



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
INSTITUTO DE ARTES – IDA
DEPARTAMENTO DE MÚSICA

GUILHERME BOSE DA SILVA

**A CONSTRUÇÃO DO TIMBRE DO CLARINETISTA: UM ESTUDO DA
PRODUÇÃO SONORA COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA PSICOACÚSTICA**

BRASÍLIA

2024

GUILHERME BOSE DA SILVA

**A CONSTRUÇÃO DO TIMBRE DO CLARINETISTA: UM ESTUDO DA
PRODUÇÃO SONORA COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA PSICOACÚSTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Música do Departamento de Música da Universidade de Brasília – UnB, como requisito parcial para a obtenção de título de Mestre em Música.

Área de Concentração: Música em Contexto. Linha de Pesquisa: Processos de Formação em Música.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo José Dourado Freire.

BRASÍLIA

2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

BS586c

Bose da Silva, Guilherme

A CONSTRUÇÃO DO TIMBRE DO CLARINETISTA: UM ESTUDO DA
PRODUÇÃO SONORA COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA PSICOACÚSTICA /
Guilherme Bose da Silva; orientador Ricardo José Dourado
Freire. -- Brasília, 2024.

86 p.

Dissertação (Mestrado em Música) -- Universidade de
Brasília, 2024.

1. Timbre do clarinetista. 2. Psicoacústica. 3. Acústica.
4. Performance musical. 5. Clarineta. I. José Dourado
Freire, Ricardo, orient. II. Título.

GUILHERME BOSE DA SILVA

**A CONSTRUÇÃO DO TIMBRE DO CLARINETISTA: UM ESTUDO DA
PRODUÇÃO SONORA COM BASE NOS PRINCÍPIOS DA PSICOACÚSTICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Música do Departamento de Música do Instituto de Artes da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Música. Área de concentração: Música em Contexto.

Linha de pesquisa: Processos de Formação em Música.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ricardo José Dourado Freire (Orientador)

Universidade de Brasília

Dr. Antenor Ferreira Corrêa

Universidade de Brasília

Dr. Anderson César Alves

Universidade Federal Fluminense

Aprovada em: 25 de abril de 2024.

Dedico este trabalho aos meus pais Robert Wilhame e Ângela Andréia, por sempre me apoiarem com a música, me incentivando com todo o amor e carinho deste mundo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por permitir que eu pudesse seguir meus estudos com saúde e por me proporcionar a capacidade de seguir firme sem perder a alegria em me tornar um músico pesquisador.

Aos meus pais, por me incentivarem, sempre, e por, mesmo com todos os desafios da vida, acreditarem que eu continuaria a minha jornada como músico em busca das minhas realizações.

À minha irmã, que, por sua imensa alegria, me incentiva a buscar ser um grande clarinetista.

Ao meu orientador, o Dr. Ricardo José Dourado Freire, por sua grande compreensão e dedicação à pesquisa, e pelas contribuições para a música, em especial para a sociedade clarinetista.

Aos meus amigos clarinetistas Roberto Gilson (Kaçulinha), Vitor Adonai, Eliana Costa, Letícia Helena, David Sodré, Adylson Martins, Widisley Gutemberg e Sandra Noronha, que engrandecem a família de clarinetistas como verdadeiros guardiões da música.

Aos queridos amigos Maxell Costa e Marcos Taveira, que me incentivaram muito com suas musicalidades, conhecimentos e amizades.

Ao Prof. Me. Anderson Hander, pela Revisão Ortográfica e Gramatical, e pelas críticas a este trabalho, desde o início, quando este texto, ainda, estava em fase “embrionária” (anteprojeto).

A todos os amigos que, de alguma forma, contribuíram e me ajudaram nesta árdua caminhada, muito obrigado!

RESUMO

Buscou-se investigar, nesta dissertação, de caráter qualitativo e exploratório, o timbre do clarinetista com base nos princípios advindos da psicoacústica, bem como as mudanças deste, com base na execução de exercícios propostos, sem a modificação de materiais que compõem os instrumentos. Observaram-se, em relação à revisão de literatura, dois pilares fundamentais para o embasamento da pesquisa apresentada neste trabalho: as definições de acústica e de psicoacústica propostas por Roederer (2022), Beranek (1986), Helmholtz (1895), juntamente a outros teóricos. Como estratégia metodológica, utilizou-se o estudo de caso com a triangulação dos dados obtidos para as análises, com base em diferentes óticas: objetiva, subjetiva e bibliográfica, cruzando dados descritivos em entrevistas semiestruturadas com os dados resultantes das gravações realizadas por oito clarinetistas profissionais. Os resultados indicam que os ajustes realizados pelos instrumentistas para a execução dos exercícios possibilitaram uma mudança significativa nas intensidades de diferentes harmônicos que compõem os timbres particulares. As análises partiram das comparações das gravações dos exercícios, das entrevistas e das definições teóricas. A utilização de ferramentas advindas da psicoacústica permite que clarinetistas possam fazer seus ajustes individuais, com base em suas escutas, permitindo a alteração tanto das afinações quanto das intensidades de frequências que compõem seus sons complexos.

Palavras-chave: Timbre do clarinetista, psicoacústica, acústica, *performance* musical, clarineta.

ABSTRACT

This exploratory qualitative research aimed to investigate the clarinetist's timbre based on principles arising from psychoacoustics. The objective was to investigate changes in timbre through the execution of proposed exercises without modifying the materials that make up the instruments. The literature review observed two fundamental pillars for the basis of the research, namely, the definitions of acoustics and psychoacoustics brought by Roederer (2022), Beranek (1986), Helmholtz (1895), together with other theorists. As a methodological strategy, a case study was used with the triangulation of data obtained for analyzes from different perspectives: objective, subjective and bibliographic, crossing descriptive data in semi-structured interviews with data resulting from recordings made by eight professional clarinetists. The results indicate that the adjustments made by the instrumentalists when performing the exercises enabled a significant change in the intensities of different harmonics that make up the particular timbres. The analyzes were based on comparisons of exercise recordings, interviews and theoretical definitions. The use of tools derived from psychoacoustics allows clarinetists to make individual adjustments based on their listening, allowing them to change both the tunings and the frequency intensities that make up their complex sounds.

Keywords: *Clarinetist's timbre, psychoacoustics, acoustics, musical performance, clarinet.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – onda senoidal de amplitude 4.....	18
Figura 2 – onda senoidal de amplitude 2.....	24
Figura 3 – onda senoidal de período 1.....	18
Figura 4 – onda senoidal de período 2.....	24
Figura 5 – onda senoidal com fase iniciando no pico da onda.....	25
Figura 6 – onda senoidal iniciando no vale da onda.....	25
Figura 7 – representação de ciclo da onda.....	26
Figura 8 – representação de uma onda complexa até o sexto harmônico.....	27
Figura 9 – tabela de representação do mapeamento de harmônicos comuns entre duas notas....	32
Figura 10 – representação dos harmônicos comuns entre as séries harmônicas de $Dó_3$ e Sol_3 até o 12º harmônico.....	33
Figura 11 – série harmônica do $Dó_3$	33
Figura 12 – série harmônica do Sol_3	33
Figura 13 – harmônicos comuns entre as séries harmônicas de $Dó_3$ e Sol_3 até o 12º harmônico.....	34
Figura 14 – representação dos harmônicos comuns entre $Dó_3$ e Sol_3 no pentagrama musical....	34
Figura 15 – exercício de afinação por meio dos harmônicos comuns entre duas vozes.....	35
Figura 16 – harmônicos comuns das notas $Dó_3$ e Sol_3 apresentadas simultaneamente entre as duas estruturas.....	36
Figura 17 – atividade 1: linha melódica para execução dos participantes.....	39
Figura 18 – atividade 2: linha melódica para execução dos participantes com referencial.....	40
Figura 19 – exercícios de ambientação à escuta com referência para o alinhamento dos harmônicos comuns.....	41
Figura 20 – imagem representativa de relação entre frequências captadas por tempo determinado.....	43
Figura 21 – imagem representativa da relação entre frequências captadas por tempo com trecho selecionado.....	43
Figura 22 – espectrograma com valores das frequências em hertz e com amplitudes em decibel.....	44
Figura 23 – dados registrados com informações das gravações dos participantes para análises com cálculos dos harmônicos com base na frequência fundamental.....	45

Figura 24 – espectrogramas do participante 1 – nota Si ₂ , exercício A.....	46
Figura 25 – gráfico com a diferença de intensidades entre os harmônicos da nota Si ₂	47
Figura 26 – espectrogramas do participante 1 – nota Fá ₃ , exercício B.....	48
Figura 27 – gráfico com a diferença de intensidades entre os harmônicos da nota Fá ₃	49
Figura 28 – espectrogramas do participante 2 – nota Sol ₂ , exercício A.....	50
Figura 29 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 2.....	51
Figura 30 – espectrogramas do participante 2 – nota Sol ₃ , exercício B.....	52
Figura 31 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 2.....	53
Figura 32 – espectrogramas do participante 3 – nota Sib ₂ , exercício A.....	54
Figura 33 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 3.....	55
Figura 34 – espectrogramas do participante 3 – nota Sol ₃ , exercício B.....	56
Figura 35 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 3.....	57
Figura 36 – espectrogramas do participante 4 – nota Si ₂ , exercício A.....	58
Figura 37 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 4.....	59
Figura 38 – espectrogramas do participante 4 – nota Si ₃ , exercício B.....	60
Figura 39 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 4.....	61
Figura 40 – espectrogramas do participante 5 – nota Sol ₂ , exercício A.....	62
Figura 41 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 5.....	63
Figura 42 – espectrogramas do participante 5 – nota Lá ₃ , exercício B.....	64
Figura 43 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 5.....	65
Figura 44 – espectrogramas do participante 6 – nota Fá ₂ , exercício A.....	66
Figura 45 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 6.....	67
Figura 46 – espectrogramas do participante 6 – nota Dó# ₃ , exercício B.....	68
Figura 47 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 6.....	69

Figura 48 – espectrogramas do participante 7 – nota Dó ₃ , exercício A.....	70
Figura 49 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 7.....	71
Figura 50 – espectrogramas do participante 7 – nota Fá ₃ , exercício B.....	72
Figura 51 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 7.....	73
Figura 52 – espectrogramas do participante 8 – nota Lá ₂ , exercício A.....	74
Figura 53 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 8.....	75
Figura 54 – espectrogramas do participante 8 – nota Sol# ₃ , exercício B.....	76
Figura 55 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 8.....	77
Figura 56 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A”.....	78
Figura 57 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B”.....	79
Figura 58 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos dos exercícios “A e B”.....	80

SUMÁRIO

MEMORIAL ACADÊMICO.....	17
INTRODUÇÃO.....	18
CAPÍTULO I – ACÚSTICA E PSICOACÚSTICA.....	23
1.1 SONS PUROS.....	23
1.2 SONS COMPLEXOS.....	26
1.3 TIMBRE.....	27
1.4 ACÚSTICA DA CLARINETA.....	29
1.5 DIFERENÇA ENTRE ACÚSTICA E PSICOACÚSTICA.....	30
1.6 HARMÔNICOS COMUNS.....	32
1.7 UTILIZAÇÃO DOS HARMÔNICOS COMUNS EM EXERCÍCIOS.....	34
CAPÍTULO II – COLETA DE DADOS.....	37
2.1 ANÁLISE DE ENTREVISTAS.....	38
2.2 EXEMPLOS MUSICAIS.....	38
2.3 PESQUISA PARTICIPATIVA.....	42
2.4 GRAVAÇÕES DE ÁUDIO.....	42
2.5 ESPECTROGRAMA.....	42
CAPÍTULO III – ANÁLISE.....	43
3.1 ANÁLISE.....	43
3.2 RESULTADO DO EXERCÍCIO A.....	77
3.3 RESULTADO DO EXERCÍCIO B.....	78
3.4 RESULTADO FINAL DA PESQUISA.....	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS.....	84

MEMORIAL ACADÊMICO

Aos 11 anos, iniciei a minha trajetória como estudante de música em um projeto social, em que estudei flauta doce, teoria musical, clarineta e, posteriormente, saxofone. Com essas experiências iniciais, tive a oportunidade de tocar na banda sinfônica do projeto por alguns anos, tendo meus primeiros contatos mais próximos com as diversas sonoridades dos instrumentos da banda.

Alguns anos depois, em 2015, ingressei no curso de música (bacharelado com habilitação em saxofone) na Universidade de Brasília (UnB). Contudo, no ano posterior ao meu ingresso, solicitei a mudança de habilitação para clarineta. No ano de 2019, concluí o bacharelado em clarineta pela UnB, orientado pelo Professor Doutor Ricardo Freire, e, durante todo o processo de reflexão e aprendizagem, trabalhar a sonoridade da clarineta me instigou a querer entender mais profundamente sobre essa temática.

Justifico o recorte temático proposto nesta dissertação com base nos interesses de pesquisa do Professor Ricardo, discutidos em algumas conversas, e na minha própria área de interesse, o timbre da clarineta. Nesse sentido, busco compreender o molde de timbre relacionado ao processo de emissão do som pelo instrumentista, influenciado pela psicoacústica.

Como músico, tive a oportunidade de refletir sobre a problemática de moldar o timbre como clarinetista durante a minha vida ativa em orquestras, bandas sinfônicas, *big bands*, grupos de câmara, atuando em diversas formações musicais, pude não apenas aperfeiçoar minha *performance*, mas também levar essa reflexão para o ensino da clarineta. Isso ampliou as possibilidades para os meus estudantes e colegas clarinetistas, permitindo-lhes construir sua identidade sonora com base no que escutam, sem a necessidade de modificarem a configuração do material do instrumento, moldando o timbre com os ajustes particulares de controle do trato vocal, e outras experiências adquiridas ao longo da trajetória musical.

INTRODUÇÃO

O propósito desta dissertação é compreender como a construção do timbre para a produção sonora do clarinetista é influenciada com base nos aspectos advindos da psicoacústica. O fator motivador para o estudo parte da percepção do próprio autor deste trabalho, que, em sua jornada como clarinetista, estudante e professor de clarineta, tem percebido que colegas e estudantes tendem a buscar uma idealização sonora, mas dificilmente conseguem modificar o som para que atinjam o timbre desejado. A partir dessa proposta, o objetivo geral do trabalho é compreender como as variações nas configurações dos espectros harmônicos são influenciados com base na produção do som em diferentes contextos musicais por meio dos ajustes individuais. Com isso, delinear-se-iam alguns objetivos específicos para melhor guiar o desenvolvimento da pesquisa.

Primeiramente, avaliou e descreveu-se a observação das variações dos espectros harmônicos do som por meio de relatórios gerados com base na execução de exercícios compostos para a coleta de dados, visando aos ajustes fisiológicos particulares de cada clarinetista, sem a necessidade da mudança dos materiais que compõem os instrumentos.

Em segundo lugar, a proposta avaliativa das variações dos espectros sonoros do clarinetista, com base nos princípios psicoacústicos, permite examinar, de forma mais precisa e detalhada, como as diferentes técnicas e abordagens afetam a qualidade e a intensidade do som produzido pelo instrumentista. Ao adotar essa perspectiva, é possível identificar padrões e tendências que ajudarão a aprimorar a compreensão sobre a relação entre execução técnica e as características perceptuais do timbre descritas pelos músicos.

Por fim, a análise das reflexões dos clarinetistas sobre suas próprias *performances* e os ajustes realizados para tocar em contextos musicais que envolvem outras vozes tornou-se também uma análise relevante em relação ao contexto subjetivo para o cruzamento dos dados com as delimitações objetivas. Essas análises qualitativas são fundamentais para a compreensão de como os músicos percebem e respondem às demandas dos ajustes específicos propostos pelos exercícios desenvolvidos, e, assim, ao considerar as perspectivas e experiências dos clarinetistas, é possível compreender os desafios e as estratégias envolvidas em relação à adaptação do timbre do instrumentista para melhores desenvolvimentos musicais.

A metodologia utilizada baseou-se no estudo de caso com a triangulação de dados, utilizando modos de visualização da coleta por diferentes vertentes para uma análise mais eficaz, tornando, assim, a pesquisa mais clara e consistente. Os dados bibliográficos para o entendimento sobre a acústica e psicoacústica; as entrevistas semiestruturadas para as

descrições subjetivas de cada participante; e as análises dos áudios por meio de gráficos completaram a triangulação, a fim de fundamentar o cruzamento dos dados de formas objetiva e subjetiva.

Selecionaram-se oito participantes clarinetistas profissionais para que pudessem descrever sobre as modificações fisiológicas realizadas individualmente durante o andamento da execução dos exercícios propostos para a utilização da psicoacústica como um *feedback* sonoro para os ajustes do timbre.

Para a coleta de dados, aplicaram-se dois exercícios para análises posteriores, sendo um sem referencial auditivo e outro com referência. Utilizou-se, também, uma câmera para as gravações das entrevistas e um gravador para as gravações dos áudios de cada participante em um ambiente controlado com o devido isolamento acústico, a fim de que não houvesse interferências que pudessem deformar os áudios coletados e inviabilizar a pesquisa.

Os dados bibliográficos para o entendimento de cada termo específico da pesquisa e suas definições foram necessários como uma parte anterior à coleta, para viabilizar o estudo em relação ao objetivo principal. Posteriormente, as análises objetivas e subjetivas foram necessárias para o cruzamento dos dados e a confecção dos relatórios analíticos e descritivos finais do trabalho e da conclusão.

Organizou-se o presente trabalho em três capítulos de conteúdos, sendo o primeiro destinado às definições sobre terminologias vinculadas, principalmente, à acústica musical e à psicoacústica, um capítulo para a coleta de dados, e, por fim, um destinado às análises. Posteriormente às estruturas delimitadas, incluíram-se, também, após o capítulo de análises, um capítulo para a discussão dos pontos abordados durante a pesquisa, as considerações finais do autor, e por fim, a conclusão.

No primeiro capítulo, apresentaram-se o embasamento teórico e o cruzamento das terminologias da acústica, da psicoacústica e de seus fragmentos e conceitos em comum. Assim, a exploração das afinações, dos harmônicos, sons complexos, sons puros e a acústica da clarineta propriamente dita permitiram delimitar o enfoque da pesquisa, evitando desvios terminológicos e interpretações equivocadas do objeto estudado.

No segundo capítulo, definiram-se a forma e a estrutura para a coleta de dados, garantindo a ocorrência das entrevistas e gravações sem interferências, evitando, assim, a invalidação da pesquisa. Nesta seção, também se delimitaram a seleção dos participantes, o equipamento utilizado e o *software* para a análise posterior dos dados.

No capítulo designado às análises, permitiu-se o cruzamento dos dados objetivos e subjetivos com o devido embasamento teórico, tornando convergente a triangulação com o foco

no objeto da pesquisa — a modificação do timbre do clarinetista por intermédio da psicoacústica, possibilitando, com isso, a validação integral da pesquisa pelo devido critério avaliativo do material selecionado para análise.

Organizou-se a parte final da pesquisa, posteriormente às análises, a fim de se refletir, criticamente, sobre as ferramentas designadas, em três partes importantes para a conclusão do trabalho: uma parte para a discussão, em que se consideraram os fatores técnicos da pesquisa; as considerações, relativas a fatores de dificuldade, as problemáticas encontradas, as impossibilidades de maior desenvolvimento, e também as questões positivas que podem ser melhores desenvolvidas em pesquisas posteriores; por fim, a conclusão da pesquisa, informando, após os resultados e análises, a relevância da pesquisa no campo da acústica e psicoacústica, da *performance* musical, da educação musical e em toda sociedade clarinetista.

Por meio desta dissertação, busca-se contribuir tanto para a área de ensino e aprendizagem da clarineta quanto para a área de *performance* do instrumentista, uma vez que o objetivo da pesquisa se assenta na construção do timbre do instrumentista por meio dos princípios da psicoacústica.

Parte-se do pressuposto, neste trabalho, de que muitos clarinetistas (desde os iniciantes até os profissionais) têm dificuldades para construir um timbre desejado utilizando, apenas, os fatores do processo emissivo do instrumento. Dessa forma, usufruir dessas ferramentas com base na psicoacústica visa facilitar a construção de diferentes possibilidades timbrísticas em relação à execução da clarineta para clarinetistas de todos os níveis.

Estudos específicos correlacionando as áreas de processo emissivo da clarineta com a psicoacústica, ainda, são escassos. Dessa maneira, destaca-se a relevância acadêmica desta dissertação em relação aos estudantes de clarineta (desde os iniciantes aos profissionais do instrumento) nos ensinamentos básicos, técnicos e superiores, com enfoque no ensino e aprendizagem do instrumento. Além disso, em relação a projetos sociais, escolas, e ONGs, para maior abrangência social.

A pesquisa tem relevância, também, para outras pesquisas, em virtude de ser um estudo interdisciplinar que dialoga com áreas de interpretação e pedagogia musical, desenvolvimento performático, psicologia cognitiva, e devido à inserção em quaisquer tipos de formações que incluam a clarineta: orquestras e bandas sinfônicas, *big bands*, grupos de câmara, apresentações solo, entre outras, e em virtude da possibilidade de escolhas de timbre por cada instrumentista. Também é relevante a respeito do naipe de clarinetas e/ou madeiras, o que permite o aprimoramento em relação a esses instrumentos por meio da busca de um timbre que se

correlaciona com o grupo do qual os músicos participam tocando clarineta ou outros instrumentos.

Para a devida fundamentação bibliográfica da pesquisa, realizou-se uma organização teórica com conteúdos a serem refletidos e debatidos entre estudos de diversos autores, a fim de construir um resultado mais íntegro e consistente por meio da metodologia seguida.

Um tópico essencial ao desenvolvimento da etapa de revisão literária diz respeito às áreas correlacionadas, direta e indiretamente, com o tema sobre construções do timbre, emissão sonora e psicoacústica. A acústica musical tem uma relevância para o entendimento dos aspectos matemáticos, físicos, teórico-musicais e psicoacústicos. Além disso, podem-se citar também como exemplos os estudos da pedagogia e *performance* musical.

Primeiramente, buscou-se o entendimento e a fundamentação no processo de emissão sonora da clarineta, assim como proposto pelo clarinetista Cristiano Alves (2013), que trata da importância tanto para o aprimoramento quanto para a *performance* musical.

A partir disso, os estudos físicos e matemáticos expõem sua relevância para os entendimentos contidos nos contextos da acústica musical. Fundamentaram-se esses estudos em Gunther (2008), Helmholtz (1895), Hiebert (2014), Angus; Howard (2006) e Roederer (2022).

Esta pesquisa assenta-se nos estudos de Alves; Freire (2014), Freire (2015), Ilari (2006), Sloboda (2008), Baddeley (2017), Freire (2017), Levitin (2006) e Seashore (1938) sobre a cognição e percepção musical e memória. Esses estudos são importantes para que se entenda como essas áreas se relacionam, e como podem influenciar ou como são influenciadas pela psicoacústica, além de outras áreas correlatas.

A educação musical é fundamental para o embasamento desta dissertação, assim como as áreas citadas anteriormente, especialmente por sua conexão com a *performance* musical. Nesse sentido, com base em Alves (2013), Cowell e Richardson (2002), Domenici (2012), Freire (2020, 2003), Moody (1995), Ray (2019), Ribeiro (2012), e Rink (2002), destacam-se, neste estudo, fundamentos da psicoacústica de modo que sejam compreendidos por diferentes clarinetistas ao lidar com os processos de emissão sonora e construção do timbre desejado, a fim de contribuir tanto para o ensino e aprendizagem do instrumento quanto para sua execução em *performances*.

Os estudos de afinações são análogos aos processos cognitivos, metacognitivos e perceptivos. Nessa perspectiva, a *performance*, a educação musical e a acústica estão diretamente relacionadas a essas áreas, o que justifica a fundamentação nos autores Barbour

(2004), Freire (2016) e Freire (2017) para a compreensão da objetividade matemática e da subjetividade perceptiva.

CAPÍTULO I – ACÚSTICA E PSICOACÚSTICA

A acústica musical possui sua relevância no que diz respeito ao estudo dos sons. Contudo, para compreender como funciona o timbre de um instrumento musical — em especial o timbre da clarineta, é necessário, em um primeiro momento, explorar sua relação com o timbre do instrumentista, para, posteriormente, aprofundar nas características específicas deste, e relacioná-lo ao timbre do instrumentista.

O timbre constitui a identidade sonora que se consegue compreender por meio da escuta, o que permite qualificá-lo, de forma subjetiva, por intermédio da psicoacústica. Nesse sentido, questiona-se: o que torna um som diferente do outro? Para responder a esse questionamento, é fundamental compreender o conceito de som puro e som complexo; como os harmônicos se relacionam com o timbre; e como a acústica da clarineta se relaciona com sua construção física, permitindo que o instrumento possua suas características peculiares.

1.1 SONS PUROS

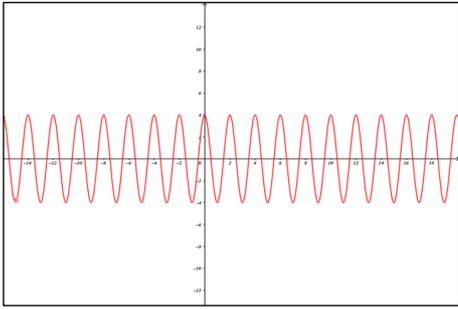
Em relação à temática de timbre e sua relação comportamental entre a equalização de uma frequência fundamental (f_1) e seus harmônicos superiores (f_2, f_3, f_4 etc.), faz-se necessário compreender as características do dito “som puro”, cuja frequência advém de uma onda senoidal demonstrada em um plano cartesiano de dois eixos: x e y .

Uma onda senoidal contém três características básicas representativas, e essa nomenclatura deriva da função trigonométrica intitulada seno, em virtude de o eixo y representar, analiticamente, essa função (Roederer, 2022).

Define-se um som puro, representado também por uma vibração denominada “harmônica” ou “pura”, pelos valores de três parâmetros distintos: período, amplitude e fase.

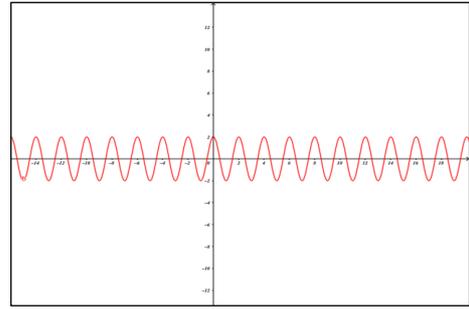
A amplitude da onda possui relação direta com a intensidade sonora que é produzida. Nas figuras 1 e 2, apresentam-se duas imagens de ondas senoidais com frequências e fases iguais, mas com amplitudes diferentes.

Figura 1 – onda senoidal de amplitude 4.



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Figura 2 – onda senoidal de amplitude 2.



