

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Música
Programa de Pós-Graduação em Música

Rodrigo Manoel Frade

**A DIVERSIDADE SONORA NA FLAUTA TRANSVERSAL:
representações conceituais e acústicas, aplicações pedagógicas e criativas**

Belo Horizonte
2023

Rodrigo Manoel Frade

**A DIVERSIDADE SONORA NA FLAUTA TRANSVERSAL:
representações conceituais e acústicas, aplicações pedagógicas e criativas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Música da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Música.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Freire

Belo Horizonte
2023

F799d Frade, Rodrigo Manoel.

A diversidade sonora na flauta transversal [manuscrito]: representações conceituais e acústicas, aplicações pedagógicas e criativas / Rodrigo Manoel Frade - 2023.
123 f., enc.; il.

Orientador: Sérgio Freire.

Linha de pesquisa: Sonologia.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música.

1. Música - Teses. 2. Flauta. 3. Música - Acústica e física. 4. Música e tecnologia. I. Freire, Sérgio, 1962-.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. III. Título.

CDD: 788.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE MÚSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÚSICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tese defendida pelo aluno Rodrigo Manoel Frade, em 22 de dezembro de 2022, e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Sérgio Freire Garcia
Universidade Federal de Minas Gerais
(orientador)

Profa. Dra. Cássia Carrascoza Bomfim
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Antônio Carlos Guimarães
Universidade Federal de São João del-Rei

Prof. Dr. Gabriel Rimoldi de Lima
Universidade Federal de Uberlândia

Prof. Dr. Rogério Vasconcelos Barbosa
Universidade Federal de Minas Gerais



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Freire Garcia, Professor do Magistério Superior**, em 22/12/2022, às 18:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Rimoldi de Lima, Usuário Externo**, em 23/12/2022, às 12:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Carlos Guimarães, Usuário Externo**, em 23/12/2022, às 15:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cássia Carrascoza Bomfim, Usuária Externa**, em 23/12/2022, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rogério Vasconcelos Barbosa, Presidente de comissão**, em 26/12/2022, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1982746** e o código CRC **823CE19D**.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram para a construção desta tese. Em especial ao meu orientador, professor Sérgio Freire, cuja orientação e apoio foram fundamentais durante todo o Doutorado. Seu conhecimento, dedicação e paciência foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria também de agradecer à minha família pelo amor incondicional, encorajamento constante e suporte emocional ao longo dessa jornada acadêmica. Agradeço aos meus amigos pelas palavras de incentivo e pelos momentos de descontração que foram essenciais para superar os desafios ao longo do caminho.

Além disso, gostaria de agradecer aos professores da banca examinadora que contribuíram com suas ideias, sugestões e discussões enriquecedoras. Suas perspectivas e conhecimentos compartilhados foram valiosos para ampliar minha compreensão sobre o tema abordado nesta pesquisa.

Resumo

A flauta é um instrumento musical explorado em diferentes repertórios e estilos musicais, apresentando grande diversidade sonora e uma gama de possibilidades criativo-expressivas. Neste trabalho, abordamos as diferentes sonoridades da flauta, em especial aquelas exploradas no repertório contemporâneo. Suas particularidades são analisadas sob os pontos de vista da acústica e da performance, em diálogo com os critérios perceptivos propostos por Pierre Schaeffer. Essas sonoridades foram exploradas por jovens compositores, participantes do Festival *Escuta Aqui!*, que compuseram peças estreadas pelo autor deste trabalho. Excertos dessas peças foram utilizados para exemplificar os sons da flauta em associação com os critérios tipo-morfológicos schaefferianos. Desenvolvemos uma ferramenta interativa em Max que, relacionando descritores de áudio a tais critérios, oferece aos músicos *feedbacks* visuais em tempo real. Os descritores escolhidos foram: perfil de ataque, envelope dinâmico, número de parciais que representam 50 e 80% da energia total do som, presença de grãos iterativos e finos, presença de *allures*, frequência fundamental (quando existir), centroide espectral, dissonância intrínseca, distribuição espectral. A prática instrumental com o apoio visual desses descritores permitiu compreender melhor certos aspectos das diversas sonoridades exploradas pelo repertório contemporâneo, além de proporcionar comparações entre diferentes estratégias de performance e os resultados obtidos. Apresentamos um relato de experiência com uma turma de graduação em música onde foi possível aplicar nossa ferramenta na prática de estudos dos flautistas. Discutimos também criações próprias realizadas com base na exploração dos critérios perceptivos de Schaeffer e na interação proporcionada pela ferramenta de *feedback* visual. Este trabalho representa uma importante contribuição para a compreensão da diversidade sonora da flauta, assunto tratado sob diferentes perspectivas e que são direcionadas tanto a flautistas como a compositores.

Palavras-chave: flauta transversal; diversidade sonora; Tratado dos Objetos Musicais; ferramenta interativa; criação autoral.

Abstract

The flute is a musical instrument explored in different repertoires and musical styles, presenting great sound diversity and a range of creative-expressive possibilities. In this work, we approach the different sonorities of the flute, especially those explored in the contemporary repertoire. Its particularities are analyzed from the points of view of acoustics and performance, in dialogue with the perceptual criteria proposed by Pierre Schaeffer. These sounds were explored by young composers, participants of the Festival Escuta Aqui!, who composed pieces premiered by the author of this work. Excerpts from these pieces exemplify the flute sounds in their association with Schaefferian type-morphological criteria. We developed an interactive tool in Max that, relating audio descriptors to such criteria, provides musicians with real-time visual feedback. The descriptors chosen were attack profile, dynamic envelope, number of partials representing 50 and 80% of the total energy of the sound, presence of iterative and fine grains, presence of allures, fundamental frequency (if any), spectral centroid, intrinsic dissonance, spectral distribution. The instrumental practice with the visual support of these descriptors allowed a better understanding of certain aspects of the different sounds explored by the contemporary repertoire, in addition to providing comparisons between different performance strategies and the results obtained. We presented an experience report with an undergraduate music group where it was possible to apply our tool in the flutist's study practice. We also discuss our creations based on exploration of Schaeffer's perceptual criteria and the interaction provided by the visual feedback tool. This work represents an important contribution to the understanding of the sound diversity of the flute, a subject treated from different perspectives that are aimed at both flutists and composers.

Keywords: flute; sound diversity; Treatise on Musical Objects; interactive tool; authorial creation.

Lista de Figuras

- Figura 1: Representação temporal (amplitude x tempo) de uma nota na flauta: a) sinal sonoro geral e b) aproximação em zoom do mesmo sinal.....21
- Figura 2: Espectro de frequência da nota Fá 4 na flauta. Gráfico de amplitude x frequência..... 22
- Figura 3: Espectrograma da nota Fá 4 na flauta..... 23
- Figura 4: Reflexão de um pulso de pressão na extremidade aberta de um tubo estreito (parte superior) e na extremidade fechada de um tubo estreito (parte inferior). Fonte: Heller (2013).....25
- Figura 5: Ondas estacionárias na flauta: (a) representa o modo fundamental, (b) o segundo harmônico e (c) o terceiro harmônico..... 26
- Figura 6: Dedilhado de Fá sustenido na terceira oitava. O dedilhado “forquilha” se encontra na mão esquerda e a seta indica, aproximadamente, o final do tubo de ressonância para esse dedilhado..... 27
- Figura 7: Dedilhado alternativos para a nota Lá 4. Fonte: www.wfg.woodwind.org.....28
- Figura 8: Frequências de ressonância natural da flauta (marcadas pelas cruzes) medidas em um instrumento de estudante excitado por um alto-falante. A média de afinação de três flautistas iniciantes nos três registros da flauta é representada pelos círculos. Fonte: Campbell (1994)..... 29
- Figura 9: Espectrograma de ataques no registro grave (a), médio (b), e agudo (c) - notas Ré 4, Ré 5 e Ré 6 - com três execuções de cada uma das articulações “Tê”, “Dê” e “sem língua”, respectivamente. Setas pretas indicam ruídos de ataque e setas azuis indicam sub-harmônicos..... 33
- Figura 10: Exemplo de glissando ao final da nota Dó 5.....34
- Figura 11: Notas de Performance da peça Voice (1971) de Toru Takemitsu (1930 - 1996)..... 35
- Figura 12: a) Exemplo de notação de uma mudança de som natural para eólico, trecho da peça Emaranhado de arame farpado (2021) de Lucas Quínamo. b) Espectrograma da transformação sonora da nota Sol 4, de som natural para som eólico, presente na peça Grãos de Pólen (2020) de Tainá Caldeira..... 44
- Figura 13: Técnica de jet whistle presente na peça Assobio a Jato de Heitor Villa-Lobos. 44
- Figura 14: Espectrograma de um jet whistle com o dedilhado da nota Si 3, onde seus componentes percorrem grande parte do espectro sonoro.....45
- Figura 15: a) Exemplo de trecho com a técnica de whistle tone extraído da peça Laconisme de l'Aile da compositora Kaija Saariaho. b) Espectrograma da nota Lá 6 em whistle tone..... 46
- Figura 16: Exemplo de trecho musical sussurrado e tocado simultaneamente presente na

peça Voice de Toru Takemitsu: a) espectrograma e b) notação.....	47
Figura 17: Espectrograma das notas Dó 5 e Ré 6 tocadas com o dedilhado ilustrado, em acelerando, até se estabilizarem em um multifônico das duas notas.....	48
Figura 18: Ilustração do movimento das cordas vocais e da coluna de ar para a técnica de tocar e cantar ao mesmo tempo.....	49
Figura 19: Espectrograma da nota Mi 5 em glissando para a nota Mi bemol 5. Da esquerda para a direita: primeira vez sem vibrato e segunda vez com vibrato.....	51
Figura 20: Exemplos de dedilhados de escala microtonal ascendente. Imagem retirada do livro <i>Techniques of flute playing</i> de Carol Levine (2005, p.65).....	52
Figura 21: Extensão para uso do ataque tongue ram.....	54
Figura 22: Extensão para sons de chaves na flauta sem execução simultânea da nota...	54
Figura 23: Tabela dos critérios de massa e fatura de Pierre Schaeffer (<i>TOM</i> , p. 355)....	58
Figura 24: Da esquerda para direita, exemplos de sons tônicos dos tipos contínuo, impulso e iteração, respectivamente.....	58
Figura 25: Exemplos de sons complexos - contínuo (multifônico), impulsivo (som eólico curto com a sílaba “ti”) e iterativo (repetição de ataques rápidos em som eólico)...	59
Figura 26: Exemplos de sons variáveis - contínuo (whistle tone), impulso (jet whistle) e iterativo (glissando descendente em frullato).....	59
Figura 27: Na interseção das linhas “a”, “b” e “c” e colunas 1, 3 e 5 são materiais de música tradicional. O restante do diagrama se refere à música generalizada (Schaeffer, 2017, p. 456).....	61
Figura 28: Exemplos de perfis melódicos a) \tilde{N} - trecho de Grãos de Pólen (Tainá Caldeira, 2020); b) N - trecho de Eutrópia I (Vinícius Cesar, 2021); c) N' - trecho de Barão Geraldo (Tales Botechia, 2021).....	63
Figura 29: Exemplos de perfis melódicos a) Y' - trecho de En el ápice (Lucas Percuoco, 2021); b) G' - trecho de Eutrópia I (Vinícius Cesar, 2021).....	64
Figura 30: Exemplos de perfis de massa N/X (trecho de Emaranhado de arame farpado - Lucas Quínamo, 2021) e X/N (trecho de Barão Geraldo calling for the underworld - Tales Botechia, 2021).....	65
Figura 31: Exemplo de perfil de massa X/Y/X - trecho de Eutrópia I (Vinícius Cesar, 2021).....	65
Figura 32: Diferentes representações de uma gravação de sons eólicos produzidos de forma iterativa (repetições rápidas): a) forma de onda; b) curva rms2048:4, filtrada a 10 Hz; c) curva rms256:4, filtrada a 60 Hz.....	67
Figura 33: Superposição de 10 perfis de 5 tipos de ataque distintos na flauta. Pode-se notar grandes diferenças nas curvas, nas durações e nas dinâmicas.....	68

Figura 34: Curva rms256:4 (a mesma da Figura 32) e sua derivada. A linha horizontal marca o limiar de amplitude para a detecção de grãos iterativos.....	69
Figura 35: Ataques em a) um pandeiro e em b) um tomtom. Em c) e d) são mostrados detalhes da porção inicial de cada um deles. Evidencia-se a presença de mais grãos finos no pandeiro, devido à movimentação das platinelas.....	70
Figura 36: Distribuição espectral de 5 ataques distintos na flauta, na nota Lá 4.....	72
Figura 37: Fluxograma dos processos de estimação de descritores de áudio.....	73
Figura 38: Layout da tela principal da ferramenta de feedback visual.....	75
Figura 39: Perfis de ataques presentes nas peças do Festival Escuta Aqui!. As linhas em cinza indicam o número de componentes espectrais responsáveis por 80% da energia em cada caso. A linha vertical vermelha indica o primeiro pico do perfil de ataque.....	79
Figura 40: diferença de intensidade na prática de um trecho com pizzicato presente na peça Six walls by the air window (2020) de Eduardo Hiroshi.....	80
Figura 41: Trecho com ataques em pizzicato presentes na peça Eutrópia I (2021) de Vinícius Cesar.....	80
Figura 42: Notação de Edgard Varèse para a técnica de nota + key click. “Notas marcadas com + para serem tocadas suavemente, batendo as chaves ao mesmo tempo para produzir um efeito percussivo”.....	81
Figura 43: Perfis de ataque de nota + key click. Ataques assíncronos demonstrados pelos círculos azuis.....	81
Figura 44: Trecho de sons de chaves com ataques de notas com alturas definidas retirado da peça Grãos de Pólen (2020) de Tainá Caldeira. Os nomes das notas foram adicionados à figura para ilustrar a explicação.....	82
Figura 45: : Multifônico com as notas Ré 5 e Mi 5, a) instável, b) estável. A diferença de estabilidade pode ser vista em todas as linhas dos gráficos. O trecho foi retirado da peça Espelho côncavo sobre o vento (2020) de Vinícius Baldaia.....	84
Figura 46: Exemplo de frase musical conectada a um multifônico. Trecho da peça Espelho côncavo sobre o vento (2020) de Vinicius Baldaia. As cores das linhas (vermelho, verde, azul) do gráfico de distribuição espectral representam as regiões espectrais grave, média e aguda da flauta, respectivamente.....	85
Figura 47: Feedback visual para prática de glissando. Cifras adicionadas separadamente para contextualizar a explicação de funcionamento da prática aqui exposta. Trecho da peça Espelho côncavo sobre o vento (2020) de Vinicius Baldaia.....	86
Figura 48: Nota em bisbigliando presente na peça Eutrópia I (2021) de Vinícius Cesar....	87
Figura 49: Transformação entre som natural e frullato. Trecho da peça Espelho côncavo sobre o vento (2020) de Vinicius Baldaia.....	88
Figura 50: Transformação da nota Si 4 de som natural para som eólico. Trecho da peça	

Emaranhado de arame farpado (2021) de Lucas Quínamo.....	89
Figura 51: Transformação da nota Ré 4 de som eólico para som natural. Trecho da peça Barão Geraldo calling for the underworld (2021) de Tales Botechia.....	90
Figura 52: Trecho com transformações entre som eólico, ruídos de chaves e som natural. Trecho da peça Grãos de Pólen (2020) de Tainá Caldeira.....	91
Figura 53: a) Gráficos do multifônico Fá#5 (base) e Ré 6 (topo) se transformando em Fá# em glissando e voltando a ser multifônico. b) janela de visualização das notas do multifônico em tempo real. Trecho retirado da peça Eutrópia I (2021) de Vinícius Cesar.	92
Figura 54: Frase com transformações de som eólico e frullato. Trecho da peça Emaranhado de arame farpado (2021) de Lucas Quínamo. Gráficos de envelope, grãos e distribuição espectral mostram a mudança gradual de timbre da frase musical.....	93
Figura 55: Gráficos de frequência fundamental medidos em midicents com janela de 10000 ms. Os círculos azuis mostram as regiões contrastantes com relação à regularidade do vibrato entre as duas gravações (a e b) da nota Sol 4.....	96
Figura 56: Gráficos de envelope/allures, frequência fundamental e distribuição espectral das três primeiras notas da peça Density 21.5 de Edgard Varèse em três gravações subsequentes (a, b, c e d).....	98
Figura 57: Kazuo Fukushima, MEI, página 3: feedback visual do quarto de tom e glissando.....	99
Figura 58: Robert Dick, Lookout, página 4: a) gráficos de grãos finos, pico mais proeminente e distribuição espectral; b) dedilhado e janela de visualização das notas do multifônico em tempo real.....	100
Figura 59: Philippe Hurel, Eolia, página 11: feedback visual da manipulação do formato de vibrato sugerido pelo compositor.....	101
Figura 60: Transformação sonora inicial da peça Rumores.....	105
Figura 61: Sonoridades exploradas na peça Rumores.....	105
Figura 62: Trecho em tongue ram e staccato da peça Rumores.....	106
Figura 63: Técnica de assobio dentro da flauta explorada na peça Rumores e En el Ápice, respectivamente.....	106
Figura 64: Transformação sonora final da peça Rumores.....	107
Figura 65: Trecho final de Assobio a Jato; início de Density 21.5 e início de All be jets...	108
Figura 66: Exemplo de combinação sonora da peça All be jets.....	109
Figura 67: Pequeno glissando descendente em combinação com trinado. Grande glissando ascendente em combinação com bisbigliandos e harmônicos.....	109
Figura 68: Grande transformação com trinados, harmônicos e multifônicos.....	110

Figura 69: Frase final da peça All be jets..... 110

Lista de Tabelas

Tabela 1: Formas de notações mais usuais para as técnicas estendidas de flauta exploradas nesta tese. Tabela adaptada do trabalho de Arkoudis (2019) intitulado “Contemporary music notation for the flute: a unified guide to notational symbols for composers and performers”	42
Tabela 2: Técnicas utilizadas nas peças para flauta solo escritas para o Festival Escuta Aqui!.....	56
Tabela 3: Descritores de áudio da ferramenta de feedback visual.....	72
Tabela 4: correlações entre os critérios de Schaeffer e os descritores de áudio de baixo nível.....	74
Tabela 5: Catálogo das peças para flauta solo escritas para o Festival Escuta Aqui!....	113

Sumário

Introdução	16
PARTE 1: REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLOGIA	18
1. Os sons da flauta	19
1.1 Representações	19
1.2 Características acústicas da flauta	24
1.2.1 Ondas estacionárias	24
1.2.2 Dedilhados	26
1.2.3 Dinâmica e afinação	28
1.2.4 Ataque inicial	30
1.2.5 Terminação do som	34
1.3 Diversidade sonora	35
1.3.1 Os ruídos de ar na flauta: som eólico, jet whistle, whistle tone, whisper tone	42
1.3.2 Sonoridades múltiplas: multifônicos, cantar e tocar, falar e tocar	47
1.3.3 Modulações sonoras: vibrato, glissando, microtons e frullato	50
1.3.4 A flauta percussiva: tongue ram, pizzicato, key click	53
2. Tipo-morfologia de Schaeffer	56
2.1 Massa e Fatura	57
2.2 Morfologia: critérios perceptivos	59
2.3 Variações	60
3. Correlações entre critérios de Schaeffer e descritores de áudio	66
3.1 Ferramenta de feedback visual: implementação de descritores de áudio	66
PARTE 2: APLICAÇÕES	76
4. Feedback visual em tempo real para aprimoramento sonoro	77
4.1 Festival Escuta Aqui!	77
4.2 Preparação de obras inéditas: aplicações ao repertório de jovens compositores	78
a) Perfis de ataque	78
b) Multifônicos, glissandos e bisbigliandos	82

c) Transformações de timbre	87
4.3 Relato de experiência com uma turma de graduação	94
5. Criações próprias	104
5.1 Rumores	104
5.2 All be jets	108
Conclusão	111
Apêndice 1: Catálogo das peças para flauta solo - Festival Escuta aqui! 2020/2021	113
Apêndice 2: Partituras	114
Apêndice 3: Código P5JS da peça Rumores	120
Referências	123

Introdução

A exploração da flauta transversal na música de concerto ocidental passou por inúmeras transformações. A evolução no design e construção do instrumento a partir do final do século XIX, somada às mudanças estéticas na arte da composição, fizeram com que os flautistas desenvolvessem, principalmente a partir de meados do século XX, o domínio de técnicas até então inexploradas, as chamadas técnicas estendidas.

O conceito de técnica estendida abrange sonoridades que se afastam da noção tradicional de timbre instrumental, que está intimamente ligada à produção de notas (alturas) musicais, mesmo que esta produção possa ser bastante diversa em diferentes períodos da história do instrumento. Embora se possa questionar a caracterização da busca por essas sonoridades como uma extensão da técnica instrumental tradicional, a utilização do termo é amplamente justificada pelo repertório solista e camerístico para flauta dos séculos XX e XXI, que exige um alto nível técnico-expressivo para sua execução.

De maneira geral, o estudo dessas sonoridades ainda é visto com certo receio em escolas de formação e até mesmo em alguns cursos de Bacharelado em Música do Brasil. Um trabalho realizado nos anos de 2020 e 2021 pelo autor deste trabalho com estudantes de composição de diversas partes do país também mostrou que certas características acústicas das sonoridades da flauta são pouco conhecidas e divulgadas, pelo menos em língua portuguesa.

Dedicamos este trabalho à exploração da diversidade sonora da flauta através de diferentes tipos de abordagens. Os conceitos teóricos são apresentados sob o ponto de vista da acústica e da performance, a prática instrumental se une ao universo da computação musical na criação de uma ferramenta interativa de aprimoramento sonoro, e por fim, todo esse conteúdo se despeja no campo da criação musical. Acreditamos que a construção deste trabalho contribui diretamente para a compreensão e exploração da diversidade sonora da flauta transversal moderna, seja por intérpretes ou compositores.

Dividimos esta tese em duas partes. A primeira - referenciais teóricos e metodologia - se concentra nas representações conceituais e acústicas da flauta: características acústicas; sonoridades; tipo-morfologia de Pierre Schaeffer associada aos sons da flauta;

e por último as correlações entre os critérios de Schaeffer e os descritores de áudio na construção de nossa ferramenta interativa em Max.

A segunda parte trata-se das aplicações pedagógicas e criativas, ou seja, a funcionalidade de nossa ferramenta de *feedback* visual no aprimoramento sonoro e sua utilização na prática diária dos flautistas. A segunda parte também apresenta estratégias de utilização dessa ferramenta na preparação de obras escritas para o Festival *Escuta Aqui!* e estreadas pelo autor deste trabalho nos anos de 2020 e 2021. Por fim, apresentamos as criações próprias do autor desta tese.

PARTE 1: REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLOGIA

Esta primeira parte da tese aborda as representações conceituais e acústicas escolhidas para descrever e analisar as sonoridades da flauta, de modo a integrar em um mesmo arcabouço teórico-prático tanto as tradicionais notas com alturas definidas quanto sonoridades mais complexas, que não raro apresentam variações significativas em diferentes aspectos durante sua produção. Ela está organizada em pequenos capítulos.

O primeiro capítulo aborda as formas mais utilizadas de representação dos sons da flauta, após sua captação por microfones e digitalização. Também são apresentadas as principais características acústicas da flauta e suas influências sobre a performance, tais como ondas estacionárias, dedilhados, afinação e formas de ataque. Ainda no capítulo 1, abordamos as diferentes sonoridades da flauta, principal objeto de estudo desta tese: notas com alturas definidas, ruídos de ar, sonoridades múltiplas, modulações, percussões. Dedicamos o segundo capítulo à tipo-morfologia de Schaeffer, justificando sua pertinência à abordagem das sonoridades em estudo. Finalmente, o capítulo 3 apresenta as correlações entre diferentes descritores de áudio (programados em Max) e os critérios perceptivos de Schaeffer, que servirão de base para a maioria das aplicações a serem tratadas na segunda parte desta tese.

1. Os sons da flauta

1.1 Representações

Uma partitura musical é limitada a símbolos que nem sempre nos dão uma ideia clara das informações sonoras ali presentes. Estas informações, tais como uma mudança progressiva de timbre, ou ataques realizados por diferentes golpes de língua em um instrumento de sopro, dificilmente são caracterizadas perceptivamente por uma partitura. Como indagou McAdams et al. (2004), “que outra representação pode ser útil para explicar, ou simplesmente descrever, o que acontece perceptivamente?”

Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico relacionado ao estudo dos fenômenos sonoros na música fez crescer o número de ferramentas para representação do som, permitindo não somente a análise sonora do ponto de vista técnico, mas também a exploração de aparatos criativos e interativos ligados à prática musical. Segundo Simurra e Manzolli (2015), os chamados **descritores de áudio** são ferramentas úteis para criar uma taxonomia de características do sinal musical (p. 3). Com isso, a utilização de tais ferramentas nos concede uma experiência visual daquilo que entra pelos nossos ouvidos, facilitando assim o entendimento prático de fenômenos sonoros que ultrapassam as informações simbólicas de uma partitura. É importante destacar que, tal qual a partitura, a representação sonora através de descritores também é uma redução do fenômeno acústico e não o fenômeno em si.

Segundo Peeters (2004), podemos distinguir os recursos de um descritor de acordo com diferentes pontos de vista, dois deles são (1) a estabilidade ou dinamicidade do recurso e (2) a extensão temporal providenciada pelo recurso (p. 1).

A **dinamicidade ou estabilidade** podem ser exemplificadas através do fato de que os recursos de um descritor representam um valor extraído do sinal em um dado instante ou um parâmetro de um modelo do comportamento do sinal ao longo do tempo.

A **extensão temporal** diz respeito à aplicação de um descritor a somente uma parte do objeto sonoro (descrição do ataque do som, por exemplo) ou ao sinal como um todo (volume de uma nota musical). Deste modo, o autor distingue duas classes de descritores de acordo com a validade de extensão temporal: **descritores globais** que são aqueles que fazem cálculos de todo o sinal (por exemplo, a duração do ataque de um

som) e requerem uma prévia localização temporal dos eventos sonoros; e os **descritores instantâneos** que fazem cálculos para cada janela temporal¹, um exemplo disso é o centróide espectral² de um sinal que pode variar ao longo do tempo (p. 1).

Para os exemplos sonoros da flauta transversal presentes nos próximos capítulos, usaremos uma conhecida ferramenta de representação do som: o espectrograma³ (ou sonograma), capaz de mostrar as variações de amplitude de diferentes componentes espectrais durante o decorrer de um som. Porém, para entender como funciona um espectrograma, é preciso entender duas representações bidimensionais: a representação temporal (amplitude x tempo) e a representação espectral (amplitude x frequência).

Ao captar uma nota de um instrumento musical por meio de um microfone e visualizar esses dados em qualquer programa de edição de áudio, podemos observar a representação temporal mais básica do sinal sonoro (Figura 1a). Deste modo, aquilo que chamamos de “forma de onda” de um som pode ser representado temporalmente (amplitude x tempo) de maneira em que podemos observar sua evolução geral ou seus micro-detahes. A Figura 1a, por exemplo, é a representação temporal macroscópica da nota Fá 4⁴ tocada na flauta. Já a Figura 1b representa essa mesma nota de maneira microscópica (através da ferramenta *zoom* do programa). Nos gráficos, o eixo horizontal (*x*) é medido em segundos e representa a linha temporal do som. Já o eixo vertical (*y*) representa os valores de amplitude sonora, representados em uma escala entre -1 e 1.

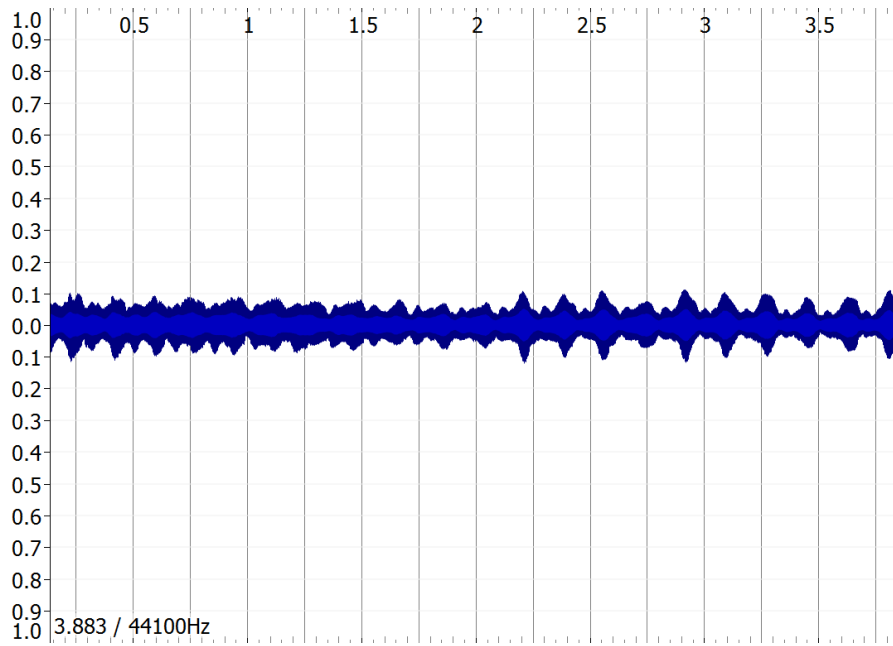
¹ Janela temporal é um pequeno segmento temporal do sinal cuja duração normalmente não ultrapassa uma centena de milissegundos.

² Considerado o “centro de gravidade” do espectro ou, em outras palavras, pode ser relacionado ao brilho do som. Basicamente nos dá a frequência em torno da qual se distribui a energia acústica. É calculado como a média ponderada das frequências presentes no sinal. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/spectral-centroid>

³ Mais precisamente, o espectrograma é uma representação gráfica dos dados numéricos gerados por uma análise de Fourier aplicada a segmentos sucessivos de curta duração de um fluxo ou arquivo sonoro. Tanto esta análise quanto sua representação gráfica necessitam de uma parametrização adequada aos sons escolhidos.

⁴ Ao longo de toda esta tese utilizaremos a nomenclatura Dó 4 para o Dó mais grave da flauta, referente ao Dó central do piano, aproximadamente 262 Hz. Esta escolha foi feita em relação à nomenclatura em inglês (C4) que é utilizada em nossa ferramenta de *feedback* visual (capítulo 4).

a)



b)

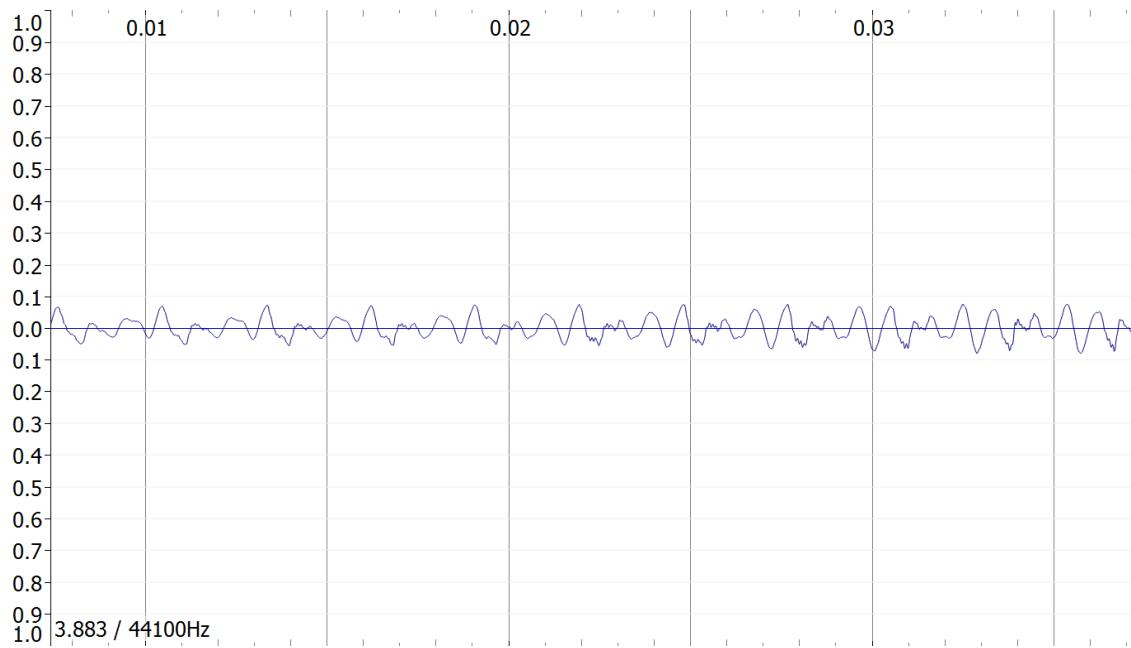


Figura 1: Representação temporal (amplitude x tempo) de uma nota na flauta: a) sinal sonoro geral e b) aproximação em *zoom* do mesmo sinal.

Podemos observar as variações de amplitude⁵ causadas pelo uso do vibrato na Figura 1a e os desenhos da forma de onda sonora da flauta na Figura 1b. Já a representação espectral desse mesmo som (Figura 2) mostra a curva da amplitude sonora *versus* frequência, ou seja, o eixo horizontal (x) é medido em Hz (Hertz) e representa as bandas de frequências sonoras; e o eixo vertical (y) tem como unidade de medida o dB (decibel) e representa a energia sonora. Perdem-se aqui as informações temporais; de todo modo é ainda possível observar que os picos da curva se referem a harmônicos da nota Fá 4.

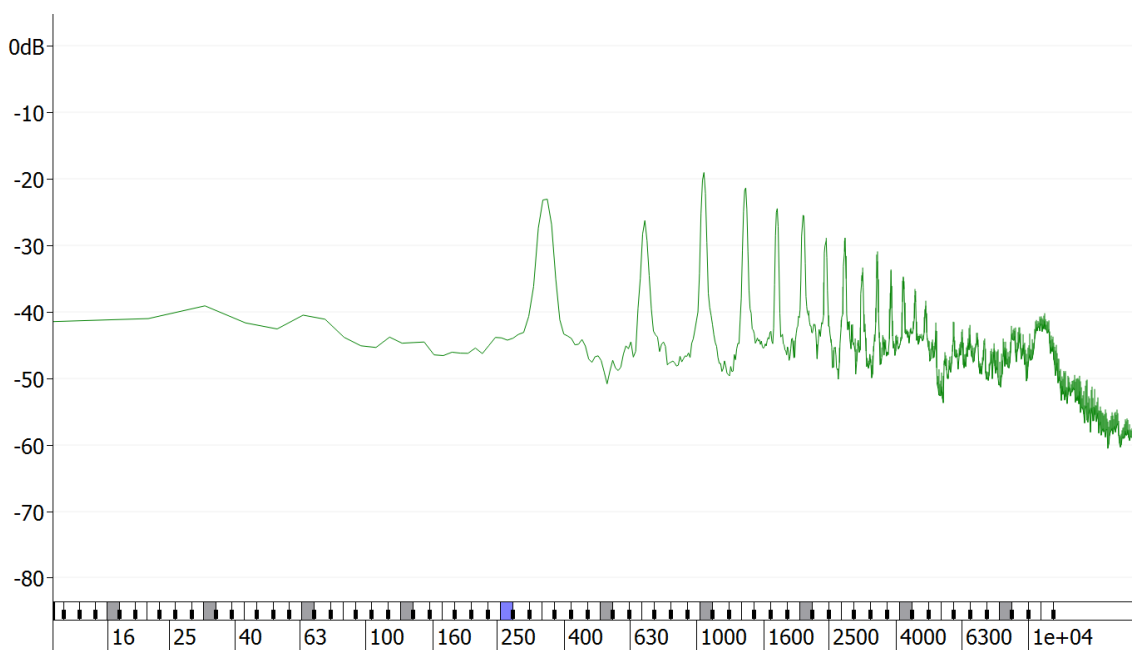


Figura 2: Espectro de frequência da nota Fá 4 na flauta. Gráfico de amplitude x frequência.

McAdams et al. (2004) explica que nesse tipo de representação o som é visualizado em uma “janela” ou “quadro” temporal único e, portanto, não nos diz nada sobre as mudanças no som durante esse período de tempo. O autor ainda diz que:

Enquanto do ponto de vista matemático um sinal periódico reproduz exatamente o mesmo ciclo indefinidamente, no mundo real qualquer som tem um começo e um fim: somente por esta razão, os sons musicais não são matematicamente periódicos. Além disso, eles quase sempre mostram pequenas diferenças de um período para o outro. Na prática, um som é percebido como tendo uma altura definida assim que há um grau suficiente de periodicidade, não quando é matematicamente periódico, e, portanto,

⁵ Há descritores específicos para a descrição da variação de amplitude de um sinal ao longo do tempo, chamados de envelopes temporais. No capítulo 3, abordaremos este assunto com maior profundidade.

precisamos de uma ferramenta analítica que identifique graus de periodicidade em uma base local, mostrando como o espectro muda com o tempo. Isso é exatamente o que o espectrograma faz.

(McAdams et al., 2004, p. 168-172)

Deste modo, podemos dizer que o espectrograma (Figura 3) é uma representação sonora tridimensional, pois além de mostrar a frequência *versus* tempo nos eixos vertical e horizontal, mostra a intensidade *versus* tempo através das diferentes cores do traço. Neste espectrograma é possível observar que o vibrato afeta mais o conteúdo espectral (harmônicos superiores variam bastante sua amplitude) do que a afinação (as linhas horizontais correspondentes a cada um dos harmônicos não demonstram uma variação significativa em relação ao eixo vertical).

