

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

GREYCE ORNELAS VIANA TEIXEIRA

**SOFTWARES DE ANÁLISE ACÚSTICA COMO FERRAMENTA  
PEDAGÓGICA NO ENSINO DO CANTO**

BELO HORIZONTE  
2017

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

GREYCE ORNELAS VIANA TEIXEIRA

**SOFTWARES DE ANÁLISE ACÚSTICA COMO FERRAMENTA  
PEDAGÓGICA NO ENSINO DO CANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da  
Escola de Música da UFMG como requisito parcial à  
obtenção do título de Mestre em Música.

Linha de pesquisa: Educação Musical

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Betânia Parizzi Fonseca

Coorientador: Prof. Dr. Maurício Freire Garcia

BELO HORIZONTE  
2017

## RESUMO

Esse trabalho é uma pesquisa de caráter exploratório, onde testamos a utilização do software Overtone Analyser como ferramenta pedagógica para visualização de aspectos técnicos vocais em aulas de canto lírico em uma universidade brasileira. A pesquisa foi realizada em ambiente controlado, ou seja, em um laboratório. Sete sopranos e uma professora de canto de ensino superior utilizaram o *software* de análises acústicas em dois vocalises, buscando visualizar três aspectos técnico vocais: (1) qualidade vocal; (2) regularidade do vibrato, e (3) quebra da voz nas passagens de registro. Cada um destes trechos foi cantado e averiguado em três diferentes situações de execução: (1) sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor; (2) com o *feedback* visual, mas sem orientação do professor; (3) com o *feedback* visual e com a orientação do professor. Os resultados apontam melhorias na performance das cantoras com o *feedback* visual, principalmente com o auxílio do professor. As sopranos mais experientes obtiveram melhores resultados com a utilização do *software*, o que foi confirmado pela literatura. Concluiu-se que os conhecimentos sobre acústica e fisiologia da voz são imprescindíveis na utilização desse tipo de ferramenta, que se mostrou bastante útil na visualização e melhoria dos aspectos técnico vocais trabalhados.

**Palavras-chave:** *Feedback* visual em tempo real, *software* de análise acústica e canto, acústica da voz, ensino do canto

## ABSTRACT

This present work presents an exploratory research whose objective is to investigate how acoustic analysis softwares can act as pedagogical tool in lyric singing lessons in a Brazilian institution of higher education. The research used an exploratory methodology, in controlled environment, that is, in a laboratory. Seven sopranos and a singing teacher used the acoustic analysis software in two vocalizes to visualize three vocal technical aspects: (1) vocal quality; (2) regularity of the vibrato, and (3) breaking in the vocal registers. Each of these excerpts was sung and investigated in three different situations: (1) without visual feedback and without the guidance of the teacher; (2) with visual feedback, but without teacher's guidance; (3) with visual feedback and teacher guidance. The results point to improvements in the performance of the singers with visual feedback, mainly with the help of the teacher. The most experienced sopranos obtained better results with the use of the software, which was confirmed by the literature. The knowledge about acoustic and physiology of the voice is essential in the use of this kind of tool, which has proved to be very useful in visualizing and improving the vocal technical aspects worked.

**Key words:** Real-time feedback, software of acoustic analysis and singing, acoustic of the voice, singing teaching.

*Dedico este trabalho aos meus pais, Ilza e Edison, com amor.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meus Guias, Santos e Orixás, por me proverem equilíbrio, perseverança, consciência, disciplina e fé nas caminhadas terrenas.

Ao meu pai e minha mãe, amores maiores, pelo suporte e amor incondicional em todos os momentos dessa etapa e por toda minha vida. Vocês são tudo para mim.

À minha orientadora Betânia Parizzi pelas horas dedicadas ao meu trabalho, por acreditar na contribuição desse tema para a pedagogia vocal e por dar tanto suporte acadêmico desde a minha graduação até a conclusão desse mestrado, sempre com otimismo e sorriso no rosto.

Ao meu coorientador Maurício Freire, por aceitar o convite e pelas conversas esclarecedoras sobre as tecnologias e acústica.

À professora Luciana Monteiro por apontar um outro caminho para essa pesquisa no momento da qualificação, pela solicitude de me receber como estagiária e pelas trocas enriquecedoras acerca do ensino do canto.

Agradeço aos meus grandes amigos, fundamentais, restauradores da melhor parte de mim, companheiros, família escolhida. Não reduzirei a nomes por medo de me esquecer de alguém, mas vai um agradecimento especial: aos irmãos e irmãs da Fraternidade Kayman, aos amigos da trajetória artística e musical, aos amigos antigos desde a época da escola, aos meus amigos alunos, aos amigos de profissão, aos amigos feitos no intercâmbio em Portugal.

Aos colegas da pós-graduação, em especial do Laboratório de Sonologia, pelas conversas instigantes, conselhos e partilhas sobre o universo do som.

À minha família em geral, primos, tios, irmão, padrinho, madrinha e avó pela torcida em toda caminhada.

Aos meus professores de toda trajetória, em especial professora Filipa Lã, que me acolheu no intercambio em Portugal e despertou em mim o interesse pelo universo das ciências vocais.

Ao professor Ariel Coelho por ser tão gentil e partilhar conhecimentos valiosos sobre a voz cantada.

À Andreia, à Francisca, à Daniela e tia Mara, pelo amor e confiança que depositam em mim e por serem mulheres, mães, guerreiras e conselheiras inspiradoras.

À capes, pelo auxílio financeiro fundamental.

A todos que vibram luz e amor para mim. Eu sinto vocês e é recíproco todo amor.