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

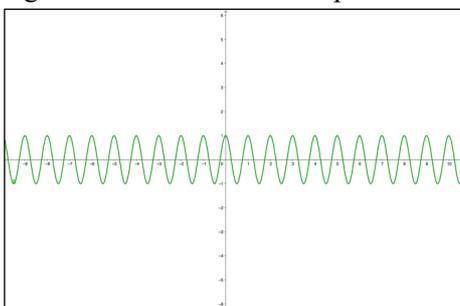
A fim de compreender a percepção sonora do ouvido humano, Roederer (2022) descreve a sensação de intensidade sonora com base em

[...] dois limites de sensibilidade para um som de frequência definida: (1) um limite inferior ou *limiar de audibilidade*, que representa a mínima intensidade audível; (2) um *limite superior e audibilidade*, além do qual surge dor fisiológica e, eventualmente, comprometimento físico do mecanismo de audição. (Roederer, 2022, p.130).

A altura de uma onda possui relação direta com sua frequência (Roederer, 2022), demonstrada pelo eixo x (tempo) como ciclo de batimentos por segundo, gerando, assim, a frequência em hertz (Hz).

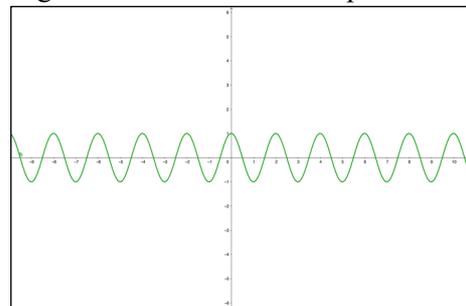
Apresentam-se, nas figuras 3 e 4, ondas senoidais de mesma amplitude e mesma fase, contudo, períodos de repetição diferentes. Na figura 3, indica-se um padrão de repetição a cada unidade (representada pelo eixo x) enquanto, na figura 4, a ocorrência do padrão de repetição a cada duas unidades de tempo.

Figura 3 – onda senoidal de período 1



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Figura 4 – onda senoidal de período 2

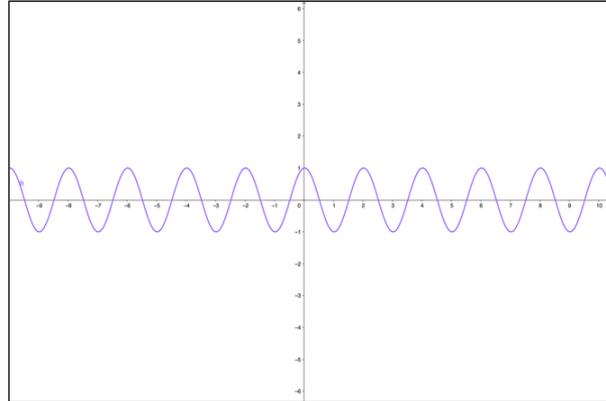


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A fase diz respeito ao ponto de início do ciclo de repetição da onda. Roederer (2022) considera esse terceiro ponto como um parâmetro mais delicado quanto à percepção. Contudo,

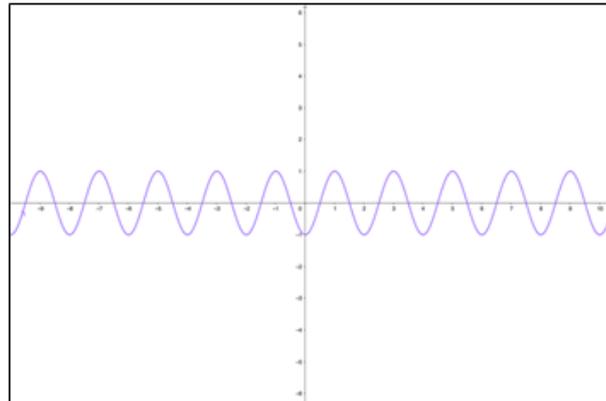
na construção da onda resultante da soma da fundamental com seus harmônicos, a fase pode fazer com que uma onda complexa tenha deformações distintas.

Figura 5 – onda senoidal com fase iniciando no pico da onda



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Figura 6 – onda senoidal iniciando no vale da onda.

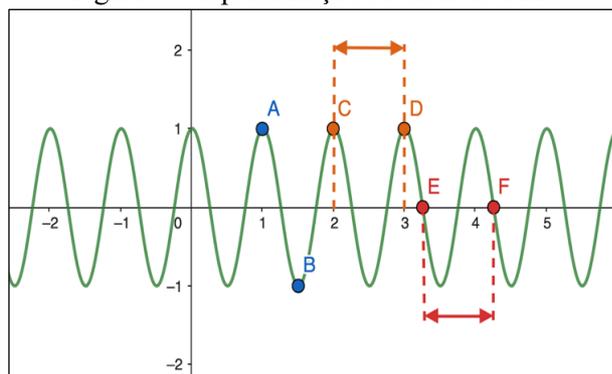


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

O pico da onda representa o ponto máximo de amplitude, enquanto o vale representa o ponto mais baixo. Apesar de as duas ondas senoidais apresentarem a mesma frequência e a mesma amplitude de onda, a representação do início de cada ciclo diverge em seu ponto inicial.

Para Roederer (2022), apesar de uma onda ter três valores representados (amplitude, período e fase), o período e a amplitude constituem as grandezas que possuem uma maior e fundamental importância para a percepção dos sons musicais.

Figura 7 – representação de ciclo da onda



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura acima, o ponto A representa o pico da onda (seu ponto mais alto), enquanto o ponto B representa o vale (ponto mais baixo). Os segmentos de reta que ligam os pontos CD e EF possuem o mesmo período (tempo ao qual a onda leva para repetir seu ciclo). Contudo, o segmento de reta que liga os pontos CD retrata o início do período considerando o pico da onda $y = 1$, enquanto o segmento de reta EF marca o ponto zero no eixo y como início (linha horizontal).

1.2 SONS COMPLEXOS

Os sons complexos são sons construídos com base na soma de seus sons (ou frequências) fundamentais (f_1) com seus sons complementares (frequências harmônicas), podendo, cada um destes, apresentar amplitudes diferentes — equalizando-se e formando, assim, um dos parâmetros qualitativos de um som: o timbre.

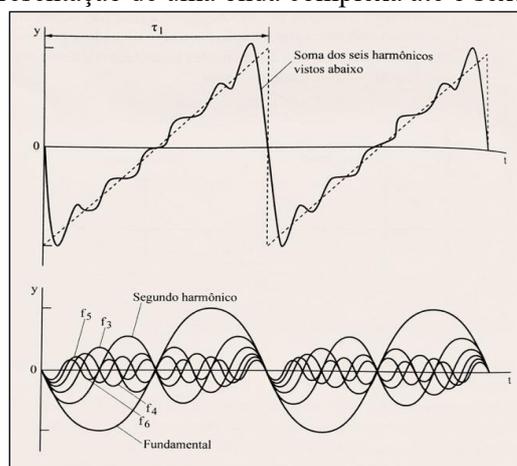
Roederer (2022) descreve a altura e o volume como dois atributos principais do som, “principalmente em sons puros de frequências únicas” (Roederer, 2022, p.155). Entretanto, explicita a questão de que, na música, não são esses sons que desempenham um papel fundamental. Para Roederer (2022), os sons ativos constituem

sons *complexos*, cada um deles consistindo em uma superposição de sons puros misturados em determinada proporção, de forma a parecer ao nosso cérebro um todo indistinto. Surge, assim, um terceiro atributo fundamental do som: a qualidade, ou timbre, relacionado ao tipo de mistura de sons puros, ou componentes harmônicos, que existem em um som complexo [...]. (Roederer, 2022, p.155).

Na figura 8, Roederer (2022) ilustra, na parte superior, a soma dos seis primeiros harmônicos de uma onda complexa, e, na parte inferior, os mesmos seis harmônicos. Porém,

apresentados como sons puros por meio da análise de Fourier de uma onda dente-de-serra (representada na parte superior da imagem).

Figura 8 – representação de uma onda complexa até o sexto harmônico



Fonte: Roederer (2022, p.174).

1.3 TIMBRE

A respeito do timbre, Fabiani e Friberg (2011) o define como a qualidade que nos permite distinguir o som entre dois instrumentos, dados os parâmetros acústicos tanto nas qualidades espectrais pelos números de harmônicos quanto pelas dinâmicas (caracterizadas pela velocidade de ataque, por exemplo).

Segundo Smock (2014), descreve-se o timbre por meio de diferentes adjetivos abordados pelos músicos, tais como: rico, metálico, brilhante, escuro, entre outras descrições. Smock (2014) define, ainda, como a capacidade de distinguir a mesma nota tocada por diferentes instrumentos não somente importando as características físicas, mas, também, considerando a percepção. O timbre constitui um processo de construção, e não somente o resultado. Nesse sentido, o timbre consiste no resultado de um processo de construção.

Por exemplo, no caso de duas clarinetistas executando juntas um trecho musical a duas vozes, o som resultante no contexto torna-se um, de forma que os dois instrumentistas utilizamos dois instrumentistas utilizamos do parâmetro psicoacústico para identificar o que precisam modificar para que o timbre e afinação permaneçam homogêneos.

Considerando-se, ainda, o contexto de performance de dois clarinetistas, para Freire (2013),

a performance de um duo de clarinetas oferece a oportunidade para ouvir com nitidez a relação entre os harmônicos superiores produzidos pela série harmônica e também a relação de sons resultantes advindos da diferença nas frequências de notas de um

determinado intervalo. A partir de estudos de Helmholtz (1885), Révész (2001) e Roederer (2008), é possível estabelecer um referencial teórico para a análise dos espectros harmônicos e subharmônicos dos intervalos tocados por duas clarinetas. (Freire, 2013, p.1).

A respeito das alterações necessárias para as correções particulares no contexto performático, Freire (2017) trata da utilização da psicoacústica em relação à afinação da performance musical:

as notas resultantes são um fenômeno psicoacústico que podem auxiliar na afinação dos intervalos produzidos em regiões agudas. Intervalos que apresentam notas resultantes que coincidam com as notas do intervalo gerador permitem a identificação mais rápida e oferecem maior precisão no ajuste da afinação durante a performance musical (Freire, 2017, p.92).

Com isso, tanto as notas executadas como o espectro harmônico dos dois clarinetistas se somarão formando uma única “teia harmônica” (juntando os espectros harmônicos e gerando subharmônicos bem alinhados e afinados), fazendo com que se obtenha um som mais rico em harmônicos.

Além da construção de timbre, Freire (2013) aborda a seguinte temática sobre sensações construídas a partir dos sons resultantes:

a possibilidade da identificação dos harmônicos coincidentes e dos harmônicos resultantes oferece a oportunidade para uma execução polifônica com dois instrumentos que podem mostrar novas notas graves ou criar sensações de consonância ou dissonância nas notas agudas. Além disso, a presença de sons resultantes afinados assegura que a afinação das notas agudas segue o sistema de afinação justa.

A modelagem sonora a duas vozes permite uma audição ampliada dos intervalos a partir da combinação de notas graves que não estão presentes na notação original. A afinação destes intervalos, no entanto, é uma responsabilidade do intérprete que irá decidir como regular o equilíbrio sonoro para valorizar a presença de determinadas notas que poderão enriquecer o contexto tonal/atonal da performance musical (Freire, 2013, p. 5-6).

O timbre, apesar de ser uma característica física de identidade e caracterização do som por meio de identificação da equalização dos harmônicos em uma determinada frequência, permite o suporte para que se compreendam os fenômenos sobre como o cérebro interpreta vários sons simultaneamente, bem como as razões de se escutarem outras notas (notas resultantes) na união de duas frequências ou mais na *performance* musical. O timbre surge com base nas explicações objetivas da física, trazidas pela acústica musical, como explicadas pelo teórico Roederer (2022), e se finda, subjetivamente, na percepção humana.

1.4 ACÚSTICA DA CLARINETA

A clarineta é um instrumento de sopro que utiliza uma palheta simples, fixada à boquilha para induzir vibrações com a pressão do ar oriundo do instrumentista, fazendo com que percorra toda a extensão do instrumento, tornando o corpo deste um tubo fechado em uma extremidade e aberto em outra (Holz, 2012).

Fritz, Farner e Kergomard (2004) discorrem sobre o processo de excitação primária da clarineta, tendo sua origem na palheta, a qual possui um papel fundamental de transformação do fluxo do ar da boca em energia acústica por meio de sua oscilação. Para que se entenda sobre a transformação do ar em energia acústica, deve-se, primeiramente, compreender o que é a impedância acústica. Alves, C. S. (2013) descreve a impedância como uma “resistência que opõe um meio as ondas que se propagam neste; razão entre pressão sonora e velocidade das partículas de um meio material.” (Alves, C. S., 2013, p.50). Para Holz (2012), a impedância é uma caracterização particular e específica de cada instrumento.

A boquilha e a palheta funcionam como uma fonte de energia acústica, transmitindo essa energia para o corpo do instrumento. A clarineta possui, ainda, um corpo cilíndrico, funcionando como um ressonador de ondas estacionárias, formando uma coluna de ar, com uma campana cônica ao final do corpo do instrumento juntamente à abertura dos orifícios por seu corpo, funcionando como radiadores (Holz, 2012).

Diferentes notas contêm a estrutura de harmônicos possíveis de serem executados graças à construção do corpo do instrumento, formada por diferentes furos ao longo deste. Com essa estrutura, a chave de registro situa-se no primeiro terço desde a boquilha até a campana, fazendo com que a clarineta execute uma décima segunda (uma oitava mais uma quinta) na mesma digitação, utilizando a chave de registro (Holz, 2012).

Dickens *et al.* (2007) realizaram um estudo que demonstra que a configuração do espectro harmônico característico da clarineta articula-se à sua construção acústica, fazendo com que os primeiros harmônicos ímpares (1 e 3) sejam muito mais fortes do que os primeiros harmônicos pares (2 e 4), e o quinto para o sétimo harmônicos possuem um decaimento regular; enquanto o oitavo harmônico é mais forte do que o anterior e o posterior, caracterizando, de tal forma, o espectro sonoro da clarineta.

1.5 DIFERENÇA ENTRE ACÚSTICA E PSICOACÚSTICA

A acústica musical é uma área advinda da física, que busca explicar os fenômenos sonoros por meio das atribuições qualitativas e comportamentais dos sons. Roederer (2022) considera a música composta “de notas cujas características físicas variam no tempo de uma forma determinada” (Roederer, 2022, p.23). E descreve três características determinantes de sensações primárias advindas da psicoacústica, relacionadas a um determinado som musical: a altura, a intensidade e a qualidade.

[...] cada uma dessas sensações primárias pode ser associada, em princípio, a uma quantidade física bem definida do estímulo original, i.e., a onda sonora, que pode ser medida e expressa numericamente por métodos físicos. [...] a sensação de altura está primariamente associada à frequência fundamental (frequência de repetição de um padrão de vibração, descrito pelo número de oscilações por segundo), o volume à intensidade (fluxo de energia ou amplitude de oscilação de pressão da onda sonora que atinge o ouvido, e a qualidade ao espectro, ou seja, a proporção em que as frequências superiores, chamadas ‘harmônicos superiores’, aparecem misturadas entre si, acompanhando a frequência fundamental (Roederer, 1998, p. 21-22).

Beranek (1986) apresenta a terminologia para definir acústica como “um adjetivo, que significa intimamente associado com ondas sonoras e com fenômenos, meios, aparatos, quantidades ou unidades discutidas na ciência das ondas sonoras” (Beranek, 1986). Dessa maneira, o foco no estudo do som e das propriedades da propagação do som, em diversos meios, permite auxiliar “a compreensão tanto da natureza quanto o comportamento do som em uma variedade de ambientes e nos permitir entender o funcionamento dos instrumentos musicais e a interação do som produzido com a percepção” (Angus; Howard, 2016).

As questões físicas presentes na acústica musical estão vinculadas à percepção dos sons que Roederer (1998) descreve, com base em três sistemas fundamentais para a percepção sonora, denominados “fonte-meio-receptor”. No caso da clarineta, descreve-se a oscilação da palheta como um mecanismo primário de excitação (fonte), cuja ativação é realizada pelo instrumentista. A sustentação realizada pela coluna de ar dentro do tubo de um instrumento de sopro faz com que as vibrações sejam determinantes para a altura do som, e “fornece os harmônicos superiores necessários para conferir certa qualidade característica ou timbre ao som” (Roederer, 1998, p.18). O “meio” é dividido em duas partes: uma diz respeito ao meio de transmissão da energia elástica (como o ar, por exemplo), e outra, por meio de reflexões e absorção das ondas. O “receptor” é a etapa em que o resultado dos sons propagados é percebido pelo tímpano, transformados, posteriormente, em impulsos elétricos e levados pelo sistema

neural ao córtex cerebral, fazendo com que haja a “percepção consciente dos sons musicais” (Roederer, 1998, p.19).

A psicoacústica é um ramo da acústica que estuda como o ser humano percebe os sons (Angus; Howard, 2016). Dessa maneira, considera-se que a psicoacústica busca auxiliar o entendimento do cérebro humano sobre a interpretação dos sons com base na percepção sonora. Porres (2012) indica que “a psicoacústica, estuda a resposta subjetiva e psicológica de atributos físicos, ou acústicos, do som. A base dessa relação é o mecanismo fisiológico da escuta — entende-se aqui, principalmente, o aparato mecânico do ouvido (externo, médio e interno)” (Porres, 2012, p.7).

Roederer (1998) define a psicoacústica como

um ramo da psicofísica, é o estudo que relaciona os estímulos acústicos com as sensações auditivas, assim como a física, a psicofísica exige que a relação causal entre o estímulo físico de entrada e a saída psicológica (ou comportamental) seja estabelecida por experimentação e mediação (Roederer, 1998, p.27).

Schubring (2017) caracteriza a psicoacústica como o estudo da percepção do som, buscando entender como se percebe o som e como a mente constrói significados cognitivos. A psicoacústica articula-se, nesse contexto, ao resultado, e não à produção sonora, pois constitui uma ferramenta de parâmetro comparativo para que o instrumentista possa identificar o que é preciso alterar para que se atinja o resultado esperado.

Marangoni e Freire (2016) mencionam, ao caracterizarem a percepção musical no contexto da *performance*, que:

a percepção musical está fundamentada na recepção dos estímulos sonoros e sua decodificação enquanto elementos musicais. A frequência, a amplitude, a forma de onda e a duração de uma onda sonora são os elementos acústicos básicos que permitirão a identificação dos elementos musicais de alturas, dinâmica, timbre e ritmo. A identificação de frequências e suas diversas formas de representação oral, gestual e escrita formam o material de trabalho da Percepção musical. A discussão sobre percepção inicia-se na diferenciação entre ouvir e escutar, no qual ouvir é um processo físico de recepção de um sinal sonoro e a escuta inicia-se no processo cognitivo de atribuir significado a uma determinada linguagem sonora (Marangoni; Freire 2016, p.1-2).

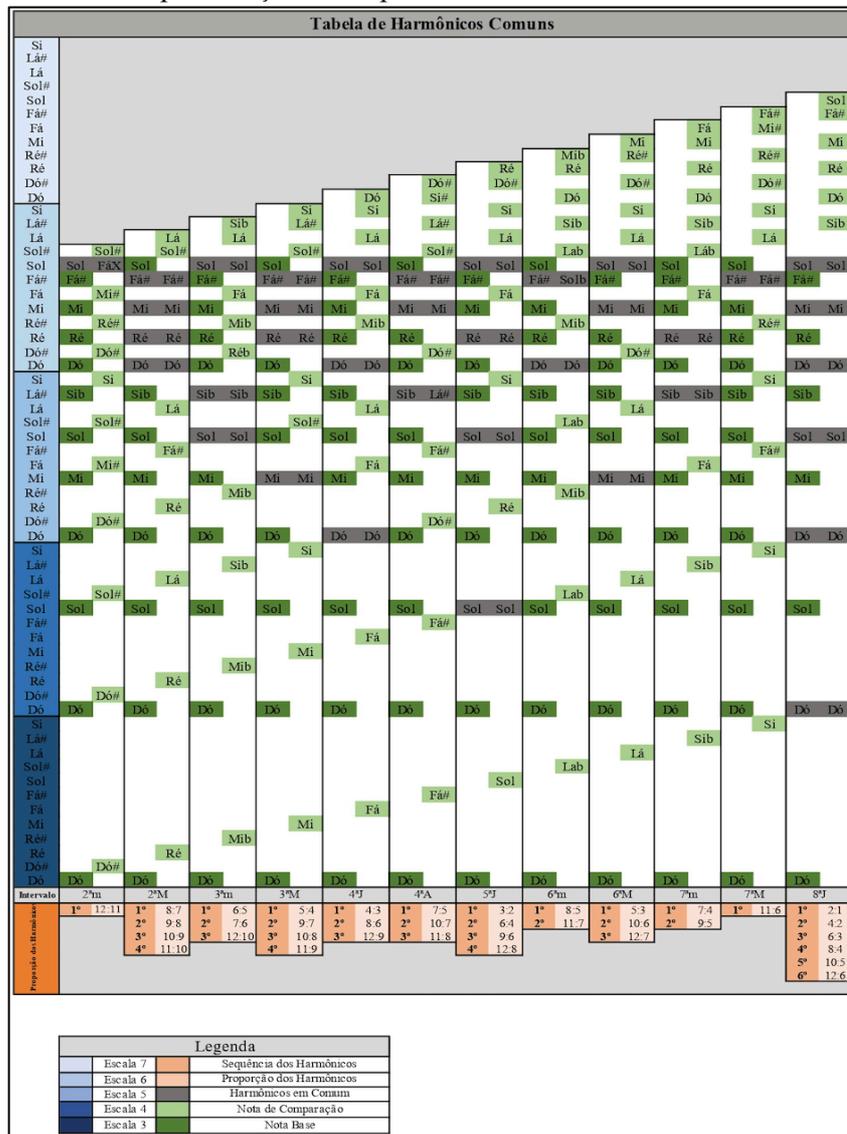
Pode-se considerar que a psicoacústica é uma ferramenta utilizada como parte de um processo cognitivo e não somente como resultado final na *performance*. O foco principal deste estudo, nesse sentido, refere-se à compreensão dos aspectos subjetivos individuais que possam ser aplicados à *performance* musical.

1.6 HARMÔNICOS COMUNS

Os harmônicos comuns são estruturas entre dois sons de frequências fundamentais (f_1) de diferentes alturas, que, em suas estruturas de sons complexos, possuem algum harmônico em comum (ou frequências de notas de mesmo nome). Contudo, dependendo do contexto da afinação utilizada ou da posição da nota em uma estrutura intervalar distinta, pode haver diferenças entre as afinações das duas frequências de mesmo nome, necessitando de ajustes durante a performance musical (no caso de instrumentos que permitem tais ajustes).

Na figura 9, ilustra-se a relação dos harmônicos comuns entre duas notas diferentes, representando as notas enarmônicas com a mesma frequência.

Figura 9 – tabela de representação do mapeamento de harmônicos comuns entre duas notas



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Os pares ordenados entre duas notas de alturas diferentes, compreendidas em um intervalo de uma segunda menor ($2^a m$) a uma oitava justa ($8^a J$), representadas na tabela acima, formam um comparativo da estrutura das séries harmônicas entre notas de frequências (f_1) diferentes, e, para cada estrutura de série harmônica, utilizaram-se os doze primeiros harmônicos ($f_1 - f_{12}$).

Na figura 10, apresentam-se as sequências de séries harmônicas das notas $Dó_3$ e Sol_3 como f_1 (respectivamente como nota base e nota de comparação).

Figura 10 – representação dos harmônicos comuns entre as séries harmônicas de $Dó_3$ e Sol_3 até o 12º harmônico

$Dó_3$	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}
	Dó3	Dó4	Sol4	Dó5	Mi5	Sol5	Sib5	Dó6	Ré6	Mi6	Fá#6	Sol6
Sol_3	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}
	Sol3	Sol4	Ré5	Sol5	Si5	Ré6	Fá6	Sol6	Lá6	Si6	Dó#7	Ré7

Legenda	
	Número sequencial do harmônico (do 1º ao 12º)
	Notas da série harmônica de $Dó_3$
	Notas da série harmônica de Sol_3
	Harmônicos comuns entre as duas séries harmônicas

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A nota base, supramencionada, possui estrutura fixa, e as notas de comparação possuem variações (formando pares ordenados de diferentes intervalos), fazendo com que seja possível mapear o comparativo dos harmônicos comuns entre as duas estruturas de séries harmônicas (notas representadas pela cor cinza).

Nas figuras 11 e 12, apresentam-se as duas séries harmônicas das notas escolhidas como exemplo — séries harmônicas de $Dó_3$ e Sol_3 .

Figura 11 – série harmônica do $Dó_3$



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

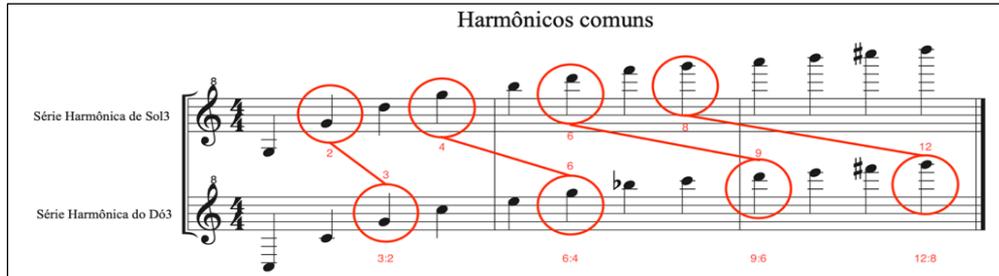
Figura 12 – série harmônica do Sol_3



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Ao selecionar o intervalo de quinta justa (5^{a}J) como exemplo, é possível identificar os harmônicos em comum representados pela cor cinza. Os harmônicos em comum geram quatro proporções intervalares distintas e em sequência: 3:2; 6:4; 9:6 e 12:8 (figura 13).

Figura 13 – harmônicos comuns entre as séries harmônicas de Dó_3 e Sol_3 até o 12º harmônico

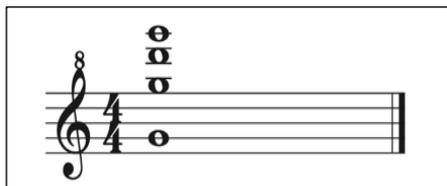


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

As proporções representam notas com alturas específicas e comuns entre as duas estruturas das séries harmônicas, em que se utilizaram as notas Dó_3 e Sol_3 como f_1 .

Como base, considera-se o som mais grave (Dó_3 como f_1) — representando o primeiro número dos pares ordenados, e o segundo número representa a nota de comparação (Sol_3 como f_1). Por exemplo, a nota em comum mais próxima entre as duas estruturas (Dó_3 e Sol_3) é a nota Sol_4 . Considerando-se o Dó_3 (f_1) como nota mais grave (nota base), em sua estrutura, o Sol_4 é o terceiro harmônico (f_3), e na nota Sol_3 como base f_1 , representa o segundo harmônico (f_2):

Figura 14 – representação dos harmônicos comuns entre Dó_3 e Sol_3 no pentagrama musical



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

1.7 UTILIZAÇÃO DOS HARMÔNICOS COMUNS EM EXERCÍCIOS

O exercício proposto a seguir busca ilustrar a utilização de duas notas de frequências (ou alturas) diferentes, a fim de possibilitar aos músicos um ajuste de afinação em cada um dos intervalos para que não haja batimentos das frequências com sensações de “desafinação”. O ajuste de afinação entre duas notas e seus harmônicos comuns possibilita o enriquecimento sonoro e uma sensação de estabilidade em relação à *performance* da clarineta.