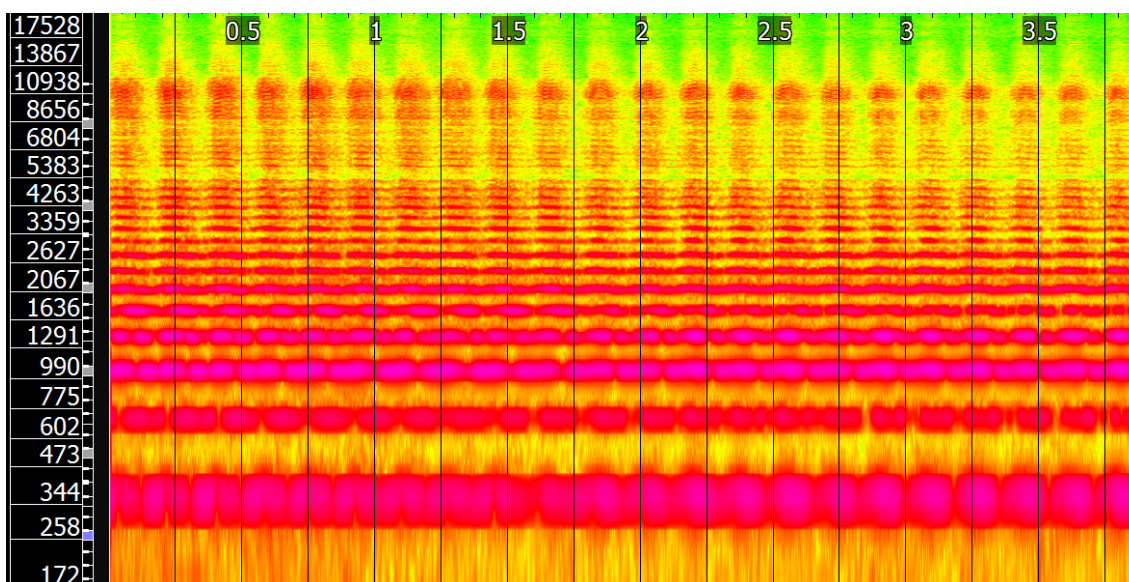


Figura 3: Espectrograma da nota Fá 4 na flauta.

No decorrer do capítulo 3, iremos relacionar descritores de áudio derivados das representações temporais e espectro-temporais aos critérios perceptivos propostos por Pierre Schaeffer em seu Tratado dos Objetos Musicais (1966), utilizados no desenvolvimento de uma ferramenta de aprimoramento sonoro na flauta através de *feedback* visual gráfico. O próximo capítulo trata de importantes aspectos relacionados à acústica do instrumento, fundamentais para a compreensão das sonoridades estudadas neste trabalho.

1.2 Características acústicas da flauta

Neste capítulo abordaremos as principais características acústicas da flauta transversal moderna: o fenômeno das ondas estacionárias em tubos cilíndricos abertos; as características dos dedilhados; suas particularidades com relação à dinâmica e afinação; e por último uma discussão sobre a articulação na flauta e sua influência no desenvolvimento do som.

1.2.1 Ondas estacionárias

Do ponto de vista da Acústica Musical, temos diferentes características de produção e propagação sonora para instrumentos musicais de cordas, tubos, membranas, etc. A flauta transversal moderna é constituída de um tubo cônico (bocal), cilíndrico (corpo), um complexo sistema de chaves e se classifica como um instrumento de sopro de tubo "aberto - aberto", ou seja, aberto em ambos os lados, ao passo que uma clarineta, por exemplo, é um instrumento de tubo "aberto - fechado" (aberto do lado da campana e dos furos e fechado do lado da boquilha e palheta).

O fenômeno das ondas estacionárias ocorre em diversos instrumentos musicais. Heller (2013) explica que em instrumentos de tubo aberto, como é o caso da flauta, a onda que se origina no bocal é refletida parcialmente com uma mudança de sinal ao chegar na extremidade do instrumento ("pé" da flauta). Ela é refletida como se fosse de um lugar fora da extremidade do tubo, tornando o tubo efetivamente mais longo em cerca de 0,6 vezes seu diâmetro, para comprimentos de onda que são grandes em comparação com o diâmetro. A ação periódica de reflexão da onda entre as extremidades do tubo faz criar o que chamamos de ondas estacionárias.

Em uma comparação da reflexão de um pulso de pressão na extremidade aberta de um tubo estreito (Figura 4 parte superior) e na extremidade fechada de um tubo estreito (Figura 4 parte inferior), Heller descreve três efeitos significativos:

Primeiro, o sinal do pulso se inverte no caso da extremidade aberta, mas não no caso da extremidade fechada. Em segundo lugar, no caso da extremidade aberta, não é emitido muito som; a maioria é refletida. Terceiro, há um ligeiro atraso (como visto usando a linha de referência vertical) de um pulso no caso do tubo de extremidade aberta em comparação com o tubo de extremidade fechada, como se o tubo aberto fosse um pouco mais longo. O atraso é

evidência da correção final que torna os tubos abertos efetivamente um pouco mais longos do que suas dimensões físicas nominais. (Heller, 2013, p. 18)

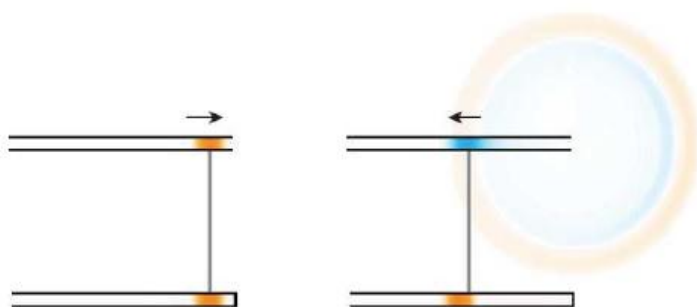


Figura 4: Reflexão de um pulso de pressão na extremidade aberta de um tubo estreito (parte superior) e na extremidade fechada de um tubo estreito (parte inferior)⁶. Fonte: Heller (2013)

O comprimento do tubo e as ondas estacionárias que ocorrem dentro dele influenciam diretamente os modos de vibração, ou melhor dizendo, as oitavas da flauta. Por exemplo, a primeira oitava da flauta pode ser explicada pela simples diminuição do comprimento do tubo causado pela progressiva abertura dos furos, isso significa que quanto menor o comprimento do tubo mais altas são as frequências (mais agudas são as notas). Como vimos anteriormente, as ondas estacionárias se propagam um pouco além do primeiro buraco aberto.

As ressonâncias dentro do tubo da flauta também dão origem a uma série harmônica. Assim, a flauta pode operar usando uma dessas ressonâncias como fundamental e produzindo harmônicos que são suportados pelas ressonâncias superiores (Brotos et al., 2002, p. 2). Por exemplo, na segunda oitava da flauta as notas são os harmônicos da primeira oitava. Se o flautista aumentar a velocidade e a pressão do ar, é possível executar várias notas da série harmônica em um mesmo dedilhado. A Figura 5 exemplifica o que ocorre com as ondas estacionárias nesse tipo de situação. No entanto, é necessário lembrar que a mudança de embocadura para a produção de harmônicos mais agudos influencia em sua afinação (Campbell, 1994, p. 293). Abordaremos essas variações mais abaixo.

⁶ Retirado de Heller, 2013, p. 18.

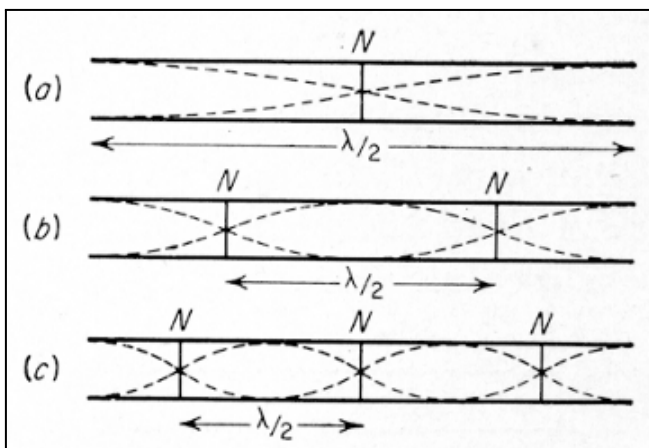


Figura 5: Ondas estacionárias na flauta: (a) representa o modo fundamental, (b) o segundo harmônico e (c) o terceiro harmônico⁷.

1.2.2 Dedilhados

Como dito anteriormente, os dedilhados da primeira oitava seguem uma ordem bem evidente de retirada dos dedos que resultam na diminuição de comprimento do tubo. Assim como nas cordas, os modos de vibração superiores na flauta são todos harmônicos (com algumas ressalvas devido às mudanças de embocadura e pressão de ar), mas por uma questão de afinação os dedilhados sofrem ajustes a partir da segunda oitava e especialmente na terceira, dando origem aos chamados dedilhados forquilha.

Os dedilhados em forma de forquilha são aqueles em que temos um ou mais orifícios abertos entre dois que estão fechados. Esses dedilhados existem para compensar os problemas de afinação dos dedilhados originais (harmônicos da primeira oitava). A Figura 6 ilustra o dedilhado de Fá sustenido na terceira oitava, onde o ajuste de dedilhado realizado é a abertura do dedo médio da mão esquerda. Os princípios acústicos envolvidos nesses dedilhados são bastante complexos (ver Benade, 1990), e nos limitaremos aqui a abordar alguns aspectos ligados à prática instrumental.

Em teoria, todo dedilhado forquilha cria duas ondas estacionárias distintas. Parte da onda é refletida no primeiro orifício aberto e parte é transmitida, apenas para ser refletida no próximo orifício aberto ou série de orifícios abertos. Esses dois reflexos podem dar origem a duas ondas estacionárias diferentes, que o flautista pode ser capaz de excitar simultaneamente em sobreposição (Botros et al., 2002, p. 2).

⁷ Retirado de cjc.unb.br

Na prática, quando excitamos duas ondas estacionárias simultaneamente na flauta, produzimos os chamados Multifônicos (que serão abordados mais adiante). No entanto, para tocar as notas da terceira oitava, o flautista precisa priorizar (através da coluna de ar e embocadura) uma das ondas geradas pelo dedilhado forquilha para que soe apenas uma nota e não duas em sobreposição.

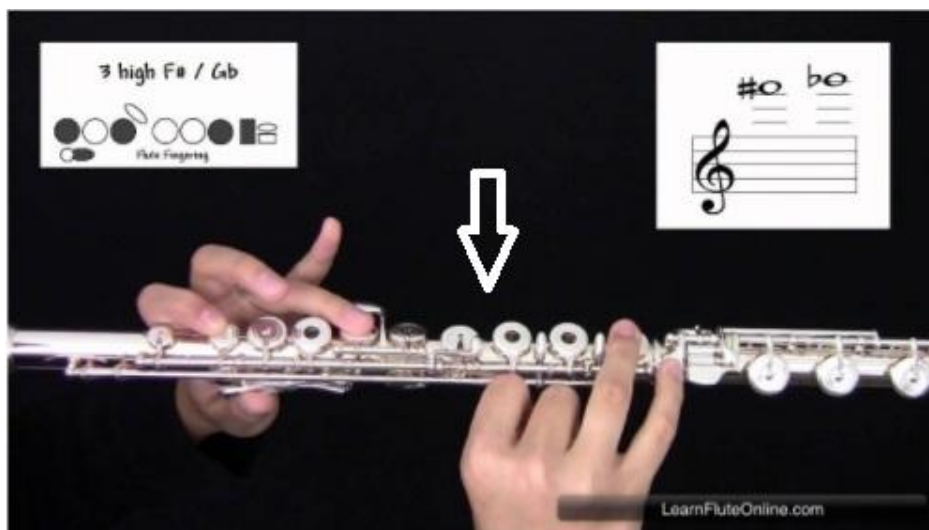


Figura 6: Dedilhado de Fá sustenido na terceira oitava. O dedilhado “forquilha” se encontra na mão esquerda e a seta indica, aproximadamente, o final do tubo de ressonância para esse dedilhado.

Da mesma maneira que os dedilhados forquilha influenciam na afinação da terceira oitava do instrumento, existem na flauta os chamados dedilhados alternativos que servem para pequenos ajustes de afinação, não apenas na terceira oitava mas em toda a extensão do instrumento. Como o próprio nome já diz, são alternativas de dedilhados para a mesma nota, onde há uma pequena alteração na afinação da nota entre um dedilhado e outro. Estas pequenas nuances de afinação, onde a distância intervalar entre duas notas são menores que meio tom, nos dão a possibilidade de explorar as chamadas escalas microtonais (que veremos mais adiante). Além disso, os dedilhados alternativos facilitam a performance de trechos rápidos onde a utilização dos dedilhados originais se torna inviável. A Figura 7 mostra diferentes opções de dedilhados⁸ para a nota Lá 4, com opções para ligadura desta nota com outras e suas tendências de afinação.

⁸ Disponível em: https://www.wfg.woodwind.org/flute/fl_alt_1.html

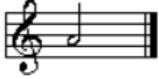








A ₄		T 12- ---Eb		posição básica.
		T 12-G# 1--Eb		mais harmônicos; "brilhante".
		T 12- 123		ligadura rápida com a nota Ré; afinação baixa.
		T 12- 123Eb		ligadura rápida com a nota Mi bemol; afinação baixa.
		T 12- 12--Eb		ligadura rápida com a nota Mi; afinação baixa.
		T 12- 1--Eb		ligadura rápida com a nota Fá ou Si bemol.
		T 12- --3Eb		ligadura rápida com a nota Fá#.
		T 12- -2-Eb		ligadura rápida com a nota Fá#.

Figura 7: Dedilhado alternativos para a nota Lá 4. Fonte: www.wfg.woodwind.org.

1.2.3 Dinâmica e afinação

Com relação à extensão dinâmica (variações entre *pp* - *ff*), a flauta é um instrumento que apresenta pouca flexibilidade neste aspecto. O registro grave é aquele que apresenta menor potência sonora, e um dos motivos está relacionado ao fato de que o aumento da quantidade de ar pode “saturar” a nota e fazer com que ela soe uma oitava acima ou ainda outros harmônicos superiores. O registro médio ou segunda oitava apresenta certa flexibilidade dinâmica, mas não atinge grandes níveis de potência sonora. A terceira oitava, que é o registro agudo da flauta, se destaca por ser o registro com maior potência sonora, pois aceita maior quantidade de ar para execução das notas e suas frequências estão numa região de grande sensibilidade auditiva (2 kHz a 5 kHz)⁹. No entanto, esse é o registro com menor flexibilidade dinâmica. Segundo Meyer (2009), o nível de potência sonora na terceira oitava da flauta pode atingir 100 dB em *ff*, enquanto que em *pp* dificilmente fica abaixo de 83 dB. Quando levamos em consideração a diferença de sensibilidade de nossos ouvidos para frequências graves e agudas, as afirmações anteriores sugerem que uma nota grave em *ff* pode ser percebida com uma intensidade equivalente ao *pp* das notas agudas (p.66).

Embora pequena, a variação dinâmica na flauta traz à tona outra característica intrínseca do instrumento: suas tendências de afinação. Apesar de toda evolução em sua

⁹ Segundo Gelfand (2016), a audição humana é mais sensível (ou seja, é necessária a menor quantidade de intensidade para atingir o limiar auditivo) na faixa de 2.000 a 5.000 Hz (p.73).

construção, especialmente no final do século XIX com a implementação do modelo Boehm¹⁰, a flauta é um instrumento que exige muitas correções de afinação por parte do instrumentista. Garcia (2009) explica que a afinação da flauta tende a subir quando aumentamos a intensidade e a baixar quando diminuimos a intensidade. Todo flautista deve ser treinado a compensar as tendências de afinação que ocorrem com a variação de dinâmica. Esse controle se torna ainda mais importante quando levamos em conta que essa característica acústica da flauta é oposta aos outros instrumentos de sopro da orquestra (p.6).

Segundo Campbell (1994), “o padrão geral de afinação da flauta é caracterizado por uma gradual elevação em direção ao agudo” (p. 293), como mostrado na Figura 8. A figura mostra também a grande influência desse padrão sobre flautistas iniciantes. A linha ligando as cruzes representa o padrão, enquanto os pequenos círculos do gráfico representam a média de altura das notas de uma escala diatônica tocada por três flautistas iniciantes. O eixo vertical está calibrado em *cents* (1/100 semitom), e a linha horizontal representa o nome das notas da escala diatônica (igualmente temperada), que vai do Dó 4 ao Si 6.

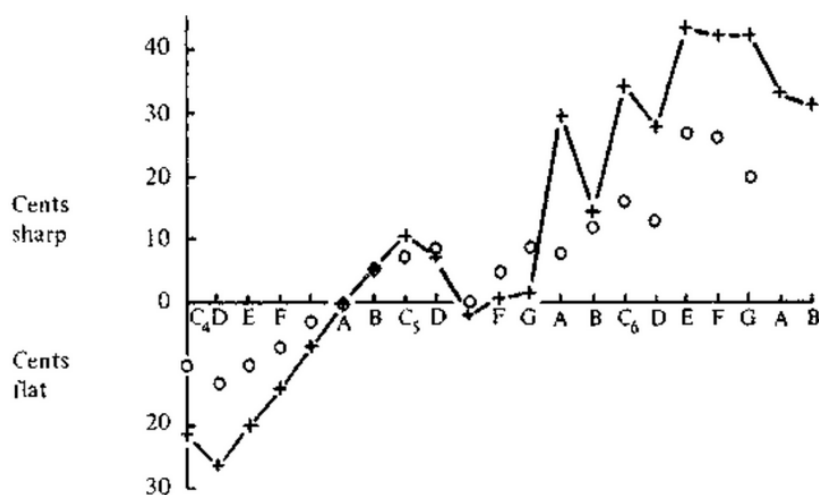


Figura 8: Frequências de ressonância natural da flauta (marcadas pelas cruzes) medidas em um instrumento de estudante excitado por um alto-falante. A média de afinação de três flautistas iniciantes nos três registros da flauta é representada pelos círculos. Fonte: Campbell (1994).

Alguns fatores como o aumento da velocidade de ar para as notas agudas e a não correção da embocadura/coluna de ar - comum entre os iniciantes de flauta - faz com

¹⁰ Theobald Böhm (ou Boehm) (1794 - 1881) foi um inventor e músico alemão que aperfeiçoou a flauta de concerto ocidental moderna e melhorou seu sistema de chaves (agora conhecido como "sistema Boehm").

que a afinação fique baixa no registro grave e alta no registro agudo, ilustrando bem a característica natural de afinação na flauta. Por outro lado, o controle adquirido para se tocar afinado em todos os registros pode também ser explorado na geração de microtons.

Outra característica da afinação na flauta está relacionada com a cortiça - também conhecida como rolha - que se encontra no topo do interior do bocal. Apesar da rolha não ser ajustável enquanto o flautista toca, sua posição - que geralmente é ajustada por um *luthier* - influencia diretamente na afinação e timbre do instrumento. Assim como o bocal dos instrumentos de metal, este espaço entre o bocal da flauta e a cortiça cria muito rapidamente uma ressonância própria, que passa a interagir com a ressonância de todo o tubo¹¹.

Segundo Heller (2013) a extremidade da cortiça deve ser ajustada a 17 mm do meio do orifício do bocal (p. 338). Não conseguimos localizar no repertório contemporâneo peças que exploram diferentes distâncias de posicionamento da rolha. No entanto, nada impede de se pensar em quais influências diferentes bocais com rolhas em distâncias distintas, ou uma rolha em forma de êmbolo, poderiam ter na performance e na criação de novas obras para o instrumento.

1.2.4 Ataque inicial

Dos instrumentos de sopro a flauta é o que requer mais tempo para o desenvolvimento sonoro da nota executada. Isso ocorre devido aos chamados transientes de ataque - sons que antecedem a nota fundamental. Segundo Rakowski, apud Meyer (2009), para as notas graves esses sons preliminares têm a duração de aproximadamente 50 ms e estão localizados numa região de frequência em torno de 2000 Hz, ou seja, aproximadamente três oitavas acima da fundamental. A intensidade desses transientes é cerca de 10 dB mais forte que o estado estacionário subsequente¹² (Meyer, 2009, p.66).

No registro médio, Meyer explica que além dos sons preliminares, cuja duração gira em torno de 50 ms e cujas frequências entre 4000-6000 Hz correspondem a três oitavas

¹¹ Ver detalhes em Heller (2013), p. 338 - 340.

¹² Não conseguimos localizar o texto original de Rakowski, para conferir o contexto dessa informação. Ela é ambígua, já que este valor de 10 dB parece exagerado, se considerarmos que o “estado estacionário subsequente” se refere a todo o espectro. Uma figura na p. 40 do texto de Meyer (2009) ilustra melhor as intensidades relativas dos sons preliminares com o restante da nota.

acima da fundamental, componentes de ruído também aparecem abaixo da fundamental, os quais desaparecem depois de cerca de 100 ms. Na terceira oitava, por sua vez, os transientes iniciais consistem especialmente de sub-ressonâncias e duram aproximadamente 50 ms. A intensidade dos sons preliminares dependem naturalmente da clareza do ataque e da sílaba utilizada na articulação da nota e, de maneira geral, são fundamentais para a percepção característica do som da flauta (p.67).

Para dialogar com essas informações, apresentamos alguns exemplos musicais (Figura 9) onde foi pedido a um flautista que ele tocasse, em dinâmica *mf* (“meio forte”), algumas notas em *staccato* nos três registros do instrumento. As notas foram executadas com o auxílio de um metrônomo (semínima = 60 bpm) com diferentes tipos de articulação, da mais pesada para a mais leve: sílabas “Tê”, “Dê” e “sem língua”. As notas escolhidas foram Ré 4¹³, Ré 5 e Ré 6, que foram executadas 9 vezes cada (três com articulação “Tê”, três com “Dê” e três “sem língua”). Todos os exemplos são ilustrados com espectrogramas, onde a escala vertical do gráfico indica as frequências em Hertz, as cores representam a energia sonora (quanto mais energia mais quente é a cor) e a linha horizontal superior representa o tempo e os instantes dos *clicks* do metrônomo (indicados verticalmente).

Na região grave observamos que, quanto mais pesada a articulação, mais tempo a nota leva para se formar e o ruído de ataque que antecede a nota é mais perceptível. Na Figura 9a podemos notar que nos ataques “Tê” e “Dê” (seis primeiros ataques) há pequenos riscos no espectro que antecedem a nota (setas pretas), esses riscos são causados pela articulação utilizada, ou seja, a língua cria uma certa resistência para a passagem do ar gerando um leve som percussivo. Interessante notar que a fundamental aparece imediatamente junto com esses transientes nas articulações mais duras, um fato observado por Meyer (p. 40). Já no ataque “sem língua”, que é o mais leve dos três - pois utiliza apenas a coluna de ar para articular as notas - quase não há ruído causado pela articulação, somente o crescendo no espectro sonoro. Aqui também a fundamental precede os demais componentes, e nota-se uma tendência a alinhar o metrônomo com a entrada dos demais parciais.

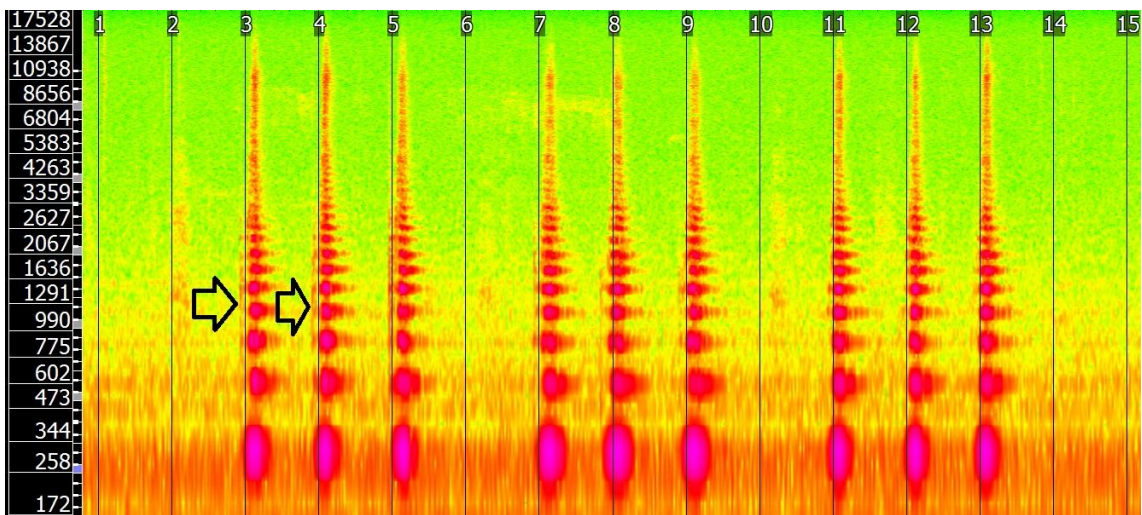
No registro médio (Figura 9b), houve pouco atraso no desenvolvimento da nota para a articulação “Tê” e para a articulação “sem língua”. Curiosamente, a articulação que teve

¹³ Dó 4 se refere ao Dó central do piano e ao Dó mais grave da flauta.

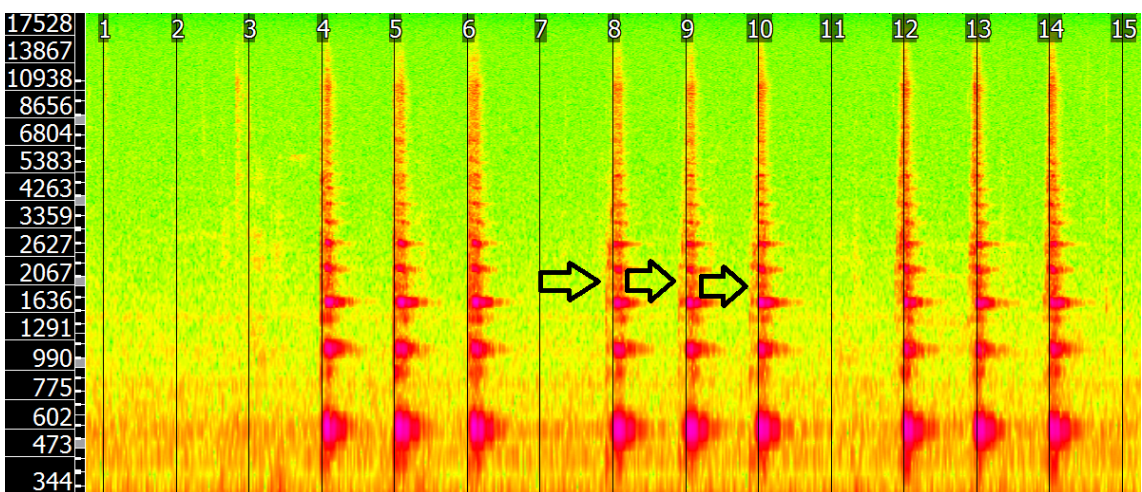
maior atraso para o desenvolvimento do som no registro médio foi a articulação “Dê”. As setas pretas indicam os ruídos de ataque que antecedem a nota. O pulso foi alinhado (pelo flautista) com a entrada dos componentes harmônicos, e não com os ruídos iniciais.

De maneira geral, o registro agudo (Figura 9c) foi o que apresentou maior precisão entre o desenvolvimento da nota e a batida do metrônomo, ou seja, os ataques foram os mais sincronizados dos três registros do instrumento. Além disso, é possível observar o surgimento de sub-harmônicos nos ataques do registro agudo (setas azuis), que podem ou não estar relacionados com as sub-ressonâncias mencionadas por Meyer (2009).

a)



b)



c)

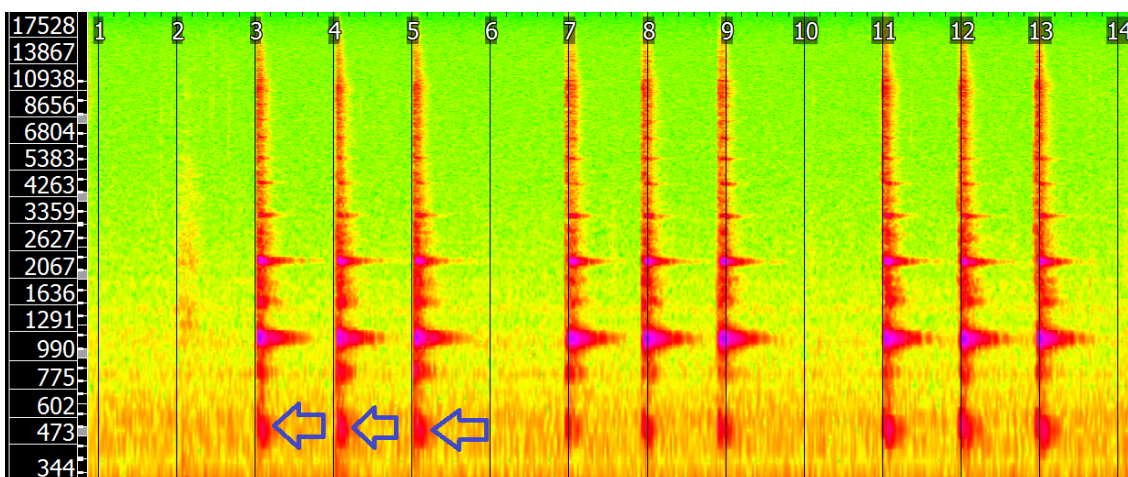


Figura 9: Espectrograma de ataques no registro grave (a), médio (b), e agudo (c) - notas Ré 4, Ré 5 e Ré 6 - com três execuções de cada uma das articulações “Tê”, “Dê” e “sem língua”, respectivamente. Setas pretas indicam ruídos de ataque e setas azuis indicam sub-harmônicos.

De acordo com nossos exemplos¹⁴, podemos dizer que o registro com maior atraso no desenvolvimento do som em comparação com a batida do metrônomo foi o grave. Os transientes de ataque no grave estão presentes no espectrograma com energia até aproximadamente 2000 Hz, mas com pouca intensidade sonora, acompanhados da fundamental, lembrando que nesses espectrogramas apresentados quanto mais forte a frequência, mais quente é a cor do traço.

O registro médio também apresentou energia nos transientes de ataque em torno de 2000 Hz, mas com pouca intensidade. Já no registro agudo não foi possível observar os transientes de ataque pois foi o registro que apresentou maior precisão em relação ao desenvolvimento do som e a batida do metrônomo. No entanto, foi possível observar o surgimento de frequências abaixo da nota fundamental.

Vale ressaltar que este tipo de estudo não faz parte dos objetivos principais desta tese. Se faz necessário uma investigação mais cuidadosa sobre esse assunto, para podermos dizer com mais precisão o quanto as diferentes articulações na flauta podem influenciar o tempo de desenvolvimento sonoro da nota executada, seja no registro grave, médio ou agudo. E também sobre diferentes estratégias de se tocar “no pulso” em diferentes registros. Isso deve ser realizado, preferencialmente, com mais participantes e diferentes articulações, além de condições controle e experimental, para termos ideia da consistência dos dados ao compará-los uns com os outros.

¹⁴ Os áudios e gráficos podem ser consultados em: [Experimento ataques](#)

A diversidade de ataques possíveis de serem realizados na flauta será tratado no próximo capítulo. Ali discutiremos outras questões relativas ao conteúdo espectral proporcionado por técnicas específicas.

1.2.5 Terminação do som

Alguns flautistas se referem à técnica de iniciar e finalizar uma nota em dinâmica *pp* (pianíssimo) através do termo francês *son filé*. Como vimos anteriormente, o tipo de articulação usada pelo flautista pode influenciar a maneira com que o som se desenvolve. Com relação à terminação do som, a flauta é o instrumento de sopro que possibilita maior atuação do intérprete para controlar o final da nota (Meyer, 2009). No entanto, a tendência natural da flauta é a afinação cair à medida que o som decresce, fato que exige dos flautistas um treinamento de embocadura e coluna de ar para manter a afinação enquanto ocorre o *fade-out* sonoro.

Esse tipo de sutileza é fundamental na performance do instrumento e exige paciência por parte do estudante de flauta. Segundo Bernold (1990), tanto o controle do diafragma (membrana muscular) como dos músculos ao redor da boca - necessários para o domínio dessa técnica - demoram um certo tempo para se desenvolver (p. 55).

Além disso, a terminação do som é um aspecto bastante explorado na música contemporânea, por exemplo, através dos glissandos (que serão explicados com mais detalhes nas próximas seções). É comum termos trechos onde os compositores exploram a queda de afinação no final de uma nota propositalmente, como podemos ver na Figura 10:



Figura 10: Exemplo de glissando ao final da nota Dó 5.

A seguir, apresentaremos a diversidade sonora da flauta transversal sob o ponto de vista performático, ou seja, suas características práticas de produção sonora por parte do flautista e sua exploração criativa no repertório contemporâneo.

1.3 Diversidade sonora

É comum ouvirmos sobre a divisão das sonoridades da flauta em duas abordagens distintas, as *técnicas tradicionais* e as *técnicas estendidas*. Essa divisão está relacionada com a mudança na estética composicional da música de concerto ocidental, principalmente a partir de meados do século XX, onde as alturas definidas e a limpidez sonora (principais aspectos explorados nos séculos anteriores) são utilizadas em fusão com outros elementos até então pouco explorados como, por exemplo, os ruídos e a microtonalidade¹⁵.

No entanto, quanto a essa divisão das maneiras de se tocar o instrumento, se faz necessário entender que algumas sonoridades classificadas como uma expansão das técnicas tradicionais podem ser, na verdade, uma adaptação de técnicas utilizadas em outros períodos da história da música, por outros gêneros musicais, por outros tipos de flautas e/ou por outras culturas. Por exemplo, na peça *Voice* (1971) de Toru Takemitsu (1930 - 1996), o compositor indica na bula (Figura 11) que o flautista imite o ataque na flauta Nô¹⁶.

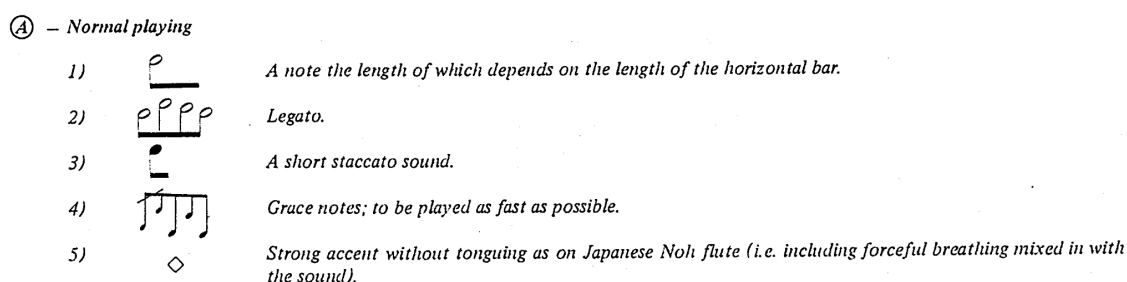


Figura 11: Notas de Performance da peça *Voice* (1971) de Toru Takemitsu (1930 - 1996).

Deste modo, o real sentido dessa abordagem, melhor dizendo, dessa maneira de se tocar flauta é, principalmente, explorar sonoridades diversas para serem utilizadas como elementos expressivo/musicais por compositores e intérpretes. Padovani e Ferraz (2011) trazem uma importante observação sobre o termo *técnicas estendidas* na música de concerto:

¹⁵ Com isto não se quer dizer que havia uma uniformidade na produção sonora e na afinação praticada em outras épocas, assunto explorado por vários autores como, por exemplo, Laura Rónai (Em busca de um mundo perdido), Nancy Toff (The Flute Book) e Dorota Matejová (<https://www.researchcatalogue.net/view/728937/728938>).

¹⁶ A flauta Noh-kam ou simplesmente noh (nô em português), é uma pequena flauta transversal japonesa feita de bambú. Suas notas são agudas e o instrumento é utilizado nos tradicionais teatros imperiais japoneses. Exemplo de performance: <https://www.youtube.com/watch?v=LtmlibiXw9Q>

Tradicionalmente associada às técnicas de performance instrumental, a expressão *técnicas estendidas* se tornou comum no meio musical a partir da segunda metade do século XX, referindo-se aos modos de tocar um instrumento ou utilizar a voz que fogem aos padrões estabelecidos principalmente no período clássico-romântico. Em um contexto mais amplo, porém, percebe-se que em várias épocas a experimentação de novas técnicas instrumentais e vocais e a busca por novos recursos expressivos resultaram em *técnicas estendidas*. Nesta acepção, pode-se dizer que o termo *técnica estendida* equivale a *técnica não-usual*: maneira de tocar ou cantar que explora possibilidades instrumentais, gestuais e sonoras pouco utilizadas em determinado contexto histórico, estético e cultural. (Padovani e Ferraz, 2011, p. 11).

Os livros sobre técnicas estendidas na flauta transversal são recursos fundamentais para os flautistas que desejam explorar novas possibilidades sonoras no instrumento. Dentre os principais autores que contribuíram significativamente para o desenvolvimento dessas técnicas, destacam-se Bruno Bartolozzi, Pierre Yves Artaud, Robert Dick e Carin Levine. Abaixo estão os principais livros desses autores e seus respectivos anos de publicação:

1. "New Sounds for Woodwind" (Novos Sons para Instrumentos de Sopro)

Autor: Bruno Bartolozzi

Ano de publicação: 1967

Bruno Bartolozzi (1911 - 1980) - renomado compositor e pesquisador italiano. "New Sounds for Woodwind" é uma obra que apresenta uma grande variedade de técnicas contemporâneas para instrumentos de sopro, incluindo a flauta.

2. "Flûtes au Présent" (Flautas no Presente)

Autor: Pierre Yves Artaud

Ano de publicação: 1980

Pierre Yves Artaud (1946) - músico francês e um dos principais flautistas do século XX. Em "Flûtes au Présent" Artaud proporciona aos flautistas uma base sólida para o desenvolvimento técnico explorado no repertório contemporâneo.

3. "The Other Flute: A Performance Manual of Contemporary Techniques" (A Outra Flauta: Um Manual de Performance de Técnicas Contemporâneas)

Autor: Robert Dick

Ano de publicação: 1975

Robert Dick (1950) - flautista e compositor nova - iorquino e um dos principais inovadores no campo das técnicas estendidas do instrumento. Em "The Other Flute" o autor apresenta um amplo manual sobre técnicas contemporâneas, incluindo multifônicos (que ele chama de sonoridades múltiplas).

