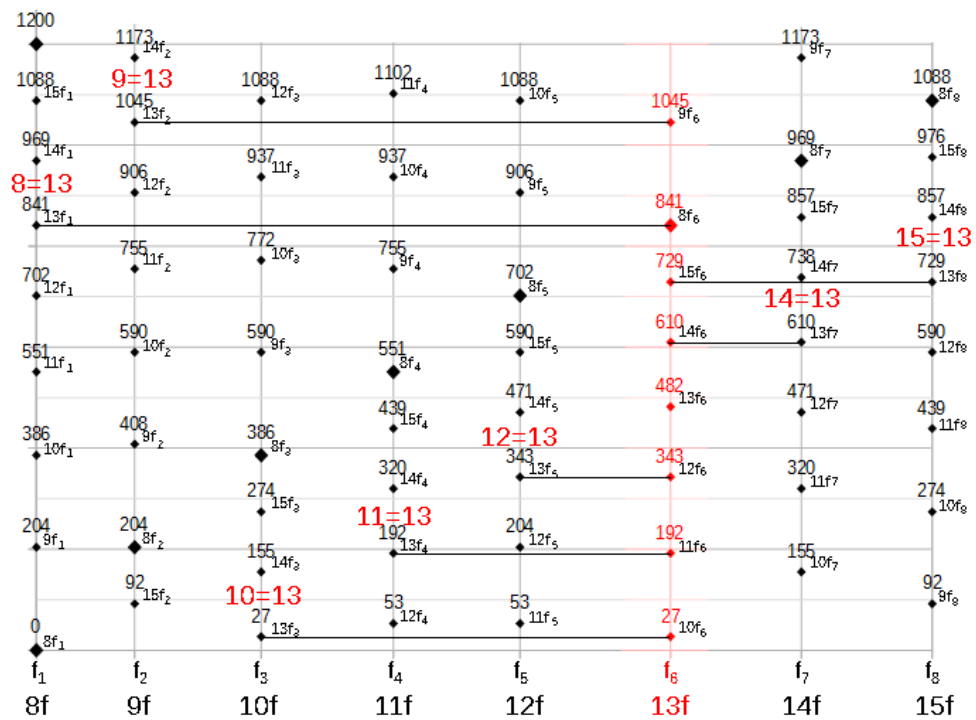
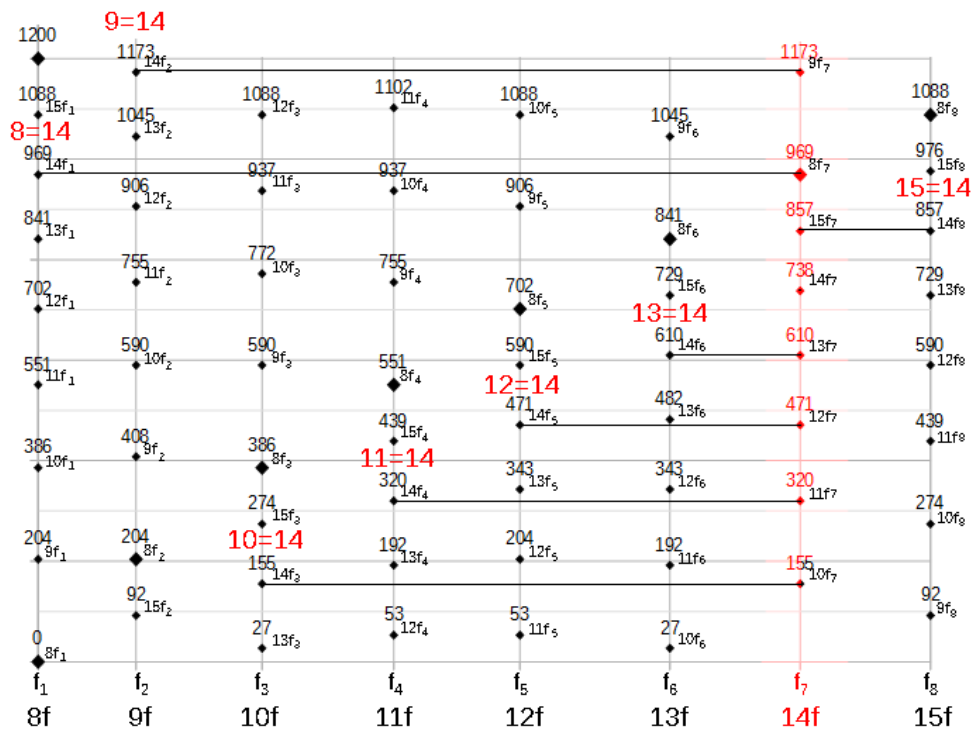
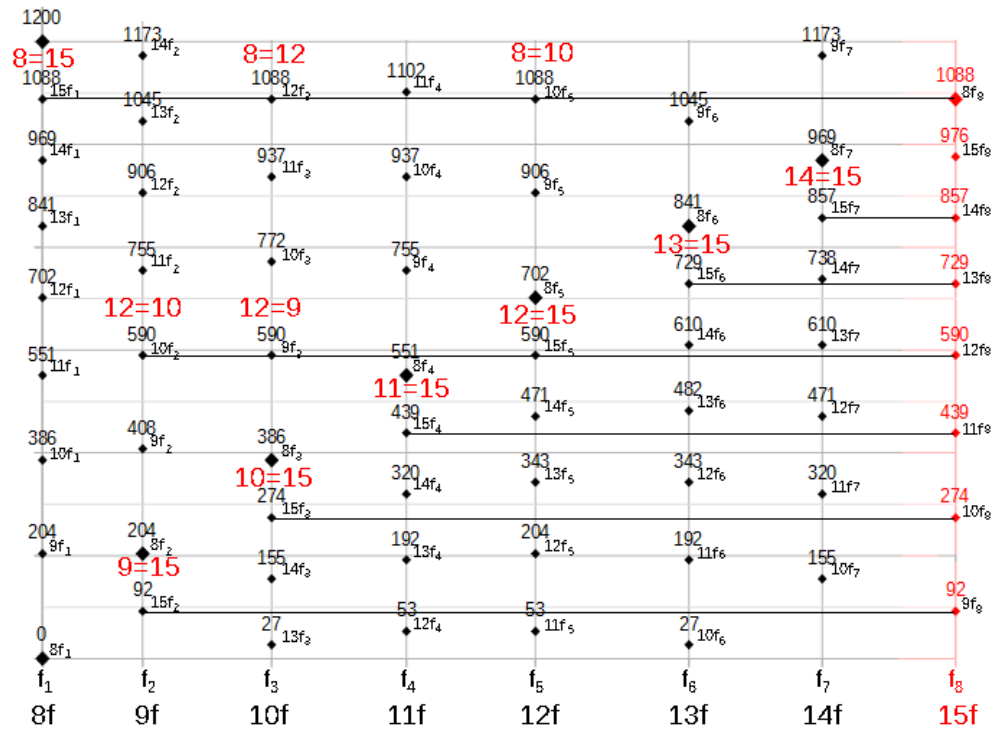
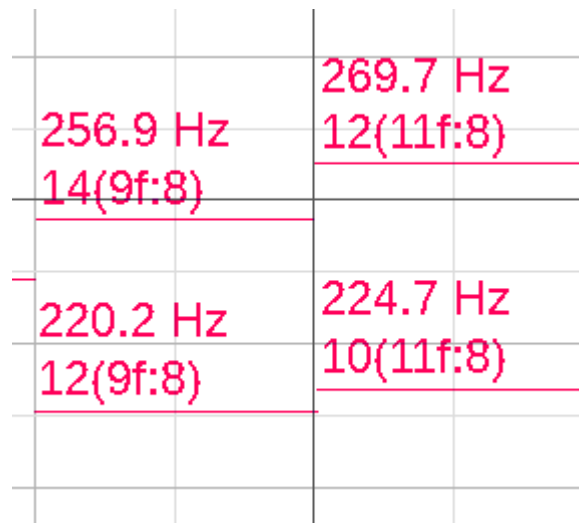
Figura 14 – Possíveis encadeamentos de $f_6(13f:8)$ Figura 15 – Possíveis encadeamentos de $f_7(14f:8)$ 