Figura 15 – exercício de afinação por meio dos harmônicos comuns entre duas vozes

The diagram illustrates a tuning exercise for two voices. It consists of two staves in 4/4 time. The top staff is labeled "Harmônico comum" and the bottom "Intervalo". Between the staves is a row of ratios labeled "Razão". The ratios are: 2/1, 16/15, 9/8, 6/5, 5/4, 4/3, 45/32, 3/2, 8/5, 5/3, 9/5, 15/8, and 2/1. The diagram shows how these ratios relate to the common harmonics of two notes in an octave.

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A utilização do exercício implica trabalhar o ajuste de afinação da relação intervalar entre duas vozes distintas (apresentadas no segundo pentagrama musical), sendo a voz superior uma voz fixa, e a segunda voz, variável (criando as relações intervalares em uma oitava). Ao se trabalhar com exercícios de afinação por meio de relações intervalares, os ajustes tornam-se cada vez mais claros para os instrumentistas por meio da percepção musical e do *feedback* psicoacústico sobre o que se deve modificar durante a performance para que se construa uma sonoridade coletiva com equilíbrio das frequências fundamentais (f_1) e de seus demais harmônicos.

A construção do exercício visa evidenciar os harmônicos comuns entre duas notas e gerar reflexão sobre as diferentes possibilidades de ajustes orgânicos, como o controle do trato vocal descrito por Alves (2013), a respeito da afinação das frequências em comum de um som complexo, a fim de anular os batimentos de desafinação dos harmônicos comuns.

O exercício se inicia por um intervalo de oitava justa para que haja a sensação de equilíbrio maior entre duas estruturas de sons complexos, e, com isso, cada relação intervalar possa requerer ajustes finos diferentes (posições diferentes para a mesma nota, utilização de vogais distintas para um equilíbrio diferente dos harmônicos, mudanças na embocadura, entre outros).

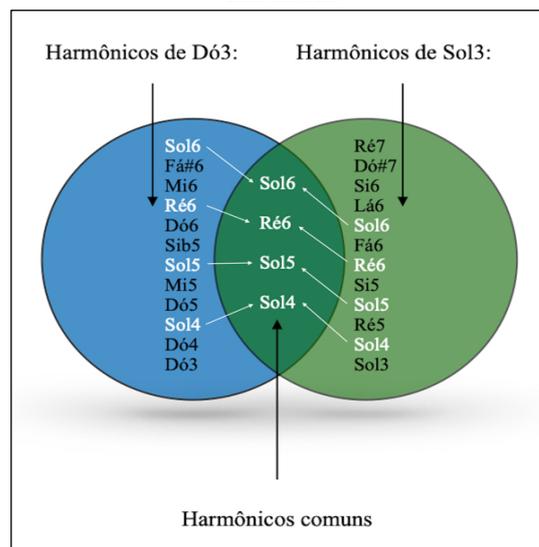
A razão guia para o harmônico comum entre duas notas complexas, e, quanto maior seus números nos numeradores e denominadores da representação da fração, mais distante o intervalo de suas frequências fundamentais (f_1). As dissonâncias possuem harmônicos comuns mais distantes, o que requer uma sensibilidade auditiva com maior atenção em relação aos demais intervalos, os quais trazem uma sensação maior de estabilidade. A relação estrutural de duas notas diferentes apresenta notas comuns entre as duas estruturas, e, com isso, os harmônicos (ou sons complementares) oriundos dessas destas permitem que o timbre coletivo

apresente uma maior ressonância dessas frequências quando apresentadas em equilíbrio. Para Freire (2021),

a combinação das duas notas do intervalo reforça a ressonância da nota comum e assim torna-se possível perceber o harmônico com clareza. A identificação da nota harmônica comum oferece uma nova perspectiva para o controle da emissão do clarinetista, permitindo o equilíbrio entre notas fundamentais e harmônicas no ajuste fino da afinação (Freire, 2021, p.20).

Na figura 16, apresentam-se quatro harmônicos comuns entre a estrutura dos 12 primeiros harmônicos ($f_1 - f_{12}$) de cada nota (Dó₃ e Sol₃). O intervalo de quinta justa (5^aJ) apresenta uma relação de quatro harmônicos comuns.

Figura 16 – harmônicos comuns das notas Dó₃ e Sol₃ apresentadas simultaneamente entre as duas estruturas



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Entre as 12 notas compreendidas da estrutura da nota Dó₃, há 4 harmônicos comuns com as 12 notas da estrutura da nota Sol₃. Equilibrar o som por meio de ajustes para que a afinação influencie a construção do timbre coletivo possibilita o enriquecimento da soma das frequências comuns dos sons complexos das duas estruturas.

Por fim, o entendimento de terminologias utilizadas durante o trabalho, como sons puros, sons complexos, acústica, acústica da clarineta, psicoacústica, harmônicos e harmônicos comuns e suas utilizações por meio de exercícios se tornam imprescindíveis para o prosseguimento da coleta e das análises dos dados, especificando o viés que será utilizado.

CAPÍTULO II – COLETA DE DADOS

A metodologia utilizada parte do estudo de caso que, somado à análise simultânea de protocolo, permite que seja feita a triangulação dos dados, tendo como pontos de referência para as análises três ou mais visões sobre um mesmo objeto a ser analisado. A utilização do referencial bibliográfico como ponto inicial para o entendimento de terminologias utilizadas na pesquisa implica definições mais precisas e embasadas para que, assim, seja possível realizar a análise posterior dos objetos da pesquisa.

As entrevistas no contexto do estudo de caso permitem que os participantes descrevam a sensação de forma subjetiva a respeito de suas mudanças feitas durante a realização dos exercícios de sessão de prática.

O estudo de caso é um método de procedimento utilizado para que se aprofunde em uma área específica com um ou poucos objetos de estudo, o que exige, assim, grandes detalhes, fazendo com que este possa ser tanto qualitativo quanto quantitativo. Para Yin (2001, p.27), “o estudo de caso conta com muitas das técnicas utilizadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que usualmente não são incluídas no repertório de um historiador: observação direta e série sistemática de entrevistas.”.

Ainda conforme Yin (2001),

[...] são realizados experimentos quando o pesquisador pode manipular o comportamento direta, precisa e sistematicamente. Isso pode ocorrer em um laboratório, no qual o experimento pode focar uma ou duas variáveis isoladas (e presume que o ambiente de laboratório possa "controlar" todas as variáveis restantes além do escopo de interesse), ou pode ocorrer em um campo, onde surgiu o termo experimento social para se ocupar da pesquisa em que os pesquisadores "tratam" grupos inteiros de pessoas de maneiras diferentes, como lhes fornecer tipos diferentes de documentação comprobatória (Boruch, a ser lançado) (Yin, 2001, p. 27).

Com a flexibilização dos métodos de coleta e análise de dados, e por não haver uma “fórmula” específica, o pesquisador deve possuir uma grande capacidade de observação e atenção à coleta de dados para que não haja interferências tanto no âmbito do pesquisador quanto para que os dados coletados se mantenham íntegros.

A triangulação é fundamental para o embasamento e o prosseguimento da pesquisa, pois, para a preparação prévia e análise dos dados coletados, os contextos objetivos e subjetivos somam-se ao embasamento teórico de terminologias e contextos delimitados.

2.1 ANÁLISE DE ENTREVISTAS

As gravações de sessões de prática, as entrevistas e os materiais teóricos para o embasamento permitem que os dados coletados possam ser utilizados por meio de uma denominada “triangulação”, fazendo com que os resultados obtidos se tornem mais precisos em relação às questões objetivas e subjetivas.

A entrevista, em relação ao estudo de caso, tem como uma das finalidades a coleta de dados direcionada ao colaborador da pesquisa para fins de registros qualitativos e/ou quantitativos. A respeito da pesquisa desenvolvida, analisaram e relataram-se três pontos primordiais para a confecção da entrevista com base na: psicoacústica, emissão do som e timbre.

Yin (2001) aborda o seguinte tópico sobre a documentação:

[...] exceto para os estudos que investigam sociedades que não dominavam a arte da escrita, é provável que as informações documentais sejam relevantes a todos os tópicos do estudo de caso. Esse tipo de informação pode assumir muitas formas e deve ser o objeto de planos explícitos da coleta de dados. (Yin, 2001, p. 107).

Dentre esses tópicos, Yin (2001, p. 108) menciona vários documentos como fontes de evidências e analisa as vantagens e limitações de cada um. Fontes de evidências como: documentação, registro em arquivos, entrevistas, observações diretas, observação participante e artefatos físicos. Esses tópicos podem ser utilizados, posteriormente, com o intuito de complementar a coleta de dados das entrevistas.

A triangulação permite que o material possa ser analisado com base em diferentes, e, neste trabalho, utilizaram-se três fontes distintas para as análises. A primeira, relacionada à revisão de literatura, em que foi necessário entender sobre questões da psicoacústica e da acústica musical, a segunda diz respeito à análise dos gráficos gerados por meio das gravações das sessões de prática. Por fim, a descrição subjetiva dos participantes por meio das entrevistas realizadas após as gravações.

2.2 EXEMPLOS MUSICAIS

Compôs-se a pesquisa exploratória por exercícios de notas longas pelo autor e pelo orientador da pesquisa, em que se elencaram dois exercícios (A e B) para as análises dos espectros do som. No primeiro (exercício A), nota-se um exercício cromático descendente, iniciado pela nota Ré₃ até o Sol₂; e, no segundo exercício, há a presença de notas compreendidas

no intervalo de uma oitava — do $D\acute{o}\#_3$ (dó sustenido três) ao $D\acute{o}\#_4$ (dó sustenido quatro), porém, em ordens não convencionais, para facilitar aos músicos a compreensão das notas seguintes, a fim de realizarem os ajustes previamente.

Figura 17 – atividade 1: linha melódica para execução dos participantes

Atividade 1

Pesquisa psicoacústica da clarineta

Guilherme Bose e Ricardo Dourado Freire

The image shows three musical staves labeled A, B, and 15. Staff A is in 4/4 time and contains eight notes: D4 (natural), E4 (natural), F4 (natural), G4 (natural), A4 (natural), B4 (natural), C5 (natural), and D5 (natural). Staff B is in 4/4 time and contains six notes: D4 (natural), E4 (natural), F4 (natural), G4 (natural), A4 (natural), and B4 (natural). Staff 15 is in 4/4 time and contains seven notes: D4 (natural), E4 (natural), F4 (natural), G4 (natural), A4 (natural), B4 (natural), and C5 (natural). All notes are quarter notes.

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Nos exercícios compostos para a utilização com referências, observa-se a presença de três vozes distintas, em que a voz inferior se iguala aos primeiros exercícios sem referência, apresentados na figura 17. Contudo, a voz intermediária permite um referencial fixo e, quando tocado juntamente à voz inferior, surgem as notas dos harmônicos superiores comuns, representados pelas notas da voz superior.

Os referenciais auditivos são gravações das vozes intermediárias e superiores dos exercícios A e B, realizados pelo autor e pelo orientador da pesquisa, permitindo, em relação aos colaboradores, a criação de relações na escuta com suas execuções dos exercícios a fim de facilitar seus ajustes durante suas performances. Utilizou-se, ainda, a afinação da nota Lá em 441 Hz para a montagem da mesma cena acústica, permitindo, posteriormente, a comparação objetiva por meio de análises das gravações.

Figura 18 – atividade 2: linha melódica para execução dos participantes com referencial

Atividade 2

Alinhamento dos harmônicos comuns

Ricardo Freire e Guilherme Bose

The musical score is presented in two systems, A and B, each with three staves (treble, middle, and bass clefs). System A features a melodic line in the treble clef staff consisting of eighth notes, and a bass line in the bass clef staff consisting of eighth notes. System B features a melodic line in the treble clef staff consisting of eighth notes, and a bass line in the bass clef staff consisting of eighth notes. The key signature is one sharp (F#).

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Apresentam-se as vozes inferiores para que os participantes possam tocá-las enquanto buscam seus ajustes particulares para melhor afinamento com as vozes superiores. Com isso, diferentemente da atividade 1, além da escuta referencial, a visualização prévia à execução permite que cada instrumentista possa realizar seus ajustes antes de tocarem a nota propriamente escrita, tornando a partitura um material de apoio prévio. A voz intermediária funciona como um parâmetro fixo de referência, e, assim, possibilita uma melhor relação de afinação intervalar com a voz inferior. Por fim, insere-se a voz superior com base nos harmônicos comuns entre as estruturas das séries harmônicas entre as notas inferior e intermediária, fazendo com que seja uma nota resultante entre ambas as estruturas, permitindo a construção de novos timbres devido aos ajustes de afinação e equilíbrios entre as três estruturas.

Dividiu-se a coleta de dados em três momentos. No primeiro, o participante deveria executar a atividade 1 (conforme a figura 17), sem qualquer referencial. Porém, com o fone de ouvido conectado ao gravador para que pudesse se ouvir por intermédio da saída de captação de áudio do gravador. Criou-se a cena auditiva para que os clarinetistas pudessem escutar o

próprio som enquanto tocavam, e, simultaneamente, registrarem, por meio de gravação de áudio, a execução dos exercícios da atividade 1.

Figura 19 – exercícios de ambientação à escuta com referência para o alinhamento dos harmônicos comuns

The image displays a musical score titled "Alinhamento Harmônicos comuns" by Ricardo Dourado Freire. It is divided into three systems, labeled 1, 2, and 3. Each system contains multiple staves of music. Exercises A, C, and E are highlighted with red rectangular boxes. Exercise A is in the first system, C is in the second, and E is in the third. The score includes various musical notations such as notes, rests, and dynamic markings.

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na segunda parte, executaram-se os exercícios de ambientação com cada participante para que pudessem treinar os ajustes individuais assim como na gravação, para que buscassem como referências as notas das vozes intermediárias e superiores de cada um dos exercícios selecionados para o alinhamento dos harmônicos. Na figura 19, apresentam-se 5 exercícios para a ambientação do participante. Nestas, elencaram-se 3 — marcados com retângulos vermelhos na figura, selecionando assim os exercícios A, C e E. Na ambientação, não houve produção de dados para as análises. Assim, gravaram-se, somente, as atividades 1 e 2.

Na terceira parte, após a ambientação do controle de ajustes individuais, propôs-se aos participantes a execução dos exercícios da atividade 2 juntamente a uma gravação real das vozes intermediárias e superiores dos exercícios, devendo estes tocarem a voz inferior de cada exercício enquanto realizavam os ajustes particulares para a o equilíbrio da afinação, dinâmica, timbre, entre outros aspectos necessários, — relatados em entrevista, e sem a influência do pesquisador a respeito do que cada um deveria ajustar. Por fim, realizou-se a gravação somente do som emitido pelo instrumentista, para que não houvesse interferências nas análises posteriores do timbre de cada colaborador, assim como proposto na primeira atividade.

2.3 PESQUISA PARTICIPATIVA

A participação inicial do pesquisador juntamente ao orientador para a confecção do estudo piloto fez-se necessária para que a realização dos ajustes, tornando a coleta a mais eficaz e definida possível em relação aos parâmetros estabelecidos para as análises posteriores.

Selecionaram-se oito participantes. Dentre eles, estudantes da graduação, da pós-graduação e músicos profissionais para que explicassem, de forma mais clara, os ajustes realizados ao longo da execução dos exercícios, a fim de permitir a utilização das entrevistas para o cruzamento dos dados com as análises objetivas dos gráficos.

2.4 GRAVAÇÕES DE ÁUDIO

As gravações de sessões de práticas possuem a finalidade de registrar, anterior e posteriormente, as mudanças de timbres com a utilização da psicoacústica e, assim, analisar suas divergências qualitativas do timbre como objeto final de acordo com cada tipo de ferramenta a ser utilizada para a construção timbrística descrito por cada clarinetista.

Durante as gravações, utilizou-se o gravador ZOOM H4N para a obtenção do registro dos áudios para a análise posterior.

2.5 ESPECTROGRAMA

O espectrograma é uma ferramenta que apresenta, por meio de gráficos, a intensidade das ondas sonoras de um som complexo, permitindo, assim, a visualização do timbre de cada clarinetista. O eixo y (vertical) representa a intensidade da frequência demonstrada pela grandeza em decibel (dB), e o eixo x apresenta as frequências em hertz (Hz) — grandeza utilizada para mapear a altura das frequências no gráfico.

O uso dos gráficos permite visualizar, mais claramente, o timbre, e comparar, visualmente, os registros obtidos por meio dos áudios nos diferentes momentos da coleta de dados, possibilitando, por sua vez, comparar o contexto objetivo e subjetivo da sensação da percepção dos colaboradores.

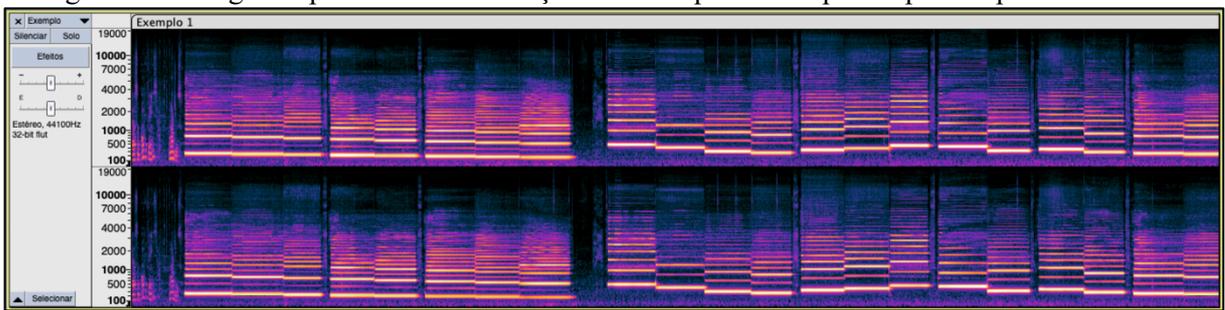
Utilizou-se o programa *Audacity* para a confecção dos gráficos — é um *software* gratuito que permite a visualização dos áudios por meio de gráficos de espectros, e possui, ainda, marcadores de intensidade nas frequências aparentes.

CAPÍTULO III – ANÁLISE

3.1 ANÁLISE

Para possibilitar o mapeamento do timbre dos clarinetistas, utilizou-se o *software audacity*, para possibilitar, por meio de gráficos, a apresentação dos arquivos de áudio das gravações, selecionando, assim, o trecho específico de cada gravação, a fim de se comparar a mesma nota de gravações diferentes.

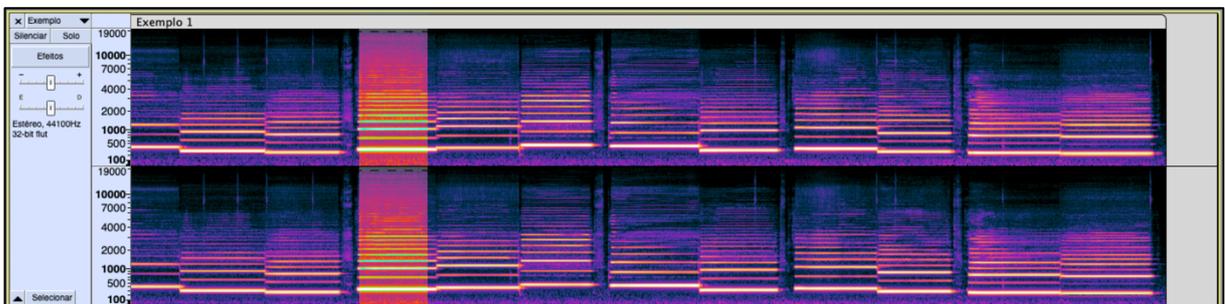
Figura 20 – imagem representativa de relação entre frequências captadas por tempo determinado



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 20, representa-se o tempo em segundos na horizontal, enquanto se indicam as frequências presentes por colorações na vertical. Visualmente, quanto maior o brilho no trecho apresentado, maior é a intensidade das frequências captadas dos sons fundamentais e de seus harmônicos superiores.

Figura 21 – imagem representativa da relação entre frequências captadas por tempo com trecho selecionado

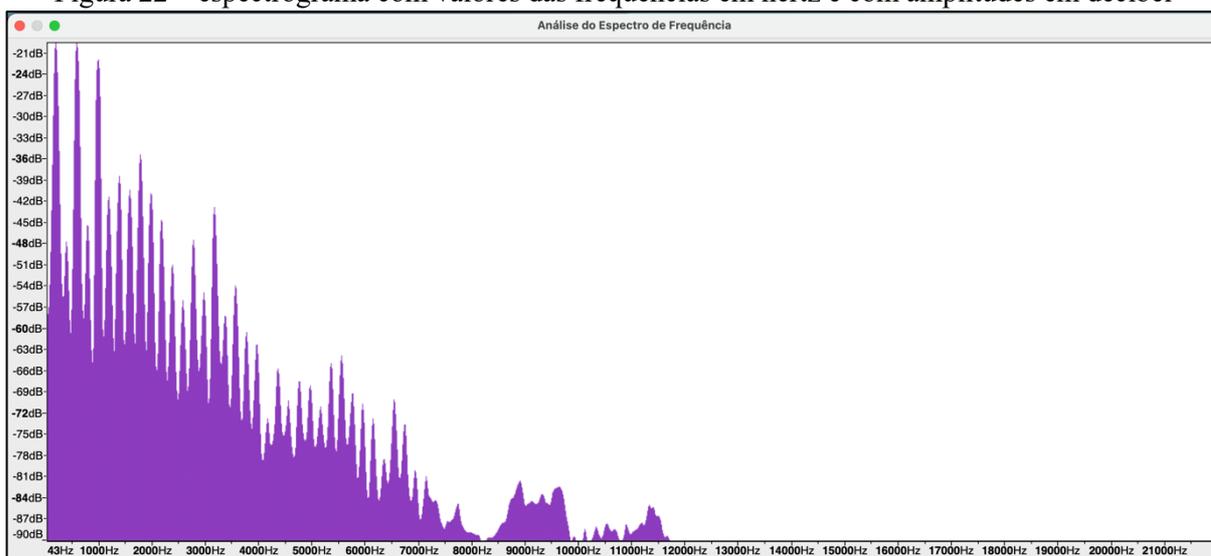


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 21, realizou-se a seleção específica de um trecho — representando uma nota específica, tornando, assim, possível visualizar o espectro da nota tocada pelos instrumentistas nas notas mapeadas pelos exercícios. Ao selecionar os botões de “analisar” e depois “espectro

de frequência”, o *software* abre uma janela de visualização com duas grandezas que permitem mapear os harmônicos do som complexo gravado. Essas grandezas são decibéis e hertz. A primeira descreve a intensidade de cada marcador de frequência, e a segunda identifica a altura da nota.

Figura 22 – espectrograma com valores das frequências em hertz e com amplitudes em decibel



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Por fim, na figura 22, apresenta-se o espectro do trecho (ou nota) selecionado, permitindo comparação de uma imagem de um exercício sem referência auditiva de um com referência. Dessa maneira, é possível identificar a intensidade sonora dos harmônicos de um som complexo. Porém, os dois primeiros harmônicos pares não foram considerados para a análise devido à sua aparição quase nula nos registros de captação devido ao contexto de construção acústica da clarineta.

Na figura 23, apresentam-se dados preenchidos com base nos valores apresentados por intermédio do espectrograma de cada nota escolhida para cada participante. Os valores descritos pelo software permitem, com uma maior precisão, a comparação dos exercícios com e sem referência, permitindo mapear os valores de acordo com a altura, a intensidade e o cálculo dos harmônicos de um som complexo para as análises.

Além disso, apresentam-se dados para o mapeamento comparativo entre as notas dos dois exercícios distintos. Dessa forma, o ponto registrado na análise do espectro de frequência, conforme a figura 22, permite buscar a mesma frequência fundamental nos dois momentos distintos e, assim, preencher os campos com a frequência fundamental (preenchida previamente) multiplicada pelo número do harmônico, formando a frequência que se aproxima

do ponto de análise no gráfico analítico do espectrograma, a frequência encontrada próxima à frequência do cálculo (em Hz) e sua intensidade representada pela grandeza em decibel (dB).

Após a montagem da tabela, no campo do resultado, subtrai-se o valor da intensidade do exercício com referência pelo valor da intensidade do exercício sem referência, restando, assim, no campo “resultado”, os valores das diferenças de intensidade em cada ponto.