4. "The Techniques of Flute Playing" (As Técnicas de Execução na Flauta)

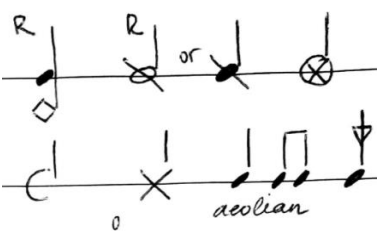
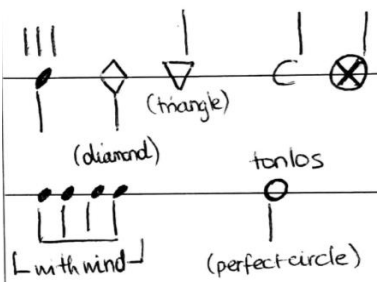
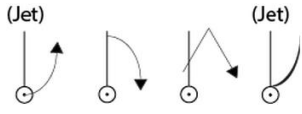
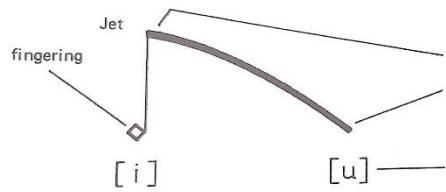
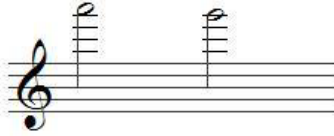
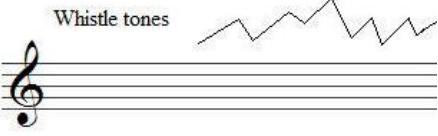

Autora: Carin Levine

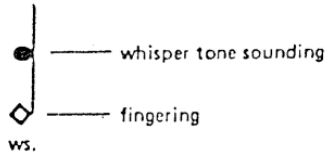

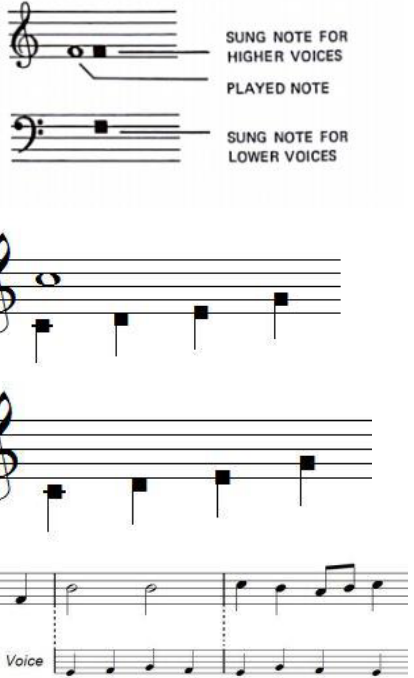

Ano de publicação: 2005


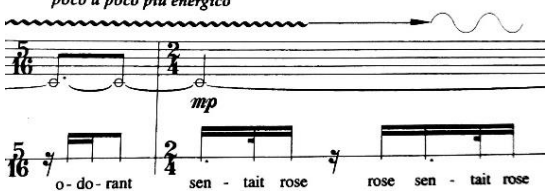
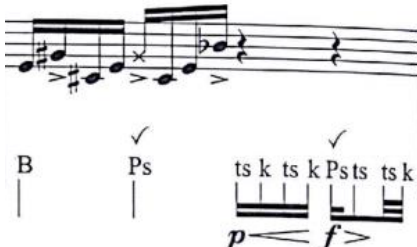


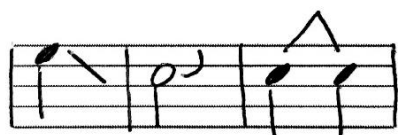
Carin Levine (1951) - renomada flautista e pesquisadora norte americana. Seu livro "The Techniques of Flute Playing" é uma obra abrangente que explora diversas técnicas estendidas na flauta transversal e é dividida em dois volumes: I (flauta em Dó) e II (flauta *piccolo*, flauta em Sol e flauta baixo).

Embora exista uma infinidade de publicações sobre as técnicas estendidas da flauta, esses quatro livros representam uma grande parcela de contribuição para o ensino e prática das possibilidades sonoras da flauta transversal. Além disso, esses livros trazem informações valiosas para compositores interessados em escrever para o instrumento como, por exemplo, os principais símbolos e notações das técnicas estendidas presentes no repertório de flauta a partir do século XX.

Baseado nisso, criamos uma tabela com as principais formas de notação das técnicas estendidas na flauta exploradas nesta tese. Essa tabela é fundamentada nos livros citados acima e também nos estudos de Arkoudis (2019), onde a autora realiza um exame minucioso da literatura sobre novas notações musicais, bem como o estudo de mais de trinta partituras para flauta solo e grupos de câmara com flauta. Sendo assim, a Tabela 1 apresenta as técnicas estendidas, as nomenclaturas mais encontradas na literatura e suas respectivas formas de notação.

Técnicas (português)	Nomenclatura (inglês e outros idiomas)	Notação
Som eólico/som de ar	Air sounds Aeolian sound Residual tone Souffle (francês) Soffiata (italiano) Wind tone Ghost tone Air tone Breath sound	<p>With pitch:</p>  <p>With no pitch:</p> 
Assobio a jato	Jet Whistle Jet Air jet	 
Som de assobio	Whistle tone	<p>W.T.</p>  <p>Whistle tones</p>  <p>W.T.</p> 

<p>Som de sussurro</p>	<p>Whisper tone</p>	 <p>whisper tone sounding</p> <p>fingering</p> <p>ws.</p>
<p>Multifônicos</p>	<p>Multiphonics Multiple sonorities</p>	
<p>Cantar e tocar</p>	<p>Singing and playing</p>	 <p>SUNG NOTE FOR HIGHER VOICES</p> <p>PLAYED NOTE</p> <p>SUNG NOTE FOR LOWER VOICES</p> <p>Voice</p> <p>Speak into instrument:</p>  <p>Speak with no instrument:</p>
<p>Falar e tocar</p>	<p>Speaking and playing</p>	

		<p style="text-align: center;">L</p> <p style="text-align: center;"><i>f</i> loud, intense, emphatic whisper</p>  <p style="text-align: center;">speak speak speak</p> <p style="text-align: center;"><i>poco a poco più energico</i></p>  <p style="text-align: center;">o-do-rant sen-tait rose rose sen-tait rose</p>  <p style="text-align: center;">B Ps ts k ts k Ps ts ts k</p> <p style="text-align: center;"><i>p</i> <i>f</i></p> <p style="text-align: center;">35 <i>fff</i> <i>molto dim.</i></p>  <p style="text-align: center;">Sha ka cha ka cha ka cha ka cha</p>
<p>Glissando</p>	<p>Glissando Pitch bend</p>	<p>Glissandi</p>  <p>Pitch Bends</p> 

<p>Microtons</p>	<p>Quartertones Microtonality Hollow tones (quarter tone lower)</p>	
<p>Frulato</p>	<p>Flutter Frullato (italiano) Flatterzunge (alemão)</p>	
<p>Ataque em tongue ram</p>	<p>Tongue Ram Tongue stop Tongue thrust</p>	<p>Embouchure hole covered:</p>

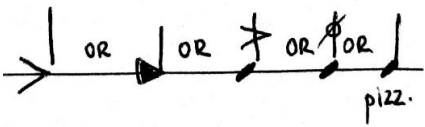
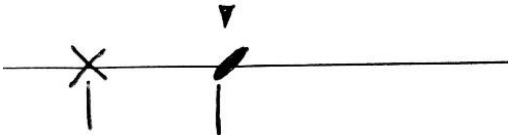
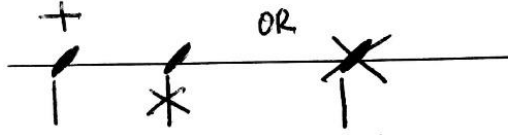
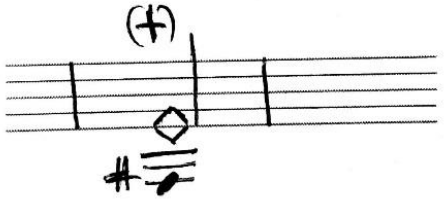
Ataque em pizzicato	Pizzicato Lip pizzicato Tongue pizzicato Tongue slap	
Som/batida de chave	Key click Key slap	<p>With no pitch:</p>  <p>With pitch:</p>  <p>Embouchure hole covered:</p> 

Tabela 1: Formas de notações mais usuais para as técnicas estendidas de flauta exploradas nesta tese. Tabela adaptada do trabalho de Arkoudis (2019) intitulado “Contemporary music notation for the flute: a unified guide to notational symbols for composers and performers”.

A seguir, apresentaremos as principais características de produção sonora dessas técnicas, assim como suas particularidades acústicas. Através de alguns trechos de peças relevantes do repertório e de imagens geradas por espectrograma, apresentaremos as técnicas de acordo com seus aspectos mais relevantes: aquelas que exploram ruídos de ar, sonoridades múltiplas, modulações sonoras e o uso da flauta de maneira percussiva.

1.3.1 Os ruídos de ar na flauta: som eólico, jet whistle, whistle tone, whisper tone

O ruído de ar é uma característica intrínseca do som da flauta. Em alguns repertórios, principalmente na música de concerto dos séculos XVII a XIX, os flautistas foram ensinados a minimizar essa característica, buscando um tipo de som puro e livre de ruídos. Rónai (2008) explica que:

Em geral, quanto mais para trás voltamos os nossos ouvidos, mais o som parece ser suave e “focado”. O som considerado belo no século XVIII, suave

e redondo, com grande variação de cor, foi gradualmente cedendo espaço para um som forte, metálico, penetrante mesmo. Na medida que o século XIX progredia, a igualdade e uniformidade de timbre também passam a ser cada vez mais desejadas. (p. 140)

Além disso, ao discutir os princípios para se formar uma boa embocadura na flauta, sob a perspectiva dos autores do século XVIII, Rónai destaca que é o critério da limpeza do som que vai estabelecer se uma embocadura está ou não correta: “mas o mais importante da embocadura é tirar som da flauta, e que este som seja limpo”, (p. 148).

No entanto, com o surgimento de novas abordagens estéticas na música de concerto, a partir de meados do século XX, o ruído deixou de ser um “problema” na sonoridade da flauta e passou a ser explorado cada vez mais como uma ferramenta expressiva dentro das obras musicais. Tudo isso levou à adoção de algumas técnicas da flauta que veremos a seguir.

O **som eólico** é a técnica onde o som da flauta passa a ter mais ruído de ar que o som tradicional do instrumento. Este fluxo de ar através da embocadura produz uma ressonância no tubo da flauta possibilitando a percepção de alturas parcialmente definidas apenas na primeira oitava, Si 3 ao D# 5. A “cor” do som pode ser explorada nessa técnica alterando o formato do interior da boca – distância entre os dentes e/ou usando diferentes vogais.

Essa técnica também pode ser realizada de maneira mista (metade som natural, metade som de ar) em toda a extensão da flauta. Além disso, Artaud (1980) explica que é possível realizar muitas variações de timbre com essa técnica, seja mudando progressivamente o som entre natural e eólico (Figura 12a) ou variando o ângulo do bocal entre mais aberto e mais fechado. Com o auxílio de um espectrograma (Figura 12b), podemos observar o acréscimo progressivo de ruído (energia nas frequências acima de 8KHz) que acontece na nota Sol 4, concomitante à perda de energia dos parciais harmônicos, onde o som é transformado de natural para som eólico:

a)



b)

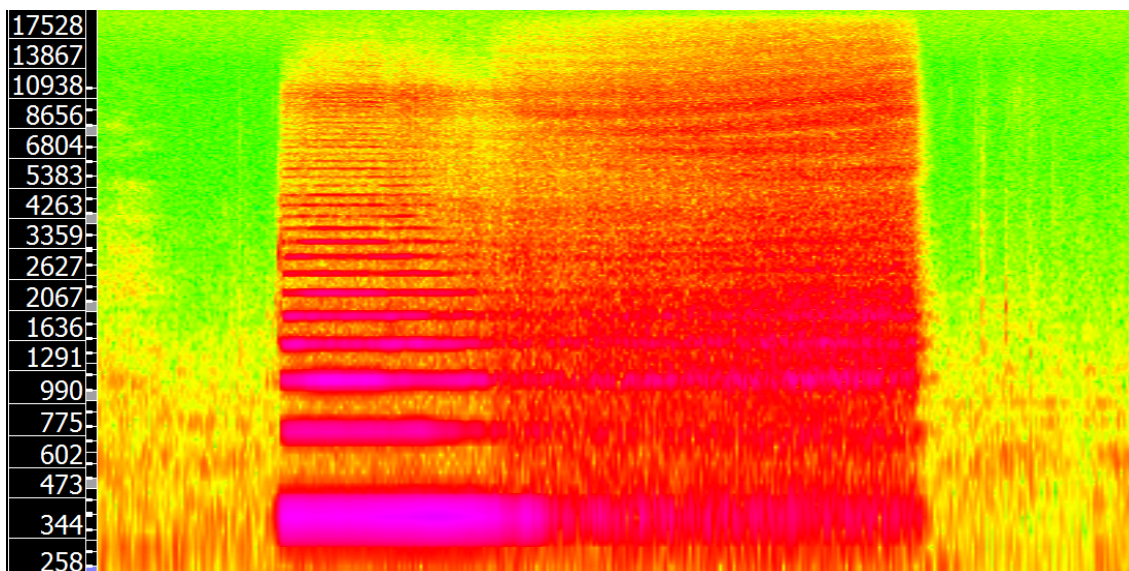


Figura 12: a) Exemplo de notação de uma mudança de som natural para eólico, trecho da peça *Emaranhado de arame farpado* (2021) de Lucas Quinamo. b) Espectrograma da transformação sonora da nota Sol 4, de som natural para som eólico, presente na peça *Grãos de Pólen* (2020) de Tainá Caldeira.

O *jet whistle* ou **assobio a jato**, é a técnica em que o flautista sopra uma forte rajada de ar dentro do bocal, cobrindo totalmente o orifício do porta-lábio. No Brasil, essa técnica ficou muito famosa através da peça “Assobio a Jato” para flauta e violoncelo do compositor Heitor Villa-Lobos (Figura 13), onde temos a seguinte indicação na edição da *Southern Music Publishing*, 1953: A única maneira de obter o efeito que o compositor deseja, conforme indicado pelas palavras *imitando fischi in toni ascendenti*, é soprar dentro do porta lábio em dinâmica *fff* como se estivesse aquecendo o instrumento em um dia frio. O primeiro jato deve ser com o dedilhado do Ré grave, o segundo Mi e assim por diante até o Lá.



Figura 13: Técnica de *jet whistle* presente na peça *Assobio a Jato* de Heitor Villa-Lobos.

O resultado sonoro desta técnica, na maioria dos casos, é uma espécie de glissando misto de ar e harmônicos agudos que pode ser executado de forma ascendente (mais comum) e descendente. Segundo Levine (2005), quanto mais grave for o dedilhado, mais abundantes são as frequências agudas que soam com essa técnica (Figura 14).

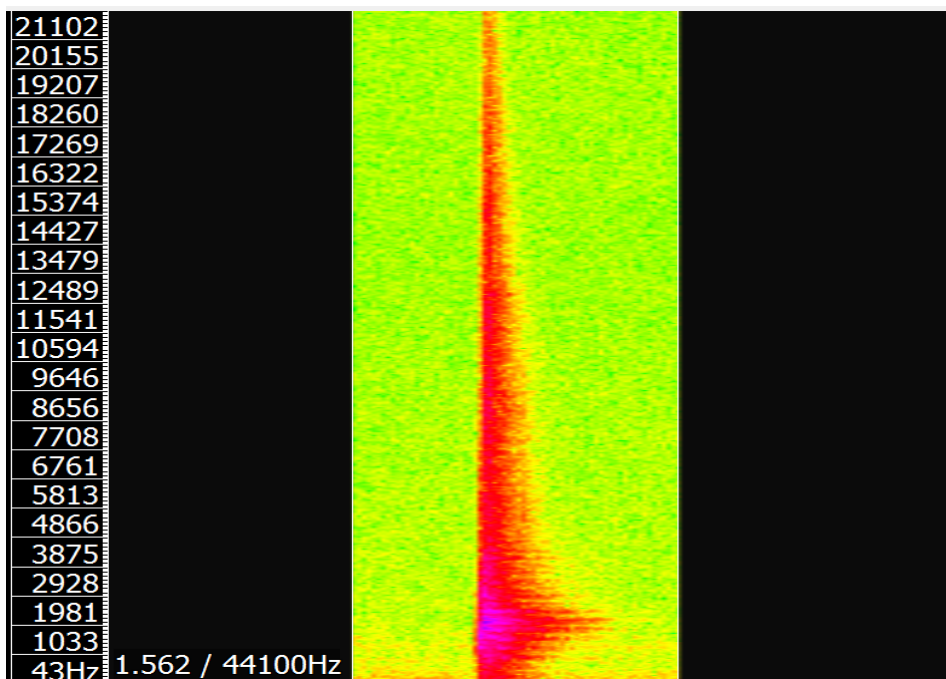
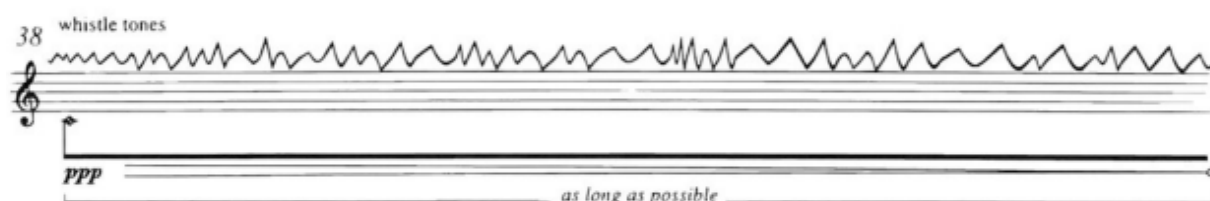


Figura 14: Espectrograma de um *jet whistle* com o dedilhado da nota Si 3, onde seus componentes percorrem grande parte do espectro sonoro.

O *whistle tone* ou **som de assobio** é uma técnica onde o flautista precisa soprar suavemente para que a flauta comece a “assobiar” e esse ato faz surgir uma nota mista de som e ar com pequenas irregularidades, mas que é percebida como um som contínuo. Segundo Levine (2005), essas notas suaves soam no registro agudo em dinâmica *pianissimo* e se baseiam na série harmônica. Podemos utilizar como base notas do registro grave (Figura 15a) ou os dedilhados originais da terceira oitava. Apesar de fazer soar uma nota com pouquíssimos harmônicos superiores, essa técnica propicia também uma presença considerável do ruído de ar, frequências agudas e graves devido à ressonância do ar no tubo (Figura 15b).

a)



b)

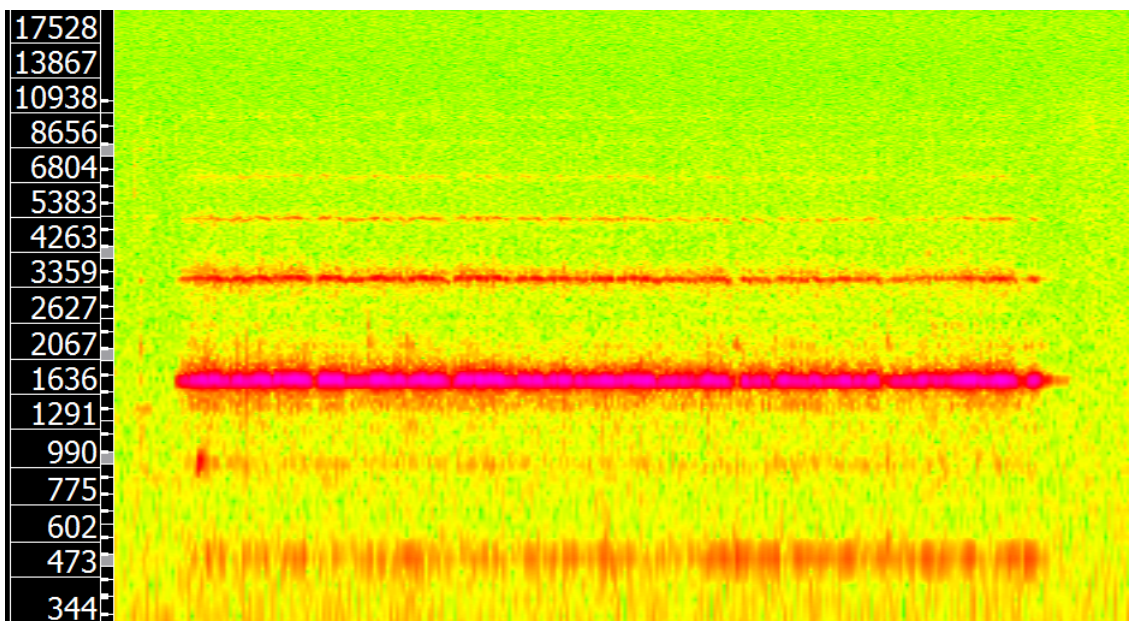
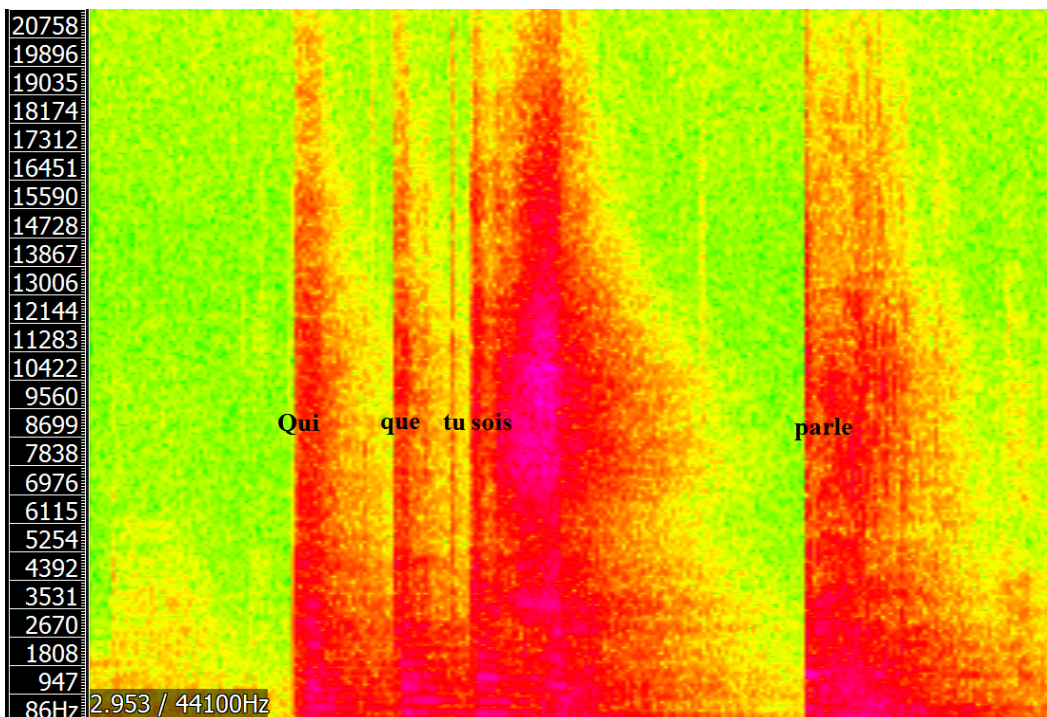


Figura 15: a) Exemplo de trecho com a técnica de *whistle tone* extraído da peça *Laconisme de l'Aile* da compositora Kaija Saariaho. b) Espectrograma da nota Lá 6 em *whistle tone*.

Whisper tone ou **som de sussurro** é uma mistura entre a técnica de som eólico e o uso de alguns fonemas sussurrados na flauta, por exemplo, "ssss", "chiiii", "tchiii". A combinação desses fonemas com diferentes dedilhados resulta em sons interessantes e são explorados, inclusive, na fala de frases sussurradas dentro de uma peça (Figura 16).

a)



b)

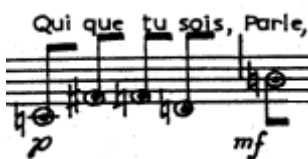


Figura 16: Exemplo de trecho musical sussurrado e tocado simultaneamente presente na peça *Voice* de Toru Takemitsu: a) espectrograma e b) notação.

1.3.2 Sonoridades múltiplas: multifônicos, cantar e tocar, falar e tocar

O **multifônico** é a execução de duas ou mais notas simultaneamente. Existem duas maneiras de se realizar multifônicos na flauta, seja através da série harmônica ou de dedilhados específicos. No primeiro caso o flautista toca uma nota (fundamental) com o dedilhado original e consegue executar outra nota (o parcial harmônico), simultaneamente. Já no segundo caso são utilizados dedilhados específicos para a execução simultânea de duas ou mais notas que, em muitos casos, não são notas da mesma série harmônica.

A execução de um multifônico exige do flautista pelo menos dois elementos principais: o controle da coluna de ar e a busca de dedilhados eficazes. Segundo os flautistas Matthias Ziegler e Shanna Pranaitis, criadores do laboratório online de flauta

contemporânea intitulado *FluteXpansions*¹⁷, para se produzir o multifônico é preciso extrair cada nota do dedilhado, separadamente, e em seguida deve-se construir a embocadura de maneira gradual da nota mais grave para a mais aguda (ou vice-versa), até conseguir tocá-las simultaneamente.

Segundo McAlvin (2018), a produção do multifônico na flauta se dá devido a uma oscilação rápida entre dois comprimentos de onda diferentes que são potencializados por um dedilhado específico, ou pela própria coluna de ar no caso dos multifônicos harmônicos. O autor explica que a alternância dos comprimentos de onda deve ocorrer com rapidez suficiente para que a ilusão de simultaneidade seja alcançada, e nenhuma das notas passe a predominar na percepção do ouvinte (p.6).

A Figura 17 exemplifica os passos progressivos para se atingir a simultaneidade entre duas notas. Podemos observar o espectrograma das notas Dó 5 e Ré 6 tocadas alternadamente pelo flautista com o dedilhado ilustrado, em *acelerando*, até se transformar em um multifônico.

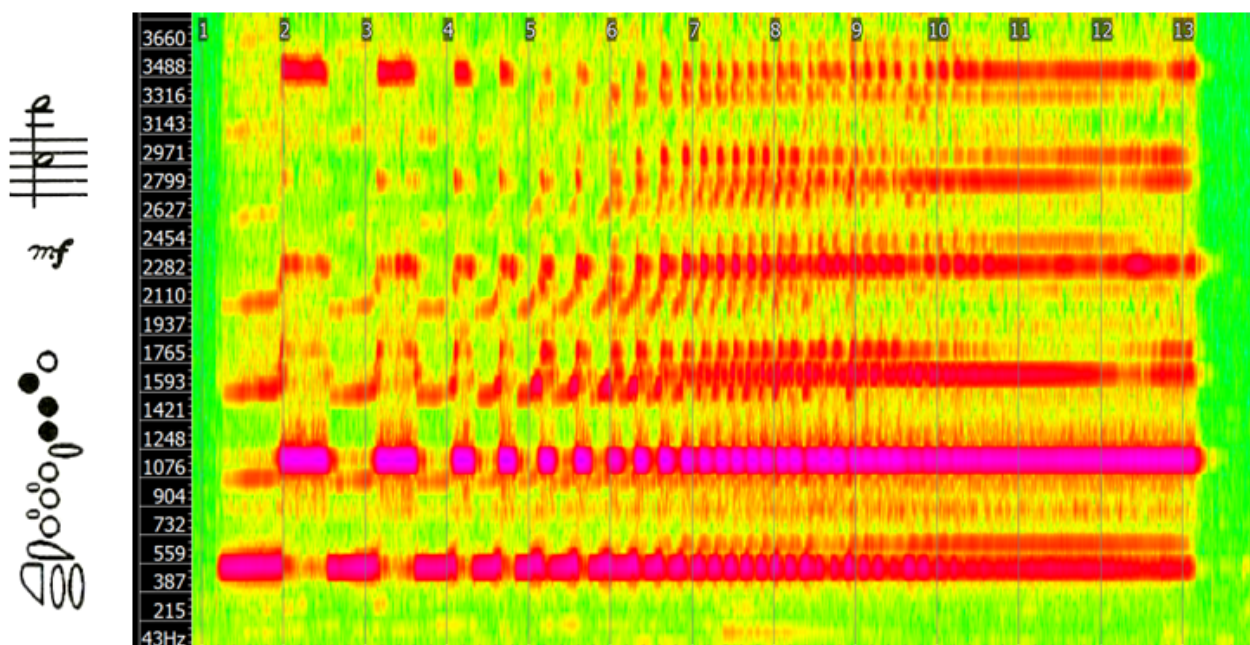


Figura 17: Espectrograma das notas Dó 5 e Ré 6 tocadas com o dedilhado ilustrado, em *acelerando*, até se estabilizarem em um multifônico das duas notas.

Ainda na Figura 17, é possível observar - dos segundos 1 ao 6 - a clara alternância entre as duas notas e seus respectivos parciais harmônicos. Com o aumento da velocidade de alternância entre as duas notas a partir do segundo 7, podemos observar a mistura dos

¹⁷ <https://www.flutexpansions.com/>

parciais resultando na estabilidade do multifônico a partir dos 10 segundos. Pela interpretação do espectrograma, também é possível observar que a nota mais forte do multifônico, neste caso, foi o Ré 6.

Os sons resultantes de **cantar e tocar** ou **falar e tocar** simultaneamente estão presentes em várias peças do repertório contemporâneo para flauta como, por exemplo, *Voice* (1971) de Toru Takemitsu (1930 - 1996), *Laconisme de L'aile* (1982) de Kaija Saariaho (1952) e *Sonate (in)solit(air)e* (1996) de Heinz Holliger (1939). Nessas peças a linha da voz (cantada ou falada) pode ser executada em uníssono com a nota da flauta ou em intervalos maiores, criando a impressão de melodias simultâneas entre os sons da voz e da flauta. Ao contrário da forma átona do *whisper tone*, as técnicas aqui mencionadas são realizadas de forma sonora, utilizando a voz e a ressonância do tubo da flauta. Segundo Levine (2005), para produzir esses efeitos as cordas vocais encostam umas nas outras, como para falar, e ao mesmo tempo o ar flui através da laringe para a flauta. A Figura 18 ilustra esse processo:

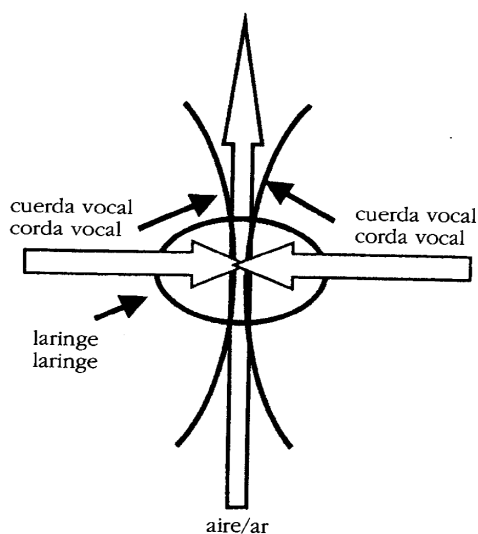


Figura 18: Ilustração do movimento das cordas vocais e da coluna de ar para a técnica de tocar e cantar ao mesmo tempo.¹⁸

A produção de alturas dentro da técnica de cantar e tocar é totalmente livre, sendo as únicas limitações o registro vocal do músico e a extensão da flauta. Isso também vale para as combinações: pode-se tocar um som grave e cantar um som agudo ou vice-versa. Também não é necessário realizar as mudanças de notas de maneira

¹⁸ Retirado de Levine, 2005, p.25

sincronizada, ou seja, a voz pode manter-se em uma altura enquanto se muda os dedilhados, ou então a nota cantada varia sobre um dedilhado fixo (Levine, 2005).

1.3.3 Modulações sonoras: vibrato, glissando, microtons e frullato

A ideia de modulação está ligada à variação de algum aspecto do som ao longo do tempo. O exemplo mais típico é o vibrato, que modifica alguns parâmetros no som da flauta: a intensidade, a frequência e consequentemente o timbre. Caracterizado por pequenos *crescendos* e *diminuendos* no som, o vibrato na flauta cria, como efeito colateral dessa variação de intensidade, uma flutuação na frequência fundamental da nota executada pelo flautista. Se a velocidade do vibrato for suficientemente rápida, o ouvido percebe a média das flutuações de frequência e não uma nota com altura variável. No entanto, quanto mais lento o vibrato mais nítida é a percepção da variação de afinação.

A flautista Carin Levine (2005) destaca que é comum, em peças contemporâneas, indicações específicas para o uso do vibrato, seja através dos termos *com/senza vibrato* ou mesmo indicações objetivas da velocidade e amplitude do vibrato notadas pelo compositor (p.37).

Artaud (1980) fala de três tipos de produção do vibrato explorados na música contemporânea: o vibrato de diafragma, o vibrato de laringe e o vibrato de lábio, também conhecido como *smorzato*. Para o primeiro é preciso contrair o diafragma de forma mais ou menos rápida, forte, irregular ou regular. O segundo é o tipo mais comum de vibrato, já que a velocidade e amplitude dos movimentos da laringe são facilmente controlados e permitem um perfeito controle do vibrato. Por último, o *smorzato* é realizado através da variação de pressão entre o lábio inferior e superior, sem modificar o fluxo de ar (p. 16-17). Levine (2005) adiciona a informação de que o *smorzato* pode ser realizado através de rápidos movimentos ascendentes e descendentes do lábio superior e inferior com a ajuda do maxilar, ou seja, o maxilar inferior mantém-se relaxado e move-se da forma como fazem os dentes quando batem com o frio (p.40).

Vale ressaltar que o objetivo aqui não é expor as melhores formas de se realizar a técnica de vibrato, nem mesmo estabelecer a maneira “correta” para a realização dessa

técnica. O vibrato é um assunto extenso e explorado por diversos autores, inclusive pelo autor deste trabalho em sua dissertação de mestrado. Nosso objetivo aqui se limita em destacar algumas das possibilidades dessa técnica que podem ser exploradas na música contemporânea, seja na variação de notas com ou sem vibrato, seja na variação dos parâmetros acústicos dessa técnica, como já mencionados, a taxa (velocidade das flutuações) e a amplitude.

Por exemplo, a Figura 19 mostra, através de um espectrograma, a influência do uso do vibrato no comportamento dos harmônicos da nota Mi 5 em glissando para a nota Mi bemol 5. A utilização do vibrato, nesse caso, reforça alguns parciais da nota Mi bemol 5.

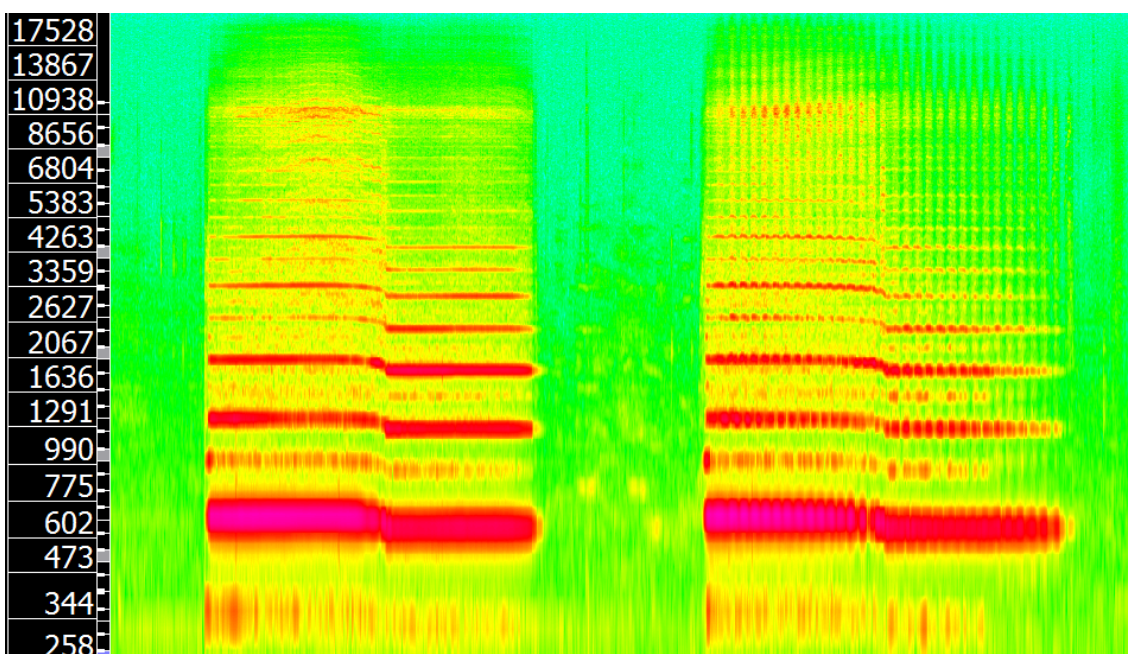


Figura 19: Espectrograma da nota Mi 5 em glissando para a nota Mi bemol 5. Da esquerda para a direita: primeira vez sem vibrato e segunda vez com vibrato.

Como podemos observar na imagem anterior, os **glissandos** na flauta realizam uma modulação gradual de frequência entre duas notas. Essa técnica pode ser realizada de três maneiras: variando o ângulo do ar através da embocadura (lábios e maxilar), girando o bocal da flauta para dentro ou para fora e utilizando dedilhados específicos. Levine (2005) explica que os glissandos realizados através de dedilhados são fáceis em flautas com chaves abertas. Já em flautas com chaves fechadas essa técnica não é tão fácil de se executar. Em ambos os tipos de flauta é possível realizar glissandos com o auxílio de dedilhados alternativos (sons harmônicos) e combinações com as chaves de trinado. A extensão de um glissando pode chegar a um intervalo de sétima, mas é

importante que o glissando não exija uma troca de registro entre a primeira e segunda oitava da flauta (p. 56).

Os **microtons** são intervalos entre duas notas menores que um intervalo de segunda menor e, por extensão, indicam também a exploração de notas que não pertencem a sistemas tradicionais de afinação. A repetição em forma de trinado entre um intervalo microtonal dá origem aos chamados trinados de timbre, também conhecidos como *bisbigliando*.

De acordo com Levine (2005), a microtonalidade é um fenômeno que o flautista já está habituado, pois desde o início dos estudos no instrumento é realizado um trabalho de afinação através do ângulo, do fluxo de ar, da pressão do sopro e do controle de dinâmica. No entanto, para executar trechos microtonais de maneira precisa - como acontece no repertório contemporâneo - é necessário uma ampliação dos dedilhados habituais da flauta (Figura 20). Atualmente existem alguns *sites*¹⁹ de consulta de dedilhados microtonais que servem de complemento aos livros existentes na literatura e auxiliam tanto flautistas como compositores.