Figura 16 – Possíveis encadeamentos de f8(15f:8)



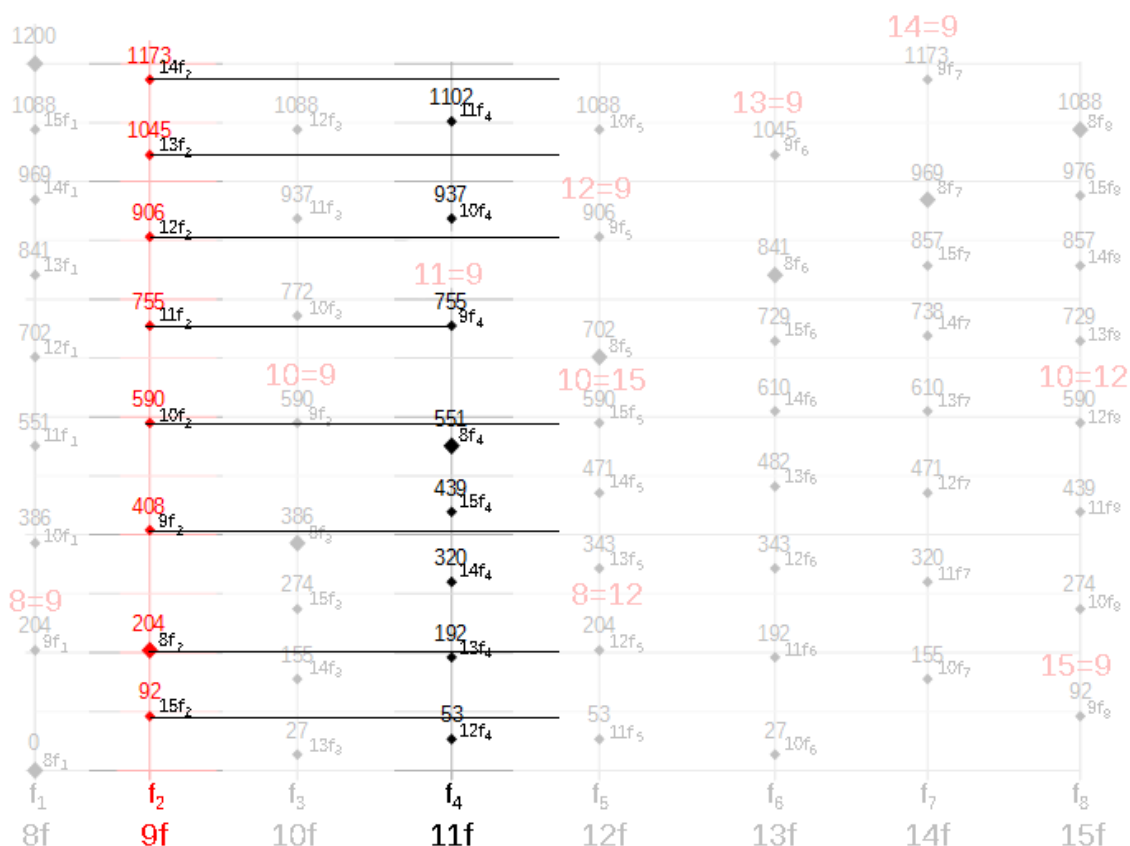
Nesses gráficos estão presentes todos os possíveis encadeamentos da tabela de encadeamentos, o que comprova que é possível realizá-los utilizando apenas oito fundamentais diferentes. Com esses gráficos é possível, também, calcular com facilidade o valor em cents das relações entre as notas das diferentes harmonias, bastando subtrair um valor em cents pelo outro. Para fins de exemplificar a utilização do gráfico para calcular os valores microtonais entre as possíveis notas em cents, demonstro este processo com este recorte da página 2 da partitura:

Figura 17 – Detalhe da partitura, página 2



O recorte mostra duas notas que estão na harmonia de fundamental 9f:8 na metade esquerda indo para outras duas notas, da harmonia de fundamental 11f:8, na metade direita. Sabemos que as linhas horizontais da grade cinza estão separadas por uma distância que equivale a 100 cents, portanto já podemos concluir que as notas da voz de baixo, estando ambas entre uma linha e a outra da grade, têm um intervalo microtonal entre elas. Vamos utilizar o gráfico para calcular o intervalo melódico formado pela voz de baixo.