Figura 23 – dados registrados com informações das gravações dos participantes para análises com cálculos dos harmônicos com base na frequência fundamental

Participante X				Sem referência		Com referência		Resultado	
Nota (Som real)									
Sol#									
Frequência Fundame	Harmônico	Frequência Resultant	Frequência aproxima	Decibél	Frequência aproxima	Decibél	Diferença Com - Sem		
208,12	1	208,12	207	-67	207	-66			1
208,12	2	416,24							0
208,12	3	624,36	632	-72	632	-69			3
208,12	4	832,48							0
208,12	5	1040,6	1040	-69	1040	-65			4
208,12	6	1248,72	1253	-26	1253	-23			3
208,12	7	1456,84	1449	-69	1449	-61			8
208,12	8	1664,96	1662	-57	1662	-47			10
208,12	9	1873,08	1874	-75	1874	-71			4
208,12	10	2081,2	2087	-67	2087	-51			16
208,12	11	2289,32	2283	-81	2283	-79			2
208,12	12	2497,44	2496	-62	2496	-52			10
208,12	13	2705,56	2705	-68	2708	-75			3
208,12	14	2913,68	2921	-74	2921	-58			16
208,12	15	3121,8	3117	-76	3117	-72			4
208,12	16	3329,92	3329	-72	3329	-58			14
208,12	17	3538,04	3542	-73	3542	-72			1
208,12	18	3746,16	3738	-73	3738	-73			0
208,12	19	3954,28	3951	-83	3951	-79			4
208,12	20	4162,4	4163	-79	4163	-76			3
208,12	21	4370,52	4376	-84	4376	-81			3
208,12	22	4578,64	4572	-84	4572	-77			7
208,12	23	4786,76	4785	-85	4785	-84			1
208,12	24	4994,88	4997	-86	4997	-81			5
208,12	25	5203	5210	-87	5210	-84			3
208,12	26	5411,12	5406	-83	5406	-78			5
208,12	27	5619,24	5618	-86	5618	-84			2
208,12	28	5827,36	5831	-91	5831	-82			9
208,12	29	6035,48	6027	-87	6027	-85			2
208,12	30	6243,6	6240	-86	6240	-84			2
208,12	31	6451,72	6452	-90	6452	-84			6
208,12	32	6659,84	6648	-91	6648	-84			7
208,12	34	7076,08	7074	-88	7074	-83			5
208,12	36	7492,32	7499	-92	7499	-86			6
208,12	38	7908,56	7907	-88	7907	-85			3
208,12	40	8324,8	8332	-87	8332	-83			4
208,12	42	8741,04	8741	-87	8741	-82			5
208,12	44	9157,28	9150	-88	9150	-85			3
208,12	46	9573,52	9575	-89	9575	-83			6
208,12	48	9989,76	9984	-89	9984	-82			7
208,12	50	10406	10409	-89	10409	-82			7
208,12	52	10822,24	10818	-89	10818	-81			8
208,12	54	11238,48	11243	-88	11243	-77			11
208,12	56	11654,72	11651	-86	11651	-81			5
208,12	58	12070,96			12077	-86			
208,12	60	12487,2			12485	-88			
208,12	62	12903,44							
208,12	64	13319,68							
208,12	68	14152,16							
208,12	72	14984,64							
208,12	76	15817,12							
208,12	80	16649,6							
208,12	84	17482,08							
208,12	88	18314,56							
208,12	92	19147,04							
208,12	96	19979,52							

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

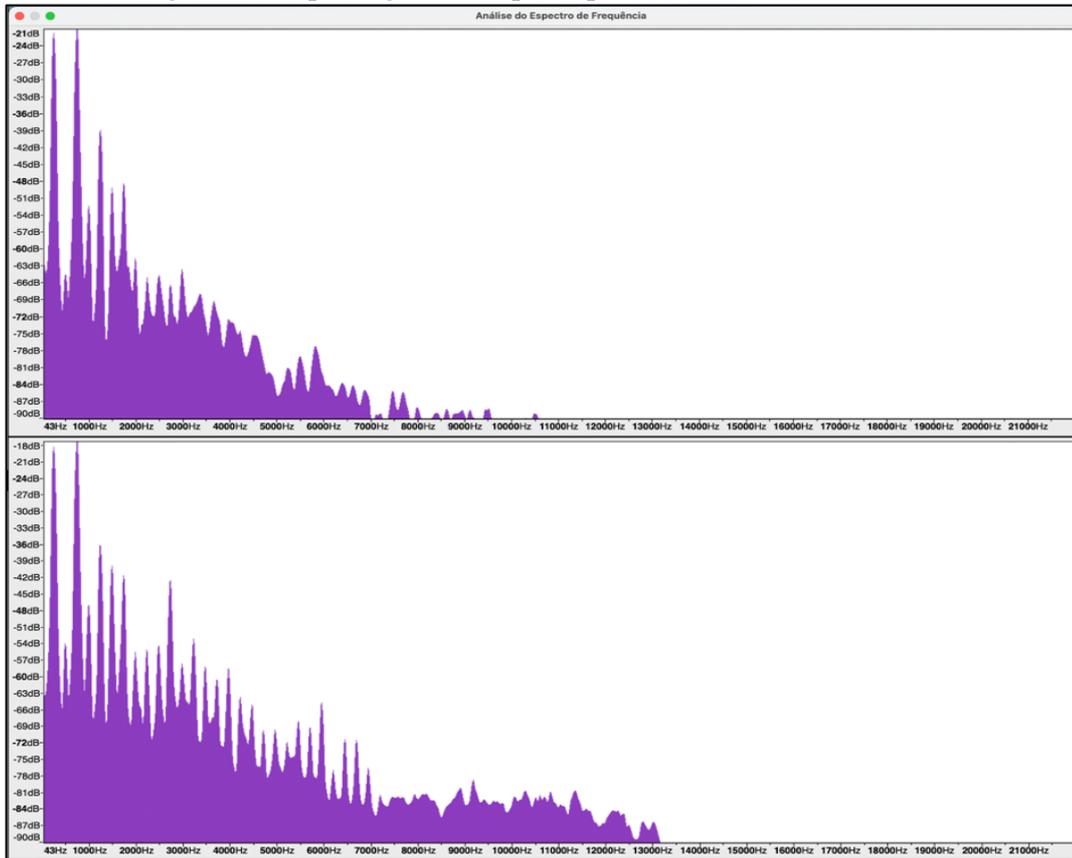
Na figura 23, apresenta-se a tabela montada com informações utilizadas de cada colaborador, como o nome do participante, nome da nota (em som real), frequência fundamental utilizada e seus múltiplos calculados com base nos harmônicos superiores para a utilização como marcadores aproximados de cada frequência na análise do espectrograma. Há, ainda, colunas que possibilitam o registro da intensidade de cada um dos marcadores para que sejam

calculados individualmente com a diferença em decibéis de cada frequência registrada nos exercícios com e sem referências, permitindo sua comparação para a confecção dos gráficos de variações dos harmônicos de cada participante.

Participante 1 – exercício A

Utilizou-se a nota Si_2 , com frequência de 247,5 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos, a fim de mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 24, a imagem superior representa a execução do exercício “A”, gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 24 – espectrogramas do participante 1 – nota Si_2 , exercício A

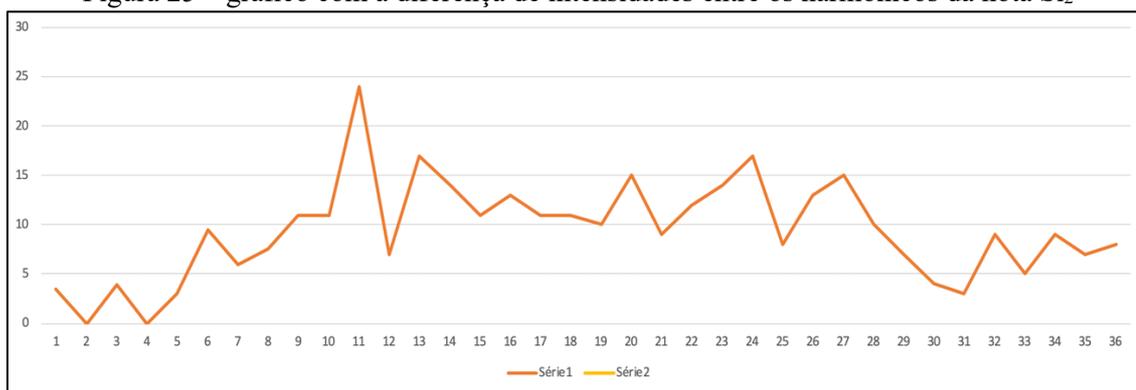


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Pode-se identificar, na figura 24, que a intensidade sonora dos harmônicos 1 a 9 permaneceram entre -21dB e -65dB no gráfico superior que representa a gravação sem referência; e -17,1 dB e -54 dB, no gráfico inferior que representa a gravação com referência. A diferença de intensidade sonora se mostrou mais significativa entre os harmônicos 10 ao 19,

quando o gráfico superior indicou intensidades entre -64 dB e -79 dB e o gráfico inferior indicou diferenças entre -41 dB e -69 dB. Do 20º ao 40º harmônico, o gráfico superior apresenta conjunto de frequências com intensidade superior a -91 dB entre 4.900 Hz e 9.900 Hz. No gráfico inferior, as frequências superagudas demonstram valores superiores a -83 dB no intervalo entre 4.900 Hz e 9.900 Hz. No gráfico inferior, as frequências registradas chegaram à margem de 12.800 Hz, com amplitudes de -86 a -82 dB.

Figura 25 – gráfico com a diferença de intensidades entre os harmônicos da nota Si₂

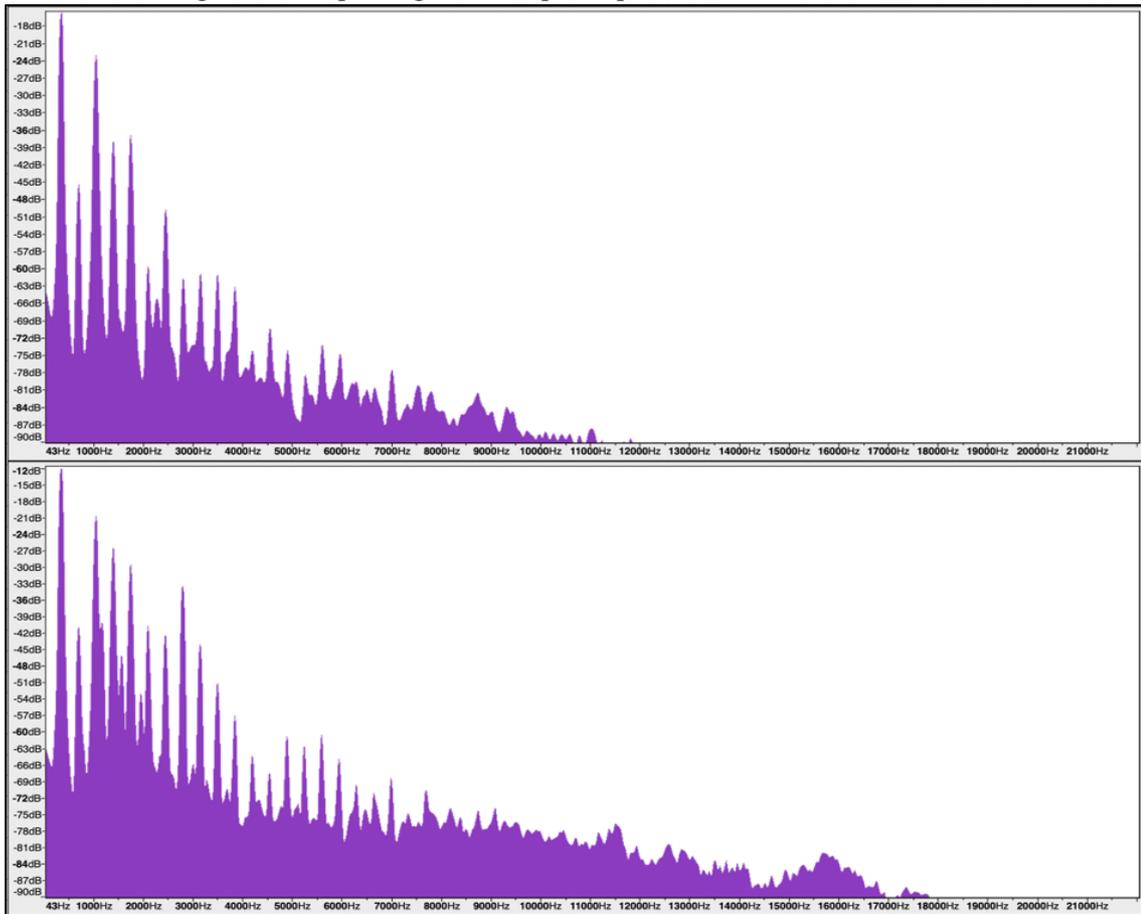


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A análise da figura 25 revela que as diferenças de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos foi positiva em todos os harmônicos registrados em relação ao exercício sem referência. Verifica-se a maior diferença registrada no 11º harmônico, que apresenta 24 dB de intensidade. O 13º e o 24º tiveram, ainda, 17 dB a mais em relação à execução do exercício sem referência. Nos harmônicos 9, 10, do 14 ao 20, 22, 23, 26, 27 e 28, apresenta-se a diferença entre 10 e 15 dB. Nos harmônicos um e três, observa-se uma diferença menor que 4 dB, juntamente ao harmônico 31.

Participante 1 – exercício B

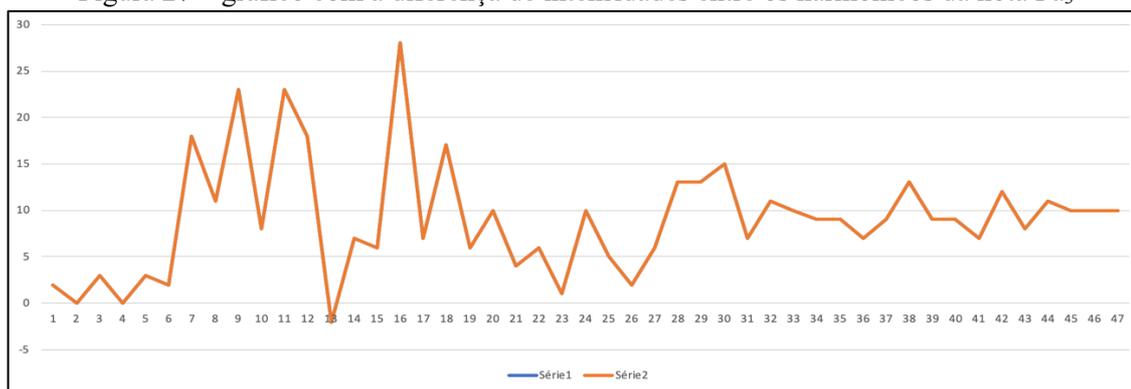
Utilizou-se a nota Fá₃, com frequência de 175,01 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos a fim de evidenciar a grande amplitude de frequências. Na figura 26, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 26 – espectrogramas do participante 1 – nota Fá₃, exercício B

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Pode-se identificar, na figura 26, na parte superior, a intensidade sonora do harmônico 1 (exercício sem referência), acima de -18 dB e, na parte inferior (exercício com referência), o pico registrado em -12 dB. Os harmônicos compreendidos entre 174 e 2806 Hz representando os 11 primeiros harmônicos variam de -23 dB a -74 dB, na parte superior, e -21 a -68 dB. Entre os harmônicos 12 e 32, registraram-se valores entre -85 dB e -49 dB no gráfico superior, e -33 dB e -74 dB no gráfico inferior. Há, ainda, frequências registradas de 5.900 a 10.850 Hz em ambas as gravações que variam de -89 a -74 dB no gráfico superior, e -79 a -64 dB, no gráfico inferior. A diferença de intensidade sonora se mostrou mais significativa entre os harmônicos 7 e 16, que variam de -2 a 28 dB nesse espectro. Nos valores do exercício com referência, apresenta-se, ainda, registro de frequências de 11.000 Hz a 16.800 Hz com intensidades de -87 dB a -78 dB.

Figura 27 – gráfico com a diferença de intensidades entre os harmônicos da nota F_á₃



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A análise do gráfico da figura 27 revela a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência e o exercício sem referência. Verifica-se a maior diferença registrada no 16º harmônico, que apresenta 28 dB de intensidade a mais em comparação com o exercício sem referência. Os harmônicos 9 e 11 apresentaram, ainda, 23 dB de diferença. Nos harmônicos um e seis, houve uma diferença igual ou menor que 4 dB, juntamente aos harmônicos 21, 23 e 26. Nos harmônicos de 27 a 47, observa-se, ainda, uma média próxima aos 10 dB, o que apresenta um ganho relevante de amplitude nos harmônicos superagudos, compreendidos entre 4.700 Hz e 10.850 Hz. Além dos pontos de valores positivos, o quadro apresenta, de acordo com os registros, um valor negativo no 13º harmônico, com -2 dB de diferença.

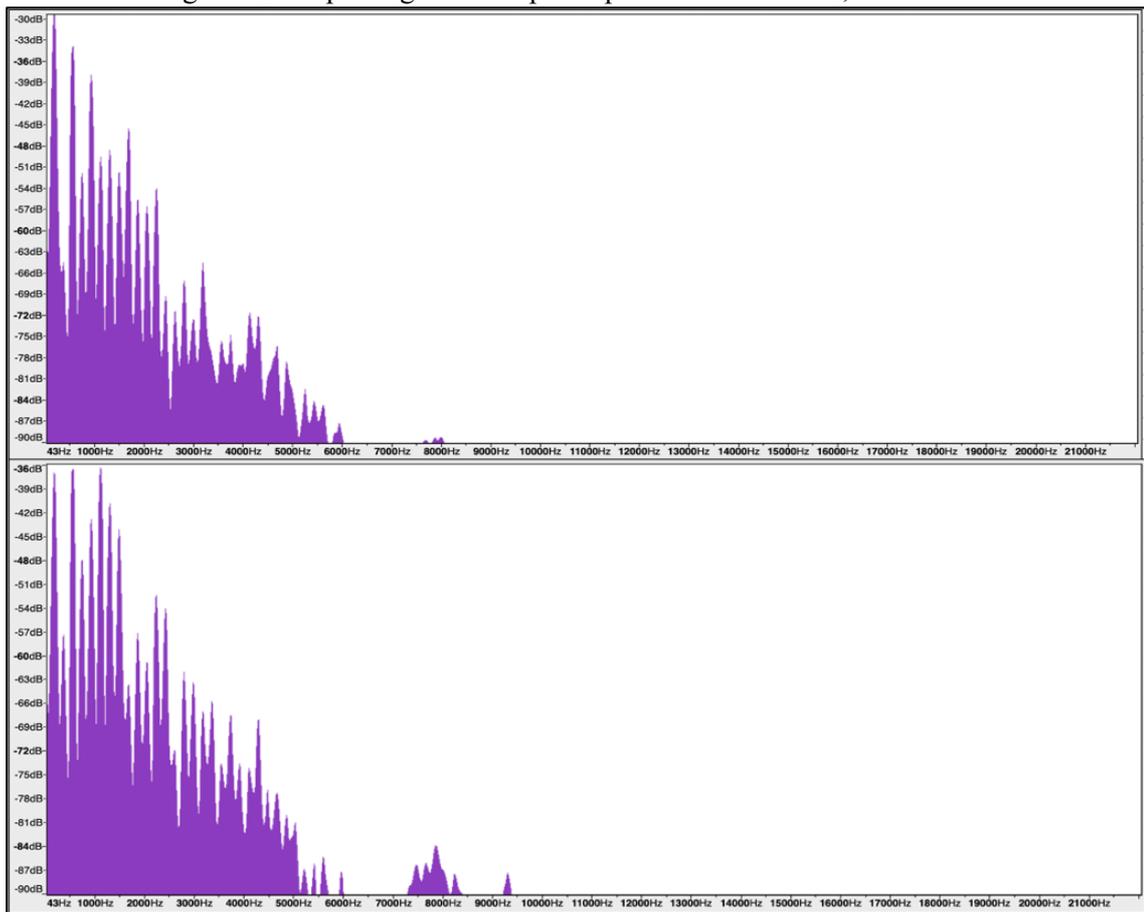
O participante comentou que, com uma referência sonora, é mais fácil poder afinar os harmônicos comuns entre uma nota executada por ele na clarineta e uma nota como referência, em relação, também, a sons resultantes. Caso não escute esses sons, ele afirmou “procurá-los”.”. A respeito da afinação, utilizar a embocadura para os ajustes auxilia a busca do equilíbrio sonoro, além, ainda, do equipamento: palhetas, boquilhas. Para ele, o equilíbrio timbrístico não se limita a isso. Nesse sentido, a dinâmica e a velocidade do ar são também atributos importantes além do equipamento. Ressalta-se, ainda, a importância do foco na escuta musical, a fim de observar o contexto em que se encaixa para os ajustes mais precisos. A posição da palheta, os registros do instrumento são fatores que levam à modificação.

Descreve-se o timbre, ainda, como um fator particular, e cada clarinetista que possui seu timbre é construída durante sua trajetória, também, por meio de escutas de referencial de timbre e por meio dos estudos. Nesse sentido, o participante afirmou estar atento a essa questão.

Participante 2 – exercício A

Utilizou-se a nota Solb₂, com frequência de 185,42 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos a fim de mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 28, a imagem superior representa a execução do exercício “A”, gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 28 – espectrogramas do participante 2 – nota Solb₂, exercício A

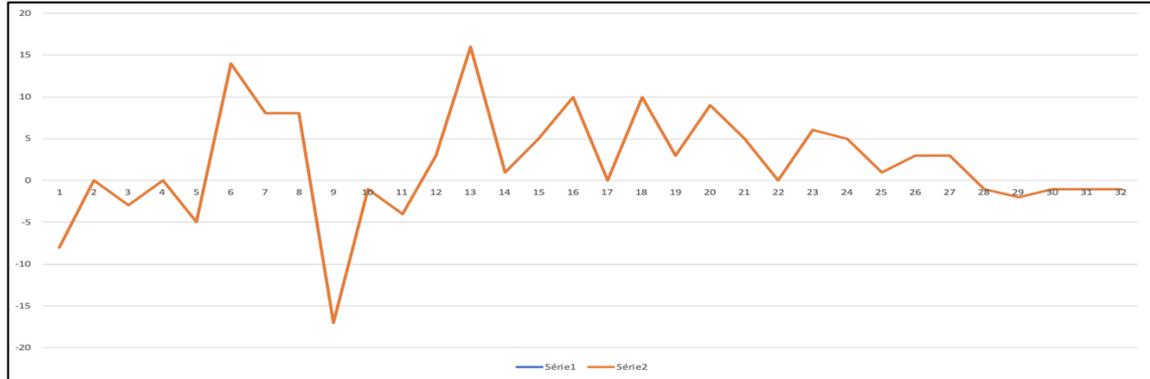


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Pode-se identificar, na figura 26, que a intensidade sonora dos harmônicos 1 a 9 permaneceram entre -30dB e -51dB no gráfico superior que representa a gravação sem referência, e -36dB e -63 dB no gráfico inferior que representa a gravação com referência. A diferença de intensidade sonora se mostrou mais significativa entre os harmônicos 13, 16, 18 e 20 quando o gráfico superior indicou intensidades entre -53dB e -76dB e o gráfico inferior indicou diferenças entre -42dB e -67dB. A partir do 21º harmônico, o gráfico superior apresenta conjunto de frequências com intensidade superior a -90db entre 5.000 Hz e 6.000 Hz. No gráfico

inferior, as frequências superagudas demonstram valor superior a -84dB no intervalo entre 5.000 Hz e 7.700 Hz.

Figura 29 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 2



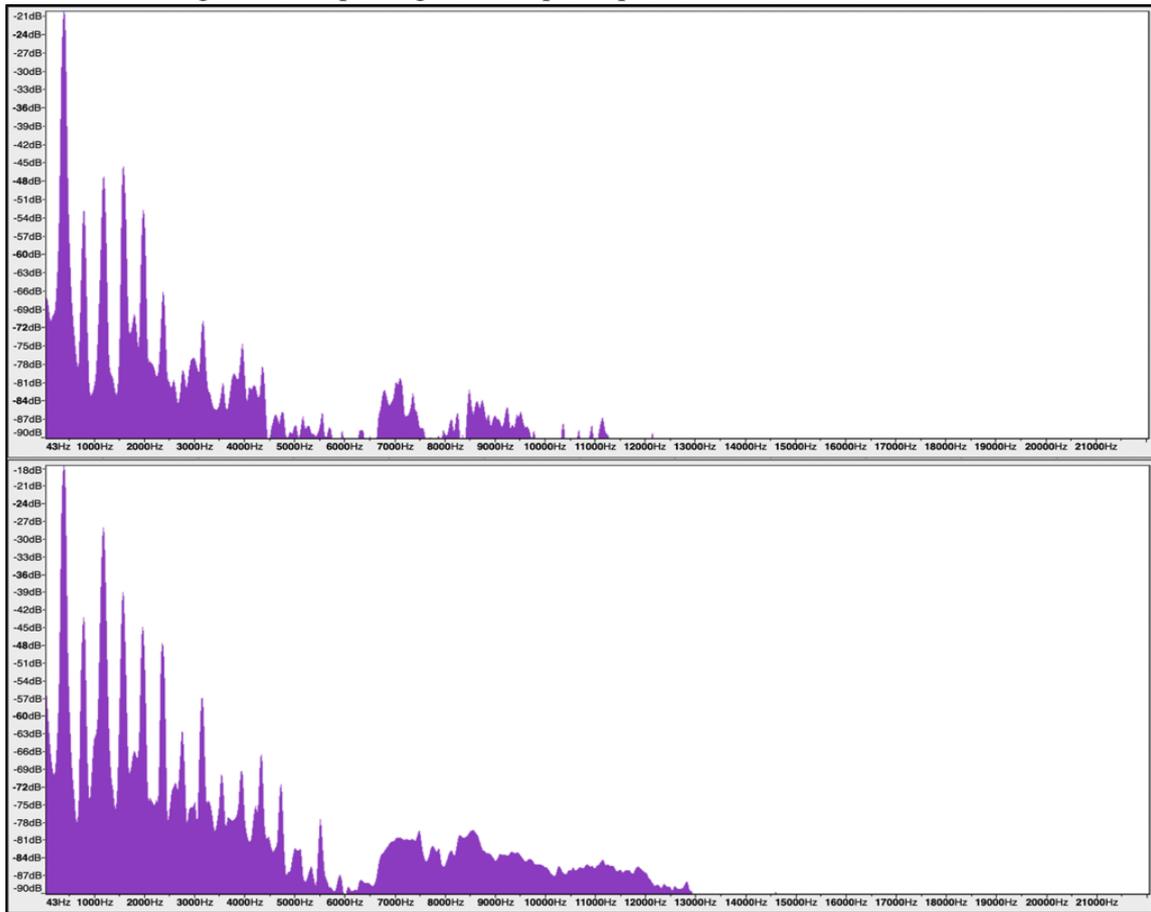
Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Conforme o gráfico da figura 29, há diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos na maioria dos harmônicos registrados. Verifica-se a maior diferença registrada no 13º harmônico, que apresenta 16 dB de intensidade a mais no exercício com referência, seguido do 6º harmônico com 14 dB. O 16º e o 18º apresentaram, ainda, 10 dB a mais em relação à execução do exercício sem referência, seguidos dos harmônicos 7, 8, 20 e 24 com valores compreendidos entre 5 e 9 dB. Nos harmônicos um e cinco, houve uma diferença de valores negativos de -8 dB a -3 dB, juntamente aos harmônicos 10 e 11, e do 28 ao 32 com -1 e -2 dB de diferença.

Participante 2 – exercício B

Utilizou-se a nota Sol₃, com frequência de 196,44 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 30, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

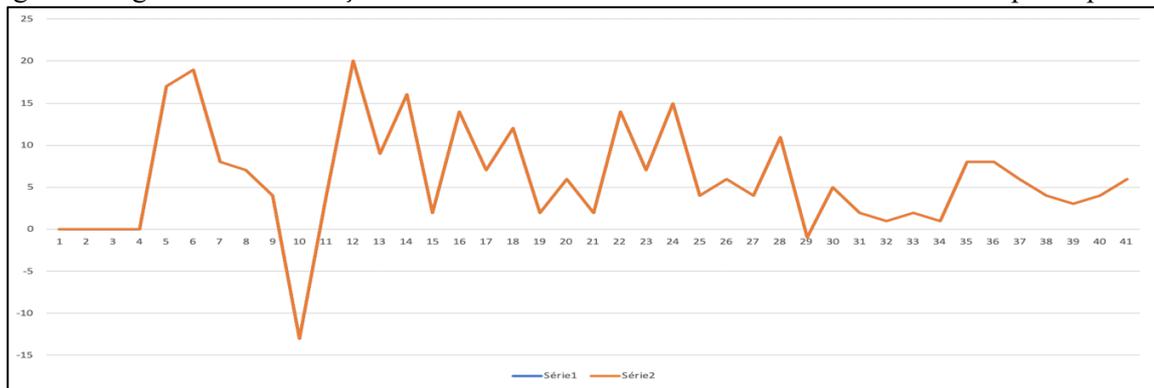
Figura 30 – espectrogramas do participante 2 – nota Sol₃, exercício B



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Pode-se identificar, na figura 30, que a intensidade sonora dos harmônicos 1 foram de -21dB na parte superior (exercício sem referência) e -18 dB na parte inferior (exercício com referência). Os harmônicos compreendidos observados em 190 e 583 Hz ficaram sem mudança de intensidade, com -69 e -71 dB. Entre os harmônicos 5 e 9, registraram-se valores entre -45dB e -81dB no gráfico superior que representa a gravação sem referência, e -27 dB e -71 dB, no gráfico inferior, que representa a gravação com referência. A diferença de intensidade sonora se mostrou mais significativa entre os harmônicos 5, 6, 12, 14, 16, 18, 22, 24 e 28 quando o gráfico superior indicou intensidades entre -45dB e -88dB e o gráfico inferior indicou diferenças entre -27 dB e -84 dB, apresentando, assim, valores superiores a 10 dB em cada um desses harmônicos. A partir do 29º harmônico, o gráfico superior apresenta conjunto de frequências com intensidade superior a -90db entre 5.700 Hz e 9.800 Hz. No gráfico inferior, as frequências superagudas demonstram valor superior a -88dB no intervalo entre 5.700 Hz e 12.500 Hz, apresentando um valor significativamente superior de harmônicos registrados com intensidades entre -88 e -84 dB.