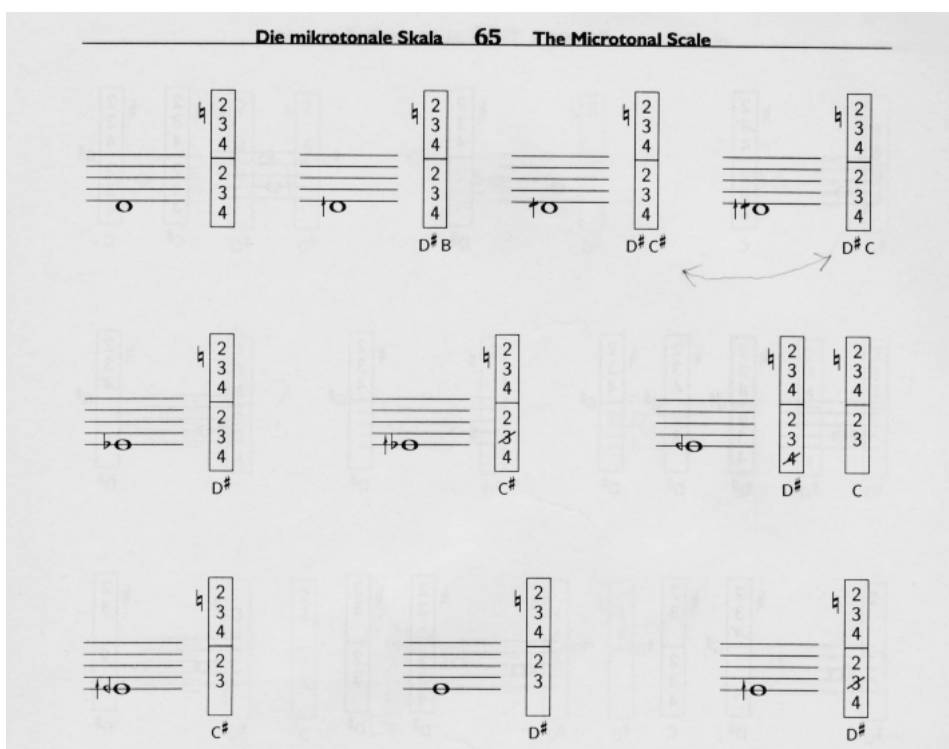


Figura 20: Exemplos de dedilhados de escala microtonal ascendente. Imagem retirada do livro *Techniques of flute playing* de Carol Levine (2005, p.65).

¹⁹ <https://flute.fingerings.info/>

O *frullato* é uma espécie de “trepidação” no som da flauta e pode ser realizado com a língua ou com a garganta. A modulação sonora desta técnica está associada à rápida iteração (repetição) de uma nota, mas que é percebida como um som contínuo. O movimento da língua/garganta é semelhante à pronúncia das onomatopeias "drrrr", "trrrr" e "grrrr". De maneira geral, o frulato de garganta é recomendado para a região grave do instrumento e o frulato de língua para a região média e aguda. No entanto, isso pode variar entre os flautistas, pois alguns possuem mais facilidade no frulato de garganta que no frulato de língua e vice-versa.

Como podemos observar, todas as técnicas apresentadas nesta seção podem ser exploradas de uma maneira em que a trajetória do som passa por uma transformação, contribuindo para a diversidade de modulações sonoras que podem ser exploradas no repertório contemporâneo. Por exemplo, um som natural que se transforma gradualmente em som eólico, a adição progressiva de frulato em uma frase microtonal ou o acréscimo de vibrato em um glissando descendente. Esse tema será retomado com mais detalhes no segundo capítulo deste trabalho, na seção Variações.

1.3.4 A flauta percussiva: *tongue ram*, *pizzicato*, *key click*

A flauta tem sido explorada de maneira cada vez mais inusitada no repertório contemporâneo, podendo-se encontrar exemplos de peças que exploram o instrumento de forma percussiva.

O *tongue ram*, por exemplo, é um ataque realizado através de um rápido golpe de ar que é interrompido pela língua posicionada entre os lábios. Tudo isso é realizado com o bocal da flauta totalmente coberto. O uso da flauta como um corpo ressonador faz com que o som percussivo produzido por esse ataque soe uma sétima maior abaixo da nota real. Segundo a flautista Emi Ferguson²⁰, o ataque *tongue ram* funciona de maneira mais eficaz na primeira oitava da flauta (Figura 21). Isso se dá pelo mesmo motivo do som eólico, pois a partir da segunda oitava os dedilhados forquilha tornam difíceis a execução de alturas definidas devido às diversas aberturas do tubo do instrumento.

²⁰ [EXTENDED TECHNIQUES | emiferguson](#)



Figura 21: Extensão para uso do ataque *tongue ram*²¹.

Além disso, é importante ter em conta que a velocidade de repetição do *tongue ram* é limitada, pois depende do movimento giratório da flauta para se cobrir totalmente o bocal. Isso é válido especialmente em combinação com ações precedentes e subsequentes (Levine, 2005, p. 35-36).

O *pizzicato* na flauta pode ser realizado com a pressão do lábio ou da língua. Em ambos os casos, mas especialmente no segundo, o resultado sonoro é um ataque seco e incisivo. Assim como o *tongue ram*, o *pizzicato* funciona melhor na primeira oitava do instrumento. Além disso, Levine (2005) explica que uma sucessão de *pizzicati* possui velocidade limitada, dado que, quanto mais intensa tem de ser a ação a efetuar, mais tempo se necessita para sua preparação. Dito de outra maneira, os *pizzicati* perdem em força percussiva se forem realizados muito rapidamente (p.31).

O *key click* ou som de chave é produzido quando o flautista bate os dedos nas chaves do instrumento para se obter um som percussivo. Em contraste com os dois ataques vistos anteriormente, o *key click* possibilita a execução de passagens rápidas. Além disso, Levine (2005) explica que este efeito pode ser realizado juntamente com a execução natural de uma nota ou de maneira isolada (apenas os sons das chaves) (p. 33). Segundo Artaud (1980), é possível se obter o som de chave em qualquer dedilhado básico do instrumento. No entanto, para se perceber uma altura precisa a tessitura se limita a menos de duas oitavas (Figura 22) (p. 112).

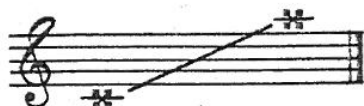


Figura 22: Extensão para sons de chaves na flauta sem execução simultânea da nota.²²

²¹ Retirado de <https://www.emiferguson.com/flutes-extendedtechniques>

²² Retirado de ARTAUD, 1980, p. 112

O conjunto das sonoridades apresentadas neste capítulo permite traçar uma clara relação com a estrutura teórica e metodológica desenvolvida por Pierre Schaeffer (1910–1995) em seu *Traité des Objets Musicaux* (1966, 2017). Essa relação será apresentada no capítulo a seguir, onde os critérios de percepção da tipo-morfologia de Schaeffer serão utilizados para evidenciar as características acústicas das sonoridades de flauta exploradas nesta pesquisa.

Como dito anteriormente, o autor deste trabalho estreou obras para flauta solo escritas para o Festival *Escuta Aqui!*²³. Ao todo foram estreadas oito peças, entre os anos de 2020 e 2021. Criamos uma tabela (Tabela 2) com as técnicas estendidas utilizadas em cada uma dessas peças, já que no próximo capítulo trataremos os aspectos da tipo-morfologia de Schaeffer empregados a fragmentos dessas obras.

Compositor(a)	Obra	Técnicas estendidas utilizadas
Vinicius S. Baldaia	Pequeno espelho côncavo sobre o vento (2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Multifônicos - Whistle tones - Som eólico - Key clicks - Frullato - Glissandi
Tainá Caldeira	Grãos de Pólen (2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Som eólico - Key clicks - Jet Whistle - Whistle tones - Frullato - Pizzicato
Eduardo Hiroshi	Six Walls by the Air Window (2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Som eólico - Tongue ram - Key clicks - Glissandi - Pizzicato - Beat box
Marcus Au Coelho	Música para flauta n.2 (2020)	<ul style="list-style-type: none"> - Frullato - Glissandi - Pizzicato - Key click
Lucas Percuoco	En el Ápice (2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Whisper tones - Glissandi

²³ Festival de música contemporânea voltado para alunos de composição das universidades brasileiras. Instagram: @festivalescutaaqui.

		<ul style="list-style-type: none"> - Key clicks - Som eólico - Jet whistle - Microtons
Vinicius César de Oliveira	Eutrópia I (2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Som eólico - Pizzicato - Jet whistle - Frullato - Gliassadi - Bisbigliando - Multifônicos
Lucas Quinamo	Emaranhado de Arame Farpado (2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Frullato - Key clicks - Tongue ram - Som eólico
Tales Botechia	Barão Geraldo calling for the underworld (2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Frullato - Key clicks - Som eólico - Tocar e cantar - Bisbigliando

Tabela 2: Técnicas utilizadas nas peças para flauta solo escritas para o Festival *Escuta Aqui!*.

2. Tipo-morfologia de Schaeffer

Neste capítulo apresentaremos os conceitos da tipo-morfologia de Pierre Schaeffer segundo seu Tratado dos Objetos Musicais (1966), o qual indicaremos com a sigla TOM. Além disso, faremos uma associação perceptiva dos conceitos tipo-morfológicos com os sons da flauta. Todos os exemplos deste capítulo foram extraídos das peças escritas para o Festival *Escuta Aqui!*.

No TOM, Schaeffer propõe, em contraponto à noção de solfejo tradicional em que a dimensão perceptiva das alturas é dominante, não apenas uma extensa reflexão sobre a escuta, mas também uma noção de solfejo generalizado que leva em consideração diferentes critérios da percepção musical. A partir da discriminação de tais critérios e de tal solfejo, faz-se possível a identificação, classificação e descrição dos objetos sonoros através de uma prática de escuta e de pensamento musical que se alinha com uma abordagem de performance da flauta que busca sons – melhor dizendo, objetos sonoros – em que a altura é também parte integrante dos objetos, mas não necessariamente um critério perceptivo dominante.

Diferentes critérios tipo-morfológicos de percepção sonora são propostos por Schaeffer no TOM. Segundo Ficagna (2008), o nome dessa ferramenta perceptiva deriva de duas operações principais: classificar os sons (tipologia) e qualificar cada tipo de som de acordo com diferentes critérios (morfologia) (p. 79). Chion (1983) também explica que os três objetivos principais da tipo-morfologia são: *identificar*; *classificar*; *descrever*. Identificar os objetos sonoros quer dizer isolá-los em unidades sonoras. Em seguida, classificar em tipos sumários característicos. Enfim, descrever em detalhes seus caracteres. A **tipologia** se encarrega dos dois primeiros e a **morfologia** do terceiro. Do ponto de vista perceptivo, Schaeffer define como correlato do objeto sonoro a escuta reduzida: "intenção de perceber o objeto por ele mesmo" (TOM, p. 114²⁴), abstraindo-se do conteúdo semântico e do emissor.

O caminho que leva aos critérios qualitativos da morfologia passa primeiro por duas importantes definições presentes na **tipologia**: massa e fatura.

2.1 Massa e Fatura

Massa é a qualidade pela qual um som se inscreve no campo das alturas e se divide em três tipos: tônico, complexo e variável. Sons tônicos são aqueles que possuem "timbre harmônico" da mesma maneira que sons em instrumentos musicais tradicionais, ou seja, são sons de altura fixa e localizável. Os sons complexos são aqueles em que a massa é fixa, mas não localizável, por exemplo, um sibilo vocal "sssss". Já os sons variáveis são aqueles que evoluem na tessitura, podendo ser tônicos e/ou complexos, por exemplo, todo tipo de glissando (TOM, p. 318).

O critério de **fatura** se refere ao processo pelo qual a energia é comunicada e mantida (ou não) durante a duração do objeto sonoro e se divide em três tipos: contínuo, impulso e iteração. Sons contínuos são aqueles que conseguem manter suas características energéticas equilibradas ao longo do tempo (uma arcada em uma tecla de vibrafone). O nome impulso é dado a sons muito breves com sustentação inexistente ou de curta duração (*pizzicato* no violoncelo). Por último, os sons do tipo iteração são aqueles cuja sustentação é prolongada por iteração, ou seja, por repetição de impulsos em intervalos de tempo próximos (*tremolo* no violino) (Chion, 1983).

²⁴ "Intention to perceive the object for itself". Todas as traduções foram feitas pelo autor deste trabalho a partir da versão inglesa do Tratado dos Objetos Musicais.

Segundo esses dois critérios de sustentação-entonação, Schaeffer cria a seguinte tabela (Figura 23):

		Criteria of facture		
		N	N'	N''
Criteria of mass	Ordinary note	N	N'	N''
	Complex note	X	X'	X''
	Varied note	Y	Y'	Y''

Figura 23: Tabela dos critérios de massa e fatura de Pierre Schaeffer (TOM, p. 355).

As letras da tabela possuem os seguintes significados:

N = Sons tônicos;

X = Sons complexos;

Y = Sons variáveis;

Coluna 2 = Sons contínuos;

Coluna 3 = Impulsos (marcados com ');

Coluna 4 = Iterações (marcadas com '').

Através de sonoridades exploradas no repertório para flauta, neste caso as peças do Festival *Escuta Aqui!*, podemos exemplificar essa “triagem” básica dos objetos sonoros proposta por Schaeffer.

Sendo N a indicação de sons tônicos, podemos citar qualquer nota “tradicional” tocada na flauta, além de notas microtonais e harmônicas. As classificações do tipo impulso (N') e iteração (N'') podem ser exemplificadas por uma nota em *tongue ram* e em *frullato*, respectivamente (Figura 24):



Figura 24: Da esquerda para direita, exemplos de sons tônicos dos tipos contínuo, impulso e iteração, respectivamente.

Para os sons complexos (X), podemos exemplificar o som contínuo com um multifônico na flauta, o impulso com um som eólico isolado em semicolcheia e o som complexo iterativo com um som eólico em ataques repetidos rapidamente (Figura 25).



Figura 25: Exemplos de sons complexos - contínuo (multifônico), impulsivo (som eólico curto com a sílaba “ti”) e iterativo (repetição de ataques rápidos em som eólico).

Os sons variáveis (Y) podem ser exemplificados por uma nota longa em *whistle tone* (contínuo), uma nota curta em *jet whistle* (impulso) e um glissando de uma nota em *frullato* (iterativo) (Figura 26).

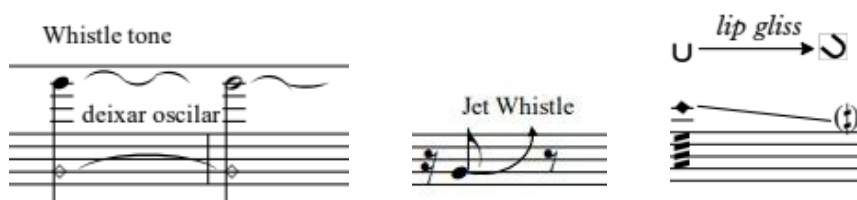


Figura 26: Exemplos de sons variáveis - contínuo (*whistle tone*), impulso (*jet whistle*) e iterativo (glissando descendente em *frullato*).

A seguir, apresentamos uma breve explicação para cada um dos critérios perceptivos presentes na morfologia de Pierre Schaeffer, com ênfase nos critérios de variação.

2.2 Morfologia: critérios perceptivos

A morfologia Schaefferiana apresenta sete critérios de percepção, a saber: *massa*, *dinâmica*, *timbre harmônico*, *perfil melódico*, *perfil de massa*, *grão* e *allure*.

O critério de massa já foi abordado mais acima²⁵. Falta apenas chamar a atenção para um ponto: na flauta, os sons complexos podem ser divididos quanto à quantidade de parciais significativos, poucos parciais indicam sons multifônicos e similares, enquanto muitos parciais apontam para faixas de ruídos mais espalhadas espectralmente. Quanto ao **timbre harmônico**, é importante destacar uma observação de Schaeffer: “Propomos, por consequência, utilizar os dois critérios de *massa* e *timbre harmônico* em conjunto,

²⁵ Schaeffer define sete classes morfológicas ligadas à massa; para o presente trabalho, no entanto, as categorias tipológicas, aliadas aos perfis melódicos e de massa, são suficientes para a análise das diversas sonoridades da flauta.

considerando-os um pouco como vasos comunicantes, à exceção de certos casos precisos onde a atribuição parece definitiva frente ao caráter clássico dos sons e à força dos hábitos de escuta.” (TOM, p. 517). Ou seja, apenas em contextos de sons com altura definida é que o timbre harmônico se distingue bem da massa. Esta ambiguidade é característica marcante das sonoridades estendidas, que se reflete não apenas em sonoridades estáveis, mas também em transformações (perfis de massa).

Dinâmica se refere ao nível de intensidade global de um som e a seu desenvolvimento temporal. **Grão** é a percepção qualitativa geral de um grande número de pequenas irregularidades de detalhes que afetam a "superfície do objeto sonoro" e podem ser puras ou mistas de ressonância, fricção e iteração. Grãos de ressonância podem surgir após ataques com sustentação, como no “formigamento” rápido de um prato. Grãos de fricção caracterizam alguns tipos de sons sustentados (ruído de ar no som da flauta). Grãos de iteração são produzidos pela rápida repetição de um mesmo tipo de produção sonora, como em um rulo de caixa ou *frullato* na flauta. Já o critério *Allure* descreve a oscilação e flutuação característica na sustentação de certos objetos sonoros, sendo exemplos o vibrato instrumental ou vocal (Chion, 1983).

Apresentamos a seguir os dois critérios restantes da morfologia de Schaeffer, os perfis melódicos e de massa²⁶. Além disso, exemplificaremos algumas das características destes critérios perceptivos através das sonoridades de flauta presentes no repertório explorado por este trabalho.

2.3 Variações

Perfil melódico - é um critério perceptivo aplicado a sons variados e que descreve uma variação que afeta toda a massa do som, uma espécie de “trajetória” na tessitura. Ao contrário do perfil de massa, que se refere a uma variação interna de massa, o perfil melódico é um deslocamento de todo o som no campo de alturas: é o próprio som que se move, em vez de ser esculpido por um desenvolvimento interno (Chion, 1983).

Segundo Chion, os tipos de perfis melódicos formam, por si só, uma pequena tipologia. Schaeffer retoma alguns dos símbolos e tipos da tipologia geral com algumas

²⁶ Uma discussão mais aprofundada do uso do termo perfil no Tratado de Schaeffer pode ser encontrada no artigo "The profile concept in Schaeffer's solfège: discussion of its diverse meanings and proposal of a quantitative real-time approach" (Freire; Padovani; Campos, 2022) apresentado no XII Congresso Iberoamericano de Acústica - FIA 2020/22.

modificações: quando os símbolos têm uma barra horizontal acima deles, isso denota a versão lenta e prolongada do tipo de objeto em consideração e quando eles têm uma vírgula depois deles isso denota a versão “iterativa” e “descontínua”. Por exemplo, Y representa a forma “normal” do Grupo, com duração média e sustentação contínua; \bar{Y} sua forma prolongada ou macro grupo, e Y' sua forma iterativa ou descontínua.

Para ilustrar os tipos de variações (não apenas as melódicas, mas também as de massa e as de sustentação), Schaeffer coloca três critérios horizontais, relativos à fatura da variação, numa tabela com três critérios verticais relativos à sua densidade e velocidade, que, considerando dois exemplos distintos para cada combinação (música tradicional e música generalizada), nos dá 18 objetos.

Os três critérios de fatura distinguem a variação por “flutuação” (leve instabilidade), por “evolução” (progressivo e contínuo) ou por “modulação” (em etapas, saltos “esboçando uma estrutura escalar”).

Os três critérios velocidade-densidade são chamados: *progressão*, quando a velocidade é lenta e a densidade de variação fraca; *perfil*, quando ambos são moderados; *anamorfose*, quando a variação é rápida e acentuada (Chion, 1983). Isso nos dá o seguinte diagrama (Figura 27):

<i>Forms of variation:</i> Speed of variation:	<i>Progression</i>		<i>Profile</i>		<i>Anamorphosis</i>	
	slow		moderate		fast	
<i>Fracture of variation:</i>	1	2	3	4	5	6
(a) Fluctuation	\bar{N}	\bar{X}	N	X	N'	X'
(b) Evolution	\bar{Y}	T	Y	W	Y'	W'
(c) Modulation	\bar{G}	P	G	M	G'	K

(At the intersection of lines a and c and columns 1, 3, 5, are the materials of traditional music.
The rest of the diagram refers to the most general music.)

Figura 27: Na interseção das linhas “a”, “b” e “c” e colunas 1, 3 e 5 são materiais de música tradicional. O restante do diagrama se refere à música generalizada (Schaeffer, 2017, p. 456).

Os símbolos que aparecem neste diagrama e que ainda não foram apresentados neste trabalho são exemplificados por Schaeffer/Chion (1983) da seguinte maneira:

G (grupo) - é um tipo de objeto mais comumente encontrado na música tradicional, sob a forma de uma estrutura de notas, “que pode ser facilmente desmembrada, mas cuja estrutura geral se deseja estudar”, e que tem uma variação do tipo escalar (em estágios).

M (motivo) - é um tipo de objeto variante caracterizado por uma duração relativamente longa, que evolui em etapas, de maneira escalar (descontínua).

W (grande nota) - é um tipo de som excêntrico que apresenta uma variação de duração média, uma variação “ao mesmo tempo lenta e múltipla, mas interligada”, ou seja, fundida por uma unidade coerente de fatura e pela percepção de uma “permanência de causalidade, que liga os sucessivos momentos juntos”.

T (trama) - é um tipo de som excêntrico de duração prolongada, criado pela sobreposição de sons prolongados, “feixes”, “fusões de sons de evolução lenta” que são ouvidos como grupos, macro-objetos, estruturas de desenvolvimento lento, pouco diferenciadas.

K (célula) - Um tipo de objeto excêntrico, criado artificialmente pela remoção de um fragmento de fita magnética contendo uma gravação de “micro-sons desordenados”.

P (ostinato) - é um tipo de som excêntrico artificial criado pela repetição mecânica em loop de uma célula.

Os tipos acima descritos são encontrados principalmente na música eletroacústica e na música contemporânea para conjuntos instrumentais, embora alguns deles apareçam também na escrita para instrumentos solistas, como a flauta. Sequências de sonoridades bastante distintas em uma mesma frase podem ser classificadas como ostinatos, motivos ou células, dependendo do andamento.

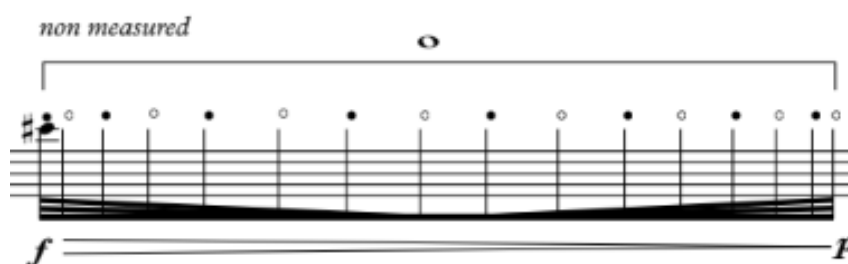
Na maior parte das sonoridades instrumentais, as variações não se restringem a um único critério (como perfil melódico ou de massa), podendo também ser observadas em outros critérios perceptivos, tais como o perfil harmônico, perfil dinâmico ou modificações do grão e do *allure*.

A Figura 28 (a, b e c) exemplifica os tipos de perfis melódicos \bar{N} , N e N', ou seja, sons tônicos variados do tipo *flutuação* nas velocidades/densidades lenta (*progressão*), moderada (*perfil*) e rápida (*anamorfose*).

a)



b)



c)



Figura 28: Exemplos de perfis melódicos a) \bar{N} - trecho de *Grãos de Pólen* (Tainá Caldeira, 2020); b) N - trecho de *Eutrópia I* (Vinícius Cesar, 2021); c) N^2 - trecho de *Barão Geraldo* (Tales Botechia, 2021).

Como podemos observar, a Figura 28a mostra uma nota longa em *whistle tone*, ou seja, uma nota variável de velocidade lenta (*progressão*) com variação do tipo *flutuação*, pois apresenta uma leve instabilidade no campo das alturas.

As Figuras 28b e 28c também apresentam leve instabilidade no campo das alturas (*flutuação*) por causa da técnica de *bisbigliando*. No entanto, a velocidade de variação é moderada (*perfil*) e rápida (*anamorfose*), respectivamente.

A Figura 29 (a e b) exemplifica os perfis melódicos do tipo *evolução/anamorfose* (Y') e *modulação/anamorfose* (G').

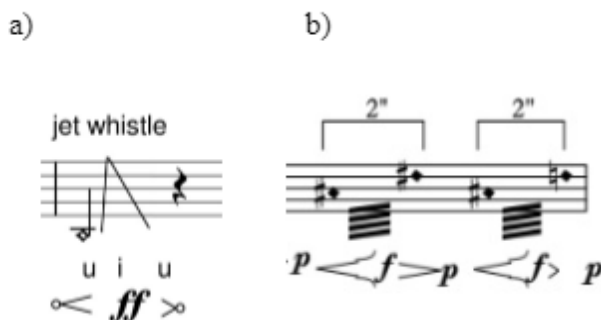


Figura 29: Exemplos de perfis melódicos a) Y'- trecho de *En el ápice* (Lucas Percuoco, 2021); b) G'- trecho de *Eutrópia I* (Vinícius Cesar, 2021).

A Figura 29a mostra uma nota em *jet whistle*, onde sua variação acontece de forma contínua e progressiva, se caracterizando assim como um exemplo de perfil melódico do tipo *evolução/anamorfose*.

Já a Figura 29b nos mostra um exemplo de uma nota em *tremolo* que muda o intervalo superior em meio tom, o que faz com que seja um perfil que varia de maneira rápida e em etapas e saltos “esboçando uma estrutura escalar”, ou seja, um perfil do tipo *modulação/anamorfose*.

Perfil de massa - é o critério morfológico que descreve uma variação interna da massa sonora que é, por assim dizer, “esculpida” no curso de seu desenvolvimento, por modificações que a tornam mais espessa, mais fina, por exemplo, um som tônico evoluindo para um som de massa complexa (Chion, 1983).

Schaeffer fez uma pequena lista em seu Tratado com desenvolvimentos típicos de um tipo de massa para outro: N/X (tônico/complexo) ou X/N; Y/W (variável/grande nota) ou W/Y; G/W (grupo/grande nota) ou W/G. Seguindo este raciocínio, apresentamos a seguir alguns exemplos de variação de massa que ocorrem nas peças exploradas por este trabalho.

O primeiro exemplo (Figura 30) nos mostra uma nota natural se transformando em som eólico e uma nota em som eólico se transformando em som natural, ou seja, um som tônico se transformando em som complexo e vice-versa.



Figura 30: Exemplos de perfis de massa N/X (trecho de *Emaranhado de arame farpado* - Lucas Quinamo, 2021) e X/N (trecho de *Barão Geraldo calling for the underworld* - Tales Botechia, 2021).

O segundo exemplo (Figura 31) nos mostra um perfil de massa mais elaborado, onde a nota base de um multifônico (X) se transforma em uma nota natural em glissando (Y) e volta a ser um multifônico.

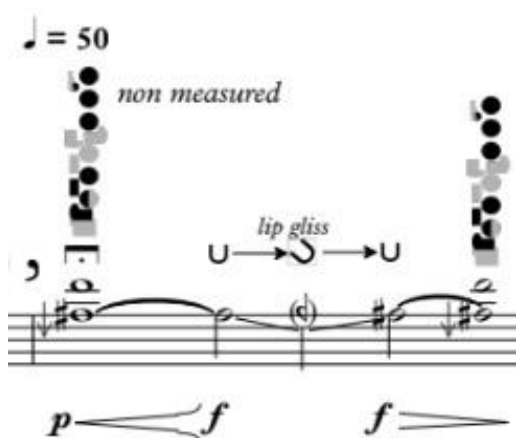


Figura 31: Exemplo de perfil de massa X/Y/X - trecho de *Eutrópia I* (Vinicius Cesar, 2021).

A transformação do exemplo anterior também pode ser interpretada como um perfil melódico, já que ocorre uma flutuação no campo das alturas devido à nota em glissando. Isso significa que os materiais composicionais de uma obra musical são bastante complexos se analisados de acordo com os critérios perceptivos aqui estudados. Não é nosso objetivo esgotar as possibilidades de associação entre as sonoridades da flauta e os critérios perceptivos de Pierre Schaeffer, mas esboçar um raciocínio de como esses dois conteúdos podem contribuir com trabalhos de análise sonora e prática instrumental, que é o que veremos mais adiante.

No próximo capítulo apresentamos os descritores implementados para a construção de uma ferramenta de *feedback* visual para a prática das diversas sonoridades da flauta. Essa ferramenta feita em Max nada mais é que uma associação dos critérios perceptivos explorados neste capítulo com descritores de áudio em tempo real.

3. Correlações entre critérios de Schaeffer e descritores de áudio

Com o intuito de auxiliar profissionais e estudantes do instrumento no domínio e aprimoramento de sonoridades presentes, sobretudo, no repertório contemporâneo, desenvolvemos uma ferramenta interativa na linguagem gráfica de programação Max²⁷ relacionando diferentes descritores de áudio aos critérios perceptivos introduzidos por Schaeffer, capaz de oferecer *feedback* visual gráfico em tempo real. Neste capítulo apresentaremos os descritores de áudio implementados na criação dessa ferramenta. A fundamentação teórica dessas correlações está detalhada em um artigo produzido por integrantes de nosso grupo de pesquisa²⁸ (Freire et al. 2022). O ponto de partida foi uma intuição relativa à similaridade entre os procedimentos da escuta reduzida e a aplicação de descritores de áudio de baixo nível, já que ambos os processos se concentram em propriedades intrínsecas do som, buscando ignorar seu conteúdo semântico (significado) e indicial (fonte sonora).

3.1 Ferramenta de *feedback* visual: implementação de descritores de áudio

Implementamos na linguagem Max, versões 7 e 8, descritores de baixo nível ligados a duas formas complementares de representação do som, nos domínios do tempo e das frequências. O domínio do tempo é a forma de onda propriamente dita (ou suas amostras digitalizadas), e o domínio das frequências é o espectro sonoro²⁹.

Utilizamos envelopes temporais com diferentes janelas e filtragens em nossa programação. Estes envelopes, que utilizam valores RMS, são indicados por uma abreviação: *rms2048:4* indica que foi utilizada uma janela de 2048 amostras, com fator de deslizamento de 1/4 da janela. Neste caso, os valores são atualizados a cada 10,67 ms, utilizando-se uma frequência de amostragem de 48 kHz. As implementações foram feitas com o objeto [gen~], que se vale de rotinas de processamento da própria CPU, propiciando mais eficiência e precisão. Como são gerados na mesma frequência de amostragem do áudio, estes envelopes são suavizados por um filtro passa-baixa simples (com atenuação de 6dB por oitava) e com frequência de corte variando de acordo com

²⁷ www.cycling74.com

²⁸ LaPIS: Laboratório de Performance com Sistemas Interativos – www.musica.ufmg.br/lapis

²⁹ Estas ferramentas são derivadas de um projeto em andamento em nosso laboratório, dedicado à identificação, classificação e transformação de sons percussivos.

sua aplicação. Na Figura 32 pode-se ver duas curvas RMS com diferentes janelas e filtragens: a primeira é utilizada como envelope de amplitude e na extração de *allures*; a segunda na detecção de grãos iterativos. Após a filtragem, são geradas séries temporais com um valor numérico para cada atualização das curvas, que podem ser exibidas na tela do programa.

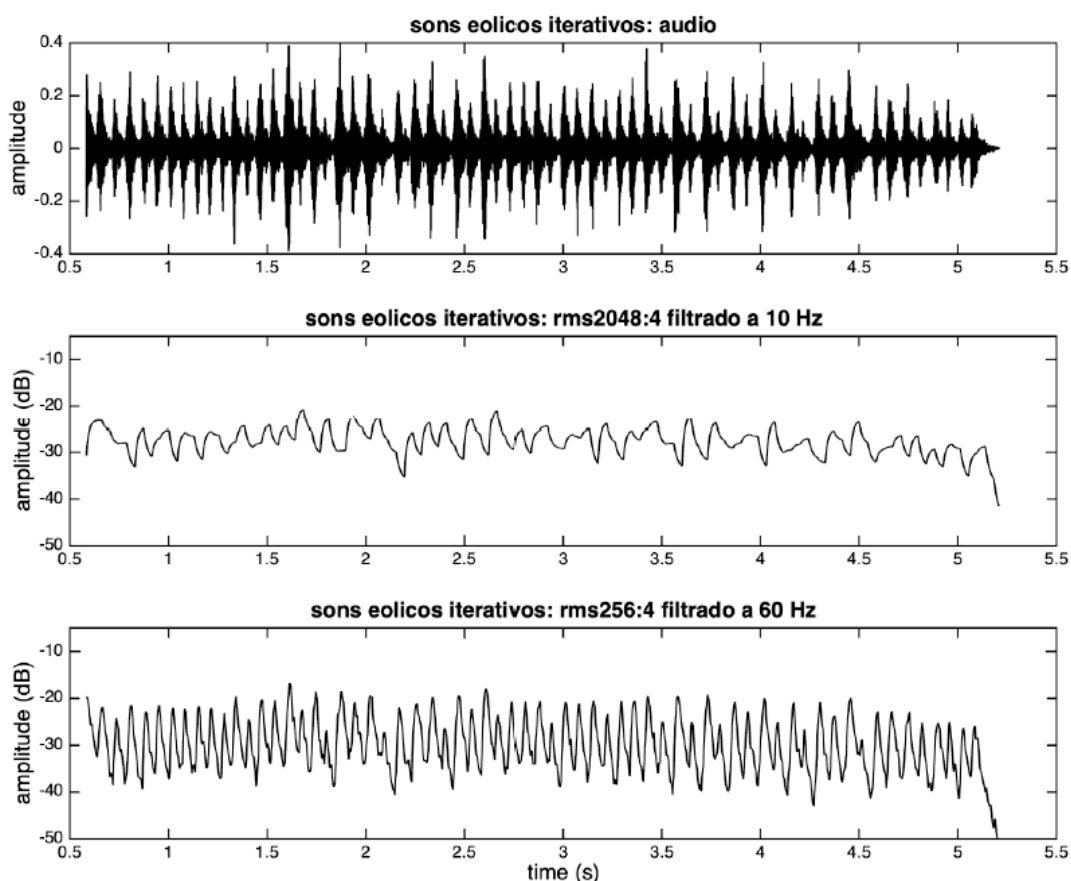


Figura 32: Diferentes representações de uma gravação de sons eólicos produzidos de forma iterativa (repetições rápidas): a) forma de onda; b) curva *rms2048:4*, filtrada a 10 Hz; c) curva *rms256:4*, filtrada a 60 Hz.

Por se tratar de uma implementação em tempo real, a preocupação com o ruído de fundo é fundamental. O nível de ruído de fundo é regulado pelo usuário, auxiliado pela visualização de uma curva *rms256:4* filtrada a 4 Hz. O início do som a ser analisado (onset) é definido em um valor 6 dB acima do ruído de fundo, e o término do som (offset) em um valor 3 dB abaixo do onset. Estes dois momentos controlam um gate para todos outros cálculos realizados.

O perfil dinâmico (ou envelope) é a curva *rms2048:4* filtrada a 10 Hz, contida entre o onset e offset. O perfil de ataque é representado pelos 300 primeiros valores (400 ms a

partir do onset) de uma curva *rms256:4* filtrada a 30 Hz, o que permite sua visualização com grande detalhamento (Figura 33).

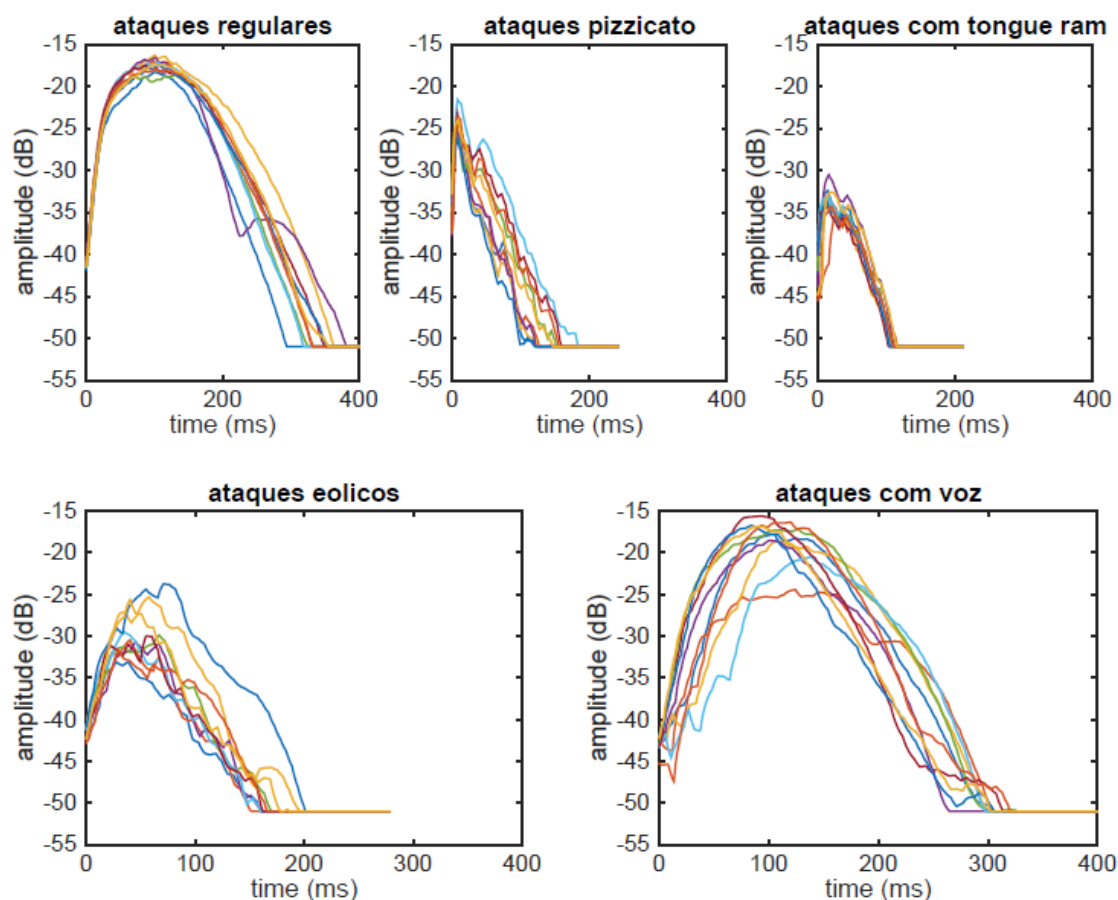


Figura 33: Superposição de 10 perfis de 5 tipos de ataque distintos na flauta. Pode-se notar grandes diferenças nas curvas, nas durações e nas dinâmicas.