“O senhor mire e veja: o mais importante e bonito, do mundo, é isto: que as pessoas não estão sempre iguais, ainda não foram terminadas - mas que elas vão sempre mudando. Afinam ou desafinam, verdade maior. É o que a vida me ensinou. Isso que me alegra montão”. JGR

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Terminologias utilizadas por professores de canto para o termo Ressonância (SOUZA, ANDRADE e SILVA, 2010, p. 321).....	24
Tabela 2 - Regiões de passagem nas diferentes classificações vocais (BOZEMAN, 2013) .....	40
Tabela 3 – Qualidade e intensidade dos harmônicos .....	79
Tabela 4 – Presença de regularidade do vibrato.....	81
Tabela 5 - Presença de quebra nas passagens de registro .....	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Músculos Intrínsecos da laringe e cartilagens .....	28
Figura 2 - Série Harmônica .....	30
Figura 3 - Relação entre os articuladores e a frequência dos formantes (SUNDBERG, 2015, p. 143).....	32
Figura 4 - Relação do F1 e F2 das vogais /a/, /i/ e /u/. .....	33
Figura 5 - Frequências do primeiro e segundo formante (F1 e F2) para determinadas vogais. No topo do gráfico, a frequência do primeiro formante é também mostrada em termos de notação musical (SUNDBERG; ROSSING, 1987, p. 24). .....	34
Figura 6 - - a) Modelo tradicional de aprendizado; b) Uso do feedback em tempo real do processo de aprendizado. CP = Fase crítica da aprendizagem; KR = Conhecimento do resultado (WELCH (1985) apud HOPPE, D. SADAKATA M., DESAIN P. (2006))......	41
Figura 7 - Espectrografia de dois tipos de qualidade vocal, realizado no software WaveSurfer. No eixo horizontal é representado o tempo (s) e no eixo vertical são representadas as frequências (Hz) (LÃ, 2013). .....	45
Figura 8 - Posição dos articuladores para as vogais descritas acima e sua representação espectrográfica dos F1 e F2 dessas vogais (NAIR, 1999, p. 95).....	47
Figura 9 - Posição dos articuladores para as vogais descritas acima e sua representação espectrográfica dos F1 e F2 dessas vogais (NAIR, 1999, p. 95).....	48
Figura 10 - - Software Sing and See – Pitch Display (WILSON, THORPE & CALLAGHAN, 2004) .....	51
Figura 11 - Representação do trilha de F0 sustentada na vogal /o/ na nota F#3, promovido pelo Software WaveSurfer (LÃ, 2013, p. 48). .....	51
Figura 12 - Soprano gravando o vocalise .....	61
Figura 13 - Vocalise I .....	62
Figura 14 - Vocalise II .....	63

## Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	9
INTRODUÇÃO.....	11
<b>CAPITULO 1 .....</b>	<b>16</b>
<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Ensino do canto na atualidade .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 O <i>feedback</i> em aulas de canto.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Tradição oral do ensino de canto .....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 O <i>feedback visual</i> em tempo real por meio dos <i>softwares</i> de análise acústica .....</b>	<b>25</b>
<b>1.5 Princípios da acústica do som vocal.....</b>	<b>26</b>
1.5.1 Frequência de fonação e harmônicos .....	27
1.5.2 A articulação e acústica vocal.....	30
1.5.3 Pressão subglótica .....	35
1.5.4 Interação entre formantes e os harmônicos.....	36
<b>1.6 O <i>feedback visual</i> em tempo real .....</b>	<b>41</b>
1.6.1 O <i>feedback visual</i> em tempo real para a qualidade vocal.....	44
1.6.2 O <i>feedback visual</i> e a qualidade das vogais, ressonância e articulação.....	46
1.6.3 O <i>feedback</i> em tempo real e a afinação.....	49
1.6.4 O <i>feedback</i> em tempo real e a regularidade na vibração: .....	51
1.6.5 O <i>feedback visual</i> e a passagem de registro .....	53
<b>CAPITULO 2 .....</b>	<b>55</b>
<b>OBJETIVOS E METODOLOGIA .....</b>	<b>55</b>
<b>2.1 Objetivos.....</b>	<b>55</b>
Objetivos específicos .....	55
<b>2.2 Método .....</b>	<b>55</b>
2.2.1 Fase 1- Piloto .....	56
2.2.2 Avaliação da Fase Piloto .....	57
2.2.3 Conclusões da Fase Piloto .....	58
<b>2.3 Fase 2 – A pesquisa.....</b>	<b>58</b>
2.3.1 Delineamento da pesquisa .....	59
2.3.2 Amostra e natureza dos dados.....	63
2.3.3 Análise dos dados.....	64
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>66</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>3.1 Etapa 1 – Seleção das imagens mais representativas de cada soprano.....</b>	<b>66</b>
<b>3.2 Etapa 2 - Análise comparativa .....</b>	<b>67</b>
3.2.1 Análise modelo – Soprano 2.....	69
3.2.2 Análise dos registros gráficos das Sopranos a partir de três aspectos técnico vocais 75	
3.2.3 Relação entre sopranos mais e menos experientes e a utilização <i>software</i> .....	83
3.2.4 Impressões das sopranos com relação à utilização do <i>software</i> de análises acústicas .....	84
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>93</b>

## INTRODUÇÃO

Cantar sempre foi para mim motivo de grande prazer e de encontro comigo mesma. Meu pai, músico amador, desde minha infância embalava momentos musicais em nossa casa. Creio que esta vivência despertou em mim a vontade e necessidade de cantar.

Meu aprendizado musical se deu informalmente até a adolescência, quando tive a oportunidade de estudar violão, por um ano e meio, com um professor particular. Entretanto, nunca deixei de cantar, mesmo que sem uma orientação formal.