Figura 31 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 2



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A análise do gráfico apresentado na figura 31 revela que a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos foi positiva na maioria dos harmônicos registrados, havendo, apenas, dois harmônicos com valores inferiores no exercício com referência. Verifica-se a maior diferença registrada no 12º harmônico, que apresenta 20 dB de intensidade. Os harmônicos 5, 6, 14, 18, 22, 24 e 28 apresentaram, ainda, valores compreendidos entre 10 dB e 19 dB a mais em relação à execução do exercício sem referência. Nos harmônicos 10 e 29, houve uma diferença de -13 e -1 dB respectivamente.

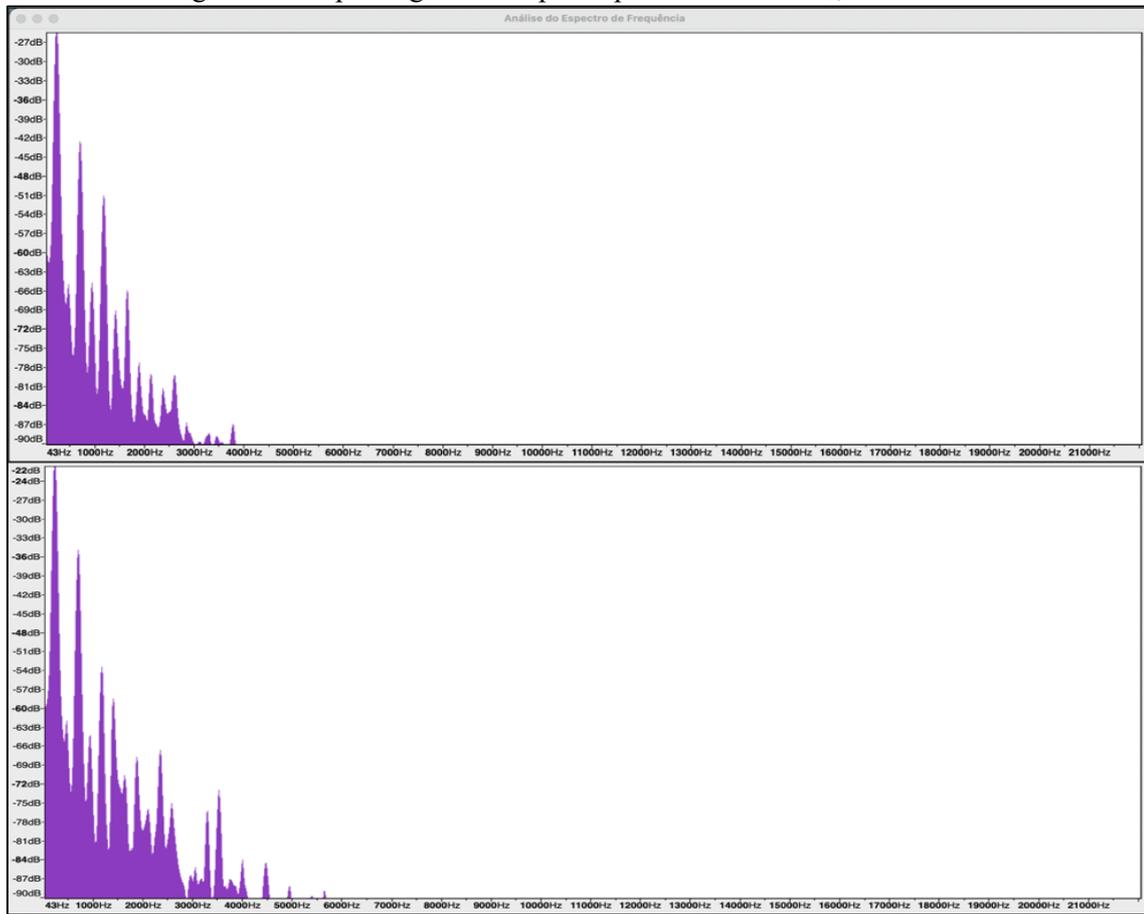
O participante relatou tomar como referências as notas resultantes, buscando, assim, uma funcionalidade para o encadeamento dos intervalos, e que, tocando em conjunto, busca fazer as adaptações para afinar com os outros instrumentos, considerando a afinação dos harmônicos comuns por intermédio da embocadura. O entrevistado afirmou não pensar muito sobre suas correções particulares — como algo intrínseco, e, a partir do que ele escuta, já busca as correções necessárias de forma “automática”, tanto de afinação quanto de timbre, buscando o som “mais bonito possível”, relatando que cada um possui uma concepção de “som bonito” e que cada instrumentista possui seu timbre particular. A emissão do ar, o ângulo o qual se está assoprando e a referência auditiva constituem fatores que o levaram a refletir sobre seu timbre ideal e sobre os ajustes de suas ferramentas particulares para que consiga se aproximar do timbre idealizado.

Participante 3 – exercício A

Utilizou-se a nota Sib₂, com frequência de 233,61 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 32, a imagem superior representa a execução do exercício “A” gravado, sem uma das notas de

referência dos harmônicos comuns, e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

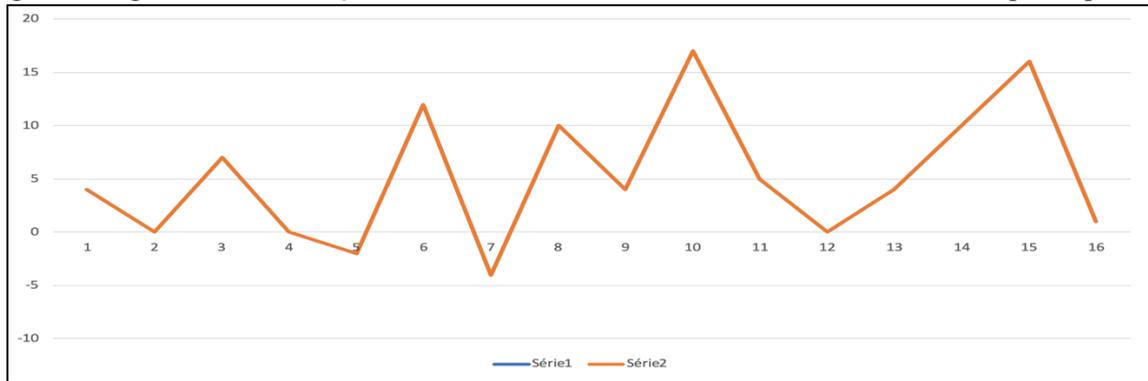
Figura 32 – espectrogramas do participante 3 – nota Sib_2 , exercício A



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Pode-se identificar que o pico da intensidade sonora se encontra maior que -27 dB no gráfico superior da figura, representando o exercício sem referência, e superior a -22 dB no gráfico inferior, representando a execução do exercício com referência como demonstrados na figura 32. Registraram-se os primeiros 9 harmônicos do gráfico superior entre -24 e -79 dB; enquanto os mesmos harmônicos apresentados no exercício com referência ficaram entre -20 e -75 dB. Na primeira execução (apresentada na parte superior), obtiveram-se registros de até 3.738 Hz, enquanto, no gráfico inferior, registros de até 4440 Hz, com intensidades de -84 dB.

Figura 33 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 3

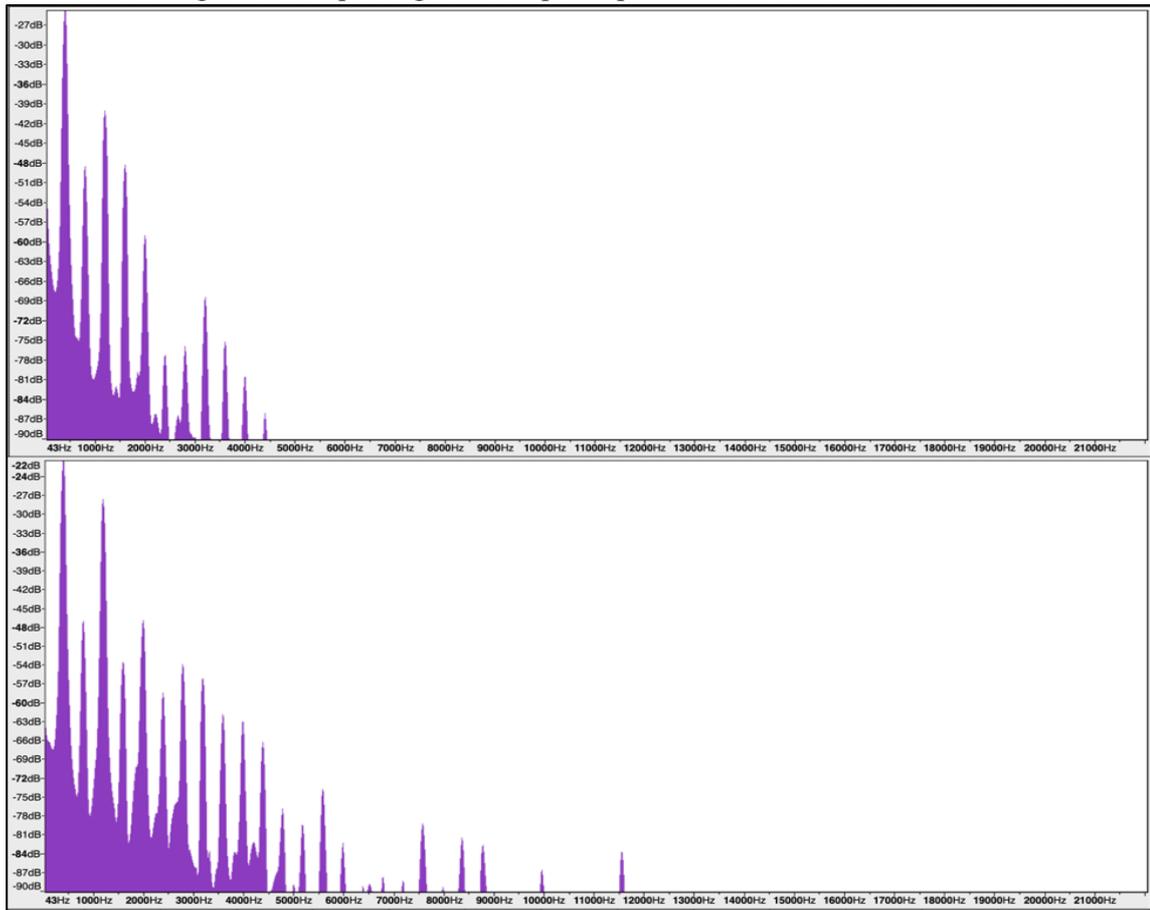


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Conforme o gráfico 33, a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos foi positiva na maioria dos harmônicos registrados. Verifica-se a maior diferença registrada no 10º harmônico, que apresenta 17 dB de intensidade a mais do exercício com referência para o exercício sem referência, seguido do 15º harmônico com intensidade registrada de 16 dB de diferença. O gráfico apresenta, ainda, pontos iguais ou maiores a 10 dB de diferença registrados como nos harmônicos de números 6, 8 e 14. Há, ainda, registros de variações negativas ou nulas, apresentadas nos harmônicos 5, 7 e 12, com respectivamente, -2, -4, e 0 dB.

Participante 3 – exercício B

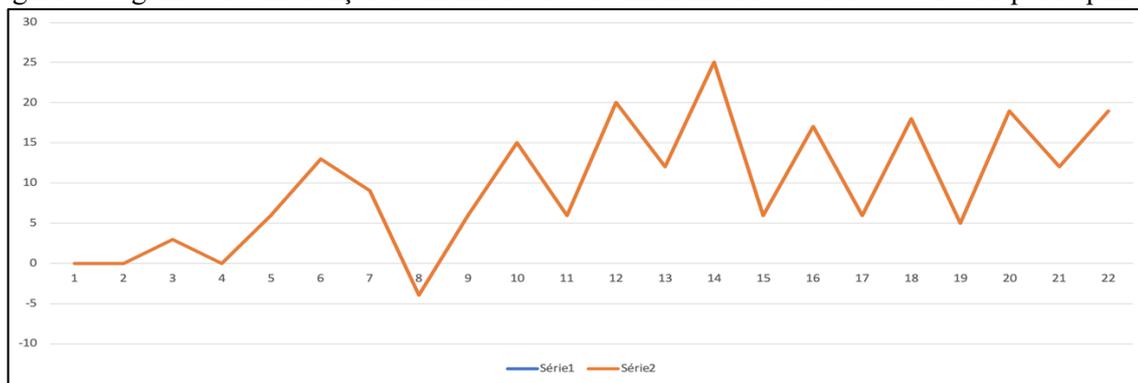
Utilizou-se a nota Sol₃, com frequência de 196,44 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 34, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 34 – espectrogramas do participante 3 – nota Sol₃, exercício B

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 34, pode-se identificar que o pico da intensidade sonora se encontra maior que -27 dB, no gráfico superior da figura, representando o exercício sem referência, e superior a -22 dB, no gráfico inferior, representando a execução do exercício. Registraram-se os primeiros 9 harmônicos do gráfico superior entre -24 e -82 dB; enquanto os mesmos harmônicos apresentados no exercício com referência permaneceram entre -20 e -76 dB. Do 10º ao 22º harmônico, com valores compreendidos entre 1.956 a 4.327 Hz, houve um decaimento no 6º e 7º harmônicos, apresentados no gráfico superior, enquanto, no gráfico inferior da figura, as taxas apresentadas possuem um decaimento regular com valores de -92 a -63 dB no exercício sem referência e com valores registrados de -87 dB a -48 dB no gráfico inferior. O exercício com referencial registrado possui valores dos harmônicos compreendidos ainda de 4.523 a 6.093 Hz com intensidades entre -92 a -81 Hz.

Figura 35 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 3



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 35, a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos foi positiva em sua maior parte dentre os harmônicos registrados. Verifica-se a maior diferença registrada no 14º harmônico, que apresenta 25 dB de intensidade a mais no exercício com referência. Os harmônicos 6, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 21 e 22 registraram valores iguais ou maiores a 10 dB em relação ao exercício sem referência. Houve registros de, apenas, um ponto negativo apresentado no 8º harmônico com uma diferença de -4 dB.

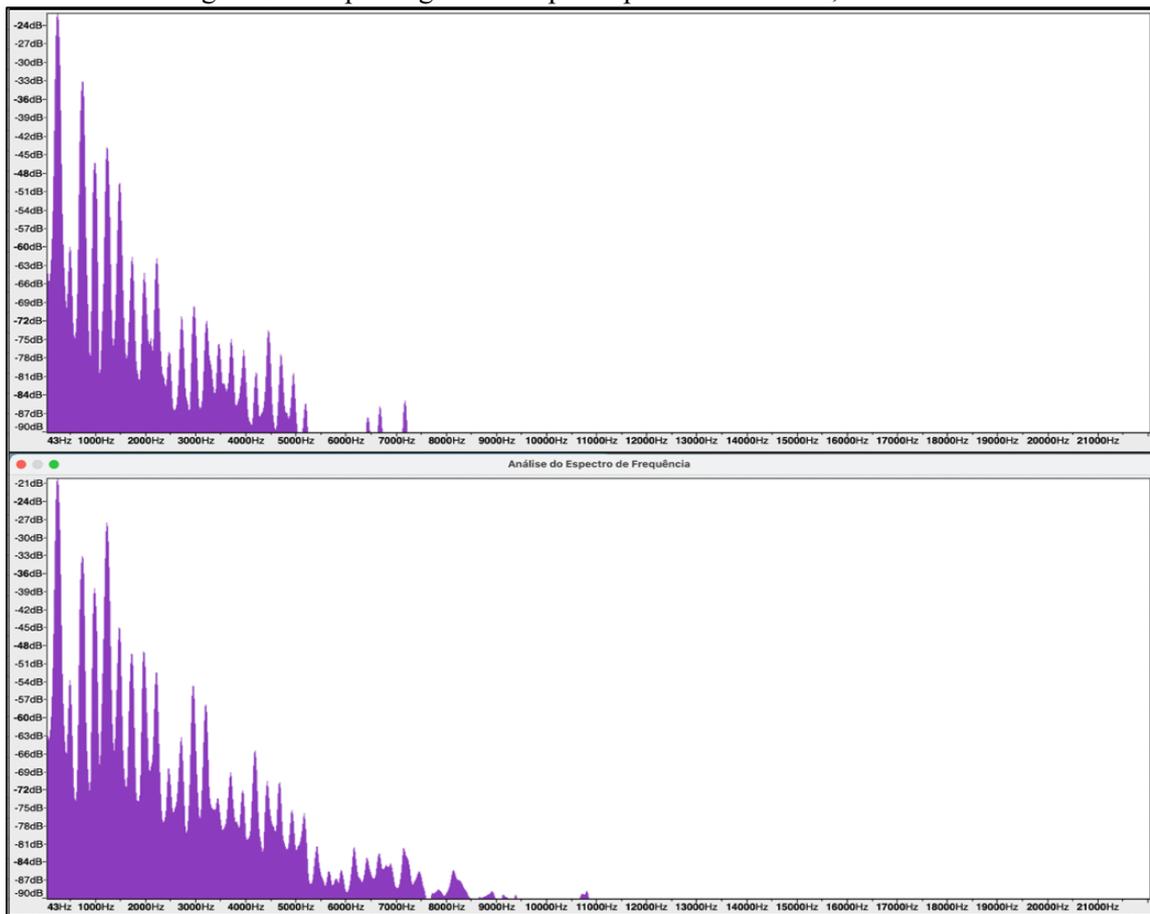
O participante comentou que se guia pelo estudo de intervalos, até mesmo pelo teclado, memorizando-o de alguma forma, de maneira que, se houver batimentos, ele busca alinhamento para “deixar o som igual”. Afirmou, ainda, que não pensa nos harmônicos para mudar o som, e que isso é um erro. Contudo, considera a mudança da embocadura e a troca da palheta para os ajustes, buscando trabalhar a sonoridade no instrumento como algo fundamental. Nesse sentido, considera o intervalo, a fim de deixar o som “claro, firme, linear, para a partir de então, pensar nos intervalos”. “Eu boto o ouvido para funcionar”, afirma o participante, relatando a importância dos ajustes com base na escuta. Além disso, descreve de forma que é construído com base em um amadurecimento musical.

O participante descreveu o timbre ideal como um timbre “gostoso de se ouvir, suave, macio, um som que não é agressivo, gritado ou pequeno”. Além disso, considera outros atributos técnicos, ainda, descritos como “velocidade do ar, embocadura, os ajustes da garganta por conta da acústica do ambiente ao qual se está tocando”, o que, em sua opinião, constitui um diferencial.

Participante 4 – exercício A

Utilizou-se a nota Si₂, com frequência de 247,5 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 36, a imagem superior representa a execução do exercício “A” gravado sem uma as notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 36 – espectrogramas do participante 4 – nota Si₂, exercício A

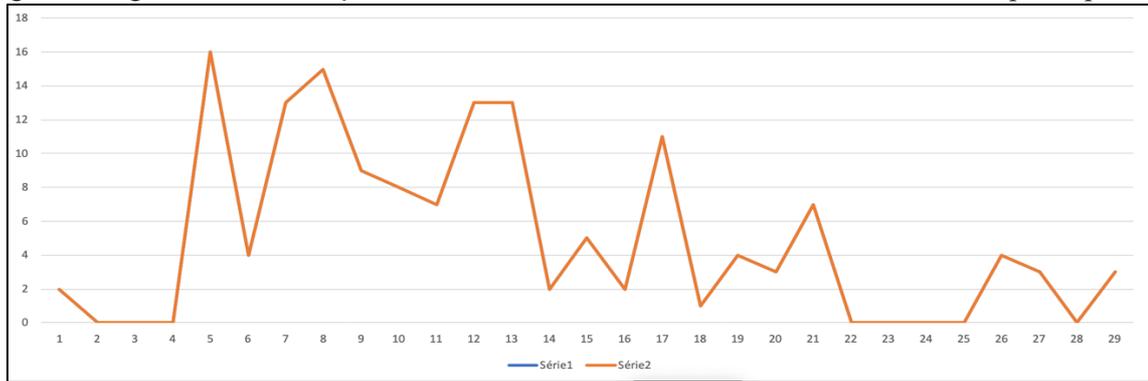


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Identificam-se, na figura 36, que os picos dos gráficos registrados aparecem superiores a -24 dB na parte superior e -21 dB na parte inferior. O valor da intensidade encontrada no terceiro harmônico com o valor de 746 Hz compreendeu -32 dB em ambos os exercícios. Do 5º ao 9º harmônico (1.237 a 2.234 Hz), obtiveram-se valores de -43 a -63 dB no exercício sem referência, e -27 a -53 dB no exercício com referência. Do 10º ao 20º harmônico, com valores entre 2.479 a 5.193 Hz, houve registro de intensidade de -69 a -84 dB no gráfico superior e -56 a 77 dB no gráfico inferior. Os harmônicos de números 22 ao 25 não apresentaram valores

consistentes para comparação entre ambos os exercícios. Contudo, obtiveram-se valores relevantes acima de -90 dB nos harmônicos 26, 27 e 29 nos dois quadros, permitindo assim, uma comparação com valores entre -84 a -87 dB no quadro superior da figura 34, e -81 a -83 dB no quadro inferior, correspondentes aos valores de 6.436, 6.681 e 7.172 Hz.

Figura 37 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 4

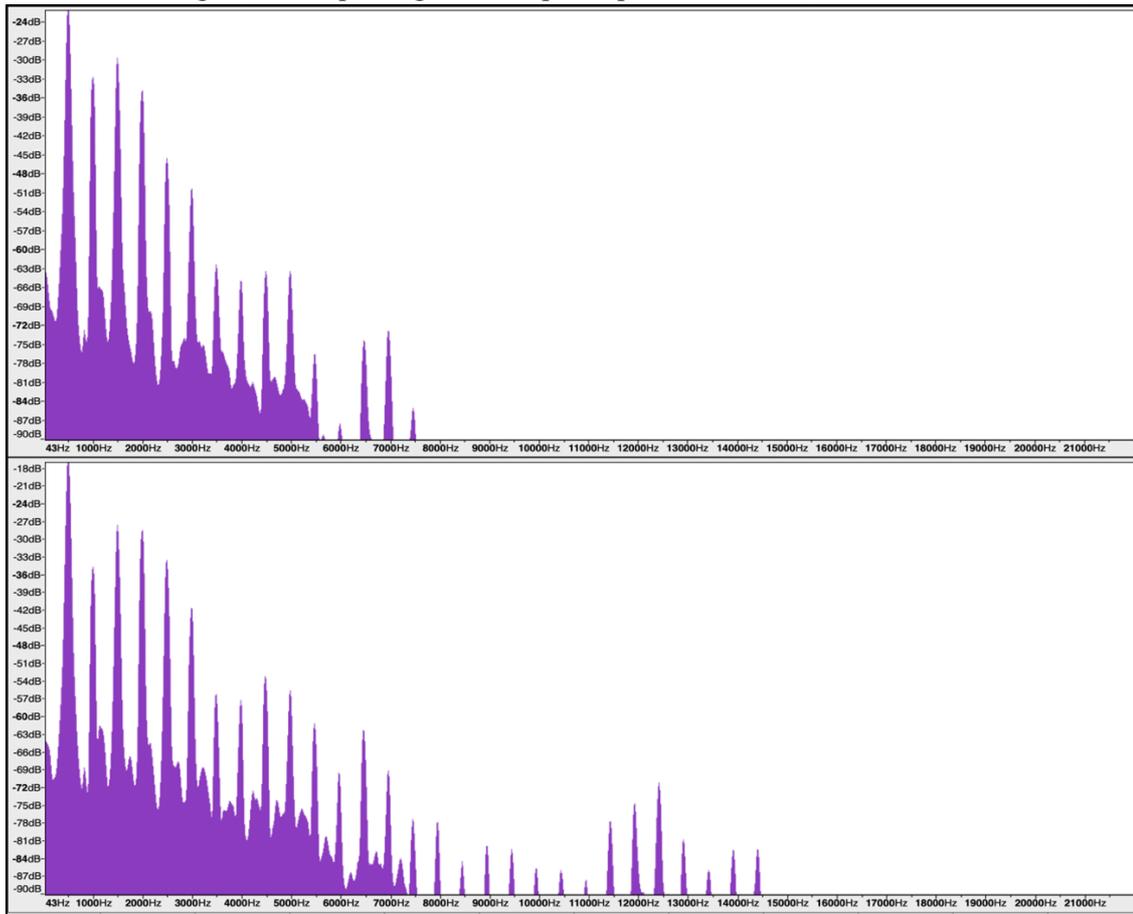


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 37, apresenta-se a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos positiva ou nula nos harmônicos registrados. Verifica-se que a maior diferença registrada se encontra no 5º harmônico, que apresenta 16 dB de intensidade. O 8º harmônico (1.972 Hz) apresenta 15 dB a mais em comparação à execução do exercício sem referência, seguidos de 13 dB nos harmônicos 7, 12 e 13 — com valores de 1.727, 2.970 e 3.215 Hz. O 17º apresenta o valor de 11dB a mais. Os valores compreendidos entre os harmônicos 22 ao 25 e no 28º apresentam valores nulos devido à sua não aparição no gráfico do exercício sem referência, com valores inferiores a -90 dB.

Participante 4 – exercício B

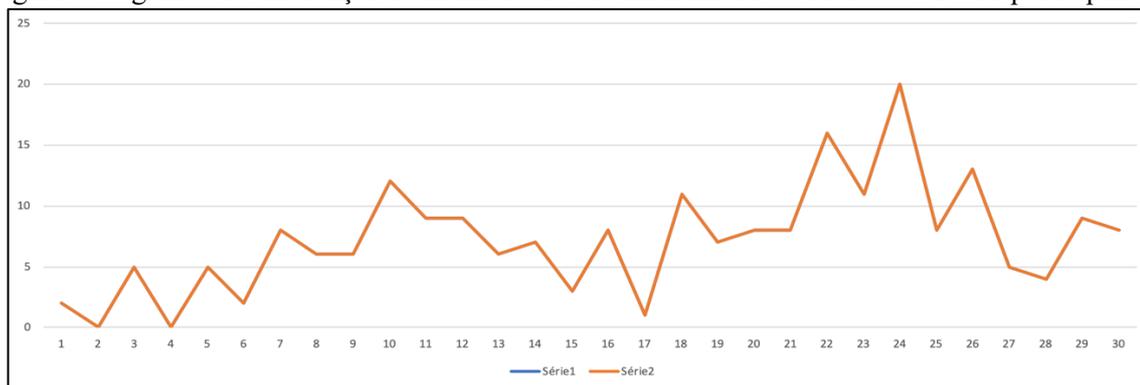
Utilizou-se a nota Si₃, com frequência de 247,5 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 38, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 38 – espectrogramas do participante 4 – nota Si₃, exercício B

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A figura 38 apresenta picos de -24 dB na parte superior e -18 dB na parte inferior, correspondendo aos exercícios sem referência e com referência, respectivamente. Levando-se em consideração os 9 primeiros harmônicos — compreendidos entre 256 e 2234 Hz —, estes apresentam valores de -29 a -76 dB no exercício sem referência e -28 a -70 no exercício com referência. Do 10º o 21º harmônico (de 2.479 a 5.193 Hz), o gráfico superior apresenta uma diferença de intensidade de -45 a -82 dB, enquanto, no gráfico inferior, observa-se uma diferença que varia entre -33 e -79 dB. As frequências aparentes de 5.439 a 7.433 Hz apresentam valores de intensidade que variam de -74 a -92 dB, no exercício sem referência, e de -61 a -85 dB no exercício com referência. O gráfico do exercício com notas de referência apresenta valores registrados entre 7.924 e 14.349 Hz, com valores de intensidade entre -77 e -89 dB, não permitindo uma comparação entre os dois exercícios devido à sua não aparição no gráfico do exercício sem referência.