Os *allures* são estimados a partir da mesma curva do perfil dinâmico, e exibidos como marcas sobre ela. Um parâmetro importante neste cálculo é o tamanho mínimo do desvio esperado entre picos e vales da curva. Cada detecção de *allure* pode ser plotada junto com o envelope temporal. Ao final de cada evento (marcado pelo intervalo entre onset e offset) são calculados valores para diferentes parâmetros deste descritor: o número de ocorrências, e a média e desvio padrão de: (a) diferença de intensidade entre picos e vales de cada ocorrência; (b) intervalo temporal entre picos sucessivos; (c) proporção entre intervalos pico/vale e vale/pico (simetria); (d) máximo valor da inclinação do envelope em cada ocorrência. É ainda gerada uma série temporal binária (1 para ocorrência, 0 para não ocorrência de *allure*), que permite inferir sua localização temporal no decorrer do evento.

Schaeffer divide os grãos em três tipos: iterativos, de fricção, de ressonância. Em nossa implementação utilizamos inicialmente uma divisão em grãos iterativos e grãos finos. Os iterativos são estimados a partir de uma curva *rms256:4* que passa por um filtro passa-baixa com frequência de corte de ao menos 30 Hz. Sua presença é estimada pela análise da derivada desta curva (alterações bruscas da curva RMS implicam em um valor mais alto da derivada), com parâmetros de amplitude mínima e intervalo temporal máximo entre os grãos. Este processo está ilustrado na Figura 34.

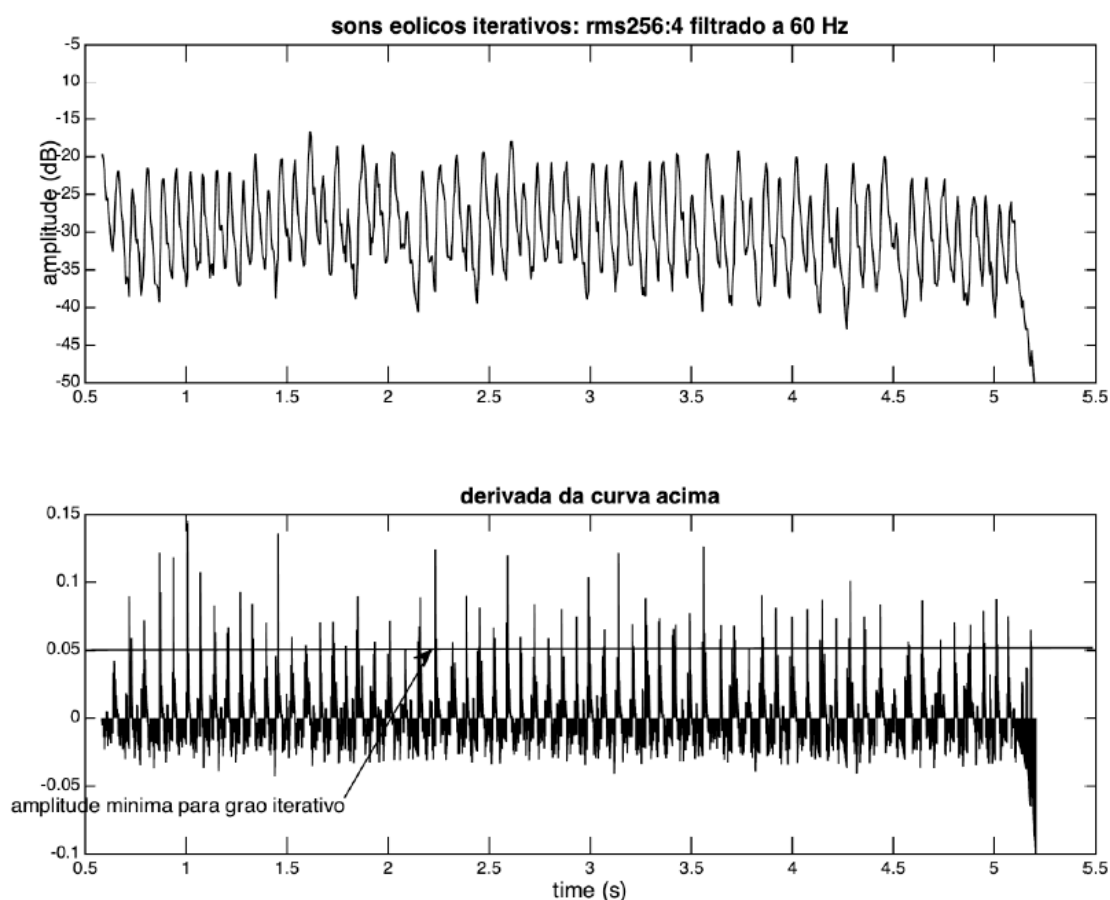


Figura 34: Curva *rms256:4* (a mesma da Figura 32) e sua derivada. A linha horizontal marca o limiar de amplitude para a detecção de grãos iterativos.

Os grãos finos (como os gerados pela fricção do ar no bocal) são calculados a partir do pressuposto de que cada mudança de direção da onda sonora digitalizada é um grão em potencial. Assim os cruzamentos de zero (zero-crossings) da derivada do próprio sinal de áudio indicam sua presença. Estes grãos são contados para cada 512 amostras, e geram uma curva sincronizada com os demais descritores. Sabemos que sons puros agudos mudam mais de direção do que sons graves; no entanto, em nossa experiência com diferentes timbres, a granulosidade contribui mais do que o registro. Um descritor

associado a este, e que contribui para uma diferenciação entre grãos de ressonância e de fricção, mede quão abruptamente³⁰ cada mudança de direção do sinal de áudio acontece. A Figura 35 ilustra detalhes de dois ataques em instrumentos de percussão (um pandeiro e um tomtom), onde é possível observar as mudanças de direção de cada sinal e quão abruptamente elas se dão.

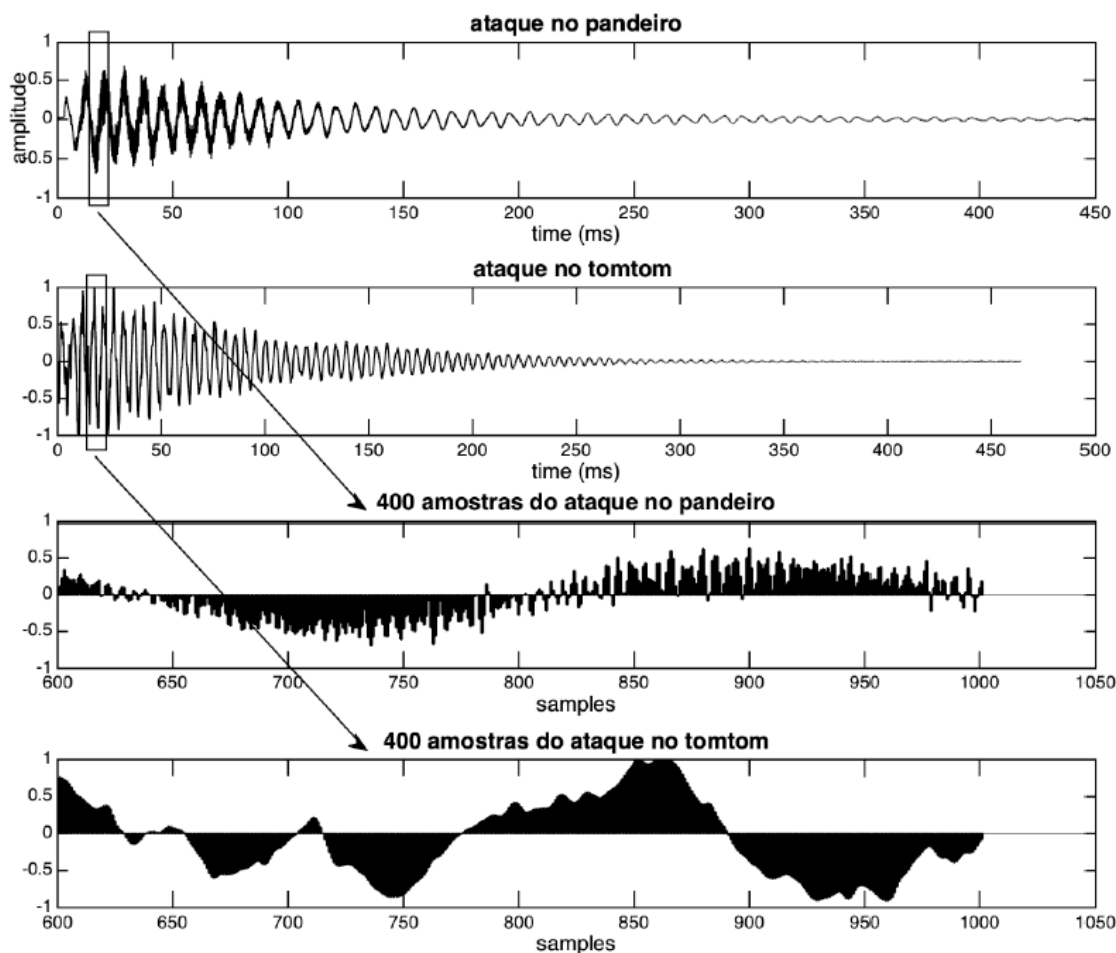


Figura 35: Ataques em a) um pandeiro e em b) um tomtom. Em c) e d) são mostrados detalhes da porção inicial de cada um deles. Evidencia-se a presença de mais grãos finos no pandeiro, devido à movimentação das platinelas.

Centroide espectral é um dos mais tradicionais descritores relacionados ao espectro sonoro, e representa o centro de gravidade (em Hz) de cada janela de análise. Em nossa programação utilizamos uma implementação distribuída com o Max. Na representação gráfica de sua curva preferimos usar os valores em Midicents.

³⁰ Como a programação foi realizada e documentada na língua inglesa, algumas figuras desta tese trarão expressões como *tiny grains* (grãos finos) e *tiny grain bends* (intensidade da mudança de direção da forma de onda).

Os demais descritores utilizados se derivam de dados gerados pelo objeto [sigmund~] (PUCKETTE et al., 1998). A partir dos dados de picos espectrais (até 20), de amplitude e de frequência fundamental, calculamos para cada janela de análise valores para os seguintes parâmetros: número de picos espectrais responsáveis por 50% e 80% da energia total do sinal; porcentagem da energia total representada pelos 20 picos; pico (ou picos) mais proeminente; frequência fundamental; distância entre pico mais grave e mais agudo; distribuição (ou região) espectral. Calculamos ainda a dissonância intrínseca, seguindo o modelo descrito por Sethares (SETHARES, 2005). Se diversas características de um som podem ser visualizadas em um espectrograma, propomos aqui ferramentas complementares focadas em aspectos específicos, partindo de uma pré-seleção dos (até) 20 parciais mais importantes de cada análise espectral.

Expressamos os valores estimados para a frequência fundamental como Midicents. O objeto [sigmund~] registra um valor negativo (-1500) quando o algoritmo não detecta sua presença. Transformamos este valor em 1.0 para facilitar a plotagem das curvas. Utilizando esta informação, podemos calcular a porcentagem de quadros de análise sem detecção de frequência fundamental para cada evento, e também criar uma série temporal binária (1 para quadros com presença de uma frequência fundamental, 0 para sua ausência) para a localização temporal desses quadros.

Para a distribuição espectral determinamos três faixas distintas (grave, média e aguda), cujos limites podem ser parametrizados para diferentes sons. No caso da flauta, optamos por seguir a divisão dos registros do instrumento. A região grave tem o limite superior no Dó 5 (ca. 523 Hz), e a região aguda se inicia no Dó 6 (1047 Hz). Na Figura 36 podemos ver a distribuição de energia nessas faixas durante a execução de cinco ataques diferentes, na nota Lá 4 (440 Hz).

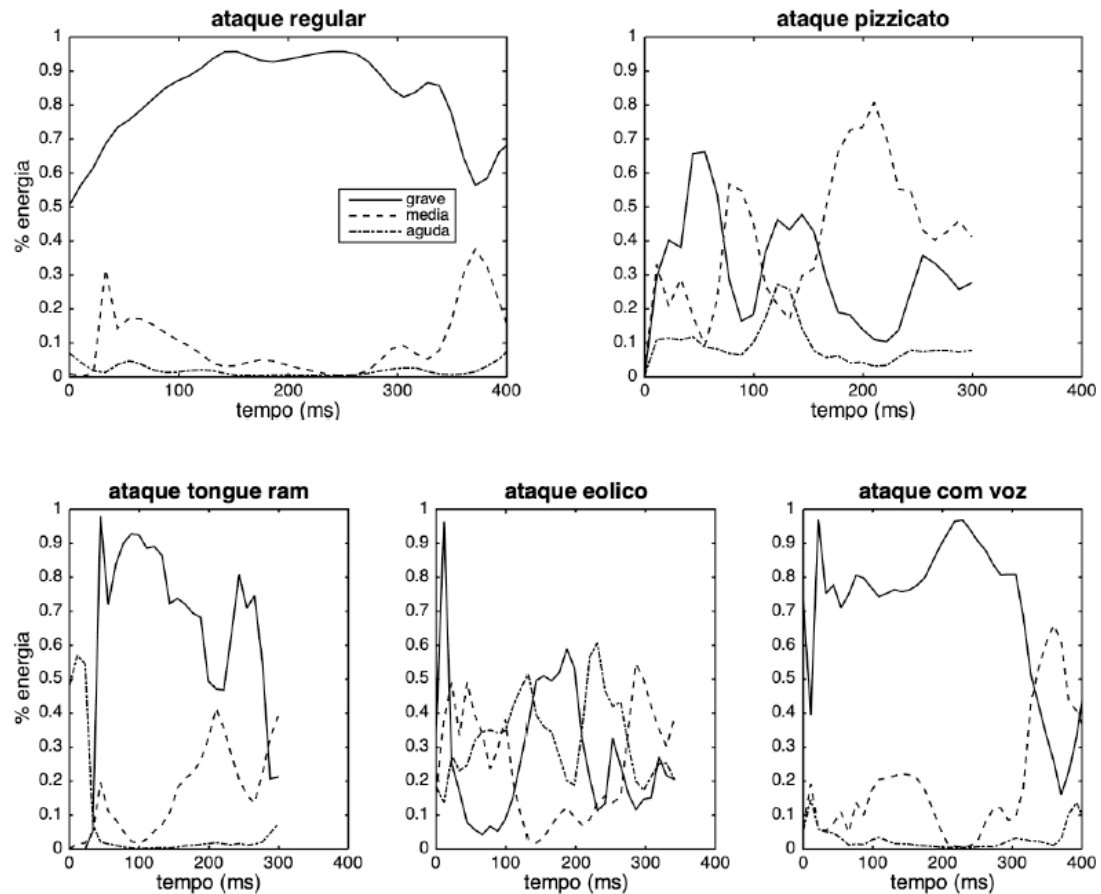


Figura 36: Distribuição espectral de 5 ataques distintos na flauta, na nota Lá 4.

A Tabela 3 apresenta o conjunto dos descritores estimados, divididos nas categorias domínio do tempo e das frequências. A Figura 37 mostra o fluxograma com os processos envolvidos na estimação destes descritores.

Descritores no domínio do tempo	Descritores no domínio das frequências
onset / offset envelope temporal perfil de ataque presença (e qualidade) de allures presença de grãos (iterativos e finos)	no. parciais contendo 50 e 80% da energia energia contida nos 20 parciais mais intensos frequência fundamental (presença e valor) pico espectral mais proeminente dissonância intrínseca centroide espectral diferença entre pico mais agudo e mais grave distribuição / região espectral

Tabela 3: Descritores de áudio da ferramenta de feedback visual.

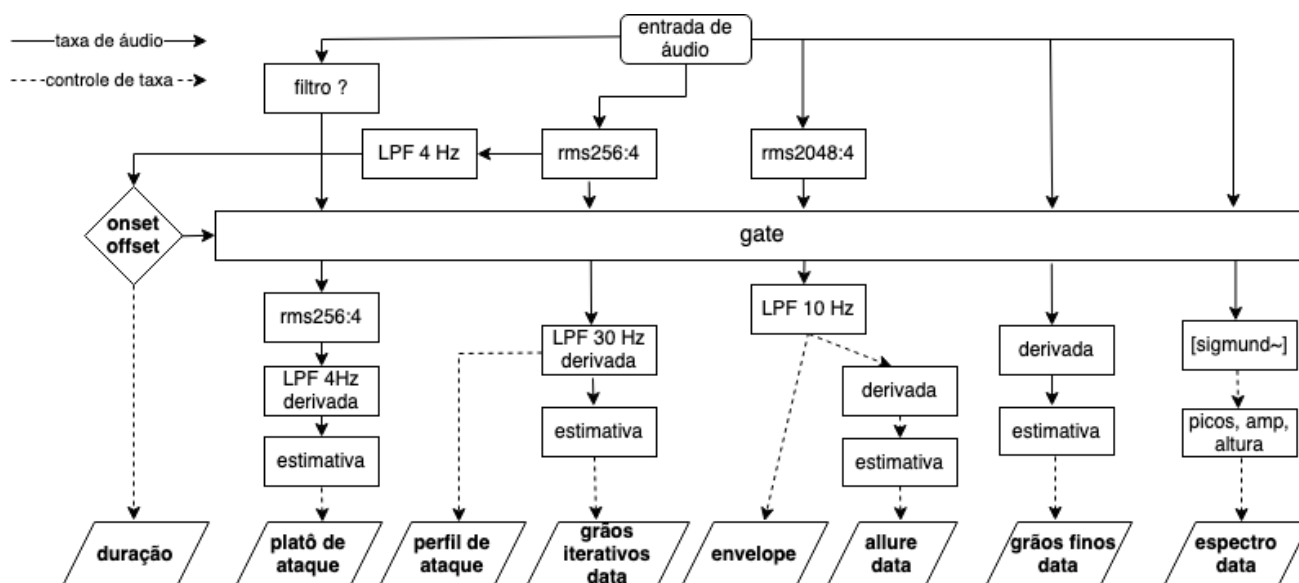


Figura 37: Fluxograma dos processos de estimação de descritores de áudio.

Além da representação visual, todas as curvas geradas pelos diferentes descritores entre o *onset* e *offset* de cada evento podem ser submetidas a uma análise estatística simples, na qual são calculadas duração, média e desvio padrão, espalhamento e centróide temporais, assimetria (*skewness*), curtose, *peakness* e *flatness*. Em cada uma dessas curvas pode-se também buscar a presença de *allures*. Detalhes desses cálculos podem ser encontrados nos artigos citados acima (Freire et al. 2022).

Os valores numéricos decorrentes da análise estatística são importantes para a utilização de *softwares* de aprendizado de máquina (por exemplo, o *Wekinator*), que podem atuar na identificação em tempo real de diferentes gêneros de ataques, por exemplo³¹. As curvas podem também ser aproveitadas em controle de procedimentos interativos de processamento e síntese sonoras.

As correlações buscadas entre os critérios de percepção musical de Schaeffer e os descritores desenvolvidos estão resumidas na Tabela 4. Em seu quadro recapitulativo do solfejo do objeto sonoro, Schaeffer cruza sete linhas contendo os critérios de percepção musical com colunas contendo tipos (tipologia), classes (morfologia), gêneros (caracterologia) e espécies (ocorrências concretas dos objetos) (TOM, p. 464). Em nossa

³¹ Foi realizado um estudo prospectivo sobre a identificação de ataques na flauta, que não chegou a ser incorporado nas iniciativas criativas. Diferentes aspectos desse estudo foram aproveitados nesta seção do texto, para exemplificar o uso dos descritores. Ao lado dos perfis de ataque e da distribuição espectral, consideramos importante para essa tarefa a inclusão da porcentagem de quadros de análise que não detectam uma frequência fundamental, e da distância entre os picos espectrais mais agudos e mais graves.

abordagem, preferimos misturar as categorias das diferentes colunas como atributos, já que enquanto alguns descritores podem ser utilizados de maneira mais genérica, cobrindo tipos ou classes, outros se aplicam a espécies de objetos.

Critério	Atributos	Descritores de áudio
dinâmica	duração: curto, formado, longo; nível dinâmico: <i>pp</i> a <i>ff</i> ; formas dinâmicas: choque, ressonância, perfis (5 classes), plano, nulo.	<i>onset-offset</i> ; estatísticas da curva rms; assimetria do centróide espectral; região espectral; gênero de ataque.
perfil de ataque	gênero: abrupto, sólido, suave, macio, gentil, estressado, nulo.	estatísticas de perfil de ataque; dados de grãos iterativos e <i>allure</i> .
massa / timbre harmônico	classe: tônico, canelado, grupo nodal, região nodal: grave, médio, agudo. gênero/espécie: cheio/oco/estreito, rico/pobre.	dados/estatística de picos espectrais e centróides espectrais.
perfis melódico e de massa	densidade da informação: fraca, média, forte; tipo: flutuação, evolução, modulação.	dados e estatísticas de picos espectrais; dados de <i>allure</i> e centróide espectral.
grão	tipo: iterativo, fino (fricção ou ressonância); densidade: áspero, fosco, liso.	estatísticas de grãos finos e iterativos.
<i>allure</i>	intensidade: fraco, médio, forte; gênero: regular, progressivo, irregular, etc.	dados de <i>allure</i> .

Tabela 4: correlações entre os critérios de Schaeffer e os descritores de áudio de baixo nível.

A Figura 38 mostra o *layout* atual da tela principal da ferramenta programada. Na parte superior, da esquerda para a direita, temos: a) visualização e regulagem do nível do ruído de fundo; b) janela para visualização do perfil de ataque; c) escolha dos descritores a serem visualizados na janela maior; d) opções para regular duração da janela maior, visualização de ataques, allures e grãos iterativos, escolha da visualização da distribuição espectral. A maior parte da tela é ocupada pela janela principal, que pode ser ajustada dinamicamente para diferentes quantidades de descritores. Do lado direito temos controles da escala vertical da maioria dos descritores, e uma visualização em forma de partitura dos picos espectrais mais proeminentes.

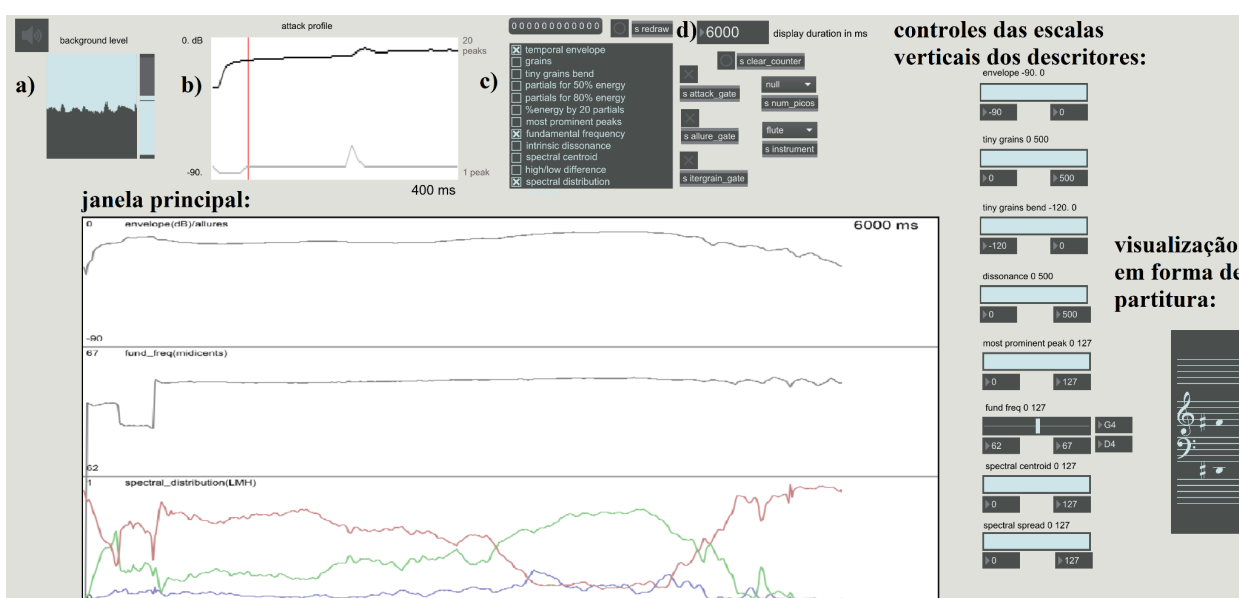


Figura 38: *Layout* da tela principal da ferramenta de *feedback* visual.

Encerramos assim a primeira parte dessa tese, onde apresentamos as principais características acústicas da flauta, suas representações gráficas, as diversas sonoridades exploradas especialmente no repertório contemporâneo, a associação dos critérios tipo-morfológicos de Schaeffer com tais sonoridades e a elaboração de uma ferramenta de *feedback* visual para o aprimoramento sonoro dos flautistas. Na segunda parte da tese apresentamos o lado prático do nosso trabalho, ou seja, a utilização da ferramenta de *feedback* visual na performance da flauta e sua contribuição na preparação e criação de peças contemporâneas.

PARTE 2: APLICAÇÕES

A segunda parte deste trabalho apresenta as aplicações práticas daquilo que vimos até aqui, ou seja, a utilização de nossa ferramenta de *feedback* visual na realidade musical dos flautistas e seu potencial pedagógico. Além disso, as representações conceituais e acústicas das sonoridades da flauta, apresentadas na primeira parte da tese, nos possibilitam um olhar criativo que será explorado nos capítulos seguintes.

Assim sendo, o capítulo 4 apresenta a utilização de nossa ferramenta programada em Max na preparação performática de obras escritas para o Festival *Escuta Aqui!* (2020 - 2021), ou seja, a aplicabilidade dos recursos dessa ferramenta para trabalhar aspectos técnicos das sonoridades da flauta em trechos escolhidos das peças. Apresentamos também no capítulo 4 um relato de experiência com uma turma de bacharelado em flauta sobre a aplicação da ferramenta em suas rotinas de estudo. Por fim, dedicamos o capítulo 5 à apresentação de algumas criações próprias que exploram, de maneira artística, todo o conteúdo desta tese.

Acreditamos que esta pesquisa é um bom exemplo do encontro da performance com a sonologia, e vem sendo divulgado em eventos nacionais (Anppom³²) e internacionais (*FluteXpansions Sonic Immersion*³³, *Dialogues-Analysis and Performance*³⁴, Congresso IberoAmericano de Acústica³⁵), com significativa repercussão.

³² Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música: <https://anppom.org.br/>

³³ <https://www.flutexpansions.com/sonicimmersion>

³⁴ <https://www.music.utoronto.ca/DialoguesConference2021/>

³⁵ FIA

4. Feedback visual em tempo real para aprimoramento sonoro

Selecionamos alguns trechos das peças escritas para flauta solo e estreadas pelo autor deste trabalho entre os anos de 2020 e 2021 como parte da programação artística do Festival *Escuta Aqui!*. A seguir, apresentaremos as informações referentes à criação deste festival e logo depois serão apresentados alguns exemplos de aplicabilidade da nossa ferramenta interativa na solução de dificuldades técnicas dos trechos selecionados.

4.1 Festival Escuta Aqui!

O Festival *Escuta Aqui!* surgiu no início do ano de 2020 tendo como organizadores os compositores Levy Oliveira e Rafael Godoi, a violinista Sofia Leandro, o percussionista Bruno Santos e o flautista autor deste trabalho. A proposta inicial foi criar uma chamada de obras para trio de flauta, violino e percussão, onde alunos dos cursos de composição das universidades brasileiras teriam suas peças estreadas em um concerto ao vivo pelos intérpretes/organizadores do festival. No entanto, com a disseminação do vírus da Covid-19 e as medidas de isolamento social, mudamos nossa proposta para um festival 100% *online*.

A chamada do nosso festival continuou sendo direcionada aos alunos de composição dos cursos de Graduação em Música do Brasil, mas as obras deveriam ser para flauta, violino e percussão solo, ou duo de violino e percussão. Nas edições realizadas no ano de 2021 conseguimos, através de intérpretes colaboradores, ampliar a instrumentação do festival. Deste modo, além da instrumentação inicial, realizamos chamadas de obras para piano, violão e saxofone solo, e duo de piano e percussão.

Desde o início da concepção do festival a ideia principal foi criar a oportunidade dos alunos de composição terem suas peças estreadas por músicos profissionais. Com a versão online do festival, as peças foram estreadas através de gravações audiovisuais transmitidas em um concerto de encerramento na plataforma do *YouTube*. A outra ponta na concepção do festival foi criar um ambiente didático onde os alunos pudessem discutir suas peças e receber *feedbacks* dos intérpretes e de compositores convidados. Em todas as edições realizadas até hoje, os alunos selecionados participaram de uma sessão com os intérpretes sobre aspectos performáticos de suas peças e outra sessão

sobre aspectos técnicos com os compositores convidados. Através dessas masterclasses, os alunos compositores tiveram a oportunidade de fazer revisões em suas obras, devolver aos intérpretes e ter suas versões finais executadas no concerto de encerramento.

Neste ano de 2023 teremos a primeira edição do festival 100% presencial que será realizado na cidade de Vitória/ES entre os dias 13 e 15 de setembro. Como convidados teremos os compositores Felipe de Almeida Ribeiro (Embap) e Paul Rudy (University of Missouri), o flautista Antônio Carlos Guimarães (UFSJ), o saxofonista Robson Saquett (UFMG), o Duo Sofia Leandro e Bruno Santos (violino e percussão - UFSJ) e o Vix Ensemble (FAMES), grupo formado por Levy Oliveira (compositor), Rodrigo Frade (flauta), Belquior Guerrero (violão), Paulo Rosa (saxofone) e Fábio Benites (fagote).

4.2 Preparação de obras inéditas: aplicações ao repertório de jovens compositores

A seguir, apresentamos alguns exemplos de aplicabilidade da ferramenta interativa desenvolvida neste trabalho. Utilizamos o *feedback* visual oferecido pela ferramenta para o aprimoramento de aspectos que são explorados em trechos do repertório selecionado: a) perfis de ataque; b) multifônicos, glissandos e bisbigliandos; c) transformações de timbre.

a) Perfis de ataque

Entre os ataques em instrumentos de sopro, a flauta é o que requer mais tempo para o desenvolvimento sonoro. Porém, quando utilizamos diferentes técnicas de ataques (*pizzicato*, *tongue ram* etc.) essa característica pode variar, no que diz respeito ao tempo de evolução do som e conseqüentemente no desenho da curva, ou seja, no perfil de ataque. A Figura 39 mostra os gráficos de 4 perfis de ataques gerados em tempo real por nossa ferramenta: natural, *pizzicato*, *tongue ram* e *jet whistle*³⁶.

³⁶ O vídeo com os ataques sendo tocados e visualizados pela ferramenta pode ser acessado pelo seguinte link: [praticando diferentes ataques](#)

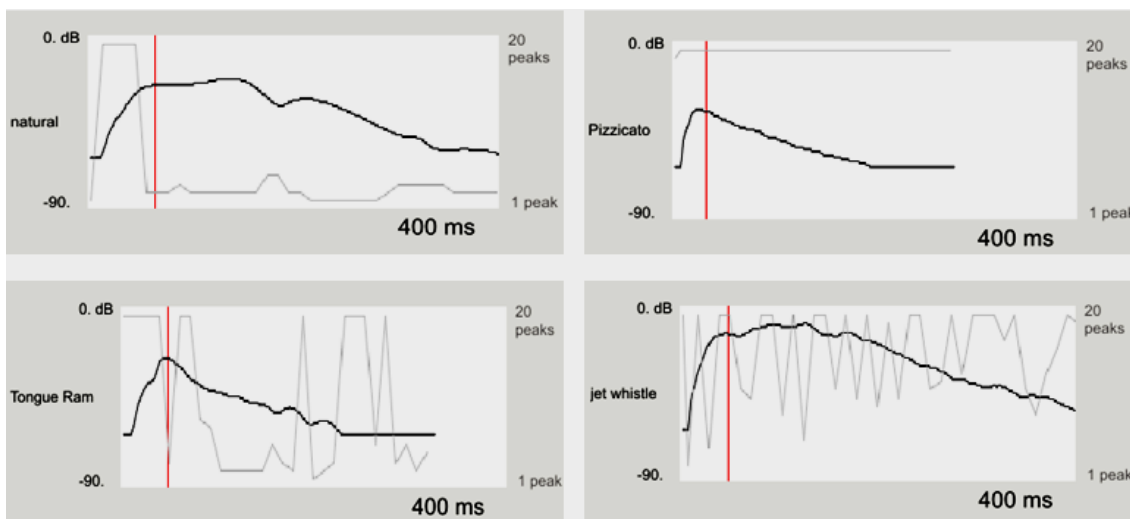


Figura 39: Perfis de ataques presentes nas peças do Festival *Escuta Aqui!*. As linhas em cinza indicam o número de componentes espectrais responsáveis por 80% da energia em cada caso. A linha vertical vermelha indica o primeiro pico do perfil de ataque.

Com relação à execução dos diferentes ataques na flauta, o maior desafio é quando eles aparecem em forma de iteração. Um ataque isolado não é de difícil execução, mas quando o compositor escreve um trecho com várias repetições, sua realização pode se tornar algo problemático. Podemos citar dois tipos básicos de problemas que surgem nessas situações, o primeiro está relacionado com o ato mecânico da repetição (alguns ataques são mais lentos como, por exemplo, o *tongue ram*) e o segundo com a conservação da qualidade e uniformidade do ataque.

Como exemplo de aplicabilidade de nossa ferramenta para trabalhar esses problemas, podemos visualizar os diferentes perfis de ataque em tempo real e trabalhá-los isoladamente (impulsos) ou em forma de repetição, tentando manter uma constância nas curvas geradas pelo programa. Por exemplo, em um trecho com diversos ataques repetidos em *pizzicato*, o flautista pode tocar (aumentando a velocidade progressivamente) e tentar manter um padrão no formato da curva plotada pela ferramenta do Max. Com isso, ele terá mais controle e qualidade no tipo de ataque executado. A Figura 40 mostra dois trechos em *pizzicato* presentes na peça *Six walls by the air window* (2020) de Eduardo Hiroshi, onde cada trecho está em uma dinâmica diferente. Neste caso, também podemos praticar a intensidade do ataque.

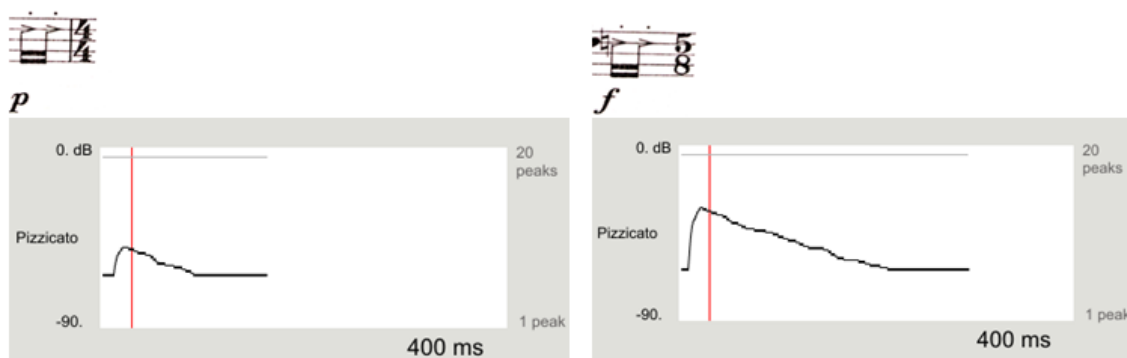


Figura 40: diferença de intensidade na prática de um trecho com *pizzicato* presente na peça *Six walls by the air window* (2020) de Eduardo Hiroshi.

A Figura 41 apresenta outro exemplo de trecho com pizzicato (notado na partitura como *slap tongue*), onde podemos praticar a qualidade e dinâmica do ataque em velocidades variadas (acelerando e ralentando). Durante a sessão de estudo desse trecho³⁷, alguns ataques falharam um pouco (sexto ao oitavo pico), e a ferramenta se fez útil mais uma vez para a visualização e aprimoramento dessa passagem.

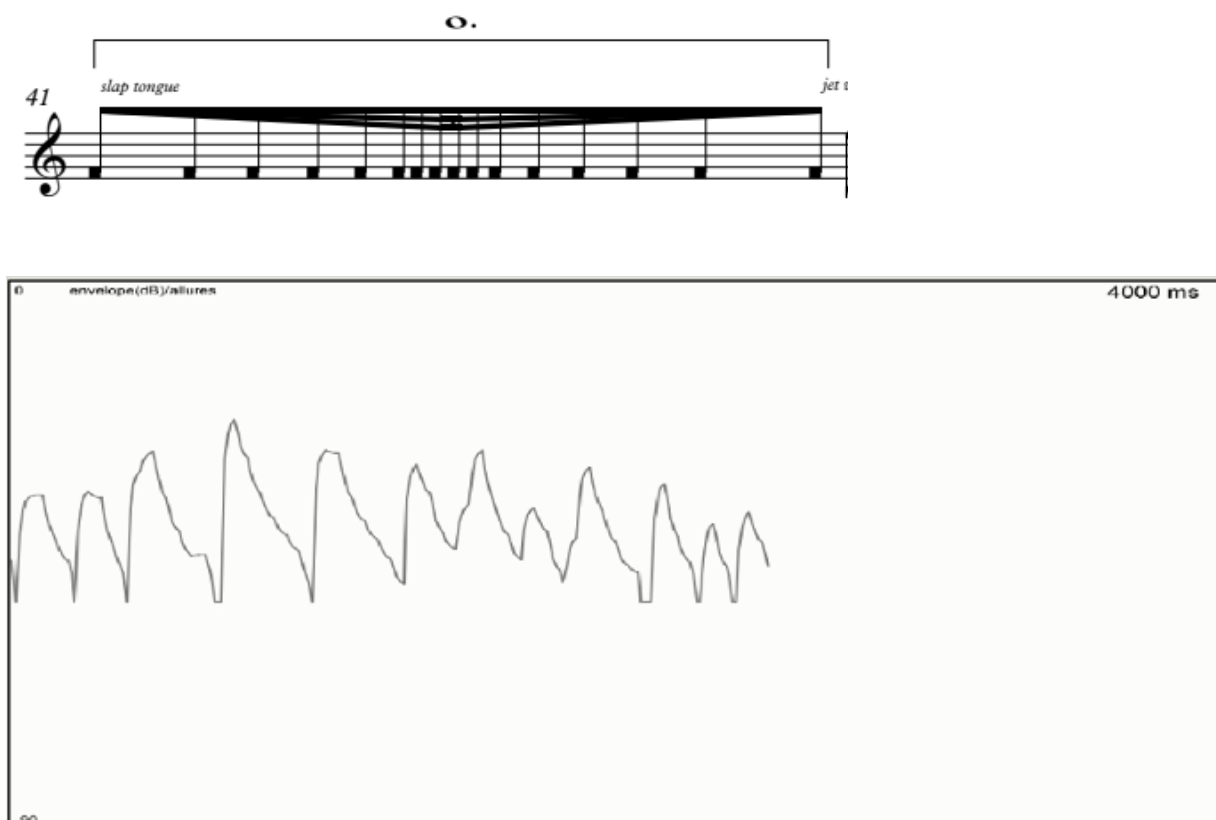


Figura 41: Trecho com ataques em pizzicato presentes na peça *Eutrópia I* (2021) de Vinícius Cesar.