Figura 18 – comparação da harmonia 9f:8 e 11f:8



Acima as harmonias de 9f:8 e 11f:8 estão destacadas, com linhas partindo de todas as notas de 9f:8 para facilitar a visualização. A única nota em comum entre as duas séries harmônicas é o 11º harmônico de 9f:8, que vira o 9º de 11f:8. Trata-se, portanto, do encadeamento 11=9. No recorte da partitura a voz de baixo começa em 12(9f:8), que no gráfico acima está com o número 906, representando o intervalo em cents formado em relação a 8f(0 cent). A segunda nota é 10(11f:8), que no gráfico está com o número 937(também o valor em cents com relação a 0 cent). Concluimos, portanto, que o intervalo formado é de 31 cents (937-906).

Esses gráficos foram criados antes de eu começar a compor e foram muito úteis durante o processo de composição, me permitindo realizar as escolhas de condução de vozes de acordo com o valor do intervalo em cents ou simplesmente pela visualização, que já permite, como visto, concluir se o intervalo se trata de um valor microtonal ou não.

2.6 Ritmo e timbre

A cada nota é designado um pulso próprio e fixo durante toda a peça. A frequência do pulso é sempre a frequência da nota dividida por alguma potência de 2 até ficar menor do que 20hz (frequência abaixo da qual o ouvido humano não percebe como nota, mas sim como ritmo). Em outras palavras, é como se o pulso de cada nota estivesse em algumas oitavas abaixo dela. Isso faz com que as relações matemáticas presentes entre as frequências das notas também estejam presentes no ritmo, formando uma polirritmia “harmônica”, diretamente relacionada com as notas. Um exemplo deste cálculo pode ser visto na bula da partitura. A intenção desta polirritmia é que ela crie uma espécie de textura, com várias vozes fazendo ataques e silêncios em momentos diferentes e aparentemente caóticos. Além disso, o pulso é uma informação a mais, o que gera, creio eu, um interesse maior do que notas longas estáticas.

Não sendo viável requisitar do intérprete uma reprodução exata desses valores, o pulso de cada nota deve estar presente no áudio utilizado como sample no controlador MIDI. A ideia é fazer com que uma tecla, quando pressionada, já reproduza a nota com o pulso almejado. Isso está especificado na bula da partitura.

As durações das notas, no entanto, não estão precisamente indicadas na partitura. É deixado claro na bula que as durações devem ser um tanto livres, devendo o intérprete respeitar rigorosamente apenas a ordem das aparições ou mudanças nas vozes.

O timbre dos samples é para ser o da voz humana. Em meu áudio utilizei a minha voz nas notas mais graves e a voz de uma amiga nas notas mais agudas (isso está melhor explicado no próximo subcapítulo), mas não há especificações detalhadas na partitura. A bula diz apenas “o timbre dos samples deve ser da voz humana. Efeitos e edições são bem vindos”. A ideia é que, partindo de uma voz humana, o intérprete também seja livre para explorar efeitos no timbre, o que, creio eu, pode gerar mais interesse na peça. No caso do meu áudio as únicas coisas que fazem com que o timbre se difira levemente de uma voz humana são a planificação das frequências e os cortes e ataques abruptos presentes devido aos pulsos definidos. Ainda tratam-se perceptivelmente de vozes humanas, mas o intérprete é livre para inserir a quantidade de efeitos que desejar, mesmo que no final não haja mais o reconhecimento da voz.