Aos 17 anos, após finalizar o ensino médio, prestei vestibular para Ciências Biológicas na UFMG e frequentei o curso por um ano, pois a ideia de prestar um vestibular para Música não era uma realidade na época, uma vez que não tinha tido ainda a oportunidade de passar por um processo de aprendizado formal específico para as provas de vestibular de canto. Assim, mesmo amando a música, mas sem recursos financeiros para me preparar para o vestibular nesta área e insegura com as possibilidades profissionais que poderia ter como musicista e cantora, tracei outros caminhos profissionais até tomar coragem para realmente seguir o que meu íntimo inspirava – a música e o canto.

Busquei uma escola de música para iniciar os estudos e três anos depois, prestei o vestibular para o curso de Licenciatura na Escola de Música da UFMG, e fui aprovada com um pouco de surpresa. Afinal havia pouco tempo que estava me dedicando à música mais seriamente. Na Escola de Música da UFMG, eu me encantei com um universo enorme, ainda a ser descoberto. No curso, tive um contato mais aprofundado com a educação musical, e ali pude compreender a importância do papel do professor na formação do aluno e como uma abordagem bem ou mal realizada pode influenciar a vida musical desse aluno. Assim, o interesse pela docência começou a surgir.

No ano de 2012, eu e mais seis colegas fomos contemplados com uma bolsa de estudos financiada pela CAPES, por meio do Programa de Licenciaturas Internacionais, para fazer a graduação sanduíche em Portugal, onde ficamos por dois anos, na Universidade de Aveiro. Essa oportunidade foi única e abriu meus horizontes para a música de uma forma muito intensa e ali comecei a compreender a complexidade dos caminhos que norteiam as artes, a música e, especificamente, o canto.

O modelo do curso de Licenciatura em Música nas universidades portuguesas é bastante distinto do modelo deste curso no Brasil, onde o enfoque é a formação de professores de música. Em Portugal, as Licenciaturas em Música têm um caráter performático, semelhante ao bacharelado, em nosso país. Nesse sentido, cada um de nós teve a oportunidade de ter aulas individuais de instrumentos e canto, uma vez por semana.

O enfoque das aulas de canto que tive foi o modelo clássico erudito. No entanto, minha experiência com o canto lírico era, até então, muito restrita. Minha vivência no canto popular teve de ser deixada de lado momentaneamente e, graças à paciência e competência da professora que me acompanhou nesse processo, desenvolvi uma base técnica satisfatória para o pouco tempo em processo de estudo dessa vertente do canto. Devo dizer que esses dois anos dedicados ao canto lírico em Portugal representaram para mim uma iniciação ao universo da música erudita ocidental, e foi uma grande contribuição no sentido de expandir minha consciência acerca das possibilidades da voz cantada e do quanto esse instrumento é complexo e seu domínio é cheio de desafios para o cantor.

O meu progresso se deu, em grande parte, pela orientação dedicada da professora Dra. Filipa Lã que, além de professora de canto lírico, é bióloga e pesquisadora da pedagogia da voz. No processo de ensino, diferentes recursos pedagógicos eram utilizados pela professora para auxiliar a aprendizagem das competências técnicas vocais dos alunos.

Um desses recursos utilizados em algumas aulas foi o espectrograma<sup>1</sup> cuja finalidade era promover o *feedback* visual da minha performance em tempo real. Fiquei encantada com a visualização do processo do canto por meio desse *software* e, a partir daí, passei também a frequentar as disciplinas de Didática do Canto, com a mesma professora, na turma do curso de Mestrado em Canto. O foco desta disciplina era a fisiologia, a produção vocal em parâmetros acústicos e as novas tecnologias que auxiliam o professor no ensino do canto, como os *softwares* de análise acústica que possibilitam o *feedback* visual em tempo real.

Meu contato com essa ferramenta e outros recursos pedagógicos utilizados para aprimorar a performance do canto foi importante para que eu me sentisse motivada a aprofundar meus conhecimentos nesta área. Senti o quanto o *feedback* visual em tempo real contribuiu para o meu desenvolvimento e julguei que seria relevante investir em pesquisas sobre esta temática.

De volta ao Brasil, constatei que este tipo de ferramenta ainda é pouco utilizado por aqui e decidi então dedicar minha monografia de conclusão de curso – “*Softwares* de análise acústica como ferramenta pedagógica no ensino do canto lírico” - a este assunto, realizando uma revisão de literatura sobre o ensino do canto e a utilização de ferramentas que permitem ao aluno obter o *feedback* visual em tempo real de sua performance por meio de *softwares* de análise acústica

Uma das conclusões que eu cheguei neste trabalho foi que o processo do ensino e aprendizagem do canto envolve muito mais do que as questões técnicas, uma vez que lidamos também com fatores de natureza emocional, artísticas, estéticas. E conseguir unir no ensino do canto todos esses conhecimentos - técnicos, musicais, artísticos e psicológicos - talvez represente um dos maiores desafios para o professor. É importante que o professor de canto se atualize e acompanhe a produção científica mundial principalmente no que diz respeito às ciências vocais, que têm expandido o

---

<sup>1</sup> O espectrograma é um gráfico que analisa a densidade espectral de energia (NAIR, 1999). Neste caso estamos nos referindo à energia espectral do som da voz cantada, onde através do espectrograma decompomos o espectro sonoro em seus parciais harmônicos, passíveis de serem analisados pela presença e intensidade das cores do gráfico. Maiores explicações estarão presentes no decorrer deste trabalho.

conhecimento sobre voz e canto de forma objetiva, baseando seus fundamentos na fisiologia do aparelho vocal e acústica da voz. Nesse sentido, reforço a relevância da professora Dra. Filipa Lã em sua trajetória artística e docente, pois ela me colocou em contato com outros pedagogos e cientistas vocais, tais como Johan Sundberg, Stephen Robertson, Norma Enns, Kenneth Bozeman, além de fornecer materiais de estudo valiosos, apresentando-me uma nova visão do ensino do canto através de ferramentas pedagógicas e tecnológicas diversas.