³⁷ O vídeo contendo esse trecho sendo praticado pelo flautista pode ser acessado através do link [praticando pizzicato](#).

Outro tipo de ataque explorado nas peças do festival e que podemos praticar com a ajuda de nossa ferramenta é o ataque natural de uma nota com a batida de chave (*key click*) simultaneamente. Essa técnica foi utilizada pela primeira vez por Edgard Varèse (1883 - 1965) em sua peça *Density 21.5* (1936). A Figura 42 mostra a notação da técnica e a orientação do compositor quanto à sua execução.



*** Notes marked + to be played softly, hitting the keys at the same time to produce a percussive effect.

Figura 42: Notação de Edgard Varèse para a técnica de nota + key click. “Notas marcadas com + para serem tocadas suavemente, batendo as chaves ao mesmo tempo para produzir um efeito percussivo”.

De maneira geral, a dificuldade na execução dessa técnica é fazer a nota soar ao mesmo tempo da batida. Especialmente no grave, a flauta possui um ataque mais atrasado, ou seja, o som demora um pouco para se desenvolver. A Figura 43 mostra a prática dessa técnica através da visualização em tempo real do perfil de ataque. Note-se como os primeiros ataques possuem dois picos (círculos azuis), a batida de chave vem primeiro que o som da nota. Já nos dois últimos ataques o flautista conseguiu sincronizar melhor a produção sonora da nota com a percussão da chave.

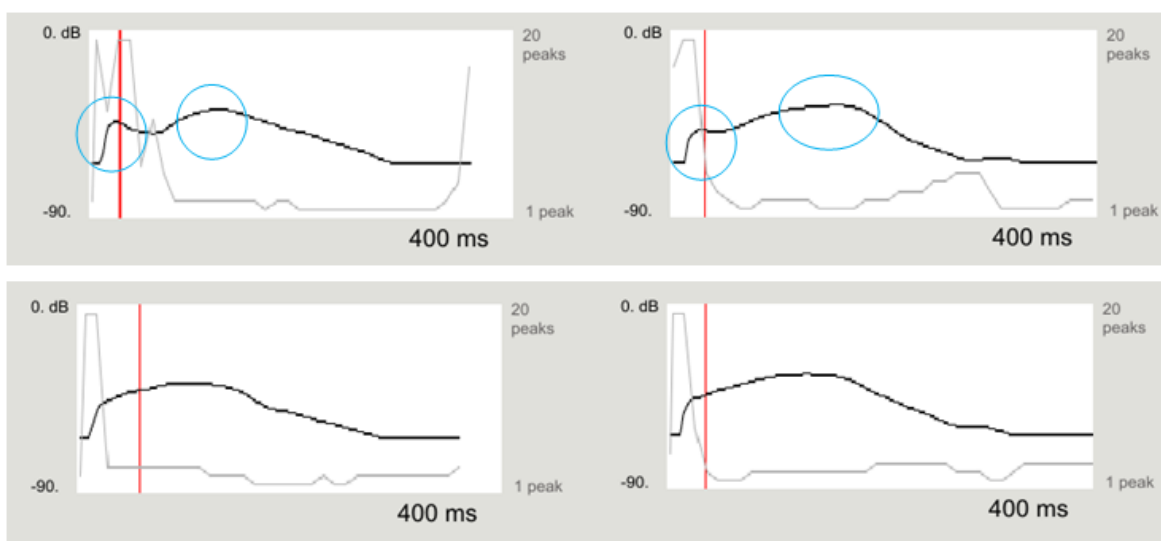


Figura 43: Perfis de ataque de nota + *key click*. Ataques assíncronos demonstrados pelos círculos azuis.

Ainda sobre os ataques, a Figura 44 mostra um trecho onde temos uma grande sequência de sons de chaves e algumas notas de alturas definidas no meio desses sons. Com a visualização do gráfico de envelope/*allures*, podemos praticar a precisão dos ataques e o equilíbrio de intensidade das notas de alturas definidas. Note-se que durante a prática do trecho alguns ataques não foram tão precisos quanto outros e que houve uma grande diferença de dinâmica (perda de energia) no último grupo de notas de alturas definidas³⁸.

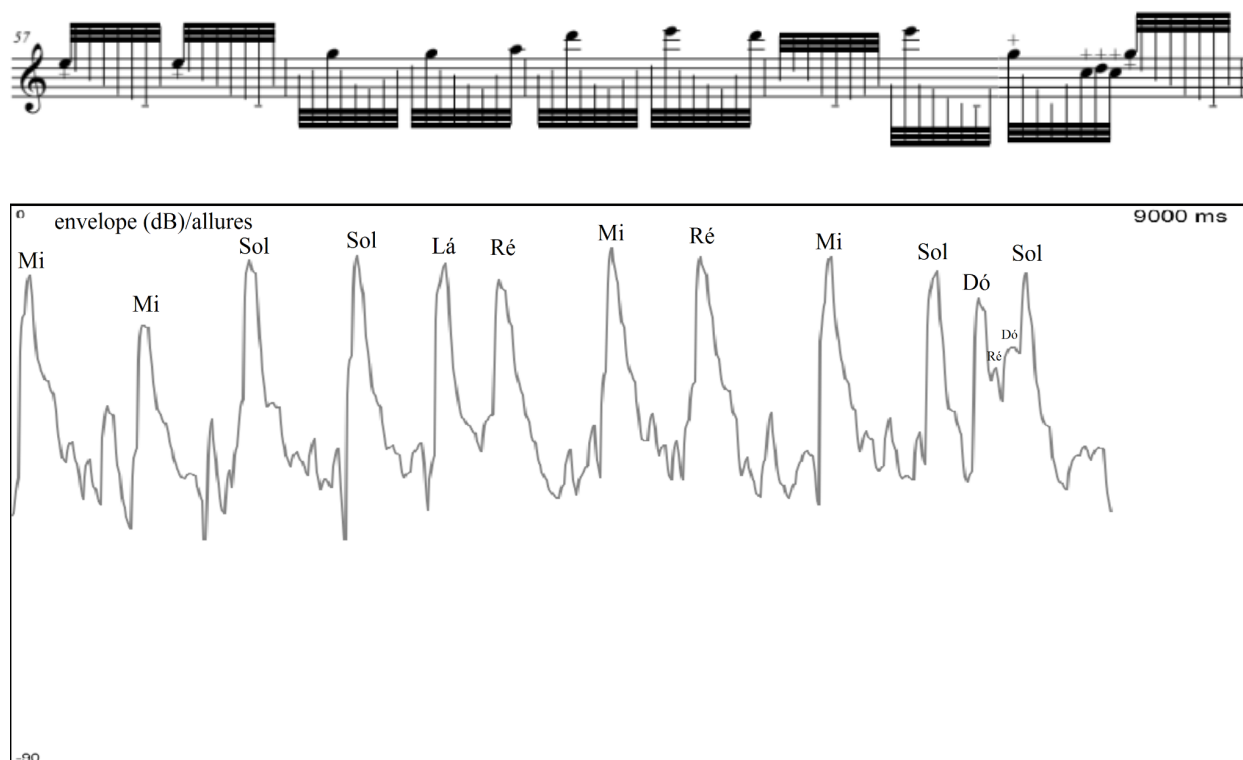


Figura 44: Trecho de sons de chaves com ataques de notas com alturas definidas retirado da peça *Grãos de Pólen* (2020) de Tainá Caldeira. Os nomes das notas foram adicionados à figura para ilustrar a explicação.

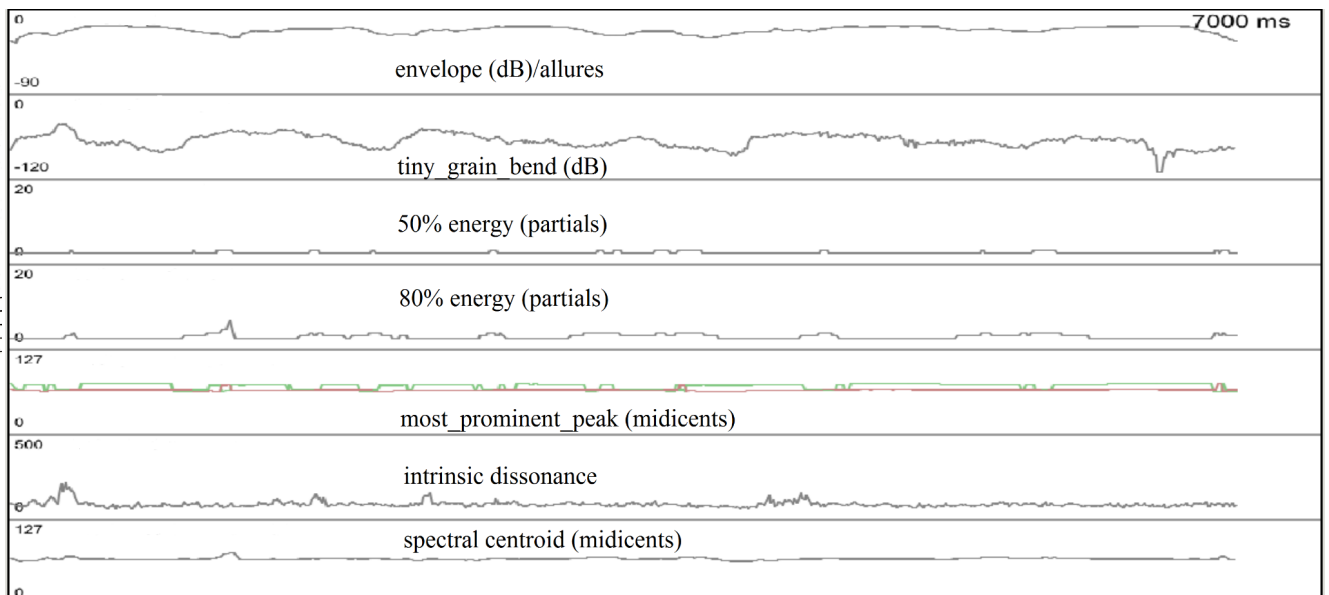
b) Multifônicos, glissandos e bisbigliandos

Em nossa ferramenta de *feedback* visual podemos trabalhar a estabilidade dos multifônicos observando o desenho dos gráficos produzidos em tempo real, além de trabalhar o equilíbrio de intensidade das notas do multifônico. Ao tentar destacar a nota mais grave ou mais aguda do multifônico o flautista pode visualizar a mudança nos gráficos (*most prominent peak*) e conseqüentemente trabalhar a flexibilidade da embocadura, aspecto fundamental para a execução dessa técnica.

³⁸ A gravação do trecho pode ser visualizada no link [sons de chaves - estudos](#)

A Figura 45 (a e b) mostra dois conjuntos de gráficos, o primeiro um multifônico instável e abaixo dele o mesmo multifônico estável, ambos retirados de uma das peças do Festival *Escuta Aqui!*. No segundo conjunto de gráficos, é possível observar uma ênfase maior à nota aguda (gráfico do pico proeminente), talvez pela facilidade de estabilizar o multifônico desta forma, deixando a nota aguda soar um pouco mais que nota a grave. Vale ressaltar que, em algumas vezes, a instabilidade de um multifônico é justamente o efeito sonoro que o compositor deseja. Nossa intenção aqui não é estabelecer uma maneira certa de se tocar qualquer tipo de técnica, mas de auxiliar os flautistas a desenvolverem o controle sonoro dessas técnicas durante a performance.

a)



b)

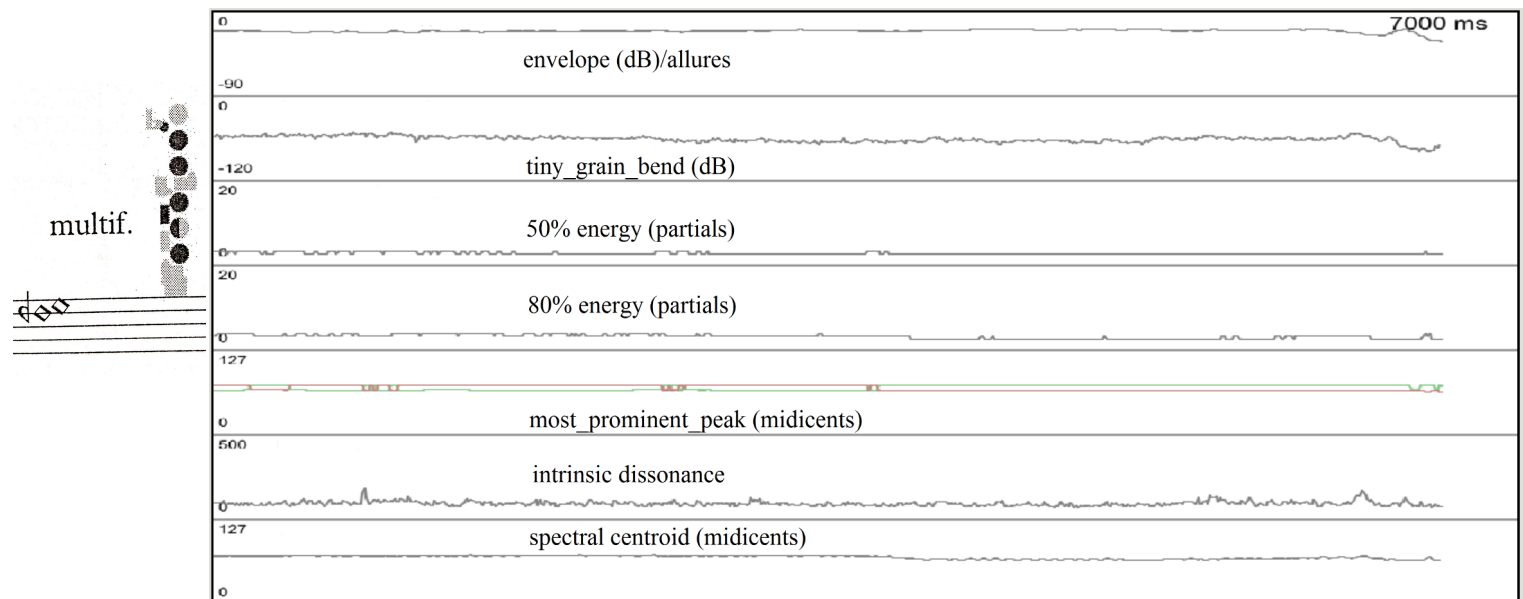


Figura 45: : Multifônico com as notas Ré 5 e Mi 5, a) instável, b) estável. A diferença de estabilidade pode ser vista em todas as linhas dos gráficos. O trecho foi retirado da peça *Espelho côncavo sobre o vento* (2020) de Vinicius Baldaia.

Outro exemplo de trecho com multifônico, dessa vez conectado a uma frase, é apresentado na Figura 46. Através dos gráficos de envelope, grãos e distribuição espectral, podemos trabalhar com atenção as dinâmicas da frase e a transição para o multifônico. Uma das principais dificuldades dessa passagem - extraída da peça *Espelho côncavo sobre o vento* (2020) de Vinicius Baldaia - está nas dinâmicas *f* nas notas graves da flauta e na dinâmica *pp súbito* logo na chegada do multifônico.

Podemos observar no gráfico de envelope que os crescendos foram bem executados assim como o *pp súbito* seguido do *crescendo* e *decrescendo*. As curvas dos grãos finos apresentam certa estabilidade na chegada do multifônico. A distribuição espectral nos mostra o aumento de harmônicos agudos ao fazer a dinâmica *f* nas notas graves e a mesclagem dos traços na chegada do multifônico. Tais detalhes auxiliam na compreensão e controle do som durante o trecho assim como influenciam na concepção de fraseado, ou seja, mesmo com variações bruscas de dinâmica podemos trabalhar a conexão do início ao fim da passagem.

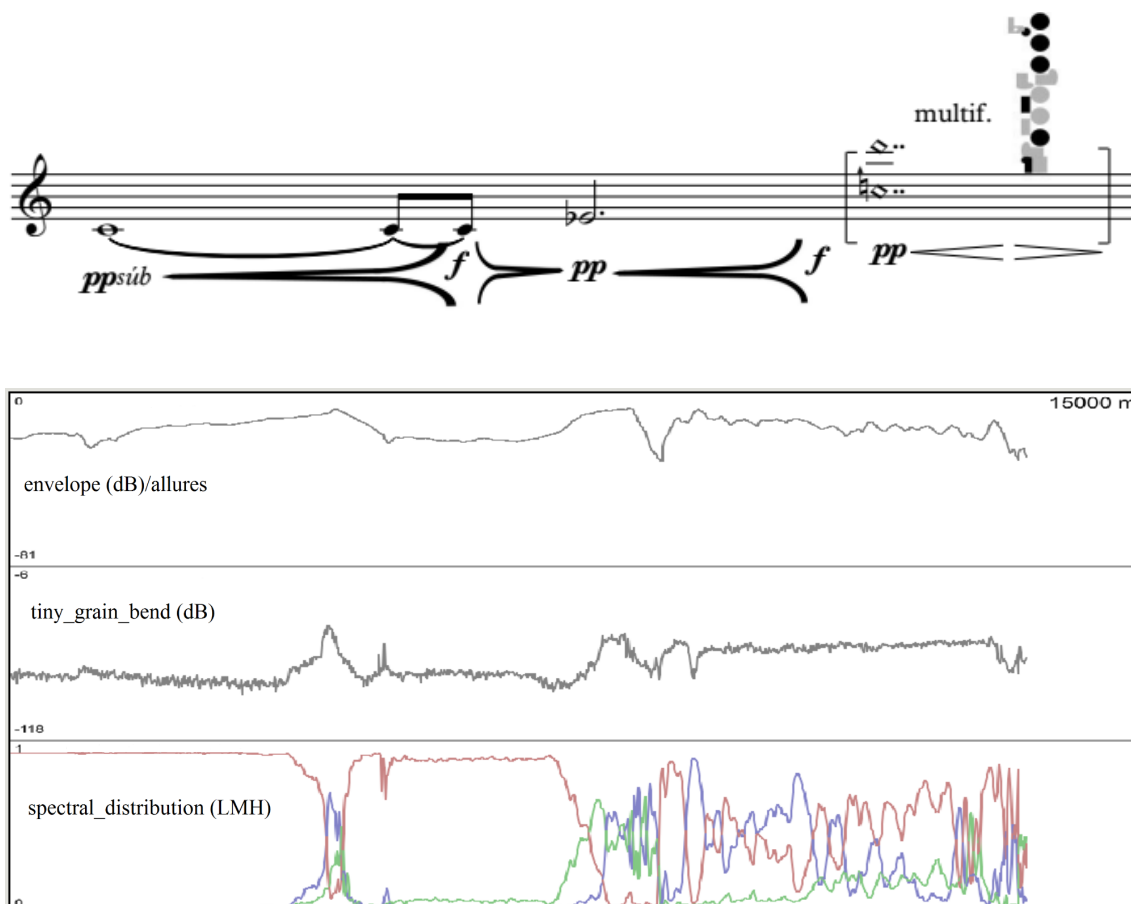


Figura 46: Exemplo de frase musical conectada a um multifônico. Trecho da peça *Espelho côncavo sobre o vento* (2020) de Vinicius Baldaia. As cores das linhas (vermelho, verde, azul) do gráfico de distribuição espectral representam as regiões espectrais grave, média e aguda da flauta, respectivamente.

Outra técnica que podemos praticar com a ajuda de nossa ferramenta é o glissando. Como dito na seção 1.3.3, existem algumas maneiras de se realizar essa técnica, seja pela embocadura ou através do deslizamento dos dedos nas flautas com chaves abertas. Aqui, mostraremos o uso de nossa ferramenta na prática do glissando de embocadura.

A Figura 47 mostra um trecho retirado das peças do festival, onde o compositor indica a nota real e a outra nota que o flautista deve alcançar com o glissando. Como uma forma de praticar a chegada do glissando à nota indicada como “destino final”, podemos tocar primeiro as duas notas, separadamente, para ter uma ideia da distância que deve percorrer. Em seguida, executamos o glissando e tentamos chegar ao destino indicado pelo compositor.

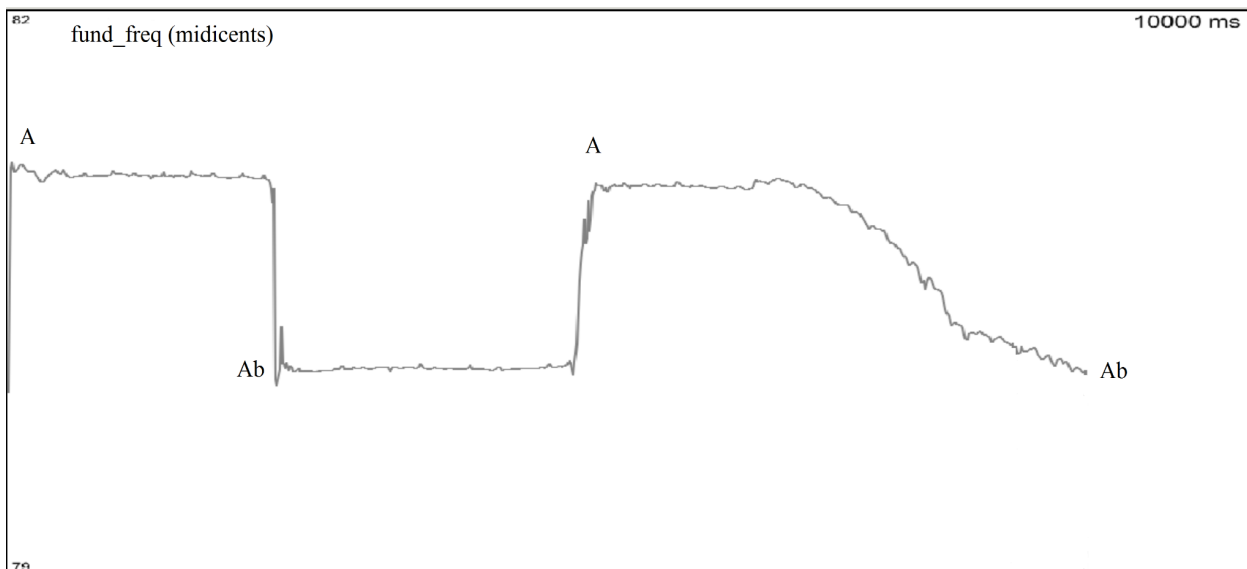
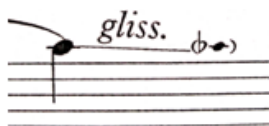


Figura 47: *Feedback* visual para prática de glissando. Cifras adicionadas separadamente para contextualizar a explicação de funcionamento da prática aqui exposta. Trecho da peça *Espelho côncavo sobre o vento* (2020) de Vinicius Baldaia.

Também podemos praticar os trinados de timbres ou *bisbigliandos* através da ferramenta de *feedback* visual. A Figura 48 mostra um trecho onde temos uma nota em bisbigliando com variação de tempo e dinâmica. Através da visualização dos gráficos de envelope e frequência fundamental, podemos praticar todas essas nuances escritas pelo compositor. Note-se como o gráfico superior decresce (indicando decrescendo de dinâmica) e o gráfico inferior mostra a variação de altura da nota em bisbigliando e uma pequena queda de afinação que vai do início ao final do trecho. Tais detalhes são exemplos de aplicabilidade da ferramenta no aprimoramento dos materiais sonoros explorados durante essa peça.

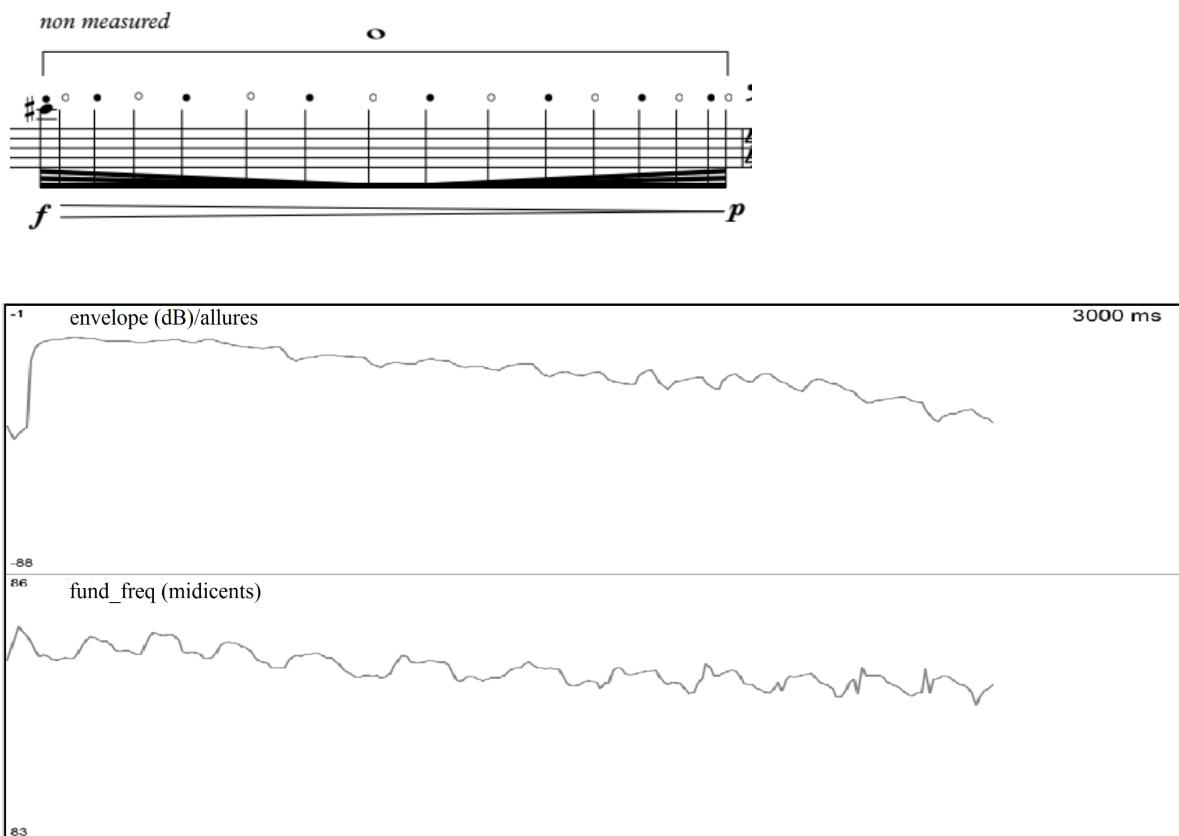


Figura 48: Nota em bisbigliando presente na peça *Eutrópia I* (2021) de Vinícius Cesar.

c) Transformações de timbre

É comum encontrarmos passagens no repertório contemporâneo para flauta com transformações de timbre, por exemplo, quando uma nota natural longa se transforma em *frullato* ou som eólico. Para trabalhar essas transformações, podemos usar a ferramenta do Max para desenvolver a organicidade nas mudanças de timbre entre variados sons.

Os primeiro exemplos de aplicabilidade da ferramenta para trabalhar aspectos das transformações sonoras serão com notas longas presentes nas peças exploradas neste capítulo. Em seguida mostraremos a aplicação em transformações maiores, como em algumas frases, transições de notas e timbres.

A Figura 49 mostra uma transformação utilizada no final da peça *Espelho côncavo sobre o vento* (2020) de Vinícius Baldaia. Essa nota merece uma atenção especial, pois surge para articular uma importante seção da obra, onde o compositor finaliza a “re-exposição” do material da primeira parte e apresenta uma espécie de *coda*. Por mais que não seja uma transformação tão difícil de se realizar, é importante prezarmos por

uma organicidade na mudança de timbre e dinâmica, aspectos que podemos trabalhar visualizando as curvas de envelope/*allures* e grãos finos.

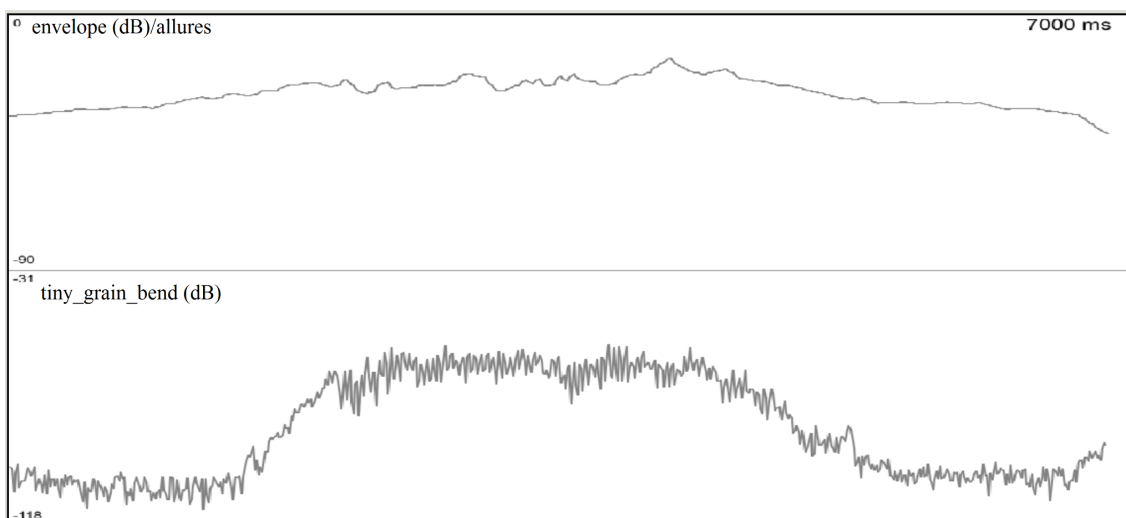
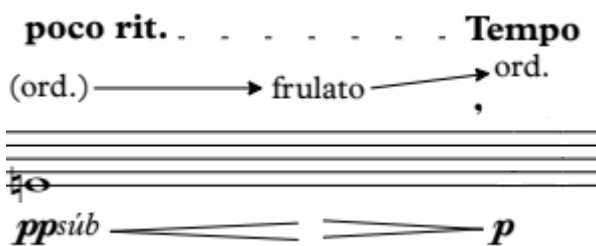


Figura 49: Transformação entre som natural e frullato. Trecho da peça *Espelho côncavo sobre o vento* (2020) de Vinicius Baldaia.

A transformação de som natural para eólico foi a técnica mais utilizada pelos alunos compositores do Festival *Escuta Aqui!*, talvez por trazer à tona, de maneira criativa, essa característica intrínseca da flauta que é o ar. Os próximos dois exemplos são de transformações desse tipo, onde uma das maiores dificuldades é “montagem e desmontagem” da embocadura, aspecto que exige flexibilidade dos lábios e nem sempre o resultado sonoro é tão fluido como gostaríamos. Desta forma, a visualização de detalhes do som nos ajuda a aprimorar essas mudanças.

Na Figura 50 podemos visualizar a transformação gradual nas primeira (grãos) e quarta linhas (distribuição espectral³⁹); e também a instabilidade do espectro a partir da chegada ao som eólico, visíveis nas segunda e terceira linhas (número de picos vs

³⁹ As cores das linhas (vermelho, verde, azul) representam as regiões espectrais grave, média e aguda da flauta, respectivamente. Estes registros estão demarcados pelas três oitavas da flauta, conforme explicado anteriormente.

energia). O trecho foi retirado da peça *Emaranhado de arame farpado* (2021) de Lucas Quínamo.

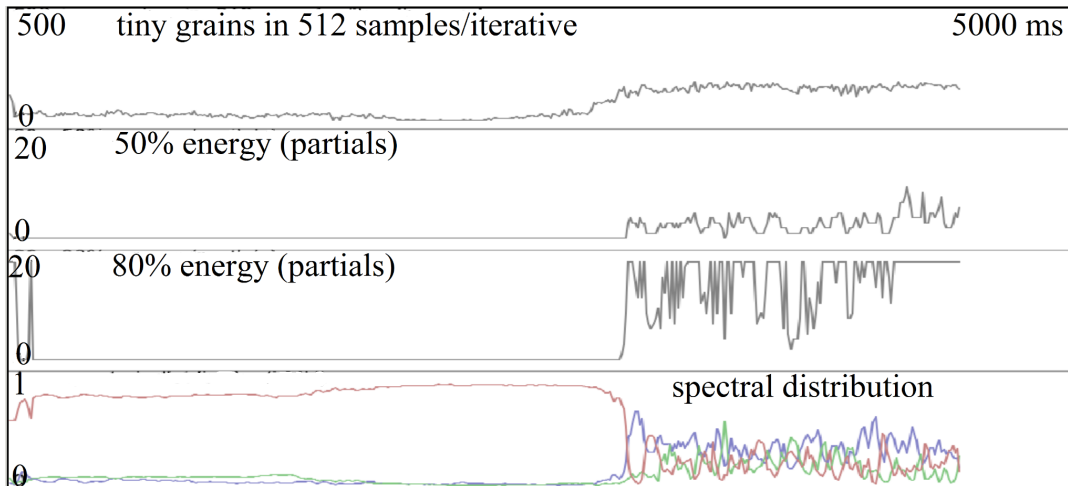


Figura 50: Transformação da nota Si 4 de som natural para som eólico. Trecho da peça *Emaranhado de arame farpado* (2021) de Lucas Quínamo.

O caminho inverso dessa transformação é apresentado na Figura 51, ou seja, som eólico para som natural. O trecho foi retirado da peça *Barão Geraldo calling for the underworld* (2021) de Tales Botechia. Através dos gráficos deste exemplo podemos observar que a transformação foi menos gradual que na figura anterior. Como dito anteriormente, isso se dá pelo difícil ajuste de embocadura na transição entre esses sons, especialmente quando ocorrem do eólico para natural e na região grave, onde a flauta normalmente possui pouco som. A visualização dos gráficos dessa transformação sonora nos mostram em detalhes a dificuldade do trecho escolhido e se define como uma ótima oportunidade para praticarmos a flexibilidade de embocadura e mudança gradual de timbre exigida nesta passagem.

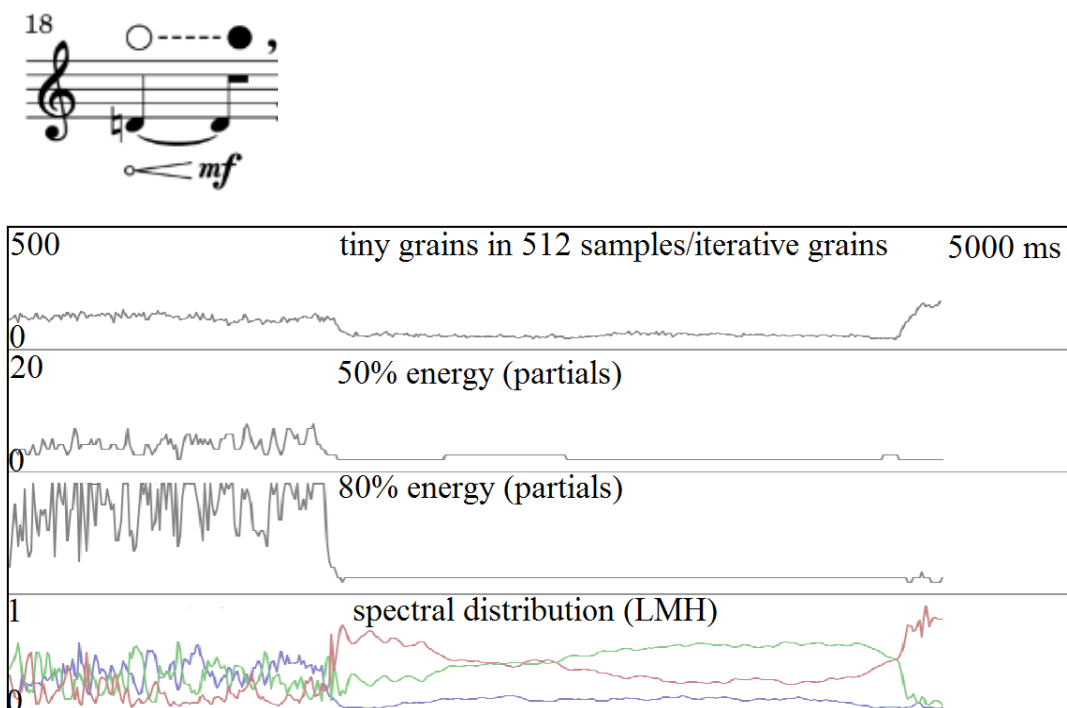


Figura 51: Transformação da nota Ré 4 de som eólico para som natural. Trecho da peça *Barão Geraldo calling for the underworld* (2021) de Tales Botechia.

Ainda sobre as transformações com sons eólicos, mostraremos agora um trecho onde temos a nota Sol 4 em som eólico, passa para ruído de chave, volta para som eólico e se transforma em som natural. A dificuldade desse trecho - extraído de *Grãos de Pólen* (2020) de Tainá Caldeira - está no equilíbrio dos diferentes sons (de acordo com as dinâmicas escritas pela compositora) e na transição gradual entre as sonoridades.

A Figura 52 nos mostra os gráficos de envelope e grãos finos onde tentamos realizar os detalhes mencionados acima. É interessante observar como a ferramenta nos ajuda a pensar menos verticalmente (pulsação marcada) e mais horizontalmente (construção de longas frases), aspectos importantes para conectar gestos musicais dentro da peça. Os crescendos são acompanhados pelo aumento dos grãos no início da frase, os ruídos de chaves surgem sem quebrar a ideia de conexão e no último crescendo o gráfico de grãos desce e o gráfico de envelope sobe, demonstrando a transição do som eólico para o natural.