2.7 Produção do áudio e partitura

A produção do áudio de minha peça sempre esteve intrinsecamente ligada à sua composição. Não possuindo um tonal plexus, a ideia era, desde o começo, criar um áudio para a peça. Tendo em vista os limites de tempo e a falta de prática tanto no meio eletroacústico quanto no meio microtonal, algumas decisões que tomei com relação à peça foram exclusivamente para facilitar e acelerar o meu trabalho. A principal delas, creio eu, foi a de trabalhar somente com as séries harmônicas de 8 fundamentais diferentes. Tendo em vista que seria possível explorar todos os encadeamentos idealizados utilizando apenas essas 8 harmonias, optei primeiramente por produzir ondas puras dessas 8 séries harmônicas e experimentar com elas. Para isso, apliquei os áudios das ondas puras no Kontakt 5.7.0, software que permite a confecção de instrumentos virtuais com samples.

Para que eu pudesse experimentar em meu controlador MIDI convencional, que só tem 4 oitavas, fiz o mapeamento das teclas de forma que houvesse 8 configurações diferentes, podendo mudar de uma configuração para a outra por meio das teclas da primeira oitava. Cada configuração tinha as teclas das três oitavas superiores destinadas a reproduzir as notas da série harmônica de uma fundamental. A fundamental era sempre a tecla dó, sendo que o restante das notas seguia nas teclas correspondentes aos intervalos mais próximos do 12-EDO: o 9º harmônico na tecla ré, o 10º em mi, 11º em fá sustenido, 12º em sol, 13º em lá, 14º em si bemol e 15º em si natural. A primeira oitava ficou destinada à mudança de fundamental, seguindo a mesma configuração. A fundamental da tecla dó sendo f , a de ré seria $9f:8$, seguida de $10f:8$ em mi e assim por diante. Desta maneira, ao pressionar a tecla dó da primeira oitava, as oitavas seguintes reproduziam $8f$, $9f$, $10f$, $11f$ etc. Se eu pressionasse a tecla ré da primeira oitava, as oitavas superiores reproduziam $8(9f:8)$, $9(9f:8)$, $10(9f:8)$, $11(9f:8)$ e assim por diante.

Essa maneira acabou se provando muito pouco prática se explorar melodias em tempo real. Em teoria eu poderia passear livremente entre as notas das 8 fundamentais diferentes. Na prática, no entanto, notas de determinadas teclas ficavam frequentemente mais graves do que notas de teclas inferiores e vice-versa nas mudanças de harmonia; saltos absurdos apareciam onde intuitivamente deveria haver um intervalo pequeno; entre outras complicações. Seria possível explorar bastante este sistema e estudar muito as relações entre os intervalos possíveis até que isso ficasse bem internalizado e eu adquirisse certa fluência a

ponto de improvisar de maneira mais consciente, mas eu não tinha tempo para isso e creio que seria trabalhoso demais, uma vez que existem instrumentos microtonais muito mais práticos e intuitivos e que eu pretendo possuir um dia – o que faria com que minhas habilidades naquela estranha configuração se tornassem inúteis.

Esse impasse é um dos motivos pelos quais a peça acabou sendo muito mais harmônica do que melódica. As poucas partes melódicas da peça foram compostas sem experimentações em tempo real, tendo eu que fazer o MIDI, reproduzi-lo e avaliá-lo para decidir se ficaria daquele jeito ou se eu tentaria de uma outra maneira. O que me ajudou muito nesses momentos foi os gráficos de encadeamentos.