No mestrado, resolvemos estender a pesquisa para sua dimensão prática, a partir da seguinte questão: como o uso de um *software* de análise acústica pode auxiliar no processo pedagógico do canto? Assim o objetivo desta pesquisa é justamente investigar como *softwares* de análise acústica podem atuar como ferramenta pedagógica em aulas de canto lírico em uma instituição brasileira de ensino superior.

Para auxiliar no entendimento das temáticas que perpassam a questão desta pesquisa como “o ensino do canto”, “a utilização de ferramentas tecnológicas” e “o *feedback* visual” recorreremos a nomes como Johan Sundberg (1987, 2015), Garyth Nair (1999), Filipa Lã (2013), Kenneth Bozeman (2013), Ingo Titze (2000), dentre outros autores que muito têm contribuído para as ciências vocais e para o ensino do canto.

Após uma Fase Piloto que teve como objetivo testar a metodologia mais adequada para a pesquisa, optamos por uma metodologia de caráter exploratório, em ambiente controlado, ou seja, em um laboratório, fora do contexto de uma aula normal, com a possibilidade da atuação tanto do professor de canto quanto da pesquisadora. A pesquisa foi realizada com 7 sopranos de níveis técnicos distintos e com uma professora de canto lírico de uma universidade pública brasileira. O *software* utilizado foi o *Overtone Analyser*, e esta escolha se justifica pelo fato de ser um *software* de fácil utilização e com muitos recursos que podem ajudar a promover o *feedback* visual em tempo real, como o espectrograma.

As sete cantoras executaram dois exercícios vocais elaborados pela professora de canto, contemplando aspectos críticos da performance vocal das cantoras e

especialmente trabalhados pela técnica vocal: a) o controle da região de passagem do registro médio ao grave em movimento intervalar descendente, b) o ataque e o controle da regularidade sonora de nota aguda sustentada e, c) regularidade do vibrato após salto ascendente amplo. Cada um destes trechos foi cantado e averiguado em três diferentes situações de execução: 1) sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor (o registro gráfico não era visualizado em tempo real pela aluna); 2) com o *feedback* visual, baseado em visualização em tempo real da imagem gerada pelo *software*, sem orientação do professor; 3) com o *feedback* visual baseado em visualização em tempo real da imagem gerada pelo *software* e com a orientação do professor. Todos os trechos foram gravados em áudio pelo próprio *software* e identificados. A análise das imagens geradas pelo *software* das performances das sopranos foi então realizada pela pesquisadora sob a luz do referencial teórico estudado. Além disso, foi feita uma entrevista semiestruturada com a professora de canto e com as sete sopranos participantes da pesquisa com objetivo de obter informações acerca de suas percepções em relação ao *feedback* visual por meio da análise espectral.

Este trabalho está estruturado em três capítulos. O primeiro apresenta a Revisão de Literatura realizada sobre a temática desta investigação, privilegiando principalmente três categorias de assuntos: (1) o ensino e os principais desafios dos professores de canto, (2) princípios da acústica da voz cantada e (3) o *feedback* visual em tempo real por meio de *softwares* de análise acústica e a importância dos conhecimentos sobre acústica vocal para o ensino e aprendizagem do canto. O segundo capítulo apresenta a Metodologia utilizada nesta investigação e o terceiro capítulo os Resultados e a Discussão.

Esperamos que esse trabalho possa trazer contribuições para cantores e professores de canto em geral e possa incentivar pesquisas futuras sobre o uso deste tipo de tecnologia no ensino do canto.

# CAPITULO 1

## REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura se mostrou eficaz no sentido de mapear as publicações relevantes sobre a temática desta investigação. Uma busca sistematizada em diversas bases de dados foi feita, tais como:

- 1 – WEB OF KNOWLEDGE
- 2 – SCOPOS
- 3 – ERIC
- 4 – GOOGLE SCHOLAR
- 5 – SCIELO
- 6 – PORTAL CAPES

As palavras-chave para a seleção do referencial teórico do assunto dessa pesquisa foram: "*canto e tecnologia*", "*tecnologia e aulas de canto*", "*espectrogramas e canto*" e "*feedback em tempo real em aulas de canto*". As mesmas palavras-chave foram traduzidas para o inglês para as buscas nas bases de dados internacionais. Os resultados da busca geraram vinte e três artigos, desses apenas um em língua portuguesa. Contudo, somente quinze artigos foram utilizados nesse trabalho, pois selecionamos apenas os que contemplavam a temática específica da pesquisa.

Além desses quinze artigos selecionados, outros cinco livros serviram como importantes referenciais nessa pesquisa, no que diz respeito à acústica da voz cantada. Ao longo da investigação, outras fontes da literatura precisaram ser consultadas para complementar informações importantes a esse trabalho. Dessa forma, mais quatro referências foram adicionadas, especificamente sobre o vibrato e as passagens de registros vocais.

O referencial teórico selecionado foi composto, portanto, por vinte e quatro obras principais, que contemplaram especificamente a temática desse trabalho, sendo apenas seis em língua portuguesa: (1) um artigo de Souza, Andrade e Silva (2013); (2) um livro texto “Princípios da produção vocal”, de Titze (2000); (3) a tradução do livro Ciência da Voz, de Sundberg (2015), traduzido para o português; (4) a tese não publicada de Lã (2013); (5) a tese de Salomão (2008); e (6) a dissertação da Faria (2011). Todos os outros artigos e livros-texto consultados foram publicados em língua inglesa. Pode-se perceber que as publicações sobre a temática desse trabalho ainda são escassas, principalmente em língua portuguesa.

A seguir apresentaremos a revisão de literatura, priorizando três categorias de assuntos: (1) o ensino e os principais desafios dos professores de canto; (2) princípios da acústica da voz cantada e (3) o *feedback* visual em tempo real por meio de *softwares* e análises acústicas e a importância dos conhecimentos sobre acústica vocal para o ensino e aprendizagem do canto.