Figura 39 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 4



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 39, expõe-se a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência positiva dos harmônicos em todos os harmônicos registrados. Verifica-se a maior diferença registrada no 24º harmônico, que apresenta 20 dB de intensidade a mais em relação à gravação do exercício sem referência. O 22º e o 26º tiveram, ainda, 17 e 13 dB de diferença, respectivamente, em comparação ao exercício sem referência. Os harmônicos de 1 a 9 (dentro das frequências de 247,5 a 2.234 Hz) variam de 2 a 8 dB, enquanto as frequências compreendidas entre 2.479 e 5.193 Hz apresentam uma diferença registrada de 1 a 12 dB — correspondentes aos harmônicos de 10 a 21. Por fim, as frequências superagudas de 5.439 a 7.433 Hz apresentam registros de 4 a 20 dB de diferença.

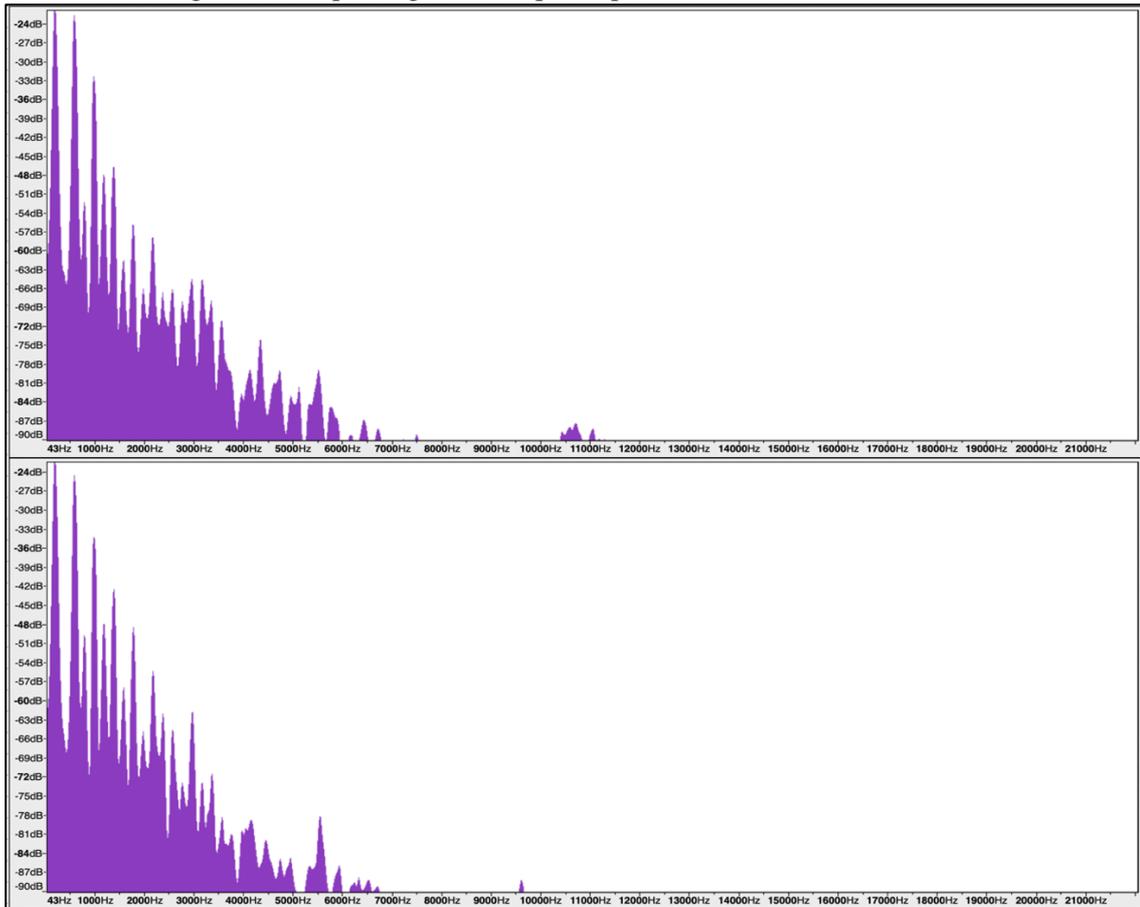
O participante comentou que compreende a construção do timbre como uma somatória dos harmônicos com base na utilização da série harmônica. Relata, ainda, que, ao se tocar uma nota juntamente às outras, estas ainda devem ressoar por questões das séries harmônicas. A “tonicidade dos lábios, a garganta e o trato vocal” são, para ele, fatores relevantes para a construção do som pela emissão. “Ouvir” os outros instrumentos nos diferentes contextos em que o clarinetista está inserido é fundamental para as diferentes modificações, em sua perspectiva. Além disso, considera o processo de imitação um fator interessante ao se tocar em conjunto, e, ao se tocar com um trompete, um saxofone, uma flauta, considera o timbre de “brilho” diferente e, dependendo do momento ao se tocar em conjunto, afirma ser importante a realização das mudanças do trato vocal para os ajustes do timbre.

As resultantes são essenciais para a construção coletiva do timbre. Nesse contexto, o músico deve possuir uma visão multifacetada para tocar em diferentes contextos, como orquestras, *big bands*, grupos de câmara.

Participante 5 – exercício A

Utilizou-se a nota Sol₂, com frequência de 196,44 Hz, para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 40, a imagem superior representa a execução do exercício “A” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 40 – espectrogramas do participante 5 – nota Sol₂, exercício A

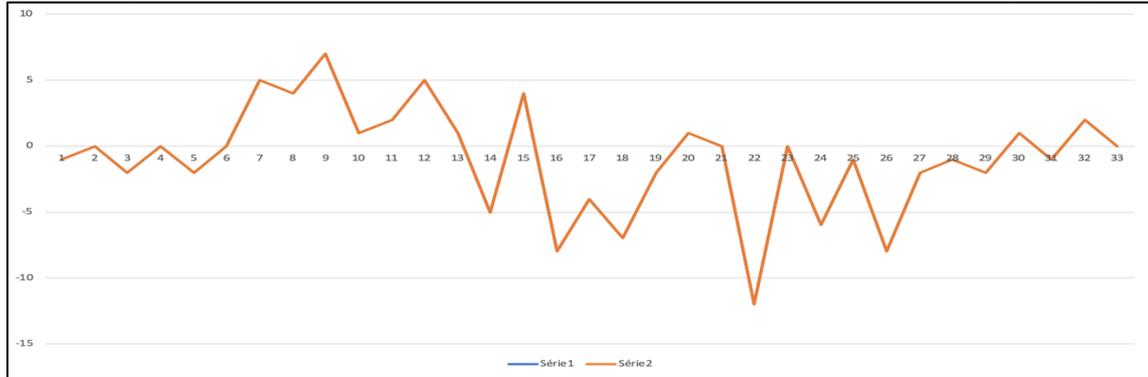


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Podem-se identificar, nos gráficos da figura 40, frequências acima de -24 dB como pontos máximos apresentados. Os primeiros 9 harmônicos compreendem de 190 a 1.760 Hz e apresentam intensidades de -20 a -61 dB no gráfico superior, representando o exercício sem referência, e, no gráfico inferior — o exercício com referência —, esses valores variam de -21 a -57 dB. Os harmônicos de 10 a 22 que variam de 1.972 a 4.327 Hz mostram uma diferença entre -57 e -82 dB no gráfico superior e de -55 a -85 dB. Por fim, os harmônicos do 23 ao 34

que vão de 4.523 até 6.681 Hz apresentam uma composição de intensidade que varia de -78 a -90 dB no exercício sem referência, e de -79 a -91 dB no exercício com referência.

Figura 41 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 5

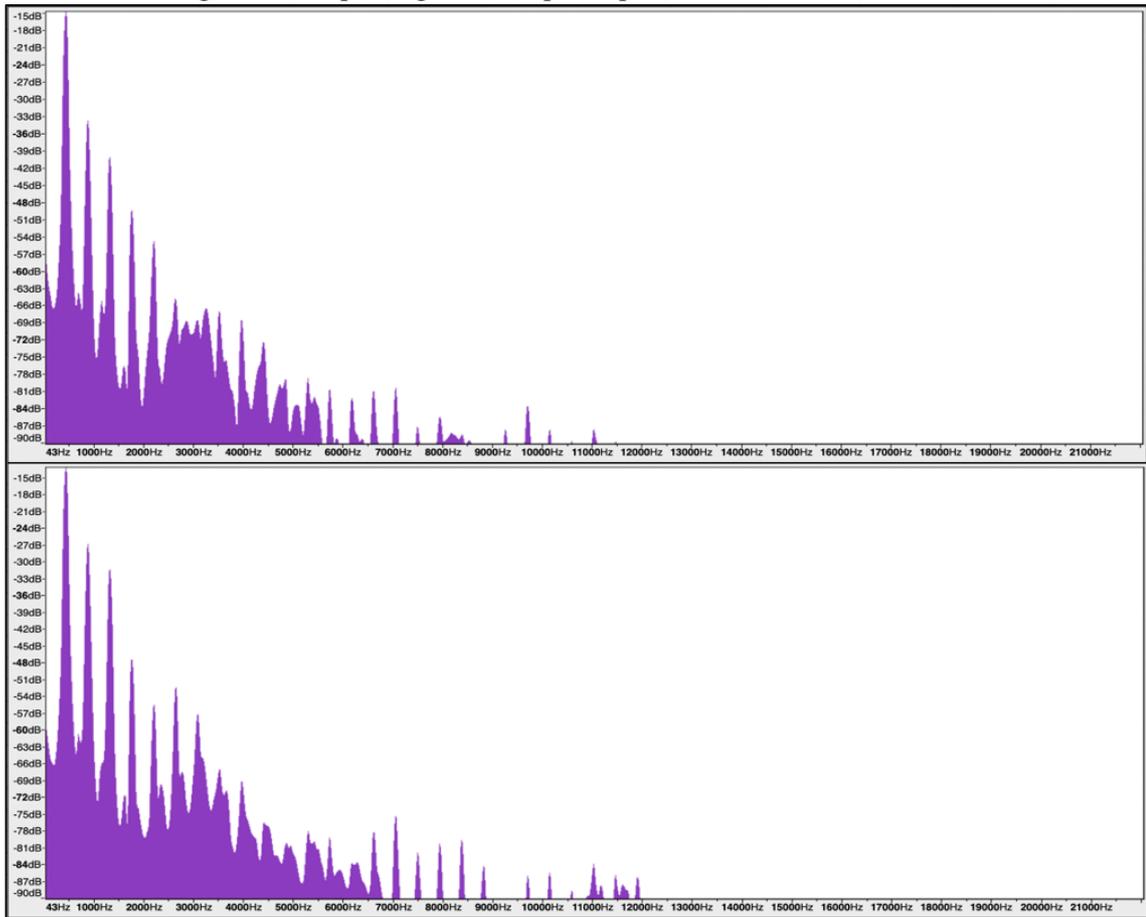


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

No gráfico 41, apresenta-se a diferença de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência positiva nos harmônicos de 7 a 13, com os harmônicos 15, 20, 30 e 32. O ponto máximo de divergência ocorre no harmônico 9, com 7 dB a mais em comparação ao exercício sem referência, seguido pelos harmônicos 7 e 12, cada um com 5 dB a mais. Há, ainda, vários pontos observados como nulos em diferença entre os dois exercícios, como nos harmônicos 6, 21, 23 e 33. Por fim, os harmônicos de 14 a 26 apresentam uma queda de volume da intensidade dos harmônicos, culminando em -12 dB no harmônico 22, seguidos pelos pontos de baixa do 16º ao 19º harmônico com -8 a -2 dB de diferença.

Participante 5 – exercício B

Utilizou-se a nota Lá₃, com frequência de 220,5 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 42, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 42 – espectrogramas do participante 5 – nota Lá₃, exercício B

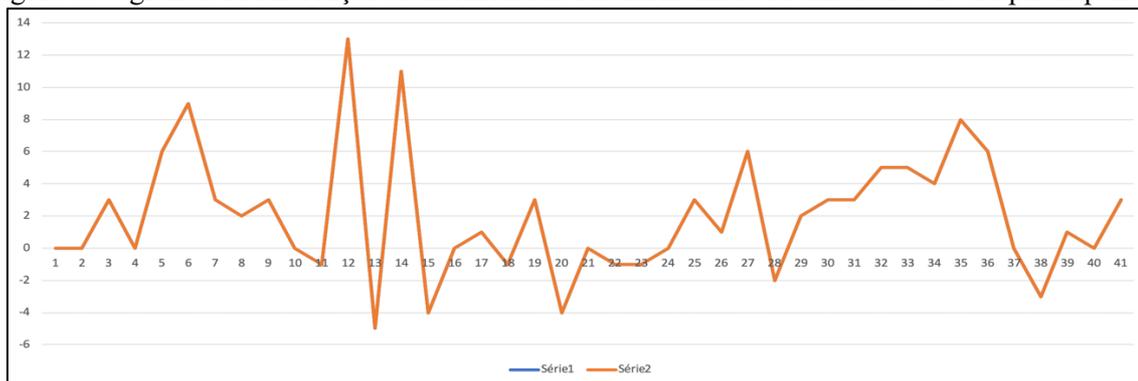
Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 42, apresentam-se picos de 15 dB nos dois gráficos relativos aos dois exercícios gravados. Nos primeiros 9 harmônicos, compreendidos entre os valores de 223 a 1.989 Hz, nota-se uma variação de -39 a -81 dB no exercício sem referência (gráfico superior) e de -30 a -78 dB no exercício com referência (gráfico inferior). De 2.201 a 5.733 Hz — do harmônico 10 ao 26 — obtiveram-se valores de intensidades entre -54 e -84 dB no gráfico de cima; enquanto, no exercício com a referência, os valores variaram entre -54 e -83 dB. Há, ainda, registros das frequências de 5.945 a 11.030 Hz representado até o harmônico de número 50, com intensidades que variam entre -79 e -90 dB no exercício com referência e -74 a -86 dB no exercício com referência. Até os 5.000 Hz, os gráficos possuem um decaimento regular, e, na parte inferior da imagem, registram-se pontos até 11.913 Hz; enquanto, na parte superior da imagem, os valores encontram-se em 11.030 Hz.

Na análise do gráfico 43, apresentam-se diversos pontos com valores positivos, culminando no 12º harmônico com 13 dB a mais em relação ao exercício sem referência, seguidos dos pontos apresentados nos harmônicos 14, com 11 dB, no 6º com 9 dB e no 35º com

8 dB. Os harmônicos de 5 a 9 e de 29 a 36 apresentam pontos positivos de intensidade, enquanto os harmônicos 13, 15, 18, 20, 22, 23, 28 e 38 apresentam valores negativos. O menor valor registrado encontra-se no 13º harmônico com -5 dB em comparação com o exercício sem referência. Há, ainda, diversos pontos nulos como no próprio primeiro harmônico, no 10º, no 16º, 21º e no 24º.

Figura 43 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 5



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A análise do gráfico acima apresenta diversos pontos com valores positivos, culminando no 12º harmônico com 13 dB a mais em relação ao exercício sem referência, seguidos dos pontos apresentados nos harmônicos 14, com 11 dB, no 6º com 9 dB e no 35º com 8 dB. Os harmônicos de 5 a 9 e de 29 a 36 apresentam pontos positivos de intensidade, enquanto os harmônicos 13, 15, 18, 20, 22, 23, 28 e 38 apresentam valores negativos. O menor valor registrado encontra-se no 13º harmônico com -5 dB em comparação com o exercício sem referência. Há, ainda, diversos pontos nulos como no próprio primeiro harmônico, no 10º, no 16º, 21º e no 24º.

Conforme o participante, no caso de uma referência, utiliza-se esta como um guia para a afinação dos intervalos; ao tocar sozinha, observa se está soando como gostaria. Alguns intervalos são melhores do que outros para a referência, e o seu som em si, os harmônicos, constituem parâmetros utilizados como pensamentos de “abrir o som”. Para ele, “se o som estiver soando mais cheio, ele terá mais harmônicos”. Um som brilhante seria um som com harmônicos mais agudos e um som fechado descreveria o som escuro, observações descritas segundo sua concepção de timbre. A colaboradora também afirma não pensar nos harmônicos diretamente, a não ser que esteja tocando com uma outra pessoa ou com uma referência, mas que se orienta pelos ouvidos, buscando reunir o próprio som produzido com o de outra pessoa:

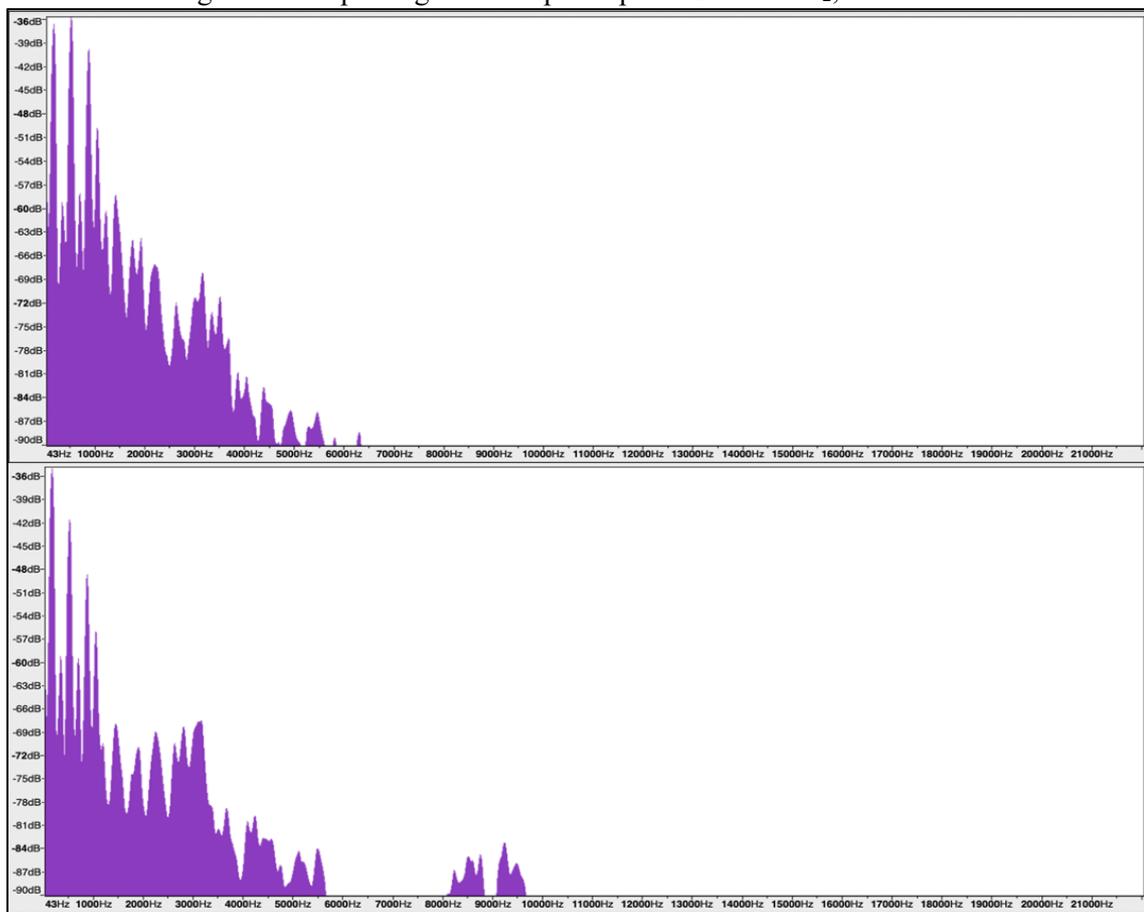
“eu: “e não penso exatamente o que eu faço. [...] é automático buscar tentar tocar com outra pessoa”.

A pressão do ar na palheta, a forma como se assopra, a mudança no palato, a aproximação dos dedos no corpo do instrumento são algumas das ferramentas descritas pelo participante para a modificação de seu timbre. A dinâmica e o contexto do repertório (popular ou erudito) são outros aparatos relevantes para se refletir sobre a modificação do timbre particular. O timbre não é fixo, “a gente sempre tem que estar mudando e se adaptando”.

Participante 6 – exercício A

Utilizou-se a nota Fá₂, com frequência de 175,01 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 44, a imagem superior representa a execução do exercício “A”, gravado sem uma as notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

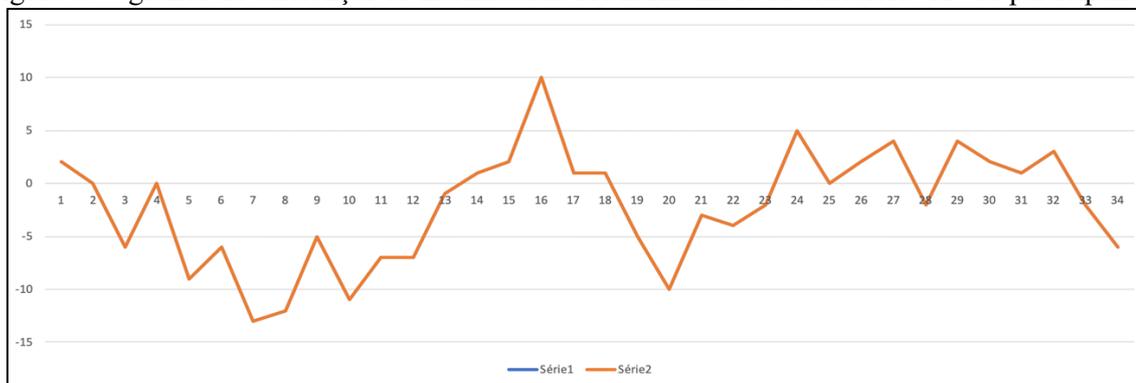
Figura 44 – espectrogramas do participante 6 – nota Fá₂, exercício A



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Apresenta-se, na figura 44, a variação da intensidade sonora dos 9 primeiros harmônicos registrados de 174 a 1.580 Hz, de -35 a -69 dB no exercício sem referência (demonstrado na parte superior da figura), e de -34 a -74 dB, no exercício com referência (apresentado no gráfico inferior). Os harmônicos de 10 a 21 compreendidos entre 1.743 e 3.673 Hz apresentam, ainda, uma variação de -63 a -78 dB no exercício sem referencial e -66 e -80 dB. Por fim, de 3.853 a 6.305 Hz — frequências representativas dos harmônicos de 22 a 36 —, apresenta um decaimento regular de -80 a -91 dB no gráfico superior e de -80 a -93 dB no gráfico inferior. O gráfico do exercício com referências possui, ainda, frequências registradas entre 8.398 e 9.444 Hz equivalentes aos harmônicos 48, 50 e 54 com intensidades que variam de -84 a -87 dB.

Figura 45 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 6



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

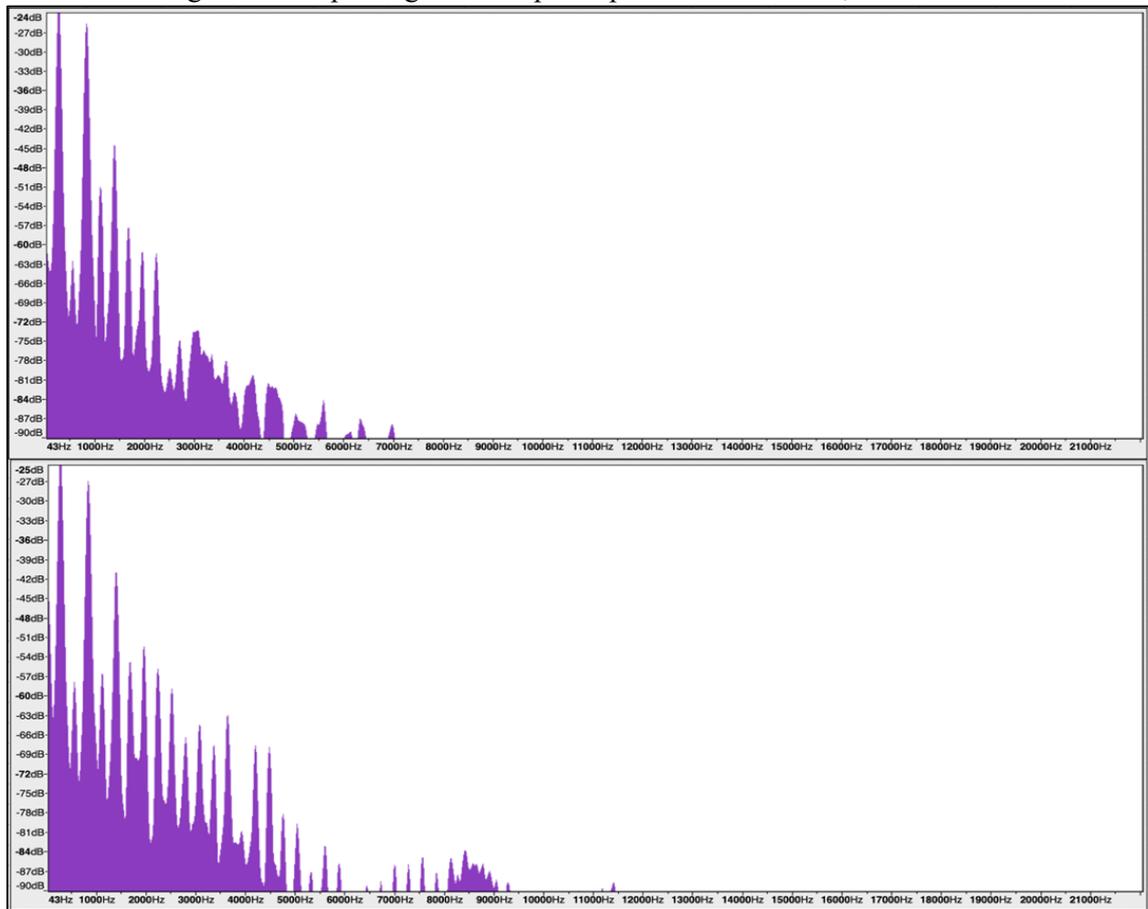
No gráfico 45, apresentam-se variações em seus registros de amplitudes das intensidades de cada harmônico em comparação com os dois exercícios — com e sem referência. O pico do gráfico encontra-se no harmônico 16 com 10 dB a mais registrado no exercício “com referência” em comparação ao exercício “sem referência”. O segundo ponto mais alto de diferença encontra-se no harmônico 24, com 5 dB a mais. Outros pontos foram positivos, tais quais os harmônicos 1, 14, 15, 17, 18, 26, 27, 29, 30, 31, e 32, variando entre 1 e 4 dB. Há registro nulo de variações, como registrado no harmônico 25, e pontos negativos, como apresentados nos harmônicos 3, de 5 a 12, de 19 a 23, 28, 33 e 34, com valores de -13 dB (como registrado no 7º harmônico) e -1 dB.