Tendo experimentado um pouco com os samples de ondas puras e decidido o timbre da peça, gravei o som da voz da minha amiga e colega de curso Ariane Leoni Ribas, que gentilmente aceitou meu convite para participar do meu trabalho. Gravei sua voz fazendo notas longas de semitom em semitom, de sua nota mais grave do momento(F2) até sua mais aguda(B♭4). Depois disso, fiz o mesmo procedimento com a minha voz, partindo da nota mais grave gravada da Ariane para a minha mais grave que soou bem no dia(D1). Optei por gravar de semitom em semitom porque, sabendo que modificaria posteriormente as alturas para afinar precisamente cada nota, a diferença máxima de 50 cents da frequência almejada para a frequência gravada não causaria uma distorção indesejada da voz, como seria no caso de uma diferença muito grande. Isso também evita a possibilidade de reconhecimento do mesmo sample transposto em diferentes alturas pelo ouvinte. O fato de eu ter optado por deixar a voz feminina na maior parte do espectro utilizado(a voz masculina preenche uma nona enquanto a feminina preenche duas oitavas mais uma quarta) é por uma questão de preferência pessoal. Sempre tive preferência pela voz feminina e não vejo a necessidade de aprofundar a justificativa desta decisão.

Depois de gravar as vozes, as editei no computador usando o software Melodyne Editor 2.1.0.45, deixando-as planas, sem variações de frequência(ou o mais próximo disso que consegui). Feito isso, as afinei em cada frequência desejada das 8 séries harmônicas diferentes. Para isso utilizei o Melodyne novamente. Em seguida, fiz um loop de cada voz para que não houvesse cliques indesejados e, por último, editei cada frequência com seu devido pulso, equivalente a algumas oitavas abaixo de sua frequência de nota. Para cada nota fiz 3 pulsos diferentes (cada um com a relação de 2:1 um com o outro, do mais lento para o mais rápido, mantendo a ideia das oitavas). Para essas últimas partes utilizei o Ableton Live

9.2.1, software que também utilizei para montar o MIDI e exportar o áudio da peça. Com os samples prontos, fiz o instrumento digital no Kontakt com eles e comecei a fazer o MIDI da peça.

A produção da partitura foi em conjunto com a produção do áudio. Utilizei o software LibreOffice Calc 5.1.3.2 para fazer os gráficos com as notas em cents das 8 possíveis séries harmônicas e, tendo eles como referência, fiz a partitura no Adobe Photoshop CC 2015 16.0.0.88. Eu decidi fazer a partitura em forma de gráfico em vez de utilizar a *megastaff* por algumas razões. Uma delas (talvez a principal) é porque, de uma forma ou de outra, eu precisaria calcular as frequências exatas das notas que eu utilizaria, já que eu teria que afinar os samples a serem utilizados no áudio da peça um por um. A partitura em forma de gráfico me permitiu deixar explícito o processo de encadeamento das harmonias, o que facilitou muito a escrita da peça. A escrita na *megastaff* exigiria o dobro do trabalho, pois, além de utilizar os gráficos como auxílio para as tomadas de decisão, eu teria que transcrever o resultado final para o sistema de Hunt – sistema que não domino como uma partitura comum e, portanto, me exigiria ainda mais esforço e tempo. Além disso, estando escrita na *megastaff*, a partitura deixaria as relações matemáticas presentes na peça ocultas. Essas relações são parte essencial do trabalho e são visíveis na partitura em forma de gráfico sem que se exija do leitor o domínio de qualquer sistema de notação musical – bastando conhecer notação matemática básica. Por último, desconheço a aderência da *megastaff* por parte de músicos. As propostas de notação microtonal são tantas e claramente ainda não há nada consolidado como a notação tradicional. Sem ambições ou tomadas de partido, optei por realizar uma partitura clara e que cumpra seu objetivo, simplesmente.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi um grande desafio compor uma peça microtonal. Este é um assunto pouco visto no curso e isso não facilitou. Desde que decidi fazer um memorial de composição microtonal para meu TCC eu realizava estudos esporádicos acerca do assunto, já com a finalidade de obter conhecimento prévio para o trabalho final. O desafio, no entanto, se provou maior do que eu imaginava. É difícil experimentar com microtons em tempo real sem a posse de um instrumento adequado. Mesmo havendo a possibilidade de realizar uma configuração que torne possível a reprodução de escalas microtonais em um controlador MIDI convencional, tentar aplicar um sistema de 205 intervalos iguais por oitava em um desses faria com que a extensão total não chegasse perto de uma oitava. Para resolver este problema – ou diminuí-lo – realizei meus artifícios, como os gráficos de encadeamentos e a configuração alternativa do controlador MIDI que descrevi no trabalho.