### **1.1 Ensino do canto na atualidade**

A pedagogia vocal<sup>2</sup> vem sendo modificada no decorrer dos anos, devido às necessidades crescentes dos cantores atuais em aprimorar sua técnica. As exigências do repertório vocal no decorrer da história da música foram aumentando e os cantores precisaram ajustar sua técnica a fim de atender essas demandas. Nesse sentido, os cantores atualmente têm buscado capacidades vocais muito distintas das de outras épocas, sendo essas exigências muitas vezes extremas. Cada vez mais, espera-se que o cantor desenvolva uma extensão vocal mais ampla, uma grande intensidade vocal e uma boa qualidade performática, capaz de atender diferentes públicos (LÃ, 2013).

---

<sup>2</sup> A pedagogia vocal nesse trabalho será empregada para a pedagogia do canto tradicional erudito, pois as pesquisas sobre a pedagogia da voz, ainda nos dias de hoje são destinadas a essa vertente do canto, em sua grande maioria. Embora as pesquisas nas ciências vocais contemplem também investigações sobre outros estilos de canto, o número dessas pesquisas é pequeno se comparado ao número de pesquisas sobre o canto tradicional erudito. Contudo, muitos termos tratados nesse trabalho relacionados à fisiologia e acústica são genéricos e contemplam o universo das ciências vocais como um todo.

Pode-se dizer que a pedagogia vocal é um campo interdisciplinar que acopla conhecimentos das áreas da fisiologia, anatomia, da física (acústica), aspectos neuropsicológicos, dentre outros. Com todos esses novos campos de conhecimento vinculados ao ensino do canto, há também uma enorme exigência acerca das competências do professor de canto para lidar com a demanda de cantores da atualidade (CALLAGHAN, THORPE, VAN DOOM, 2003).

Collins (2001), Ostrow (2002) e Welch & Sundberg (2002) (apud LÃ, 2013, p. 5) sugerem as competências que um professor de canto deve procurar desenvolver:

Um professor deve: (i) ser um bom observador, capaz de interpretar e compreender elementos particulares envolvidos na produção vocal saudável e eficiente; (ii) ser possuidor de um ouvido analítico, capaz de separar os elementos individuais que constituem a complexidade do que é o instrumento vocal; (iii) ser capaz de conduzir o aluno na aquisição de comportamentos neuromusculares que promovam um controle eficiente e saudável do seu instrumento; (iv) utilizar ferramentas de ensino variadas e atualizadas; (v) ter uma atitude pedagógica construída baseada na discussão e troca de informação com o aluno e não fundamentada na intimidação provocada pelo mestre que tem que ser obedecido e cujos ensinamentos não devem ser questionados.

Os professores de canto desenvolvem essas habilidades através da experiência prática em sala de aula e através de estudos quando estão bem orientados por materiais diversos, como livros, áudios e vídeos, cursos de formação e workshops, concertos e performances de outros artistas.

A aquisição de competências vocais corretas se deve em grande parte ao *feedback* que é dado pelo professor. A escolha de como esse *feedback* será passado é decisivo no processo de compreensão, por parte do aluno, dos mecanismos vocais a serem adquiridos. Dessa forma, compreende-se que cada aluno possui uma inteligência de aprendizagem diferenciada (BARNES-BURROUGHS *et al.*, 2008, p. 590), e que nem todos os tipos de *feedback* alcançam todos os tipos de aluno. Assim, é importante que o professor identifique o percurso de aprendizagem ideal para cada um de seus alunos.

Callaghan, Thorpe e Van Doorn (2003) defendem que as aquisições das competências motoras no canto acontecem em três estágios: *estágio cognitivo*, *estágio associativo* e *estágio proprioceptivo*. Sobre esses estágios de aquisição de competências motoras, Greco e Benda (1999) explicam: O *estágio cognitivo* é o entendimento do processo a ser executado. É fomentado pela explicação do professor, e geralmente é acompanhado de muitos erros de execução pelo aluno. Nessa fase se concentra maior atenção nos mecanismos motores da realização da atividade. Um exemplo desse estágio pode ser a primeira tentativa do aluno em manter a língua posicionada corretamente na articulação de uma vogal, uma vez que a posição da língua pode interferir diretamente na qualidade do som. O cantor deve se ater ao controle da mesma para que o resultado seja ideal. Nessa fase, ainda haverá um grande esforço do aluno para não deixá-la recuar no momento da fonação.

O *estágio associativo* é caracterizado pelo refinamento da compreensão que o aluno tem dos mecanismos de execução já em processo de assimilação, e pela habilidade de identificar falhas em sua própria performance. Seguindo o exemplo anterior, nesse estágio o aluno se preocupará menos com a posição da língua, pois já terá aprendido a controlá-la melhor. Suas atenções poderão estar voltadas nesse momento para a qualidade do som emitido; contudo, ainda há presença de erros motores na execução.

Por fim, o *estágio proprioceptivo* refere-se ao nível que o cantor consegue deter sua atenção em pontos críticos da sua atividade e sem criar uma carga excessiva de tensão durante os movimentos específicos de uma dada performance. Sua atenção se concentra em outros pontos relevantes da execução, como nas questões interpretativas e musicais. Portanto, compreende-se que nos estágios *cognitivo* e *associativo* a presença do *feedback* do professor e do modelo representado também pelo professor são muito importantes para essa aquisição motora (GREGO & BENDA, 1999, p. 23). Este assunto será tratado no próximo item deste *Capítulo*.