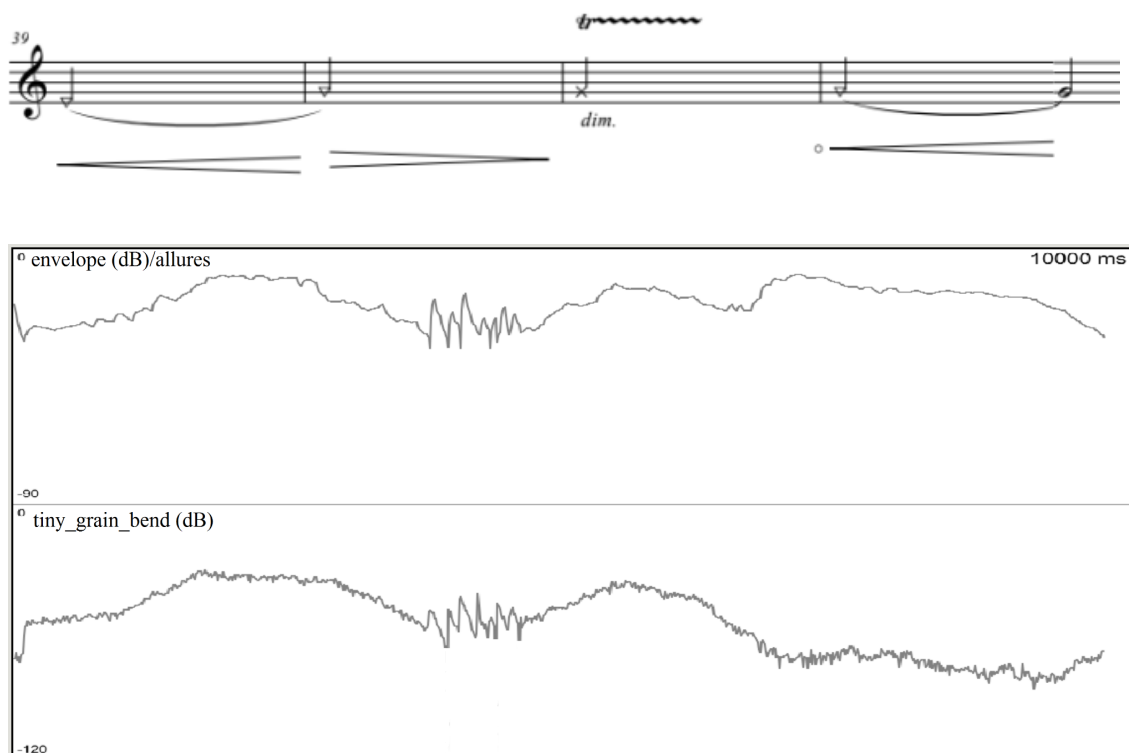


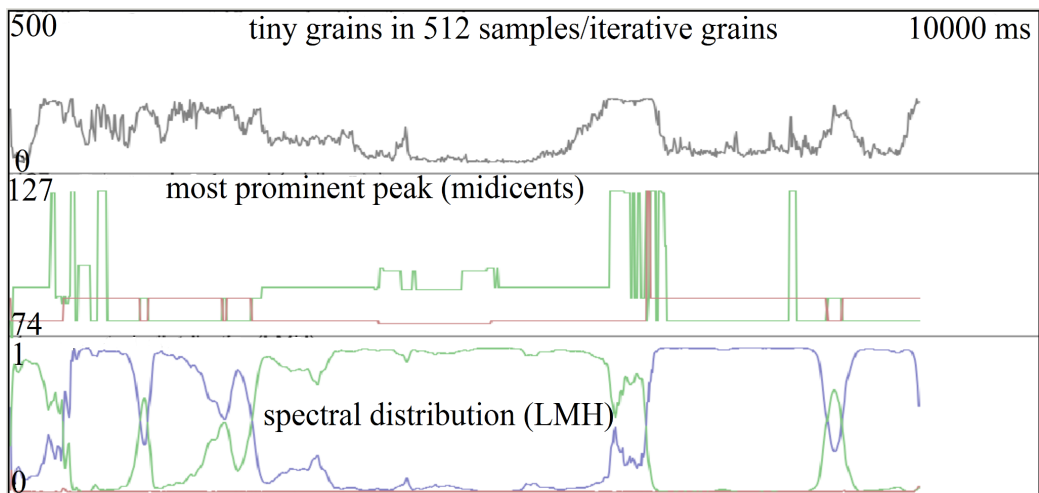
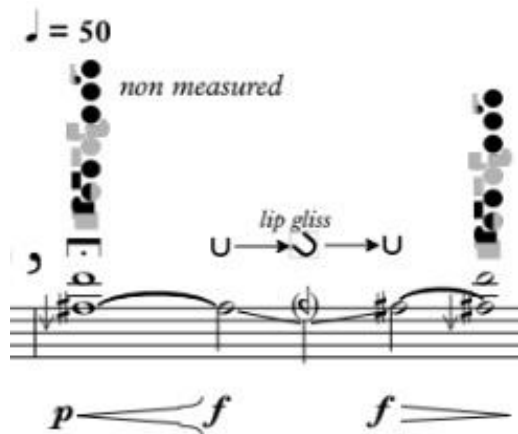
Figura 52: Trecho com transformações entre som eólico, ruídos de chaves e som natural. Trecho da peça *Grãos de Pólen* (2020) de Tainá Caldeira.

A Figura 53 (a e b) nos mostra os gráficos de uma transformação bem mais complexa, entre notas e técnicas diferentes: um multifônico com as notas Fá#5 (base) e Ré 6 (topo), se transforma em Fá# em glissando e volta a ser multifônico. Esse trecho faz parte da peça *Eutrópia I* (2021) de Vinícius Cesar, uma das peças mais desafiadoras escritas para o Festival *Escuta Aqui!* até o momento.

O primeiro desafio desse trecho está no multifônico escolhido pelo compositor que é de difícil emissão, isso o torna quase sempre instável e flutuante. A dinâmica que segue a transformação do multifônico para a nota Fá# é um crescendo de *p* para *f*, porém a nota Fá# não é tocada em seu dedilhado original e sim pelo dedilhado do multifônico que não suporta muito ar, dificultando o crescendo. Em seguida temos o glissando e o retorno ao multifônico.

Podemos visualizar as mudanças das sonoridades através dos gráficos de grãos e distribuição espectral na Figura 53a. A Figura 53b mostra uma janela em que as notas dos multifônicos são visualizadas em tempo real. Com essas visualizações podemos praticar a estabilidade do multifônico, transição menos abrupta possível para a nota Fá#, foco do som nessa nota (diminuição no gráfico de grãos) durante o glissando e transição ao multifônico novamente.

a)



b)



Figura 53: a) Gráficos do multifônico F \sharp 5 (base) e Ré 6 (topo) se transformando em F \sharp em glissando e voltando a ser multifônico. b) janela de visualização das notas do multifônico em tempo real. Trecho retirado da peça *Eutrópia I* (2021) de Vinícius Cesar.

A próxima transformação sonora combina as técnicas de *frullato* e som eólico e é apresentada na Figura 54. A frase faz parte da peça *Emaranhado de arame farpado* (2021) de Lucas Quínamo que, apesar do título, é um momento bem calmo da peça tendo a indicação “oscilante e fantasmagórico”. Aqui temos a oportunidade de praticar as transições com grande apreço à mudança gradual de timbre e menos agressiva possível. No trajeto até a primeira fermata, os gráficos de envelope e grãos fazem movimentos contrários (enquanto um desce o outro sobe), mostrando que houve diminuição da dinâmica e transição para o som eólico. A distribuição espectral nos mostra no início da frase a linha vermelha (harmônicos graves em evidência) contribuindo para um som mais escuro, sem brilho e “fantasmagórico”.

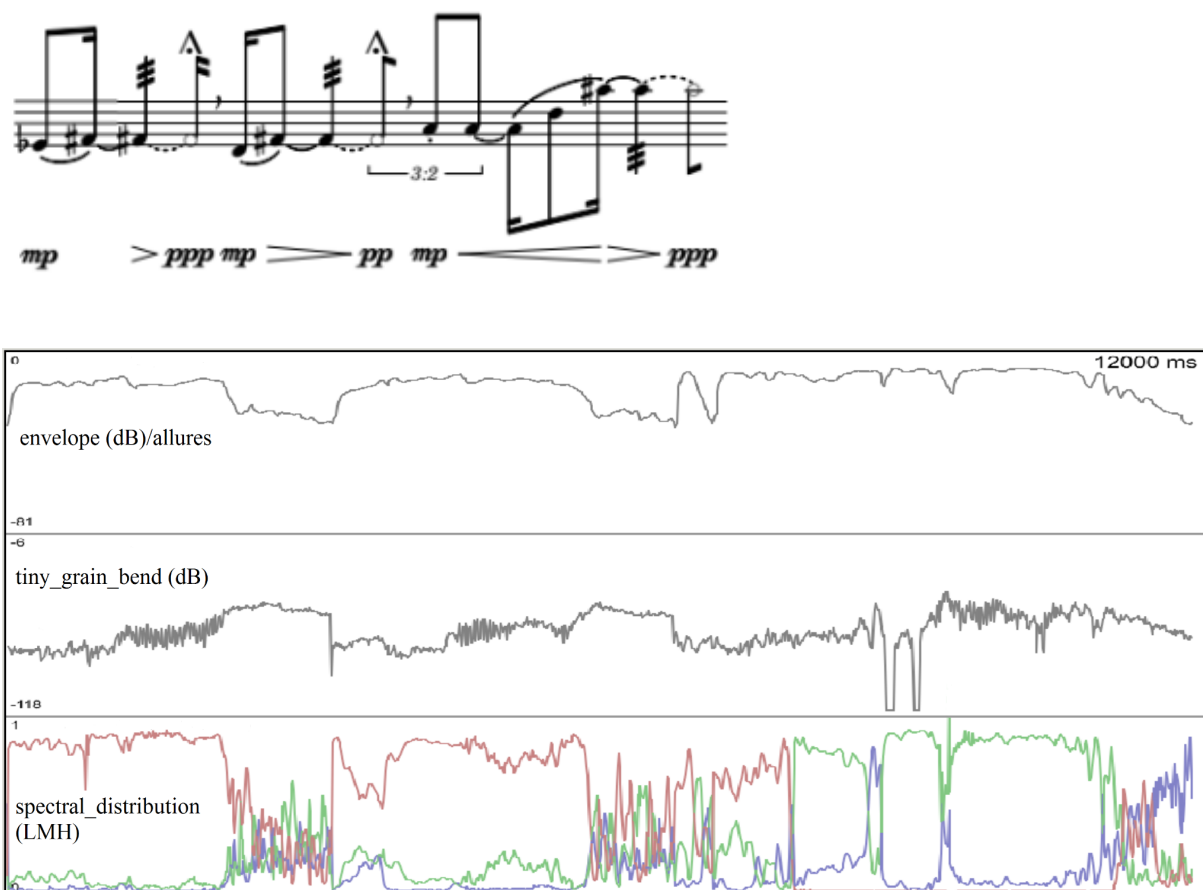


Figura 54: Frase com transformações de som eólico e *frullato*. Trecho da peça *Emaranhado de arame farpado* (2021) de Lucas Quínamo. Gráficos de envelope, grãos e distribuição espectral mostram a mudança gradual de timbre da frase musical.

De maneira geral, a preparação de peças contemporâneas exige um cuidado extra no entendimento dos símbolos da partitura e das intenções do compositor em relação aos gestos e frases musicais. Apesar da escrita detalhista (característica deste estilo), a

compreensão de informações ligadas ao comportamento de parâmetros acústicos das sonoridades se torna fundamental para a performance das peças.

Como podemos observar nos exemplos desta seção, as peças escritas para o Festival *Escuta Aqui!* exploram inúmeras nuances sonoras que são desafiadoras para o intérprete. Um dos desafios dessas peças é a construção de frases sem perder a conexão entre as notas, desafio que se intensifica quando lidamos com transformações sonoras e mudanças radicais de dinâmicas. Sendo assim, a conexão entre as frases durante a performance se torna tão importante quanto as técnicas em si, pois um gesto musical sem direção se torna vazio e incomunicável.

A utilização de nossa ferramenta de *feedback* visual nos proporciona recursos não só para o aprimoramento de efeitos sonoros isolados como também para o estudo de frases maiores. Após aprimorar um som isolado (um multifônico, por exemplo), podemos praticar a frase em que esse som está inserido, como foi feito na Figura 46, colaborando para o aprimoramento do som em si e sua contextualização musical dentro da frase.

A distribuição espectral é outro recurso eficaz que serve como uma espécie de guia de controle de timbre nas mais diversas situações. Além disso, os desenhos coloridos das curvas o caracteriza como um descritor mais simples de se interpretar em comparação aos espectrogramas tradicionais.

Veremos a seguir - através do relato de experiência com uma turma de graduação - que a utilização da ferramenta auxilia no controle de técnicas básicas da flauta como, por exemplo, o vibrato. De maneira geral, o estudo de aspectos ligados ao controle do som não serve para se construir uma ideia engessada sobre “maneiras corretas de se tocar flauta”, pelo contrário, serve para adquirirmos flexibilidade técnica e musical. Um flautista só consegue variar seu som se ele souber controlá-lo, isso o torna versátil para colocar em prática suas ideias e as dos compositores durante a performance.

4.3 Relato de experiência com uma turma de graduação

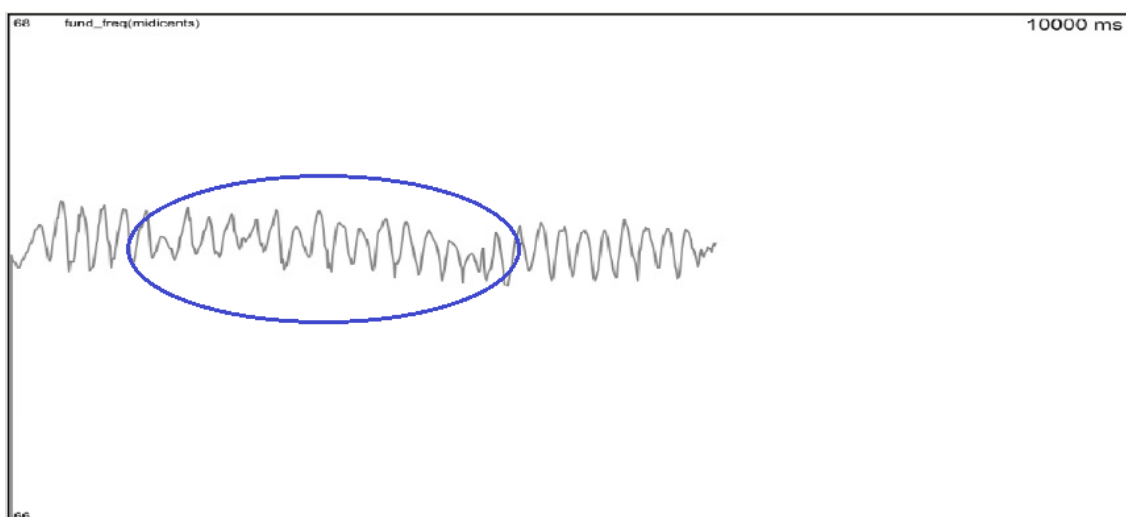
No primeiro semestre de 2022 ofertei uma disciplina intitulada "O uso de descritores de áudio na prática da flauta" para o curso de bacharelado em Música da UFMG, instituição em que atuei como professor substituto de agosto de 2021 a julho de 2022.

A disciplina teve como objetivo apresentar aos alunos de flauta a ferramenta em Max desenvolvida durante o meu doutorado e experimentar seus recursos na prática de estudos da flauta.

As primeiras aulas foram dedicadas à apresentação dos recursos disponíveis pela ferramenta. Foram dados alguns exemplos de como trabalhar sonoridades exploradas no repertório contemporâneo e também algumas técnicas que são inerentes ao estudo do instrumento, independente do período da história da música. Desta forma, foram apresentados os recursos para trabalhar não apenas diferentes ataques, multifônicos, sons eólicos e glissandos, mas também para trabalhar equilíbrio de dinâmica, sustentação do som, finalização de notas e vibrato.

A Figura 55 (a e b), por exemplo, mostra a variação de frequência da nota Sol 4, com vibrato, tocada por um dos alunos da disciplina. Com a visualização do gráfico de frequência fundamental, o aluno pôde observar o desenho das curvas e ajustar a regularidade do vibrato entre a primeira e a segunda gravação. Os círculos mostram as regiões que tiveram maior contraste com relação à regularidade do vibrato.

a)



b)

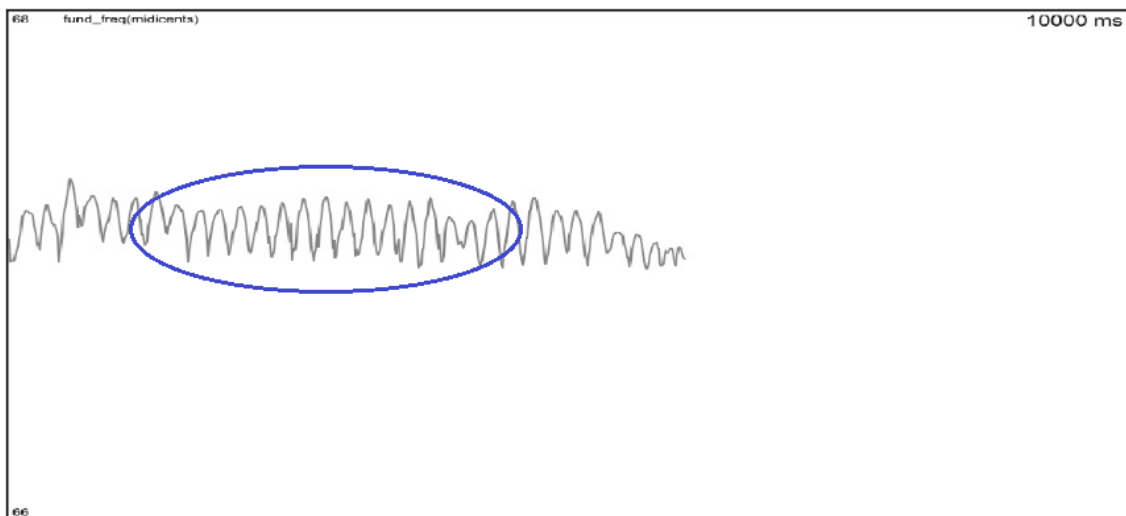


Figura 55: Gráficos de frequência fundamental medidos em *midicents* com janela de 10000 ms. Os círculos azuis mostram as regiões contrastantes com relação à regularidade do vibrato entre as duas gravações (a e b) da nota Sol 4.

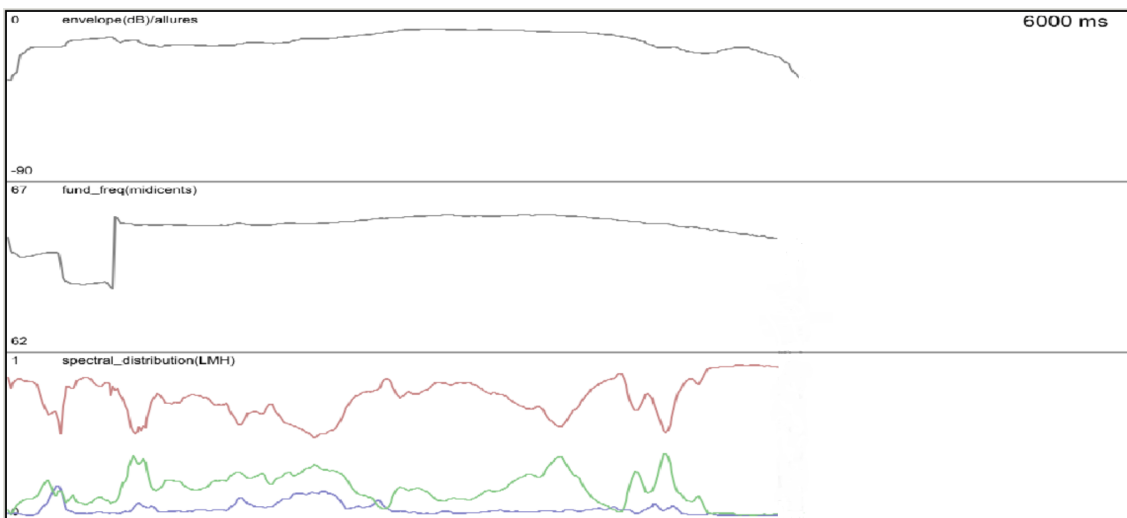
Após as aulas de apresentação das possibilidades da ferramenta, a disciplina se tornou uma espécie de laboratório experimental. Através da ampliação da interface da ferramenta por um retroprojeter conseguimos praticar em sala diferentes trechos das peças que estavam sendo estudadas por cada um dos 3 alunos matriculados na disciplina, a saber: *Density 21.5* (1936) de Edgar Varèse (1883 - 1965); *MEI* (1962) de Kazuo Fukushima (1930); e *Lookout* (1989) de Robert Dick (1950).

Na peça *Density 21.5*, trabalhamos as três primeiras notas tentando manter a afinação no crescendo e colocando o vibrato na nota longa de diferentes formas. A Figura 56 (a, b, c e d) mostra quatro sessões praticadas pelo aluno nesse trecho. Entre cada sessão tivemos um tempo onde comentamos o gráfico visualizado e em seguida gravamos a próxima frase, sem tempo de prática entre elas. A letra a) mostra a nota Fá# subindo e descendo a afinação no gráfico de frequência fundamental (isso acontece se não corrigirmos a afinação). A letra b) mostra a nota longa bem mais estável quanto à afinação e o surgimento do vibrato ao final da nota. Na letra c) o vibrato surge mais ou menos a partir da segunda metade da nota longa e na letra d) o vibrato começa praticamente no início da nota longa.

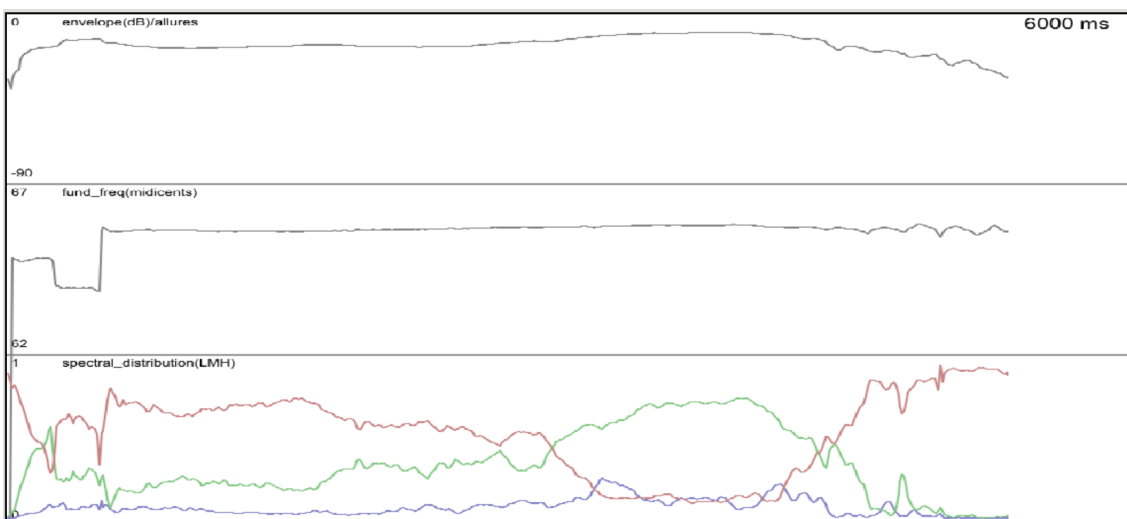
Devido à atenção dada para a colocação de vibrato, dinâmica e afinação, o tempo do trecho variou bastante entre as sessões de estudo, podemos observar esses detalhes devido à padronização da janela de 6000 ms. Esse é outro aspecto que pode ser

trabalhado com o auxílio da ferramenta: a prática das nuances presentes na passagem sem perder a noção temporal da frase como um todo.

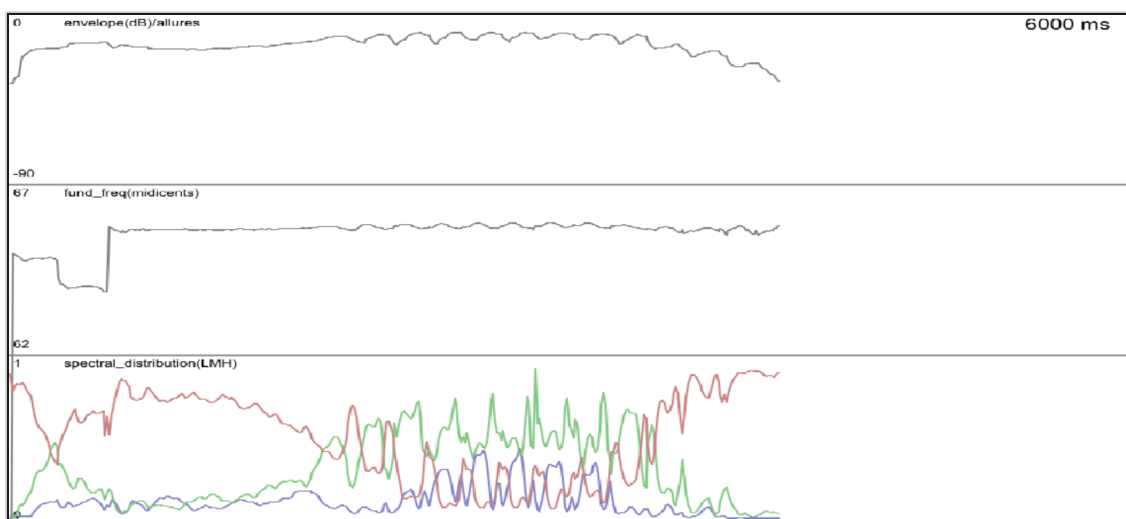
a)



b)



c)



d)

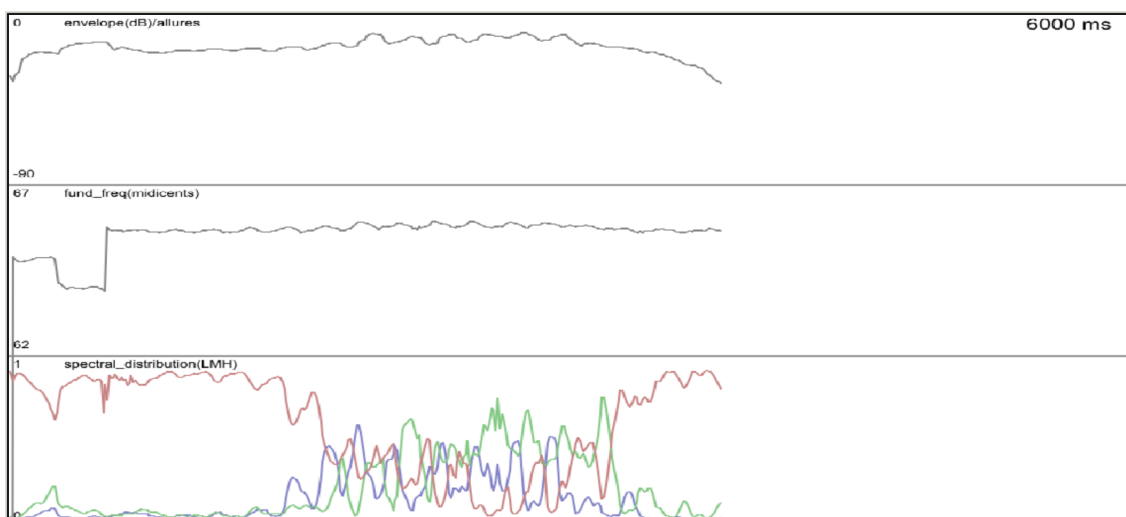


Figura 56: Gráficos de envelope/allures, frequência fundamental e distribuição espectral das três primeiras notas da peça *Density 21.5* de Edgard Varèse em três gravações subsequentes (a, b, c e d).

A prática de trechos como o da figura anterior pode parecer pouco, tendo em vista o tamanho da peça estudada, mas o domínio na variação de timbre e dinâmica em trechos menores formam a base técnica para a performance de nuances presentes em toda a peça. Além disso, em nossas aulas foi praticado o trecho em que o compositor indica a execução das notas juntamente com a percussão dos dedos nas chaves da flauta (trecho apresentado na seção 4.1a desta tese, Figura 43).

Na peça *MEI* (1962) de Kazuo Fukushima, trabalhamos especialmente os glissandos que aparecem na primeira seção da peça e suas respectivas nuances de afinação. A

Figura 57 mostra um dos trechos trabalhados em sala, onde temos quatro notas Mi em *legato*, a primeira liga à segunda por uma *appoggiatura* em quarto de tom e a terceira liga à quarta por um *glissando*. A visualização da curva de frequência fundamental é um recurso eficaz para trabalharmos a performance desse trecho.

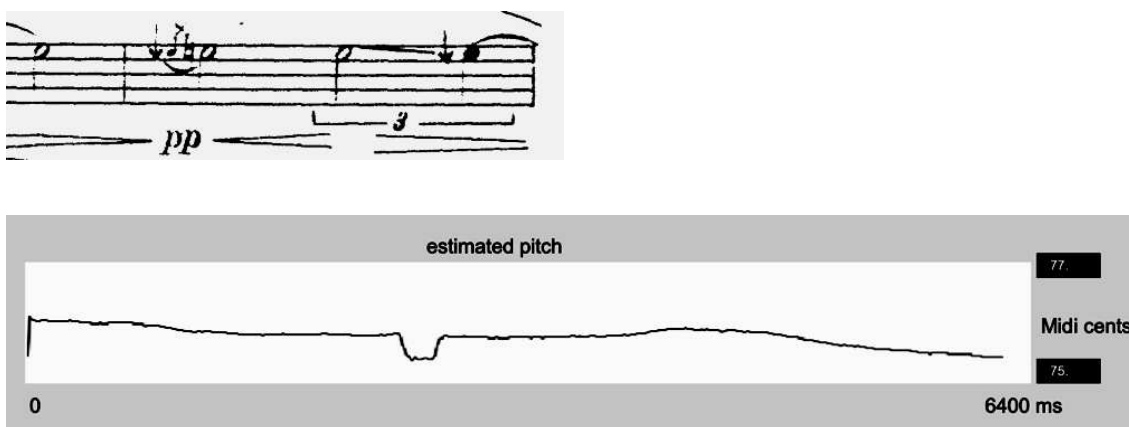
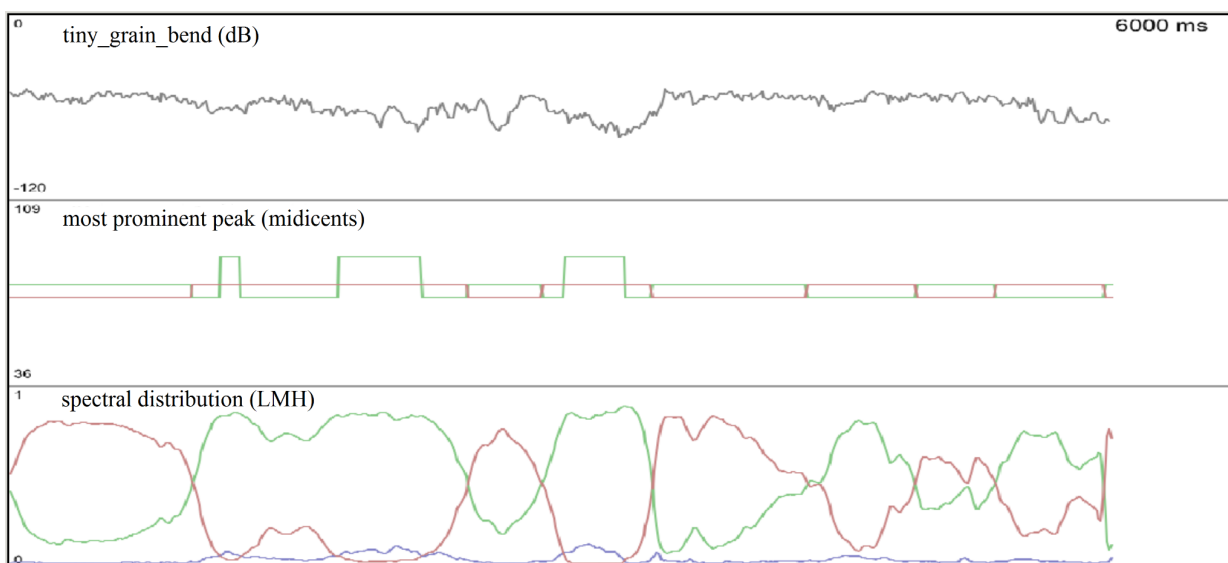


Figura 57: Kazuo Fukushima, *MEI*, página 3: feedback visual do quarto de tom e glissando.

Na peça *Lookout*, trabalhamos uma grande quantidade de técnicas contemporâneas exploradas pelo compositor. A peça conta com sons de chaves, técnica de cantar e tocar simultaneamente, multifônicos, etc. Quanto a esses últimos, o aluno que estava estudando a peça apresentou dificuldade na execução dos trechos com multifônicos. O que foi uma ótima oportunidade para explorarmos a ferramenta de *feedback* visual no aprimoramento dessa técnica. O que fizemos foi basicamente aquilo que apresentamos no tópico anterior desta tese, utilizamos a visualização dos grãos finos, pico mais proeminente e distribuição espectral para trabalharmos o equilíbrio e estabilidade, assim como a janela de visualização das notas dos multifônicos (Figura 58 a e b).

Pela dificuldade de execução desse multifônico (D65 com Fá#5), podemos observar nos gráficos que há uma constante troca entre os picos mais proeminentes e distribuição espectral. Vale ressaltar mais uma vez que a prática de multifônicos com o auxílio da ferramenta de *feedback* visual não tem como objetivo estabelecer uma maneira correta de se produzir esses sons na flauta (por exemplo, muitos compositores gostam da instabilidade dos multifônicos), mas trabalhar o controle de embocadura e coluna de ar, aspectos que são benéficos para a performance da flauta como um todo.

a)



b)

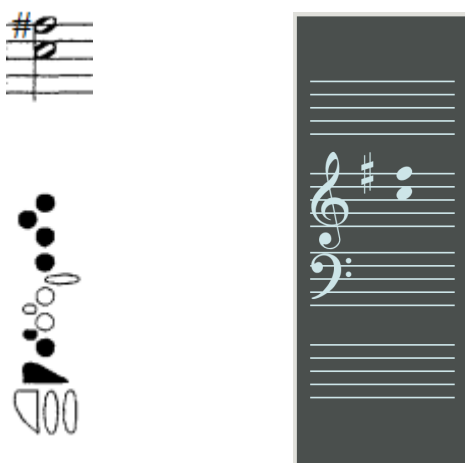


Figura 58: Robert Dick, *Lookout*, página 4: a) gráficos de grãos finos, pico mais proeminente e distribuição espectral; b) dedilhado e janela de visualização das notas do multifônico em tempo real.

Apesar das peças estudadas pelos alunos durante a disciplina serem peças que exploram técnicas contemporâneas, mais uma vez a ferramenta se fez útil para trabalhar aspectos da sonoridade básica da flauta. Um dos recursos mais destacados pelos alunos em seus depoimentos foi o uso da ferramenta para trabalhar parâmetros do vibrato, como a velocidade e amplitude da onda sonora. Durante as aulas, fizemos alguns exercícios de manipulação do vibrato com o auxílio de nossa ferramenta. A Figura 59 mostra o trecho

da peça *Eolia* (1981) de Philipp Hurel (1955), onde o compositor desenha o formato da curva do vibrato que deve ser tocado pelo flautista. Um dos exercícios consistia em tentar desenhar a curva proposta pelo compositor através da visualização em tempo real das curvas de envelope temporal, frequência fundamental e centróide espectral.

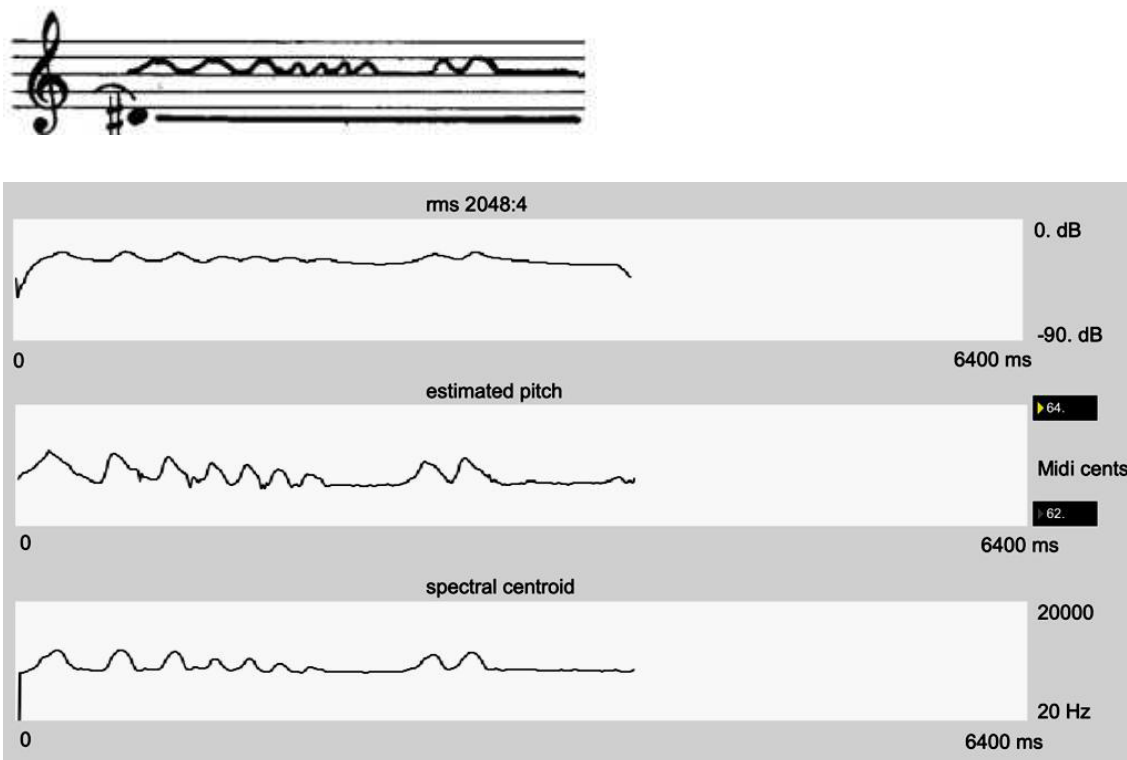


Figura 59: Philippe Hurel, *Eolia*, página 11: feedback visual da manipulação do formato de vibrato sugerido pelo compositor.