Mesmo com todas as dificuldades, o resultado final da peça, em suma, me agradou. A minha intenção estética com a peça era que ela fosse perceptivelmente microtonal e ao mesmo tempo agradável. Aos meus ouvidos, esses critérios foram atingidos. A intenção de estudo era explorar as relações harmônicas descritas no trabalho, e, por mais que, no fim, eu não tenha explorado todos os encadeamentos que eu pretendia no começo, explorei a maior parte deles. De certa forma posso dizer que o sistema de encadeamento harmônico que proponho é um sistema que se provou funcionar e que a partir de agora me permite compor com ele em vista – o que, com certeza, pretendo.

Tendo superado os desafios, realizado a composição da peça, o áudio da peça e a escrita do memorial, espero que o meu trabalho possa informar e mostrar caminhos para possíveis futuros alunos da UFPR interessados em microtonalismo. Pode não ser o assunto que gera mais interesse nos alunos normalmente, mas, se porventura um dia houver algum ou alguma aluna com interesse, espero que este trabalho possa contribuir para seus estudos.

REFERÊNCIAS

- CAMPBELL, M.; GREATER, C.; OLDHAM, G. Harmonics. *In*: SADIE, S. **The new Grove dictionary of music and musicians**. 2.ed. Nova Iorque: Grove, 2001.
- EKMAN, P. **The Intonation Systems of Harry Partch**. Iceland Academy of the Arts, Department B.A. in Composition, 2011. Disponível em: <<http://skemman.is/stream/get/1946/8545/22578/1/Lokaritgerd.pdf>>. Acesso em: 03/09/2019
- FERGUSON, H. Study. *In*: SADIE, S. **The new Grove dictionary of music and musicians**. 2.ed. Nova Iorque: Grove, 2001.
- FINEBERG, J. Guide to the basic concepts and techniques of spectral music. **Contemporary Music Review**, [S.I.], v. 19, n. 2, p.81-113, 2000.
- GRIFFITHS, P.; LINDLEY, M.; ZANNOS, I. Microtone. *In*: SADIE, S. **The new Grove dictionary of music and musicians**. 2.ed. Nova Iorque: Grove, 2001.
- HUNT, A. A. **H-system music theory**. [S.I.] 2008. Disponível em: <<http://musictheory.zentral.zone/foreword.html>>. Acesso em: 03/09/2019
- HUNT, A. **Tonal plexus microtonal keyboard**: regent for the future of music. [S.I.], 2015. Disponível em: <http://hpi.zentral.zone/pdf/articles/TonalPlexusMicrotonalKeyboard2015.pdf>. Acesso em: 03/09/2019
- MANZOLLI, J.; PORRES, A. T. Sistemas de afinação: um apanhado histórico.. *In*: II SEMINARIO DE MUSICA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2005, São Paulo. **Proceedings online...** Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000102005000100016&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 03/09/2019
- NEIMOG C. K.; RIBEIRO, F. A. Uma Aproximação aos Sistemas de Afinação de Harry Partch e Ben Johnston. **MUSICA THEORICA**. Salvador: TeMA, 201613, 2016. p.47-68
- RASCH, R. Tuning and temperament. *In*: CHRISTENSEN, T. **The Cambridge history of western music theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p. 193-222.
- RECHBERGER, H. *Scales and modes around the world*. [S.I.]: Fennica Gehrman Oy, 2018.
- SETHARES, W. *Tuning, timbre, spectrum, scale*. Berlim: Springer Science & Business Media, 2005.
- TPXE. Versão 1.9.13. [S.I.]: H-Pi Instruments, 2015.
- WALKER, E. **The bohlen-pierce scale: continuing research**. Nova Iorque: [S.I.], 2001.
- XENHARMONIC Bulletin No. 2 May, 1974 ~ Reprint Edition of July, 1977. Disponível em: <<https://web.archive.org/web/20120205142523/http://sonic-arts.org/darreg/XHB2.HTM>>. Acesso em 03/09/2019