## 1.2 O *feedback* em aulas de canto

O professor de canto pode oferecer ao aluno vários tipos de *feedback*, como o auditivo, visual, cenestésico (consciência corporal) e intelectual (compreensão teórica do processo). Dentre esses tipos de *feedback*, há recursos possíveis de serem usados, como: imitação, uso de elementos visuais como imagens, espelhos, câmeras de vídeo, comunicação verbal, tecnologia em tempo real, gravações de áudio etc. (NAIR, 1999, p. 14).

Embora existam várias formas possíveis de *feedback* no ensino do canto, a forma mais usada é o *feedback* auditivo através da comunicação verbal. Nesse processo, o professor é o modelo para o aluno, e ele normalmente se baseia em suas próprias convicções como cantor para dar o exemplo, além de traduzir o comportamento sonoro do seu aluno por meio da oralidade (CALLAGHAN; THORPE; VAN DOOM, 2003; DE SOUSA; DE ANDRADA; SILVA, 2010; HOPPE; SADAKATA; DESAIN, 2006; LÃ, 2013; NAIR, 1999; WELCH *et al.*, 2005). Contudo, essa forma de *feedback*, apesar de ser essencial, pode apresentar algumas limitações que serão discutidas a seguir.

A aquisição motora (memória muscular) muitas vezes depende do entendimento do antes e do depois do processo realizado. Nesse sentido, é importante que o aluno entenda o que foi feito “erroneamente” logo após ter cometido o erro para poder evitar o problema numa próxima tentativa.

O *feedback* auditivo e a comunicação verbal do professor analisando a performance podem levar o aluno a alterar esse comportamento motor afim de aprimorá-lo. No entanto, há dois motivos principais que tornam esse processo menos efetivo, segundo Nair (1999). O primeiro é o fato de que praticamente todas as estruturas fisiológicas que participam do processo de fonação são “invisíveis”, uma vez que são estruturas musculares internas e não externas e que podem ser apenas palpáveis, dificultando muitas vezes a compreensão do erro. Outro grande motivo é que a nossa percepção interna do próprio som vocal é completamente diferente do que realmente é ouvido por outra pessoa externamente.

Segundo Sundberg (1987), o som que produzimos não se propaga somente no ar e sim no nosso corpo inteiro. Nesse sentido, a forma da onda sonora determina como ouviremos nossa própria voz, ou seja, frequências baixas de som se propagam de forma mais ampla, pois possuem ondas longas que ultrapassam melhor os obstáculos do que ondas de alta frequência, mais curtas e que se propagam de forma longitudinal. Portanto, quando nos escutamos, ouvimos principalmente as baixas frequências do som da nossa voz e assim, internamente, temos a impressão que nossa voz é mais grave do que realmente soa externamente. Outra razão para esse fenômeno é que o som do trato vocal é transferido também através dos ossos da cabeça até nossos ouvidos. E esse som, em altas frequências, perde em amplitude, pois os ossos propagam o som com menor eficácia do que o ar. Esses motivos explicam porque a prática diária do cantor pode ser muito complexa, afinal, mesmo que o aluno tente imitar o som que considera ideal, esse não será o mesmo para outros ouvintes.

### 1.3 Tradição oral do ensino de canto

Há, ainda nos dias de hoje, uma hegemonia da cultura oral no ensino do canto, embora se perceba o crescimento de outras ferramentas de aprendizado como o *feedback* visual em tempo real. Nair (1999, p. 16) teoriza os motivos pelos quais ainda nos dias de hoje, o ensino do canto se baseia em modelos semelhantes aos utilizados no passado. Para esse autor, muitos professores têm receio de serem “substituídos” pela tecnologia, e por isso não optam por utilizar tecnologias no auxílio das suas atividades pedagógicas. Esse receio, no entanto, segundo Nair (1999) é na verdade uma falta de conhecimento acerca dos benefícios que essas tecnologias podem trazer, e que não seria possível a utilização dessas ferramentas sem a orientação devida do professor. Outro motivo é o conhecimento incompleto ou superficial do funcionamento do aparelho vocal em termos científicos e fisiológicos, necessários quando se utiliza esse tipo de *feedback* (NAIR, 1999; WELCH, HOWARD, HIMONIDES & BRERETON, 2005; SOUSA, ANDRADE E SILVA, 2010; HOWARD, 2007). Da mesma forma é provável que o desconhecimento das novas tecnologias, cada vez mais desenvolvidas e mutantes, e a dificuldade em manuseá-las podem também justificar o motivo pelo qual esses recursos não estejam sendo utilizados com maior frequência.

Essa tradição puramente oral do ensino do canto pode gerar uma lacuna no que diz respeito à terminologia da pedagogia vocal tornando-a subjetiva e discutível em vários aspectos. Os professores de canto tendem a se basear em suas próprias experiências como cantores para ensinar seus alunos. Essas experiências podem gerar diferenciações terminológicas entre os pedagogos de canto e entre a pedagogia vocal e a ciência vocal (LÃ, 2013, p. 39; WELCH, HOWARD, HIMONIDES & BRERETON, 2005, p. 227).

Um desafio para os professores de canto é traduzir e decodificar os aspectos fisiológicos e os gestos musicais em linguagem oral. Para que essa informação chegue ao aluno, há uma tradição muito forte da utilização de metáforas como recurso no *feedback* auditivo. No entanto, o uso de imagens metafóricas tem sido apontado por vários pesquisadores como um recurso nem sempre eficiente, pois as divergências nas terminologias adotadas por cada professor, aliadas a uma imagem metafórica vaga pode gerar ambiguidade na compreensão do aluno e tornar confuso o processo de aprendizagem (NAIR, 1999; WELCH, HOWARD, HIMONIDES & BRERETON, 2005; SOUSA, ANDRADE E SILVA, 2010; HOWARD, 2007; LÃ, 2013). Nesse modelo de ensino, a aprendizagem torna-se dividida, pois se compreende que o aluno deve entender o que o professor quis realmente dizer com sua metáfora e a seguir, espera-se que o aluno aplique essa informação aos mecanismos de sua produção vocal.