Participante 6 – exercício B

Utilizou-se a nota Dó#₃, com frequência de 138,91 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 46, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de

referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

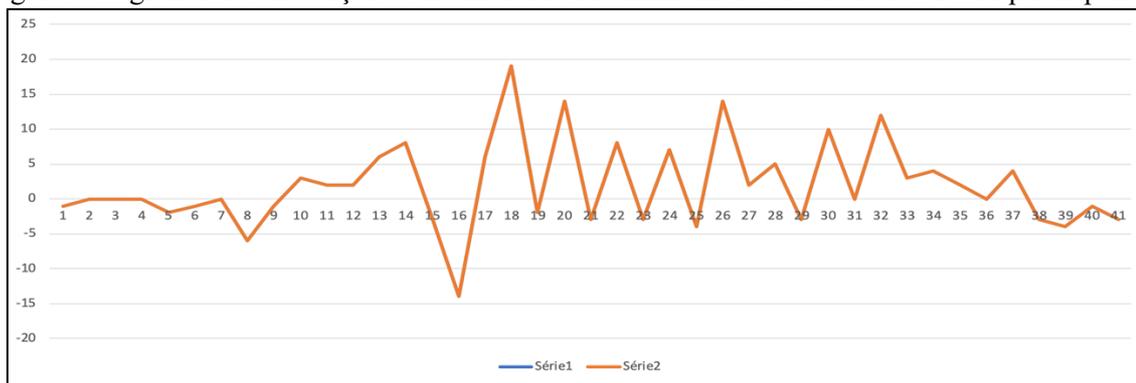
Figura 46 – espectrogramas do participante 6 – nota Dó#₃, exercício B



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Pode-se identificar, nos gráficos da figura 46, que as variações dos harmônicos de 1 a 9 registrados com as frequências de 141 a 1.253 Hz foram de -25 a -70 dB no gráfico superior, apresentado no exercício sem referência e de -26 a -71 no exercício com referência. A região dos harmônicos de 10 a 30, compreendidos entre 1.384 e 4.163 Hz, registraram diferenças entre -43 e -86 dB no exercício sem referência e -40 a -84 dB no exercício com referência. Registraram-se, também, frequências de 4.310 a 6.943 Hz, com variações de -82 a -92 dB no gráfico superior, e -70 a -92 dB no gráfico inferior.

Figura 47 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 6



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

No gráfico 47, apresentam-se pontos positivos com máxima de 19 dB no harmônico 18 em comparação do exercício com referência ao exercício sem referência. Há, ainda, registros de pontos positivos do 10º ao 14º harmônico com valores entre 2 e 8 dB, e variações positivas dos harmônicos pares compreendidos do 18 ao 32 com alternâncias em pontos inferiores registrados nos harmônicos ímpares nesses intervalos. Com, as taxas positivas variam de 2 a 14 dB. Há, também, registros de valores negativos com a mínima de -14 dB no harmônico 16, e valores negativos nos harmônicos 1, 5, 8, 19, 21, 23, 25, 29, 38, 39 e 41 com a mínima de -6 dB.

O participante comentou que não é possível pensar quando está tocando sobre a afinação dos harmônicos comuns. Com isso, afirma não possuir nenhum conceito definido sobre afinação. “Eu tento sair daquele ponto de super vibração para tentar achar um lugar que me equilibre”. O participante ainda relatou que busca um timbre escuro consigo mesmo, afirmando não gostar do timbre brilhante, e que pensa, ainda, no som para modificá-lo.

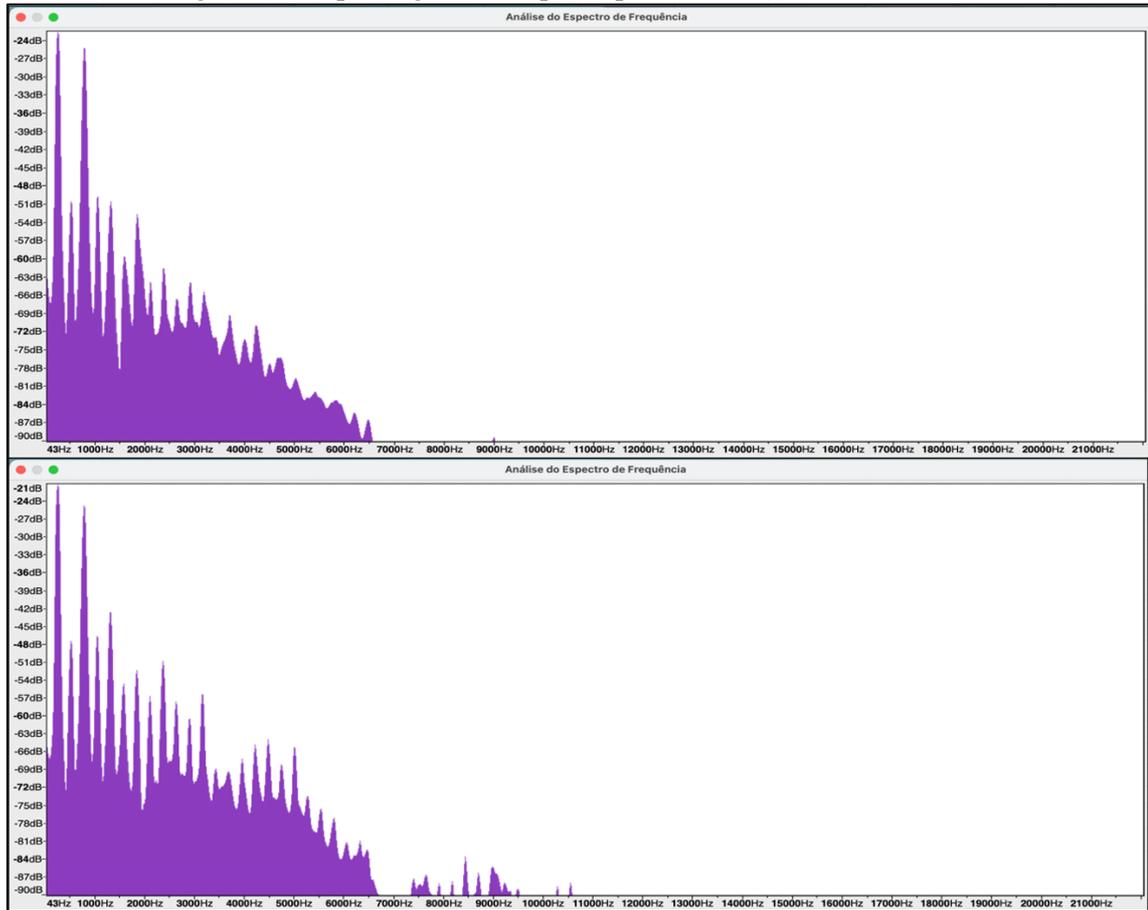
A postura, a afinação, o dedilhado constituem fatores descritos para que se possa buscar um timbre coletivo. A postura, a posição do instrumento, a posição da cabeça e a embocadura são atributos que, segundo sua perspectiva, influenciam os ajustes além do material do instrumento: – “ao se passar de um instrumento de resina para um de madeira”, por exemplo. A utilização de diferentes palhetas e boquilhas são descritos como fatores que influenciam também o controle da sonoridade particular.

Participante 7 – exercício A

A Utilizou-se a nota Dó₃, com frequência de 262,22 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 48, a imagem superior representa a execução do exercício “A” gravado sem uma das notas de

referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

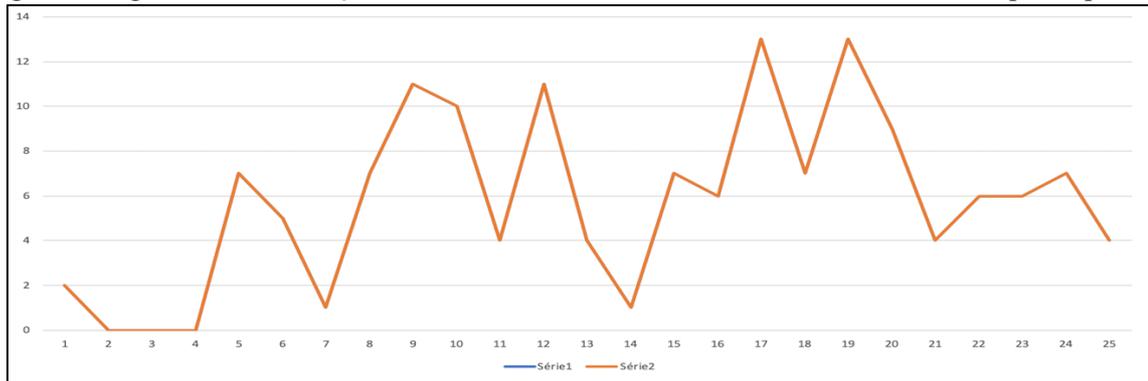
Figura 48 – espectrogramas do participante 7 – nota Dó₃, exercício A



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Nos gráficos da figura 48, os harmônicos de 1 a 9 (cujo apresentam frequências de 256 a 2.365 Hz) registram as intensidades de -22 a -63 dB no gráfico superior e -20 a -56 dB no gráfico inferior, representando os exercícios sem referência e com referência, respectivamente. As frequências de 2.626 e 5.242 Hz correspondentes aos harmônicos de 10 a 20 apresentam valores de -63 a -82 dB e de -55 a -73 dB de intensidade relativos aos quadros superior e inferior. Por fim, os pontos comuns entre os dois gráficos aparecem entre 5.504 e 6.550 Hz com intensidades de -82 a -88 dB no exercício sem referência e -76 a -84 dB no exercício com referência. Há, ainda, pontos registrados em 7.597, 8.398 e 8.921 Hz com intensidades respectivas entre -86 e -87 dB no quadro inferior.

Figura 49 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 7

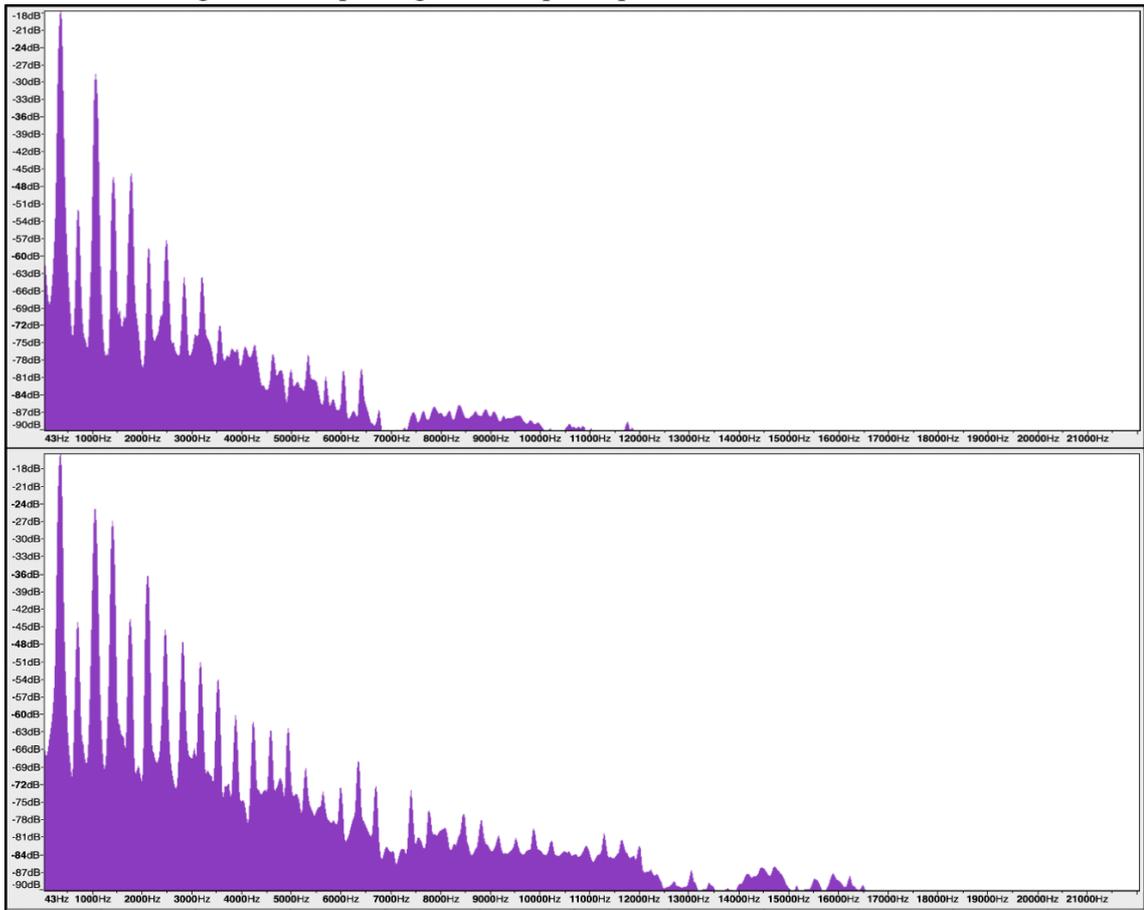


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 49, mostram-se as diferenças de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência positiva em todos os harmônicos registrados. Verifica-se a maior diferença registrada no 17º e 19º harmônicos, que apresentam 13 dB de intensidade a mais em comparação ao exercício sem referência. O 9º e o 12º harmônicos apresentaram, ainda, 11 dB a mais. Os menores valores registrados se referem aos harmônicos 7 e 14 com 1 dB de diferença, além do 3º harmônico, com o valor nulo de diferença de intensidade.

Participante 7 – exercício B

Utilizou-se a nota F_{á3}, com frequência de 175,01 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 50, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 50 – espectrogramas do participante 7 – nota Fá₃, exercício B

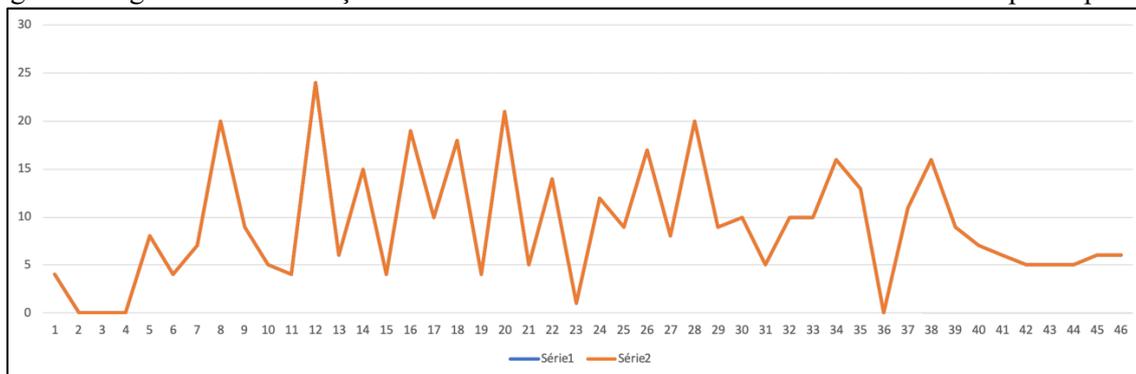
Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Podem-se identificar, nos gráficos da figura 50, valores registrados de até 10.507 Hz no exercício sem referência, e 16.099 Hz no exercício com referência. Os gráficos possuem, ainda, um decaimento regular, e, nos harmônicos de 1 a 9, compreendidos entre as frequências 174 e 1.580 Hz, há uma variação de -28 a -75 dB no gráfico superior, e -24 a -67 dB no gráfico inferior. Nos harmônicos de 10 a 38 (de 1.743 a 6.648 Hz), as intensidades variam de -48 a -88 dB e de -43 a -75 dB nos exercícios sem referência e com referência, respectivamente. Por fim, as taxas comparativas da representação dos harmônicos, em ambos os exercícios, variam entre 7.351 e 10.507 Hz, com intensidades de -85 a -97 dB no gráfico superior e de -77 a -83 no inferior. As frequências de 10.850 a 16099 Hz são apresentadas no exercício com referência com intensidades de -77 a -89.

No gráfico 51, todos os pontos foram positivos em relação à intensidade apresentada no segundo exercício (com referência). O ponto máximo se encontra no harmônico 12 com 24 dB de diferença, seguido do harmônico 20 com -21 dB. Registrou-se o harmônico 3 como valor nulo, e o harmônico 36 não foi captado entre os dois exercícios, desconsiderando sua aparição.

Os harmônicos 11, 15 e 19 possuem 4 dB de diferença, e o 23º possui 1 dB de divergência entre os exercícios.

Figura 51 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 7



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A análise do gráfico 51 mostra que todos os pontos foram positivos quanto à intensidade apresentada no segundo exercício (com referência). O ponto máximo se encontra no harmônico 12 com 24 dB de diferença, seguido do harmônico 20 com 21 dB. O harmônico 3 foi registrado como valor nulo, e o harmônico 36 não foi captado entre os dois exercícios, desconsiderando sua aparição. Os harmônicos 11, 15 e 19 possuem 4 dB de diferença, e o 23º possui 1 dB de divergência entre os exercícios.

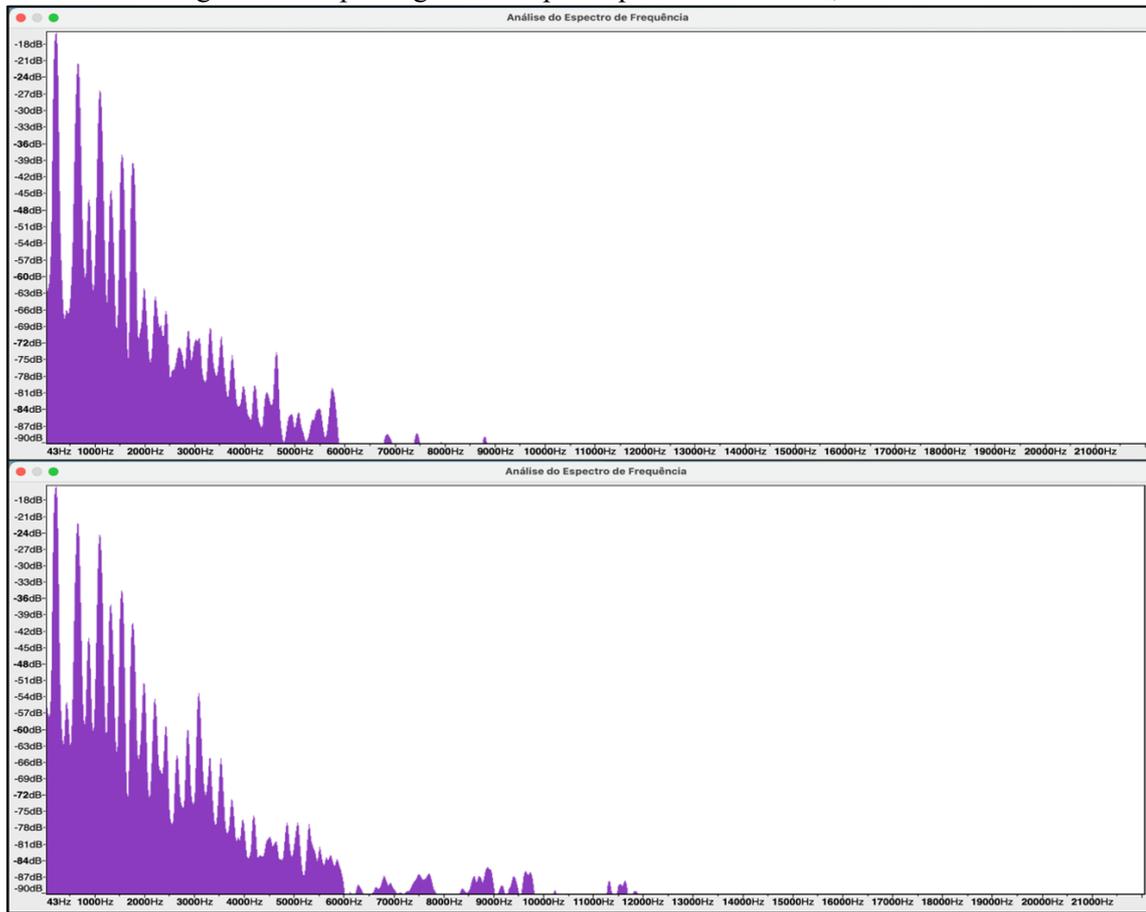
O participante comentou que a afinação consiste na busca pelo som “mais uniforme”, e, ainda, “onde tiver menos vibrações”, com o intuito de alinhar as ondas sonoras tanto para cima quanto para baixo para se aproximar da afinação na busca pelo alinhamento dos harmônicos. A construção do timbre baseia-se na escuta, e, enquanto se toca o instrumento, o instrumentista tenta fazer a “união” de dois instrumentos. A variação dos ajustes com quem se está tocando e o material (boquilha, palheta) consistem em “pontos de partida” para iniciar a equalização do instrumento. A embocadura também constitui um fator relevante, tal qual “o jeito de soprar”, como o ar quente, que influi na questão da construção de um timbre mais escuro. O processo de imitação também é descrito como um importante fator para a alteração dos ajustes do instrumentista para a busca pela afinação por meio da escuta.

Participante 8 – exercício A

Utilizou-se a nota Lá₂, com frequência de 220,5 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 52, a imagem superior representa a execução do exercício “A” gravado sem uma das notas de

referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “A” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 52 – espectrogramas do participante 8 – nota Lá₂, exercício A



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Na figura 52, os primeiros 9 harmônicos compreendidos entre as frequências de 223 a 1.989 Hz apresentaram suas intensidades registradas de -15 a -61 dB no exercício sem referência (no gráfico superior) e de -15 a -50 dB no exercício com referência (apresentados no gráfico inferior da figura). Os harmônicos de 10 a 20 de frequências, entre 2.205 e 4.410 Hz, possuem entre -62 e -80 dB de intensidade no gráfico superior, e -52 a -81 no gráfico inferior. As frequências superagudas de 4.637 a 5.733 Hz aparecem nos dois gráficos representando os harmônicos do 22 ao 26 com intensidades de -73 a -86 dB no exercício sem referência e -76 a -83 dB no exercício com referência. Há, por fim, registros das frequências de 6.828, 7.499, 8.823, 9.706 e 11.472 Hz no gráfico inferior com amplitudes que variam de -85 a -88 dB.

Figura 53 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A” do participante 8

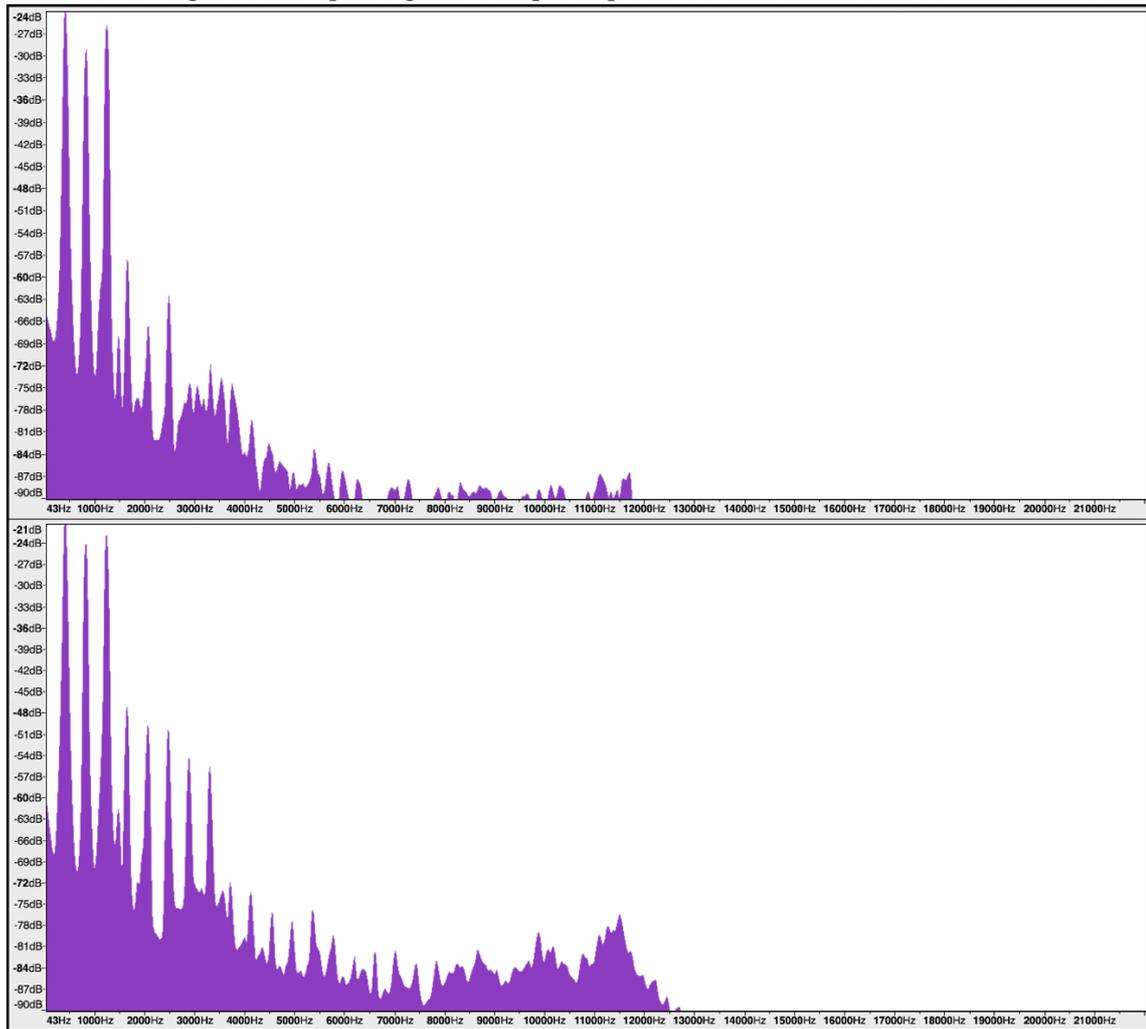


Fonte: elaborada pelo autor (2024).

No gráfico 53, diferenças de intensidades sonoras entre o exercício realizado com referência dos harmônicos possuem pico de até 17 dB, como registrado pelo harmônico de número 14. Há uma grande taxa de diferença dos volumes entre os harmônicos 9 a 13 e do 21 ao 24, próximos de 10 dB. Os harmônicos 8, 20, 21 e 26 atingiram valores negativos, de até -6 dB, como valor apresentado ao harmônico 21.