Para finalizar este capítulo, transcrevemos os depoimentos dos três alunos participantes da disciplina "O uso de descritores de áudio na prática da flauta" em resposta ao seguinte enunciado:

De acordo com as experimentações em sala durante o semestre da ferramenta de feedback visual, comente as situações em que as funcionalidades da ferramenta auxiliaram na sua prática de flauta, seja na preparação de uma peça do seu repertório, como na prática de alguma sonoridade específica.

Estudante 1:

“Há diversas situações onde a ferramenta pode minimizar o tempo de estudos do estudante de flauta transversal. Podemos perceber isso diante dos multifônicos que, com a ferramenta, podemos visualizar as duas notas que devem soar e se elas estão equilibradas para que determinada sonoridade aconteça. Um outro exemplo seria o

estudo do vibrato que, com o uso da ferramenta, podemos ter uma melhor visualização ao treinar o controle do mesmo. É claramente benéfica para a rotina de estudos o uso dessa ferramenta de feedback, pois otimiza o tempo de estudos do flautista.”

Estudante 2:

“Ao receber o feedback visual em tempo real podemos ter uma ideia geral do que deve ser trabalhado. Destaco duas experiências vivenciadas em aula que me auxiliaram.

1- Na segunda linha da peça Mei há uma passagem que começa piano, cresce, faz-se um glissando na nota Mi e finaliza no Mib. Ao trabalhá-la observando o aplicativo, consegui controlar razoavelmente a intensidade das notas, a afinação no crescendo e no Mib final, e fazer um glissando de maior extensão.

2- No estudo de vibrato, pude ver aspectos de afinação, velocidade, direção e regularidade da onda que fazem toda diferença na hora da execução. Além de poder desenhar a linha desejada e tentar reproduzi-la, treinando assim o controle e direcionamento do ar para a realização de um bom vibrato.”

Estudante 3:

“Muitas vezes já me perguntei o porquê de não conseguir resolver alguns problemas técnicos de execução de determinadas sonoridades, como o de vibrato, por exemplo, e depois de muito tempo percebi que a imaginação, ansiedade e a não visualização dos processos dessa produção sonora me distraem bastante. Não há uma câmera dentro de mim que me mostre o que está acontecendo naquele exato instante, muito menos ao meu professor que é um outro corpo e não compartilha dos meus processos sinestésicos. A consciência mental não é a mesma da prática na flauta como no piano, por exemplo. O feedback visual que o Max proporcionou em experiência de sala de aula teve um saldo muito positivo, pois consistia na visualização de um gráfico/espectro sonoro em tempo real; o objetivo era tocar notas longas regulares que se decompunham em velocidade e duração do sopro regidos por uma pulsação também visual, era desejável manter a amplitude, altura as cristas e velocidades em cada decomposição da duração de sopros regulares. Naquele instante de exercício não só melhorou a qualidade e constância do vibrato como a qualidade, de maneira geral, da minha sonoridade. Com a ferramenta é possível visualizar como manipular a amplitude e velocidade do vibrato, como se escolhe desenhar as suas curvas como desejarmos.”

Nossa ferramenta de *feedback* visual mostrou ser útil - através dos exemplos aqui demonstrados - na preparação de peças musicais, auxiliando no domínio de diversas sutilezas sonoras. Além disso, a ferramenta foi utilizada não apenas no aprimoramento de técnicas contemporâneas como também no controle de aspectos sonoros básicos do instrumento. O próximo capítulo encerra esta tese com a parte criativa deste trabalho, onde usamos a ferramenta para testar e praticar as sonoridades das peças compostas. Além disso, o próximo capítulo se caracteriza como a concatenação dos conceitos desenvolvidos durante a tese, ou seja, a parte teórica se juntando à parte performática e criativa.

5. Criações próprias

Este capítulo apresenta as criações musicais do autor deste trabalho. Através do contato com diferentes abordagens na construção dessa tese, se fez necessário a utilização deste conhecimento de maneira artística. Deste modo, os tópicos a seguir mostrarão peças que foram criadas tendo em vista a diversidade sonora da flauta e o diálogo com os conceitos estudados durante a construção deste trabalho.

5.1 Rumores

A peça *Rumores*, para flauta solo, foi escrita entre abril de 2020 e janeiro de 2021. A poética e a forma da peça se baseiam no "Poema Patético" de Carlos Drummond de Andrade. Nesse poema, Drummond inicia cada uma das quatro estrofes com a seguinte frase interrogativa: "Que barulho é esse na escada?". Uma espécie de *leitmotiv* que vai se repetindo durante o poema. A seguir, transcrevemos o poema publicado em 1937 no livro "Brejo das Almas":

Poema Patético

Que barulho é esse na escada?
É o amor que está acabando,
é o homem que fechou a porta
e se enforcou na cortina.

Que barulho é esse na escada?
É Guiomar que tapou os olhos
e se assoou com estrondo.
É a lua imóvel sobre os pratos
e os metais que brilham na copa.

Que barulho é esse na escada?
É a torneira pingando água,
e o lamento imperceptível
de alguém que perdeu no jogo
enquanto a banda de música
vai baixando, baixando de tom.

Que barulho é esse na escada?
É a virgem com um trombone,
a criança com um tambor,
o bispo com uma campainha
e alguém abafando o rumor
que salta de meu coração.

Carlos Drummond de Andrade.

Com relação à origem do título da peça, seus primeiros rascunhos surgiram quando se ouvia rumores de uma pandemia que estava ameaçando a saúde da sociedade global. A palavra "rumor" pode significar ruído, mas também pode ser interpretada como boatos, murmúrios ou sons que não conseguimos identificar claramente. Quanto ao poema de Drummond, temos em seus últimos versos: "Alguém abafando o rumor que salta de meu coração". Daí o título da peça "Rumores".

A forma da peça foi organizada em quatro partes e a abertura de cada uma das partes é feita através de um multifônico (ou uma transformação sonora que culmina em um multifônico), representando a frase de abertura de cada estrofe do poema. Deste modo, a frase que marca o início da peça começa com a seguinte transformação: som eólico para som natural (notação em losango devido ao dedilhado do multifônico) e acelerando até se tornar um multifônico.



Figura 60: Transformação sonora inicial da peça *Rumores*.

Além de influenciar o título e a forma da peça em si, o poema também sugere diferentes sonoridades em suas estrofes. Essas “sonoridades” do poema foram exploradas durante a peça, a Figura 61 mostra dois trechos baseados nos versos "assoou com estrondo" e "torneira pingando água". O primeiro através de uma transformação de som natural para eólico culminando em um tongue ram em dinâmica *ff*, e o segundo através de um trecho em staccato que explora notas naturais, eólicas e em pizzicato.



Figura 61: Sonoridades exploradas na peça *Rumores*.

O verso "criança com um tambor" foi explorado através de notas graves em tongue ram e o verso "virgem com um trombone" através de ataques repetidos rapidamente até culminar em frullato em dinâmica *fff* "estourando" em harmônicos (Figura 62).



Figura 62: Trecho em tongue ram e staccato da peça *Rumores*.

Já o verso "bispo com uma campainha" utilizei uma técnica em que o flautista assobia dentro do bocal totalmente coberto e move os dedos rapidamente. Essa sonoridade eu nunca havia encontrado em nenhuma peça para flauta solo, curiosamente a peça *En el Ápice* (2021) de Lucas Percuoco estreada no Festival *Escuta Aqui!* se inicia com o mesmo efeito, porém com uma notação diferente e um glissando ao final (Figura 63).

* whistling into the flute and moving your fingers quickly

48

whisper tone
silbar en el interior de la flauta

● embocadura completamente cerrada

8

gliss

key click

simile...

repetir mecánicamente

piú *f* dim poco a poco
posible

Figura 63: Técnica de assobio dentro da flauta explorada na peça *Rumores* e *En el Ápice*, respectivamente.

A peça termina com uma inversão da transformação do início da peça, ou seja, o multifônico se desfaz em tremolos até tornar-se notas longas que se transformam de som natural para eólico (Figura 64).



Figura 64: Transformação sonora final da peça *Rumores*.

Depois da peça pronta, foi construída, com a ajuda dos professores da disciplina de Criação com Sistemas Interativos ofertada pelo PPGMUS-UFMG, uma performance interativa da peça através de recursos oferecidos pela biblioteca em *JavaScript* de códigos criativos conhecida como *P5.js*⁴⁰. Os recursos interativos foram implementados no período de isolamento social, e preferimos, até o momento, mantê-los da forma originalmente concebida, como pode ser visto na versão apresentada no final da disciplina: [Rumores](#). O código em *JavaScript* se encontra nos anexos desta tese.

A interação se vale do conteúdo espectral da flauta para expressar visualmente o poema, propondo caminhos para reescrevê-lo durante a performance. Como em toda performance musical interativa, há primeiramente um cuidado com o ruído de fundo, através de um gate que só permite o acionamento das funções programadas acima de um limiar pré-definido para cada situação.

Os sons tocados pela flauta são analisados pela função "octavebands", parametrizada pelo número de divisões buscados em cada oitava, e pela frequência fundamental mais grave a ser analisada. No caso de *Rumores*, optou-se pela divisão de cada oitava em 5 partes, a partir de 230 Hz (frequência um pouco mais grave do que o Si bemol 3), de modo que a primeira faixa analisada contém a nota mais grave da flauta. Temos assim 35 bandas espectrais entre 230 e 20.000 Hz, e 21 bandas até 4.000 Hz (frequência próxima ao Dó 8, nota mais aguda do piano). Essas 21 bandas cobrem as 3 oitavas da flauta, mais uma oitava superior explorada pelos parciais harmônicos e inarmônicos do instrumento.

⁴⁰ <https://p5js.org/>

Como o poema tem 21 versos, fizemos uma associação direta entre os versos e as faixas espectrais. A cada quadro de análise, a banda espectral mais intensa é escolhida e ativa o verso (ou palavras retiradas dele) associado na tela. As imagens geradas por cada banda permanecem ativas enquanto houver atividade sonora, entrando em fadeout após pequenas pausas. Uma vez selecionada, cada banda deve esperar este período de pausa para ser novamente ativada.

A estratégia escolhida para a performance é a de que no início apenas palavras isoladas sejam mostradas, e com o passar do tempo as frases vão sendo formadas. Como as diferentes seções da peça exploram a totalidade (ou ao menos a maioria) das bandas espectrais, obtém-se bastante variedade no início da performance, e ao mesmo tempo garante-se um momento de clímax mais ao final da peça, quando o poema inteiro aparece escrito na tela. Em uma faixa lateral na esquerda da tela, aparecem faixas horizontais referentes a cada uma das bandas espectrais, cujo comprimento e brilho estão relacionados com a dinâmica tocada.

5.2 All be jets

All be jets é uma peça para flauta solo escrita entre agosto e novembro de 2022. Seu título tem dois sentidos principais, o primeiro é uma brincadeira entre as sonoridades da frase “all-be-jets” e a pronúncia de “o-b-jects”, se remetendo aos objetos sonoros, um dos assuntos estudados nesta tese. O segundo sentido é o destaque para a técnica de *jet whistle* que é explorada ao longo da peça. Neste sentido, *All be jets* começa com um gesto melódico em jet whistle fazendo referência a duas grandes obras, *Assobio a jato* de Heitor Villa Lobos e *Density 21.5* de Edgar Varèse (Figura 65).



Figura 65: Trecho final de *Assobio a Jato*; início de *Density 21.5* e início de *All be jets*.

A peça se desenvolve explorando intervalos microtonais e, sobretudo, combinações e transformações sonoras. Depois da introdução, por exemplo, há a seguinte indicação: dinâmica *ppp*, som natural combinado com whistle tone em tempo *rubato* (Figura 66).



Figura 66: Exemplo de combinação sonora da peça *All be jets*.

Outra característica marcante da peça é o fato de que as particularidades da técnica de *jet whistle* são exploradas nas transformações. Por exemplo, uma nota em *jet whistle* percorre uma vasta região espectral e seu desenvolvimento ao longo do tempo pode ser ouvido, muitas vezes, como um glissando. Desta forma, foram explorados não só glissandos entre intervalos pequenos, mas também entre grandes intervalos através dos harmônicos de notas em *bisbigliando* (Figura 67).

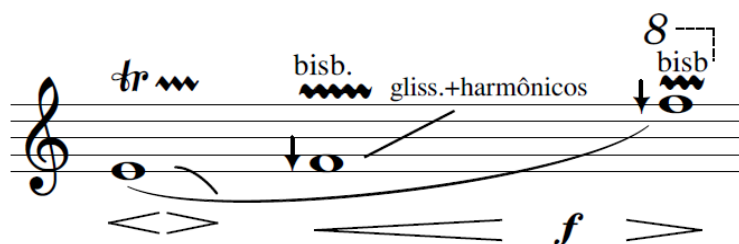


Figura 67: Pequeno glissando descendente em combinação com trinado. Grande glissando ascendente em combinação com *bisbigliandos* e harmônicos.

O *tremolo* foi outra técnica bastante explorada, onde seu desenvolvimento se dá em duas direções: aos intervalos menores formando trinados e *bisbigliandos* (como vistos na figura anterior) e aos intervalos maiores através de trinados entre multifônicos. Como exemplo, a Figura 68 mostra uma grande transformação que sai de uma nota em som eólico com trinado (as duas notações de trinados significam o uso de duas chaves de trilos alternadamente), se torna som natural e então surgem os multifônicos através dos harmônicos descendentes.

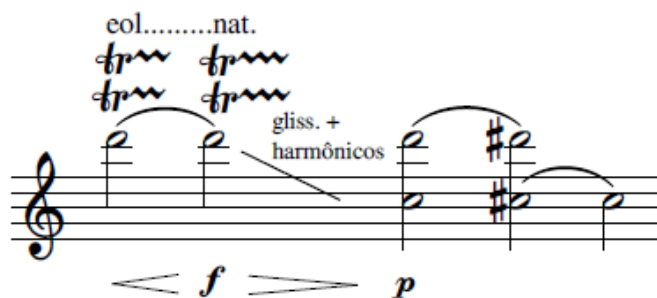


Figura 68: Grande transformação com trinados, harmônicos e multifônicos.

Ao contrário de *Rumores* que termina lento e misterioso, *All be jets* termina com um grande crescendo com passagens rápidas e enérgicas. O ponto culminante são 4 notas em *jet whistle*, dando ênfase à ideia principal da peça (Figura 69).



Figura 69: Frase final da peça *All be jets*.

All be jets é, sobretudo, uma visão artística de todo o conteúdo desta tese, onde o ponto de partida é a exploração teórica dos assuntos abordados e o destino se encerra na criação e performance. As transformações sonoras foram exploradas ao máximo, assim como combinações de técnicas ao longo da peça. Ao me debruçar sobre os conceitos desta tese e tentar lançar um olhar criativo sobre eles, me deparei com um laboratório de experimentação sonora que proporcionou um enorme aprendizado sobre as possibilidades criativas e expressivas do meu instrumento.

O manuscrito, partitura e gravação da peça estão disponíveis em [All be jets](#) e nos anexos deste trabalho.

Conclusão

Nesta tese buscamos apresentar ao leitor a diversidade sonora da flauta transversal através de diferentes tipos de abordagens. O conhecimento sobre as características acústicas da flauta, assim como suas representações gráficas exploradas no primeiro capítulo, contribuem para o entendimento sobre a produção sonora deste instrumento e suas implicações na performance de obras contemporâneas.

No segundo capítulo utilizamos trechos das peças escritas para o Festival *Escuta Aqui!* (2020-2021) para exemplificar a associação perceptiva dos critérios tipo-morfológicos de Pierre Schaeffer com os sons da flauta. A partir das reflexões que abrangem os conceitos em torno da escuta reduzida e dos objetos sonoros, se abre um leque de possibilidades perceptivas desses sons (identificação, classificação e descrição). Isso contribui diretamente no entendimento prático - por parte de flautistas e compositores - sobre a exploração sonora encontrada no repertório escrito para este instrumento de meados do século XX aos dias atuais.

Além disso, o terceiro capítulo demonstra o quanto os critérios Schaefferianos se fazem relevantes nesta tese. Relacionando diferentes descritores de áudio a tais critérios, desenvolvemos uma ferramenta de aprimoramento sonoro direcionada aos flautistas capaz de oferecer *feedback* visual gráfico em tempo real. As informações contidas no terceiro capítulo contribuem para o entendimento técnico sobre o funcionamento da ferramenta e sobre seu potencial na prática das sonoridades da flauta.

O quarto capítulo explora justamente a aplicação da ferramenta na preparação das peças escritas para o Festival *Escuta Aqui!* e no estudo de diversos aspectos sonoros da flauta, como afinação, mudança de timbre e vibrato. Através da exploração dos trechos das peças na exemplificação de objetos sonoros no segundo capítulo, tivemos a preocupação musical em integrá-los em frases maiores. Desta forma, apresentamos exemplos de aplicação de nossa ferramenta na construção de frases, onde demonstramos seu potencial para trabalhar conexões entre gestos musicais, equilíbrio entre dinâmicas, transformações sonoras, etc.

Como flautista e intérprete de música contemporânea, este trabalho contribuiu diretamente no meu desenvolvimento técnico e artístico. A visualização de parâmetros

acústicos do meu som foram primordiais para o entendimento de ajustes de embocadura necessários para realizar detalhes explorados pelo repertório que eu estava estudando. Além disso, a partir de todo o processo de estudo que envolveu a criação desta tese, me deparei com a necessidade de criar. Foi então que surgiram as duas peças para flauta solo, *Rumores* e *All be jets*, apresentadas no quinto capítulo.

As sonoridades exploradas nas minhas criações, assim como a própria concepção das obras, são baseadas na minha interpretação pessoal dos critérios perceptivos de Schaeffer em associação com as sonoridades da flauta. Acredito que essas peças são também uma oportunidade para flautistas e compositores entenderem, de forma prática, algumas das possibilidades sonoras deste instrumento que foram expostas no decorrer desta tese.

Em resumo, podemos destacar como principais contribuições desta pesquisa:

- visão mais integrada das sonoridades da flauta através de suas características acústicas e da associação com os critérios tipo-morfológicos de Pierre Schaeffer;
- aprimoramento sonoro e preparação de peças contemporâneas através do estudo apoiado por visualização de descritores de áudio;
- desenvolvimento artístico pessoal como instrumentista e criador;
- exposição prática das possibilidades sonoras e expressivas da flauta através das peças escritas para o Festival *Escuta Aqui!* e de minhas criações.

A diversidade presente nesta tese não diz respeito somente às sonoridades da flauta em si, mas às diferentes abordagens com que apresentamos essas sonoridades. Integrar as representações conceituais e acústicas dessas sonoridades e aplicá-las pedagógica e criativamente é o que se faz de mais importante neste trabalho, e é o que acreditamos ser nossa mais sincera contribuição sobre o tema.

Apêndice 1: Catálogo das peças para flauta solo - Festival Escuta aqui! 2020/2021

Compositor(a) / Universidade	Nome da obra	Edição do Festival Escuta Aqui!	Link do vídeo
Vinicius S. Baldaia (UNESP)	Pequeno espelho côncavo sobre o vento (2020)	Setembro/2020	 Vinicius S. B...
Tainá Caldeira (EMBAP)	Grãos de Pólen (2020)	Novembro/2020	 Tainá Caldei...
Eduardo Hiroshi (EMESP)	Six Walls by the Air Window (2020)	Novembro/2020	 Eduardo Hir...
Marcus Au Coelho (UECE)	Música para flauta n.2 (2020)	Novembro/2020	 Marcus Au ...
Lucas Percuoco (Universidad Nacional de La Plata)	En el Ápice (2021)	Concerto: Chamada de obras para compositores latinoamericanos. Agosto/2021	 Concerto - F...
Vinicius César de Oliveira (Unicamp)	Eutrópia I (2021)	Setembro/2021	 Eutrópia I - ...
Lucas Quinamo (Unicamp)	Emaranhado de Arame Farpado (2021)	Novembro/2021	 Emaranhado ...
Tales Botechia (Unicamp)	Barão Geraldo calling for the underworld (2021)	Novembro/2021	 Barão Geral...

Tabela 5: Catálogo das peças para flauta solo escritas para o Festival *Escuta Aqui!*.

Apêndice 2: Partituras

Rumores for solo flute

Rodrigo Frade
2021

1 **approx. 50** *ppp* *mf* *ff^{sub}* *accel. to become a multiphonic*

8 *pp^{sub}* *pp* *fff* *pp^{sub}* *mf* *nat. - eol. - whistle tone* *ff* *T.R.*

15 **2** *ff* *ff* *pp* *right hand c#* *cresc*

22 *pp* *gliss.* *f*

25 *p³* *ppp* *mf* *p*

29 **3** **approx. 50** *ppp* *mf* *p*

31 *pizz. pp* *5*

32

33

The score consists of three systems of staves. The first system (measures 1-8) includes dynamics from *ppp* to *ff^{sub}* and an instruction to accelerate to become multiphonic. The second system (measures 15-25) features a tempo of 120, dynamics from *pp* to *ff*, and includes a trill (T.R.) and a natural eolian whistle tone. The third system (measures 29-33) includes a tempo of approximately 50, dynamics from *ppp* to *p*, and a pizzicato section starting at measure 31. Fingerings and articulations like glissando and accents are also present.

* glissando performed with the 3rd and 4th fingers of the right hand

34 $\text{♩} = 110$ 5 5

36 *p* *pp*

37 harmonics *pp* 5 3 +++

39 3 6

42 *f* headjoint all covered-----uncovered *pp* whistle tone

43 *p*

44 harmonics *fff* *pp* as quickly as possible

45 *mf* ♩ approx. 50 4 5

48 *whistling into the flute and moving your fingers quickly *pp* *mf* moved *f*

54 decelerating and decreasing... *rall.*

All be jets

Notas de performance

All be jets é uma peça para flauta solo escrita entre agosto e novembro de 2022. Seu título tem dois sentidos principais, o primeiro é uma brincadeira entre as sonoridades da frase “all-be-jets” e a pronúncia de “o-b-jects”, se remetendo aos objetos sonoros do Tratado dos Objetos Musicais de Pierre Schaeffer, um dos assuntos estudados na minha tese de doutorado. O segundo sentido é o destaque para a técnica de *jet whistle* que é explorada e transformada ao longo da peça.

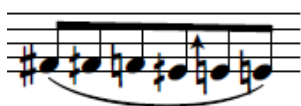
O andamento dessa peça é lento, porém com nuances de fraseado indicado pela expressão *com rubato*. As frases são construídas em gestos e o flautista deve respeitar as respirações indicadas (' ou ✓), muitos gestos só fazem sentido se forem feitos em uma respiração.



Cabeça de nota em losango e haste de seta = Jet Whistle (assobio a jato).



Cabeça de nota quadrada = som eólico.



Escala microtonal.



Cabeça de nota com x = misto de nota com whistle tone (som de assobio).



Cabeça de nota triangular = Pizzicato.



Bisbigliando (trinado de timbre).



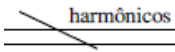
Um corte na haste = golpe duplo de língua.



Três cortes na haste = Frulato.



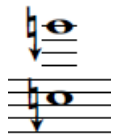
Trinado duplo = usar os dois trilos da mão direita alternadamente.



Traço descendente = glissando de harmônicos produzido pelo relaxamento da embocadura e diminuição da pressão do ar.



Multifônicos = dedilhados das notas Ré e Ré + dedo mínimo da mão esquerda, na terceira oitava, respectivamente.



Multifônicos = dedilhado da nota sol na terceira oitava.



Som natural com batida de chave.



Glissando descendente produzido pela mudança de ângulo do bocal.



Traços entre as notas = tremolos. Glissando ascendente produzido pela mudança de ângulo do bocal.

----- Tracejados entre as notas = transição gradual entre uma sonoridade e outra, por exemplo, som natural para som eólico.

All be jets

Rodrigo Frade
2022

f *fff* *mf* *f* *fff* *p* *poco rall.*

5 *ppp*

8

11 *cresc. pouco a pouco* *f* *bisb.*

15 *p* *mf* *bisb.* *bisb.* *bisb.*

21 *trm* *trm* *trm* *harmónicos* *pp*

29 *vib.* *bisb.* *harmónicos* *bisb.* *bisb.----frull.* *bisb. w.t.* *ppp* *f*

40 *bisb.* *bisb.* *trm* *trm* *bisb.* *harmónicos* *p* *p* *mf* *pp*

48 *bisb.* *trm* *trm* *trm* *bisb.* *bisb.* *bisb.* *harmónicos* *f* *p*

57 *bisb.* *bocal coberto* *bisb.* *bisb.* *f* *ppp* *p* *f* *pp* *f* *>mf* *ff* *fp* *fp*

65 *pp* *mf* *mf* *pp* 3 *bisb.*

68 *f* *fff* harmônicos *mf* *fff* *cantabile* *pp*

71 *mf* *ppp* *ppp* *ppp* *bisb.* *trm* *trm* *trm* *bisb.* 3

83 *J.W.* *f* *bocal coberto* *bisb.* *bocal coberto* *pp* *f* *desacelerando os trilos* *harmônicos*

90 *p* *trm* *trm* *trm* *acelerando os trilos* *Lento com rubato* *pp* *pp* 3 *acelerar o máximo possível até o fim...*

95 *bisb.* 3 *mf* *mf* *p* *mf*

99 *p* *mf* *f*

102 *p* *f* *ff*

104 *mf* *ff* *p* *ff* 8

108 *fff*

Apêndice 3: Código P5JS da peça Rumores

```

let fft, amplitude,source, piso, capture, level, palavras;
let tamanhodotexto,fraseoupalavra;
//function preload(){
// sound = loadSound('assets/Rumores.mp3');
//}
var flag=[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0];

function setup(){
  //let cnv = createCanvas(480, 240);

  let cnv = createCanvas (windowWidth, windowHeight);
  //cnv.mouseClicked(togglePlay);
  print('tela', windowWidth, windowHeight);

  source = new p5.AudioIn();
  source.start();
  fft = new p5.FFT();
  fft.setInput(source);

  piso1 = 700; //limiar para ruido de fundo / apaga tela
  piso2 = 1000; // limiar para escrever na tela (> piso1)
  tamanhodotexto = 20;
  fraseoupalavra = 10;

  background('black');
  //amp = new p5.Amplitude();
  //amplitude = new p5.Amplitude();

  capture = createCapture(VIDEO);
  capture.size(400, 300);
  capture.hide();

}

function draw(){
  //background('black');
  //level = amp.getLevel();

  let spectrum = fft.analyze();
  let octavebands = fft.getOctaveBands(7, 260);//pode trocar numero de faixas por oitava
  (primeiro valor)
  // 5 faixas por oitava: 35 bandas (0-34), com 21 bandas ate 4000 Hz
  let bandas = fft.logAverages(octavebands);
  //print (octavebands);

```

```

let maximo = max(bandas);
let faixa = bandas.indexOf(max(bandas));
//print (bandas.length);
//print (maximo, faixa);
let x1 = map(maximo, 0, 300, 0, windowWidth/3);
let x2 = map(maximo, 0, 300, windowWidth/3, 2*windowWidth/3);
let y = map (faixa, 0, 20, windowHeight-30, 20);
//print (x2);
//print('maximo', maximo);
level = 0;

for (let i = 0; i < 21; i++){
  level = level + bandas[i];
}
print(level);

if (level<pisol){
  //background('black');
  noStroke();
  fill(0,50);
  rect(0,0>windowWidth-400>windowHeight);
  for (let i=0;i<21;i++)
  {flag[i]=0};
  //print (flag);
}

//let level2 = amplitude.getLevel(0);
//let time = frameCount/60;

if (faixa<21 && flag[faixa] == 0 && level>pisol2){
  escreve (x2,y,faixa);
  //print(faixa);
  flag[faixa] =1;}

if (level>pisol2){
  stroke(maximo);
  strokeWeight(maximo/25);
  line (0,y,x1,y);
}
//if (level>pisol1){
image(capture, windowWidth-400, 0);
filter(GRAY);
}

function escreve(valor,faixa,verso){
let verso1 = ['Que barulho é esse na escada?'];
let verso2 = ['É o amor que está acabando!'];
let verso3 = ['é o homem que fechou a porta!'];
let verso4 = ['e se enforcou na cortina.'];
let verso5 = ['Que barulho é esse na escada?'];

```

```

let verso6 = ['É Guiomar que tapou os olhos'];
let verso7 = ['e se assoou com estrondo'];
let verso8 = ['É a lua imóvel sobre os pratos'];
let verso9 = ['e os metais que brilham na copa.'];
let verso10 = ['Que barulho é esse na escada?'];
let verso11 = ['É a torneira pingando água'];
let verso12 = ['é o lamento imperceptível'];
let verso13 = ['de alguém que perdeu no jogo'];
let verso14 = ['enquanto a banda de música'];
let verso15 = ['vai baixando, baixando de tom.'];
let verso16 = ['Que barulho é esse na escada?'];
let verso17 = ['É a virgem com um trombone'];
let verso18 = ['a criança com um tambor'];
let verso19 = ['o bispo com uma campanha'];
let verso20 = ['e alguém abafando o rumor'];
let verso21 = ['que salta de meu coração.'];

let poema = [verso1, verso2, verso3, verso4, verso5, verso6, verso7, verso8, verso9,
verso10, verso11, verso12, verso13, verso14, verso15, verso16, verso17, verso18,
verso19, verso10, verso21];
//print (poema);
let escolha = poema[verso];
let tamanho = escolha.length;
let escolha2 = split(escolha[0], ' ');
let tamanho2 = escolha2.length;
let item1 = abs(round(random (-0.4,tamanho-0.6)));
let item2 = abs(round(random (-0.4,tamanho2-0.6)));
//print ('item1', item1);
//print('item2', item2);

let x = valor - windowWidth/5;
let y = windowHeight-faixa;
//let item = round(random(0,2));
//print ("item",item);
//let texto = 'escada';
//let texto = palavras[random(0,2)];
textSize(tamanhodotexto);
fill(255,255,255);
stroke(valor);
strokeWeight(0.5);

//textFont('Helvetica');
if(random(0,10) < fraseoupalavra){
text(escolha[item1],x,y);}
else {text(escolha2[item2],x+random(2,30),y);}
}

function touchStarted() { getAudioContext().resume(); }

```

Referências

ARKOUDIS, Eftihia Victoria. *Contemporary Music Notation for the Flute: A Unified Guide to Notational Symbols for Composers and Performers*. West Virginia University, 2019.

ARTAUD, Pierre-Yves. *Flûtes au présent: traité des techniques contemporaines sur les flûtes traversières à l'usage des compositeurs et des flûtistes*. Paris: Éditions Jobert, 1980.

BALDAIA, Vinicius. *Pequeno espelho côncavo sobre o vento*. Flauta solo. 2020. Manuscrito do autor.

BARTOLOZZI, Bruno. *New Sounds for Woodwinds*. Oxford University Press, 1967.

BENADE, Arthur. *Fundamentals of Musical Acoustics*. Segunda edição. Dover, New York, 1990.

BERNOLD, Philippe. *La technique d'Embouchure*. La Stravaganza, 1990.

BOTECHIA, Tales. *Barão Geraldo calling for the underworld*. 2021. Manuscrito do autor.

BOTROS A.; SMITH J.; WOLFE J. The Virtual Boehm Flute - A web service that predicts multiphonics, microtones and alternative fingerings. *Acoustics Australia*, v. 30, n. 2, p. 1-5, 2002.

CALDEIRA, Tainá. *Grãos de Pólen*. Flauta solo. Curitiba, 2020. Manuscrito da autora.

CAMPBELL, Murray; GREATED, Clive. *The Musicians Guide to Acoustics*. Oxford University Press, 1994.

CESAR, Vinicius. *Eutrópia I para flauta solo*. 2021. Manuscrito do autor.

CHION, Michel. *Guide des Objets Sonores*. Paris: Buchet/Chastel, 1983.

COELHO, Marcus. *Música para Flauta Solo n.2*. 2020. Manuscrito do autor.

DICK, Robert. *The Other Flute*. New York: Oxford University Press, 1975.

FICAGNA, A. R. *Composição pelo som: trabalho composicional e analítico de repertório instrumental por métodos de análise da música eletroacústica*. Campinas, 2008. 300 f. Dissertação (Mestrado em Composição Musical). UNICAMP, Campinas, 2008.

FRADE, R.; FREIRE, S.; CAMPOS, C. Desafios sonoros do repertório contemporâneo para flauta: praticando com a ajuda de descritores de áudio em tempo real. *Anais do XXXI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música – João Pessoa*, 2021.

FREIRE, S., PADOVANI, J., CAMPOS, C. Estimation of perceptual qualities of percussive sounds inspired by Schaefferian Criteria: attack profile, mass, and harmonic

timbre. *Proceedings of 15th International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR)*, p.125-134, Tóquio, 2021.

FREIRE, S., PADOVANI, J., CAMPOS, C. Real-time qualification of percussive sounds based on correspondences between Schaeffer's *sofêge* and low-level audio descriptors. *Proceedings of 18th Brazilian Symposium on Computer Music (SBCM)*, p.77-84, Recife, 2021.

FREIRE, S., PADOVANI, J., CAMPOS, C. The profile concept in Schaeffer's *sofêge*: discussion of its diverse meanings and proposal of a quantitative real-time approach. XII Congresso Iberoamericano de Acústica - FIA 2020/2022.

FREIRE, S., PADOVANI, J., CAMPOS, C. Schaeffer's *Sofêge*, Percussion, Audio Descriptors: Towards an Interactive Musical System. *Revista Vórtex*, 2022.

GARCIA, M. F. O vibrato na flauta transversal: em busca de um olhar objetivo. In: IX Encontro da Associação Brasileira de Flautistas, 2009, Uberlândia. *Anais do IX Encontro da Associação Brasileira de Flautistas*, p.1-8, 2009.

GELFAND, S.A. *Essentials of Audiology*. Thieme, 4 ed. 2016. 548 p.

HELLER, Eric J. *Why You Hear What You Hear*. Princeton University Press, 2013.

HIROSHI, Eduardo. *Six walls by the air window*. Flauta solo. 2020. Manuscrito do autor.

HOLLIGER, Heinz. *Sonate (in)solit(air)e* for flute solo. Schott Music, 1996.

MEYER, Jürgen. *Acoustics and the Performance of Music: Manual for Acousticians, Audio Engineers, Musicians, Architects and Musical Instrument Makers*. Springer Science, 50 ed. 2009. 438 p.

LEVINE, Carin. *The Techniques of Flute Playing*. Barenreiter-Verlag, v. 1, 2005.

LOBOS, Heitor Villa. *Assobio a jato, para flauta e violoncelo*. Southern Music Publishing, 1953.

McADAMS, Stephen; DEPALLE, Philippe; CLARKE, Eric F. Analysing Musical Sound. CLARKE, Eric F.; COOK, Nicholas (eds.). IN: *Empirical Musicology: Aims, Methods, Prospects*. Oxford, U.K.: Oxford University Press, (Capítulo 8), p.157-196, 2004.

McALVIN, Bonnie. Using Flute Physics to Tune Multiphonics. *Online journal for artistic research in music*. v. 2, n. 2, p. 2-18, 2018.

PADOVANI, J. H.; FERRAZ, S. Proto-história, evolução e situação atual das técnicas estendidas na criação musical e na performance. *Música Hodie*, v. 11, n. 2, p. 11 - 35, 2011.

PERCUOCO, Lucas. *En el ápice, para flauta sola*. Argentina, 2021. Manuscrito do autor.

PUCKETTE, Miller; APEL, Ted; ZICARELLI, David. Real-time Audio Analysis Tools for Pd and MSP. In: International Computer Music Conference, 1998, San Francisco. *Proceedings of ICMC*, p. 109-112, 1998.

QUÍNAMO, Lucas. *Emaranhado de arame farpado, para flauta solo*. 2021. Manuscrito do autor.

RÓNAI, Laura. *Em busca de um mundo perdido*. Editora Topbooks, 2008.

SCHAEFFER, Pierre. *Treatise on Musical Objects*. Oakland: University of California Press, 2017. Tradução do original francês de 1966 por Christine North e John Dack.

SETHARES, William. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*. Segunda edição. London: Springer, 2005, 426 p.

SIMURRA, I. E.; MANZOLLI, J. Descritores de Áudio como suporte à Orquestração Assistida por Computador: croma de uma aquarela. Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora – NICS/UNICAMP e Instituto de Artes – IA/UNICAMP Campinas, São Paulo, 2015.

TAKEMITSU, Tōru. *Voice for flute solo*. Paris: Salabert, 1971.

VARÈSE, Edgard. *Density 21.5*. Copyright by Edgard Varèse, 1946. Copyright assigned to Franco Colombo, Inc., New York, 1958. Assigned to Colfranc Music Publishing Corporation, New York, 1966.

Bibliografia Complementar

DALDEGAN, Valentina. *O papel da notação na performance da música nova e das técnicas estendidas para flauta transversal*. Revista Vórtex, Curitiba, v.4, n.3, 2016.

FRADE, R.; FREIRE, S. A diversidade sonora da flauta transversal: uma abordagem baseada na tipo-morfologia de Schaeffer e no uso de descritores de áudio em tempo real. XII Congresso Iberoamericano de Acústica - FIA 2020/2022.

MATEJOVÁ, Dorota. *The Limits of Traverso: Exploring the sound possibilities of traverso through contemporary music*. Royal Conservatoire The Hague. 2020.

OFFERMANS, Wil. *For the contemporary flutist: twelve studies for the flute with explanations in the supplement*. Frankfurt: Zimmermann, 1992.

OLSON, L.C. *The Pedagogy of Contemporary Flute Music*. Tese de doutorado em Artes Musicais, University of Illinois, Urbana-Champaign. 1998.

SCHAEFFER, Pierre. *Traité des Objets Musicaux*. Paris: Seuil, 1966.

TOFF, Nancy. *The Flute Book: A Complete Guide for Students and Performers*. Oxford University Press, 1996.