O fato da produção dessa metáfora partir de uma experiência própria do professor ou de uma tradição embasada na oralidade faz com que os exercícios e termos sejam feitos sem que se questionem os seus objetivos reais, pois o aluno pode não compreender exatamente a ligação da metáfora usada com os resultados vocais ideais que deve alcançar (SOUSA, ANDRADE E SILVA, 2010, p. 318), caracterizando um processo unilateral da informação (BARNES-BURROUGHS, 2008, p. 590). Assim, o ensino se torna subjetivo, embasado no comportamento do professor e suas próprias convicções sobre o processo de aprendizado e ensino (WELCH, HOWARD, HIMONIDES & BRERETON, 2005, p. 242). Sousa, Andrade e Silva (2010, p. 318) refletem sobre esse assunto no seguinte trecho:

As bases primordiais para que se dê esse processo de transmissão oral e empírica do conhecimento são os exemplos auditivos dados pelo professor de canto e uma terminologia eminentemente metafórica, fruto da tradição vocal em que este professor se formou ou de suas próprias sensações corporais e musicais. Trata-se de uma forma de ensino-aprendizagem de caráter artesanal, em que o ouvido, a intuição e a sensibilidade dos professores continuam sendo os principais critérios para avaliar o que é ou não bom na voz do aluno (SOUSA, ANDRADE e SILVA, 2010, p. 318).

E ainda acrescentam:

Há quem considere que o uso de metáforas no ensino do canto pode induzir o mau funcionamento do aparelho fonador, porque as imagens funcionariam apenas como indicadores vagos de conceitos específicos, e que a pedagogia vocal poderia ter um grande avanço se elas fossem substituídas ou aumentadas por uma linguagem mais exata (SOUSA, ANDRADE e SILVA, 2010, p. 318).

Muitas vezes, o recorrente uso de metáforas para explicar um fenômeno vocal está associado à falta de conhecimentos de fisiologia e de acústica vocal por parte dos professores de canto. Um estudo feito com 20 professores de canto mostra que muitos começam a ensinar canto sem ter qualquer tipo de formação. Nesse estudo, 55% dos professores possuíam formação em música (SOUZA, ANDRADE E SILVA, 2010, p. 319), não necessariamente em canto. Nair (1999) afirma que muitos professores de canto começam a lecionar sem qualquer preparação pedagógica e apenas o fato de terem uma vida profissional como cantores ou mesmo “cantarem bem” serve de motivação para o início de sua carreira como professor, sendo esse também um dos fatores que pode gerar divergências entre os pedagogos da voz. Assim, as experiências passadas oralmente pelos professores nem sempre são aquelas encontradas e suportadas pela literatura das ciências vocais (HOWARD *et al.*, 2007, p. 21).

Nesse mesmo estudo acima, foi pedido aos professores que explicassem como trabalhar numa aula de canto a função da “ressonância” e que demonstrassem os exercícios praticados para este fim. São notórias as divergências explicativas e terminológicas apontadas pelos professores, como mostra a Tabela 1, a seguir. Esta

Tabela, retirada do artigo de Souza, Andrade e Silva (2010), demonstra como os professores de canto em diferentes abordagens entendem e apresentam o conceito de “ressonância”. É interessante observar que muitas das explicações dadas pelo professor não passam por fundamentos acústicos e anatômicos da produção da voz.

Sujeito	Abordagem	Estratégias	Conceitos
S1	Erudito	Correção do apoio e precisão na articulação das vogais. Imagens.	A voz deve ser projetada nos ressonadores por meio da respiração e do apoio.
S2	Erudito	Exemplo, imagens, movimentos.	As estratégias devem variar conforme o aluno.
S3	Erudito	Correção do apoio; imagens.	Ressonância acontece por padrões articulatórios, e muda conforme o estilo.
S4	Erudito	Cada aluno pede estratégias e repertórios diferentes; imagens.	A base da ressonância é a respiração baixa e o apoio.
S5	Erudito	Imagens e instruções musculares objetivas.	Projeção vocal a partir da boa qualidade de vibração da prega vocal, e não com excesso de apoio.
S6	Popular	Exercícios com vogais e fonemas mistos sem forçar; imagens.	A ressonância deve ser sentida fora do corpo, e o aluno deve usar a imaginação para isso.
S7	Popular	Exercícios vocais (vocalises) e imagens.	A ressonância não deve ser padronizada.
S8	Popular	Instruções musculares objetivas e explicações sobre fisiologia.	Não se deve impor um padrão de ressonância, os alunos devem descobrir sua própria voz.
S9	Popular	Exercícios feitos com atenção apurada do aluno ao que está fazendo; imagens.	A ressonância não deve ser padronizada.
S10	Popular	Buscar igualdade de timbres em toda a extensão por meio de vocalises e imagens.	Timbre deve variar com a interpretação de cada música.
S11	CCCA	Vocalises com ênfase na propriocepção; imagens.	A ressonância é o parâmetro vocal que define a qualidade de uma voz e o estilo interpretado.
S12	CCCA	Exercícios vocais de efeito previsível com instruções musculares objetivas.	Não há boa ressonância sem boa emissão. A importância da ressonância é superestimada.
S13	CCCA	Exercícios vocais com instruções musculares objetivas e imagens.	A ressonância muda conforme o estilo interpretado. O belting demanda ressonância orofaríngea e maior articulação do texto.
S14	CCCA	Vocalises para desenvolver o belting; imagens.	Os alunos devem encontrar uma qualidade metálica no som, de laringe alta e maior fluxo de ar, típica do belting.
S15	CCCA	Explicações sobre fisiologia; vocalises com instruções musculares objetivas; imagens.	A ressonância é um dos parâmetros vocais a serem controlados pelo aluno.
S16	Holístico	Vocalises com fonemas específicos, buscando diferentes focos de ressonância (imagens).	O som deve ser amplificado sem esforço desnecessário.
S17	Holístico	Descobrir focos de ressonância (imagens); intensificar a escuta interna e externa.	A ressonância é um fenômeno ligado à espiritualidade.
S18	Holístico	Utilizar o corpo todo como instrumento, removendo aos poucos as tensões.	A ressonância não é só técnica, mas um fenômeno ligado à espiritualidade.
S19	Holístico	Imagens com ênfase nas sensações experimentadas pelo aluno.	A busca pela ressonância é uma busca pelo auto-conhecimento.
S20	Holístico	Imagens; refinamento da percepção auditiva; vocalises.	Uma boa ressonância vem da fonação sem esforço.