Participante 8 – exercício B

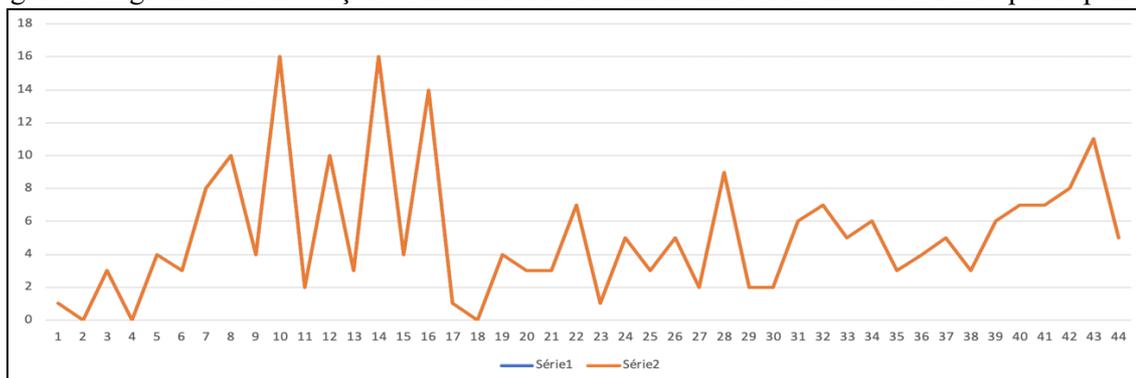
Utilizou-se a nota Sol#₃, com frequência de 208,12 Hz, como a nota selecionada para a análise de harmônicos por mostrar uma grande amplitude de frequências. Na figura 54, a imagem superior representa a execução do exercício “B” gravado sem uma das notas de referência dos harmônicos comuns e a parte inferior apresenta a gravação do exercício “B” com as notas de referência dos harmônicos comuns.

Figura 54 – espectrogramas do participante 8 – nota Sol#₃, exercício B

Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Nos gráficos da figura 54, indicam-se frequências com valores de até 11.651 Hz em ambos os gráficos, e, nos, harmônicos de 1 ao 9, compreendidos entre as frequências de 207 a 1874 Hz, intensidades de -26 a -75 dB no exercício sem referência (demonstrado no gráfico superior) e de -23 a -71 dB no exercício com referência (apresentado no gráfico inferior). Nos harmônicos de 10 a 30 com frequências de 2.087 a 6.240 Hz, apresentam intensidades de -62 a -91 dB no gráfico superior, e de -51 a -85 no gráfico inferior. Por fim, os harmônicos registrados de 6.452 a 11.651 Hz, que representam os harmônicos do 31 ao 56, apresentam valores de intensidade registrados de -86 a -92 dB no exercício sem referência e de -77 a -86 no exercício com referência.

Figura 55 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B” do participante 8



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

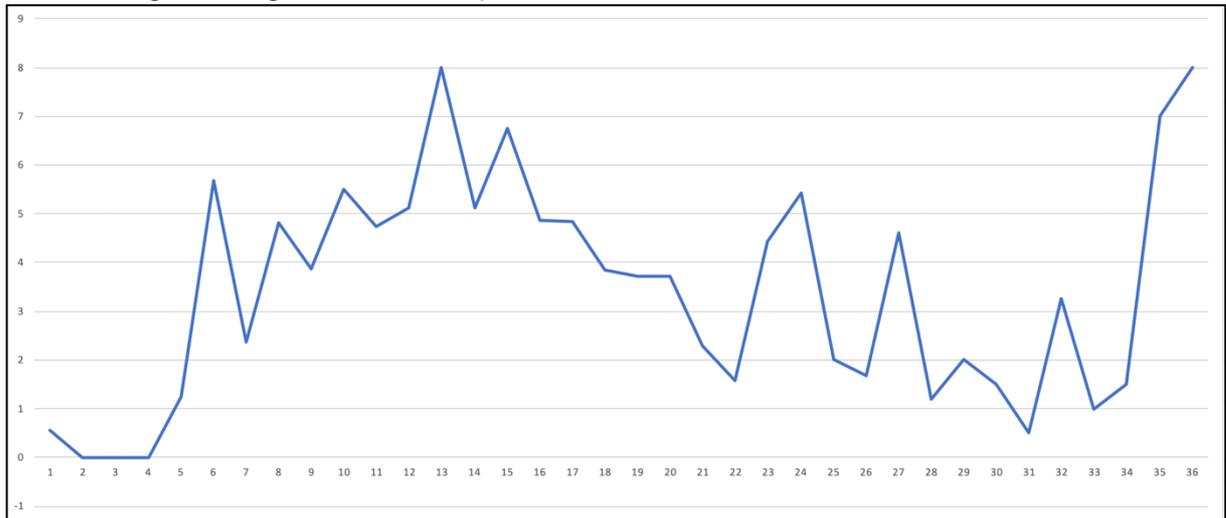
Na figura 55, apresentam-se valores positivos em todos os harmônicos comparados do exercício com referência ao exercício sem referência. Os pontos máximos registrados encontram-se nos harmônicos 10 e 14 com 16dB de diferença, seguidos do harmônico 16, com 14 dB. Os harmônicos do 6º ao 17º representam a maior variação com pontos que chegam a 2 e 3 dB de diferença. O harmônico 18 possui seu valor nulo, seguido do 1º, do 17º e do 23º harmônicos com 1 dB de diferença.

O participante afirmou pensar na referência da nota anterior, permitindo-lhe a visualização e equilíbrio de afinação antes de executar a nota, inclusive dando a devida importância aos harmônicos que aparecem em cada relação intervalar, buscando uma qualidade sonora com base na escuta. Além disso, mencionou que o timbre à sua volta influencia na busca pelo encaixe timbrístico, evitando ter um timbre “egoísta” — informado como uma não busca pelo timbre coletivo ao tocar com um ou mais músicos. A ressonância dos harmônicos no som é informada como alterações da nuca e diferentes encaixes moldados pelo próprio corpo, permitindo, ainda, a partir do relaxamento do corpo, do molde da embocadura, por exemplo, um timbre exclusivo para cada instrumentista.

3.2 RESULTADO DO EXERCÍCIO A

O resultado do exercício “A” apresenta a soma da média da intensidade dos harmônicos de todos os participantes da pesquisa, e, com isso, os valores dos exercícios da “atividade 2” apresentam-se, em sua maior parte, superiores aos valores médios registrados no exercício “A” da “atividade 1”.

Figura 56 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “A”



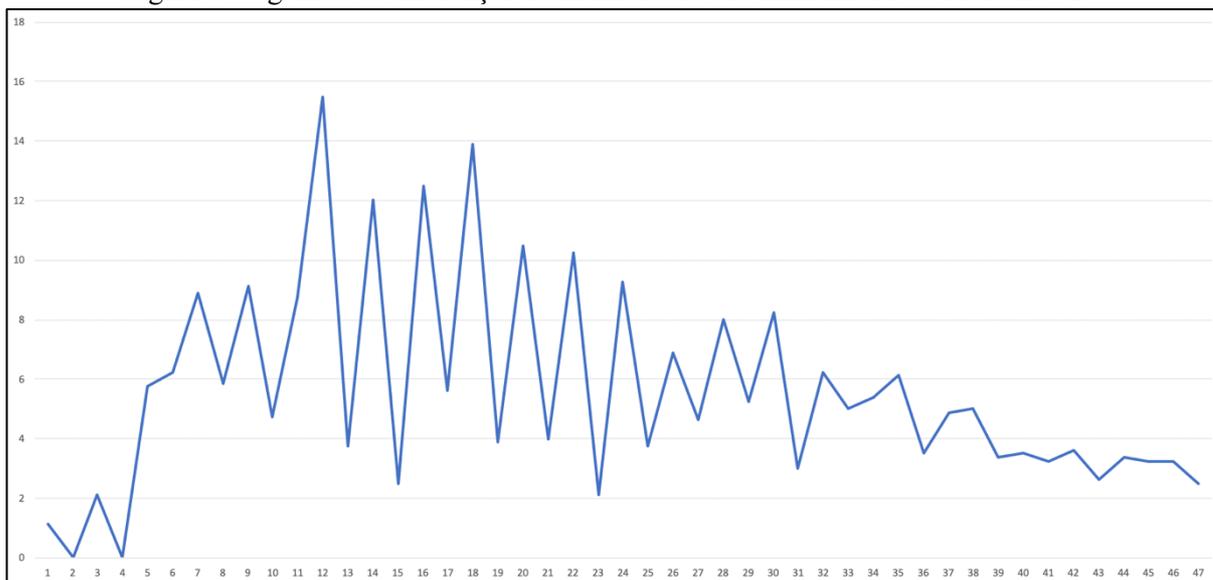
Fonte: elaborada pelo autor (2024).

O pico dos valores médios apresentados na figura 56 culmina em 8 dB nos harmônicos 13 e 36. Os valores apresentados nos harmônicos 2 e 4 são nulos devido à desconsideração por conta do comportamento dos primeiros dois harmônicos pares na clarineta explicados pela acústica. O terceiro harmônico obteve um valor médio de -0,0125 dB, sendo o único valor médio negativo. Há, ainda, registros de 7 dB no 35º harmônico, seguido de 6,75 dB no 15º harmônico. No 1º e no 31º harmônicos, os valores registrados compreenderam-se entre 0 e 1 dB de média, enquanto os valores dos harmônicos 6, 8, 10, 11, 12, 16, 17, 23 e 27 tiveram seus valores registrados entre 4 e 6 dB a mais nos exercícios com referência.

3.3 RESULTADO DO EXERCÍCIO B

O resultado do exercício “B” apresenta a soma da média da intensidade dos harmônicos de todos os participantes da pesquisa, e, com isso, os valores dos exercícios da “atividade 2” apresentam-se, em sua totalidade, superiores aos valores médios registrados no exercício “B” da “atividade 1”.

Figura 57 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos do exercício “B”



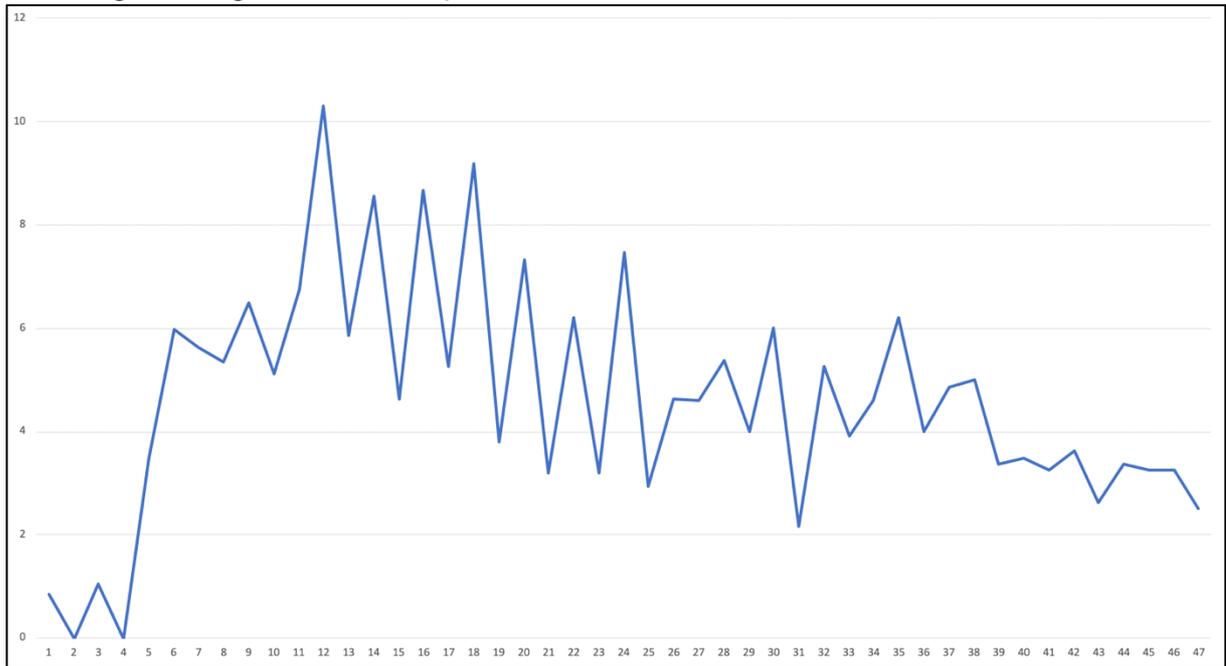
Fonte: elaborada pelo autor (2024).

Diferentemente do exercício “A”, todos os valores médios registrados foram positivos. Assim, os harmônicos pares compreendidos do 12º ao 32º harmônicos possuíam valores mais significantes do que os harmônicos ímpares demonstrados entre os harmônicos 11 ao 33. O ponto máximo registrado atinge 15,5 dB a mais nos exercícios com referência situado no 12º harmônico, seguido de uma média de 13,875 dB no 18º harmônico. Após o 30º harmônico, os valores apresentam um decaimento até o 47º harmônico, com valor médio registrado de 2,5 dB. O primeiro harmônico teve uma divergência média de 1,125 dB, sendo o menor valor registrado na média do exercício.

3.4 RESULTADO FINAL DA PESQUISA

Na figura 58, expõe-se o valor médio total das intensidades apresentadas nos exercícios “A e B” da atividade 2 (com referência) em comparação aos exercícios “A e B” da atividade 1 (sem referência). Dessa forma, observa-se um gráfico de valores significativamente positivos em todos os harmônicos registrados.

Figura 58 – gráfico de diferenças de intensidades dos harmônicos dos exercícios “A e B”



Fonte: elaborada pelo autor (2024).

A imagem apresenta, nos primeiros 3 harmônicos ímpares, valores compreendidos de 0,84375 dB no primeiro harmônico, 1,05625 dB no terceiro e 3,5 dB no quinto harmônico. Do 5º ao 12º harmônico, nota-se um crescimento em direção ao pico do gráfico apresentado no 12º harmônico com o registro médio de 10,3125 dB, seguidos de uma faixa compreendida entre 8 e 10 dB apresentadas pelos harmônicos 14, 16 e 18, como maiores médias registradas. Os harmônicos 19, 21, 23, 25, 31, 33, 36, e do 39 ao 47 inserem-se nos valores médios registrados de 2 a 4 dB.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada participante descreveu, nesta dissertação, os ajustes finos e precisos — considerando-se a psicoacústica como parâmetro para a construção do timbre do clarinetista — devido à sensação que tiveram ao modificar questões orgânicas relacionadas à embocadura e ao controle do trato vocal do instrumentista durante a execução dos exercícios propostos na pesquisa. No entanto, as descrições subjetivas assentaram-se nas sensações de mudança dos instrumentistas, sem garantia de que correspondessem, exatamente, às mudanças específicas que os músicos tiveram em mente durante as execuções. O controle do trato vocal completo é extremamente complexo, e, mesmo pequenas adaptações podem ter resultado em ajustes inconscientes variados, não documentados e não comprovados.

A investigação do timbre do clarinetista, com base na psicoacústica, possibilitou a identificação de mudanças das configurações dos espectros harmônicos na produção do som em diferentes contextos por meio de reflexões trazidas pelos colaboradores. A observação dos dados obtidos por meio das gravações dos exercícios e das entrevistas permitiram o cruzamento de dados de maneira que justificasse a psicoacústica como uma ferramenta que permite ajustes por intermédio da escuta.

A execução dos exercícios permitiu aos participantes que pudessem refletir sobre os ajustes feitos para que conseguissem encaixar seus timbres ao contexto apresentado ao utilizar mais de uma voz como referência. A afinação, o equilíbrio de intensidade sonora das frequências fundamentais, os ajustes dos harmônicos superiores, o controle do trato vocal, a ressonância da nota, as posições distintas de dedilhados, entre outras ferramentas intrínsecas descritas por cada clarinetista lhes permitiram uma mudança significativa em seus timbres por intermédio da psicoacústica, como objetivamente demonstrados por meio dos resultados dos cálculos de diferença de volume sonoro dos marcadores em cada nota selecionada para a comparação.

A criação de gráficos para o mapeamento do timbre durante a utilização do software para a análise objetiva permitiu que a visualização de divergências nos áudios com e sem referenciais — comprovando a utilização da psicoacústica como um parâmetro importante para a utilização das ferramentas de controle do trato vocal e diferentes ajustes realizados por cada clarinetista.

Devido ao tempo para a realização da pesquisa, consideraram-se os harmônicos superiores como pontos focais, e, conseqüentemente, o timbre registrado por meio do gravador. Contudo, em caso de extensão da duração, permitindo-se, assim, um maior aprofundamento das

análises, seria interessante a utilização da ótica analítica por meio dos subharmônicos — notas resultantes geradas com base em duas frequências diferentes.

Por se tratar de uma pesquisa exploratória, o estudo permite também que outros pesquisadores possam utilizar o trabalho como um estudo análogo para diferentes vertentes na música, possibilitando o mapeamento do timbre por meio de software e a identificação da divergência de timbres de outros instrumentos e de outros instrumentistas.

A pesquisa apresenta um impacto na mudança do timbre do clarinetista, e, com isso, viabiliza-se a continuidade da pesquisa por outros pontos focais, tais como a inclusão dos subharmônicos como modelo de comparação dos timbres; a utilização da pesquisa como modelo para o mapeamento de timbres de outros instrumentistas de sopro; e, também, com softwares mais evoluídos, seriam possíveis cálculos mais precisos e detalhados para melhores descrições objetivas.

O estudo não apenas impacta a área musical, mas também abre caminho para áreas correlatas avançarem e justificarem novas pesquisas em disciplinas como física, psicologia, pedagogia musical, entre outras.

Apresentam-se alguns questionamentos para uma possível continuidade na pesquisa: “quais são as diferenças em volume sonoro de cada harmônico ao se compararem dois ou mais timbres da nota de mesma frequência com e sem ajustes? Com o cálculo de duas notas de alturas diferentes, gera-se uma nota resultante, e, a partir desse pressuposto, qual é a sensação subjetiva da escuta ao se tocar a nota em dois momentos distintos — com e sem ajustes? Ao se considerar a pesquisa para outros instrumentistas que tocam instrumentos de sopro com exceção da clarineta, o mapeamento objetivo e subjetivo por meio de gráficos e sensações, torna-se tácito?”.

O timbre do clarinetista está além da descrição tradicional do timbre da clarineta em livros de acústica. Cada pessoa possui uma fisiologia que possibilita trabalhar o seu timbre particular, e as ferramentas de modificação do timbre são adquiridas ao longo da vida com estudos do instrumento, performances, escutas musicais e trocas de conhecimento em todo o contexto musical com colegas músicos e por meio de conhecimentos advindos de outras áreas correlatas.

Cada clarinetista utiliza seus ajustes particulares de modificação do timbre de forma singular. Assim, a psicoacústica tornou-se um parâmetro importante para auxiliar o instrumentista de forma que consiga atingir o timbre idealizado. Explorar a percepção auditiva, as alterações na embocadura, a técnica de digitação no instrumento, a afinação, a projeção

sonora e outros aspectos foram discutidos durante as entrevistas, estimulando reflexões sobre as modificações necessárias para alinhar o som ao idealizado pelos músicos.

No caso de um parâmetro de escuta como referência, as ferramentas necessárias para os ajustes tornam-se mais claras para o músico, facilitando, por meio do processo psicoacústico, o encaixe do som do clarinetista no meio em que se está inserido, seja ele numa performance individual ou coletiva. A afinação dos harmônicos, a equalização do som por meio da configuração do trato vocal, a velocidade do ar, o foco do ar, são atributos descritos subjetivamente como ferramentas que permitem a modificação do timbre.

A análise dos gráficos apresentados nos dois momentos de execução dos exercícios — com e sem referência — apresentou divergência entre os dois timbres diferentes dos mesmos clarinetistas, sem modificação de material, apenas com os ajustes realizados por intermédio da psicoacústica. A comparação entre os dois gráficos, em sua maior parte, mostra efeitos positivos relacionados ao ganho de harmônicos superiores, resultando em um som rico e brilhante — adjetivos comumente utilizados para descreverem um timbre com muitos harmônicos superiores e com volumes sonoros consideravelmente mais fortes.

A psicoacústica como um parâmetro referencial para a criação de um *feedback* sonoro permite que os instrumentistas realizem seus ajustes quase que momentaneamente, para que o timbre, a afinação e a dinâmica se harmonizem em relação ao som que o músico está escutando, o que, por fim, constitui um parâmetro importante da busca pelo timbre ideal de cada clarinetista em cada situação específica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. **Expertise na clarineta: possibilidades de construção da performance musical de “alto nível”**. 2013. Dissertação (Mestrado em Música) – Universidade de Brasília, Instituto de Artes, Brasília, DF, 2013.
- ALVES, A. C.; FREIRE, R. J. D. Processos de construção da expertise na clarineta: Investigação das trajetórias de clarinetistas brasileiros. **Percepta - Revista de Cognição Musical**, v.2, p.61 - 84, 2014.
- ALVES, C. S. **O processo de emissão do som na clarineta: proposição e validação de um plano de instrução**. 2013. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes, Campinas, SP, 2013.
- ANGUS, J.; HOWARD D. M. **Acoustics and Psychoacoustics**. 3 ed. Oxford- UK: Elsevier, 2006.
- ANGUS, J.; HOWARD D. M. **Acoustics and psychoacoustics**. 5th edition. New York; London: Routledge, 2016.
- BADDELEY, A. **Exploring working memory: selected works of Alan Baddeley**. Oxfordshire- UK: Routledge, 2017.
- BARBOUR, J. M. **Tuning and Temperament: A Historical Survey**. New York: Dover, 2004.
- BERANEK, L. L. **Acoustics**. Acoustical Society of America, New York. 1986.
- COWELL, R.; RICHARDSON, C. (Ed.). **The new handbook of research on music teaching and learning**. Oxford: Oxford University Press, 2002.
- DICKENS, Paul et al. Clarinet acoustics: introducing a compendium of impedance and sound spectra. **Acoustics Australia**, v. 35, n. 1, p. 17, 2007.
- DOMENICI, C. **“A voz do performer na música e na pesquisa.”** In: Anais do IISIMPOM 2012. UNIRIO. 2012.
- FABIANI, M; FRIBERG, A. Influence of pitch, loudness, and timbre on the perception of instrument dynamics. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 130, n. 4, p. EL193-EL199, 2011.
- FREIRE, R. D. **A voz do clarinetista: Afinação, Ressonância e Projeção**. Brasília: Sustenutto, 2021.
- FREIRE, R. J. D. Em busca da clarineta perdida: conexão com a performance no reencontro com meus instrumentos. **Revista MÚSICA (ONLINE) USP**, v.20, p.297 - 312, 2020.
- FREIRE, R. J. D. Relações de afinação na produção de notas resultantes de acordo com os sistemas de Afinação Igual, Pitagórico e Justo. **Percepta - Revista de Cognição Musical**. v.4, p.79 - 94, 2017.

FREIRE, R. J. D. **Como será que eu afino? A relação entre sistemas de afinação e parâmetros de afinação na performance musical.** *Música Hodie*, v.16, p.133 - 144, 2016.

FREIRE, R. J. D. **Articulações entre imitação e memória nos processos de percepção musical.** In: *A mente musical em uma perspectiva interdisciplinar*. 1 ed. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2015.

FREIRE, R. D. **Em busca de uma afinação justa: Relações entre harmônicos superiores e inferiores na performance com duas clarinetas.** *Anais do Performa 2013*. Porto Alegre. 2013.

FREIRE, R. J. D. **Uma Análise do Desenvolvimento da Identidade do Clarinetista Brasileiro a partir de Pressupostos Teóricos de Mário de Andrade.** Goiânia: *Musica Hodie*, v.3, p.75 - 81, 2003.

FRITZ, C; FARNER, S.; KERGMARD, J. Some aspects of the harmonic balance method applied to the clarinet. *Applied acoustics*, v. 65, n. 12, p. 1155-1180, 2004.

GUNTHER, L. **The Physics of Music and Color.** New York: Springer, 2008.

HELMHOLTZ, H. **On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music.** 3ª edição inglesa. Tradução: Alexander J. Ellis. London: Longmans, Green, and Co, 1895.

HIEBERT, E. **The Helmholtz Legacy in Physiological Acoustics.** New York: Springer, 2014.

HOLZ, K. **'The acoustics of the clarinet: An observation of harmonics, frequencies, phases, complex specific acoustic impedance, and resonance.** Univ. Illinois Urbana-Champaign, Champaign, IL, USA, NSF Summer REU Final Rep, 2012.

ILARI, B. **Em Busca da Mente Musical: Ensaio Sobre os Processos Cognitivos em Música – Da Percepção à Produção.** Curitiba: Editora UFPR, 2006.

LEVITIN, D. **This is your brain on music: The science of a human obsession.** New York, N.Y: Dutton, 2006.

MARANGONI, H. M.; FREIRE, R. D. **Uma discussão entre os conceitos de Ouvido Interno, Representação Mental, Imagética, Audição e Prática Mental e suas implicações para a Cognição Musical.** In: XII Simpósio Internacional de Cognição e Artes Musicais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Anais [...]*. Rio Grande do Sul, p. 292-300. 2016.

MOODY, G. E. **A Practical Method for the Teaching of Intonation.** Doctor of Arts Dissertation. University of Northern Colorado, 1995.

PORRES, A. T. **Modelos Psicoacústicos de Dissonância para Eletrônica ao Vivo.** 2012. Tese (Doutorado em Música) – Universidade de São Paulo, Escola de Comunicação e Artes, São Paulo, SP, 2012.

- RAY, S. **Pedagogia da performance musical**. Goiânia: Editora Espaço Acadêmico, 2019.
- RIBEIRO, G. M. Educação musical a distância online: desafios contemporâneos. **Revista da ABEM**, v. 21, n. 30, pp. 35-48, 2013. Universidade de São Paulo, 2012.
- RINK, J. (ORG). **Musical Performance: a guide to understanding**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- ROEDERER, J. G. **Introdução à física e psicofísica da música**. Tradução: Alberto Cunha 1 ed. São Paulo: Edusp, 1998.
- ROEDERER, J. G. **Introdução à física e psicofísica da música**. Tradução: Alberto Cunha 2 ed. São Paulo: Edusp, 2022.
- SCHUBRING, J.A. **Case Study: Effective Teaching Methods for Learning Styles in Psychoacoustics**. 2017. 61. (Order No. 10604052) - University of Colorado at Denver, United States -- Colorado, 2017.
- SEASHORE, C. E. **Psychology of Music**. New York, London: McGraw-Hill, 1938.
- SILVA, G. B.; FREIRE, R. D. **Qual a importância da psicoacústica para a performance musical do clarinetista?** Anais do Performus 2022. Goiânia, 2022.
- SILVA, G. B.; FREIRE, R. D. **A importância dos ajustes de afinação dos harmônicos comuns durante a performance musical do clarinetista**. Anais do Performus 2023. Uberlândia, 2023.
- SLOBODA, J. A. **A mente musical: a psicologia cognitiva da música**. Tradução: Beatriz Ilari e Rodolfo Ilari. Londrina: Eduel, 2008.
- SMOCK, B. **A perception-centric framework for digital timbre manipulation in music composition**. 2014. 101. (Order No. 3647870) - University of Florida, United States - Florida, 2014.
- YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução: Daniel Grassi. 2 ed: Porto Alegre: Bookman, 2001.