Legenda: CCCA – Canto Comercial Contemporâneo Americano

Tabela 1 – Terminologias utilizadas por professores de canto para o termo Ressonância (SOUZA, ANDRADE e SILVA, 2010, p. 321)

Diante das questões apresentadas neste Capítulo, apoiadas pelos autores citados, entende-se que existem questões no processo de ensino do canto que podem ser melhor embasadas através dos conhecimentos científicos. Há uma lacuna, em termos terminológicos e de transmissão das informações de forma mais objetiva na pedagógica

vocal que deve ser minimizada. Já existem diversas ferramentas e conhecimentos científicos que esclarecem com maior precisão o funcionamento do aparelho fonador, e que podem tornar o ensino do canto mais objetivo e aprimorar as estratégias de aprendizado do aluno de canto. Os professores de canto detêm uma responsabilidade muito grande quando assumem seu papel, portanto, é necessário que se utilizem e que se busquem recursos para que o ensino seja bem compreendido e para que os resultados sejam otimizados, sempre tendo a saúde vocal do aluno como foco principal.

O conhecimento fisiológico, acústico e também o uso de novos recursos e tecnologias pode trazer contribuições no sentido de preencher algumas lacunas. O *feedback* visual por meio de *softwares* para análises acústicas da voz pode promover a visualização de aspectos como a qualidade do som, o estabelecimento de imagens mentais mais bem embasadas para aquisição da memória muscular, além de ser importante para identificar comportamentos vocais inadequados e corrigi-los (CALLAGHAN, THORPE, VAN DOOM, 2003). Este assunto será tratado com maiores detalhes nos próximos itens.

#### **1.4 O *feedback* visual em tempo real por meio dos *softwares* de análise acústica**

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos têm sido empregados cada vez com maior frequência, nas mais diversas áreas. Um importante recurso utilizado pela Fonoaudiologia – a espectrometria – tem sido utilizado com o objetivo de se obter uma análise acústica da voz humana por meio de gráficos gerados por programas de computador. Entretanto a utilização de recursos visuais de análise acústica transcendeu os limites da fonoaudiologia e, desde meados do século XX, através das pesquisas do pedagogo vocal Willian Vennard (1967), ela também tem sido utilizada por profissionais do canto com a finalidade de tornar mais objetiva a avaliação de situações vocais que acontecem no momento em que o cantor está cantando (MILLER, 2014). A utilidade deste recurso neste contexto, como já mencionado nos itens anteriores, está no fato de que o ato de cantar envolve estruturas que não podem ser

vistas, nem pelo professor e nem pelo aluno, portanto, uma “janela” para esses processos pode otimizar muito a aprendizagem (NAIR, 1999, p. 16).

No entanto, só será possível ao professor fazer o uso correto desse tipo de tecnologia se dominar também aspectos de acústica da produção do som vocal e da fisiologia do aparelho fonador (NAIR, 1999). Nesse sentido, para melhor entendimento das terminologias que serão utilizadas nos próximos itens, julgamos necessário apresentar uma explicação acerca dos termos inerentes à acústica da produção da voz e como os parâmetros fisiológicos interferem nesse processo fonação.

### 1.5 Princípios da acústica do som vocal

O processo de produção do som vocal inclui várias estruturas que interagem entre si a fim de produzir o som que escutamos. Nesse sentido, há a interação dos músculos respiratórios que serão responsáveis por criar um fluxo de ar que passará pelas pregas vocais, dos músculos laríngeos que darão a característica da fonação (pressão subglótica), e as frequências de vibração das pregas vocais a partir da passagem do ar na glote. Além disso, há também a interação dos articuladores, que modificarão as características do trato vocal, alterando sua forma, tamanho e comprimento, para que haja a alteração tímbrica da voz e, por fim, a produção dos diferentes tipos de som (TITZE, 2000).

A modificação do trato vocal é o responsável por conseguirmos produzir o som das diferentes vogais. Nesse sentido, a teoria Fonte-Filtro das vogais, proposta por Fant (1960), exemplifica como essas características acústicas da voz ocorrem e como se modificam. Essa teoria propõe que o fluxo de ar na glote é a fonte, e o filtro é o próprio trato vocal que ressoa em certas frequências produzidas pela fonte. Sendo assim, o trato vocal seleciona (ou filtra) as diferentes frequências irradiadas pela boca (TITZE, 2000, p. 179). Para que esses sons sejam irradiados pela boca, o trato vocal atua como sistema ressonador, filtrando as frequências do som primário<sup>3</sup> para as suas

frequências próprias de ressonância<sup>4</sup>, que são os formantes<sup>5</sup> do trato vocal (LÃ, 2013, p. 24). As modificações no trato vocal através dos articuladores serão de extrema importância para a qualidade vocal do cantor, pois segundo Lindblom e Sundberg (2007, apud LÃ, 2013, p. 43), a voz é o único instrumento em que a articulação afeta a ressonância.

Como já mencionado acima, a transferência de frequências específicas no trato vocal depende da articulação, por que é esta que determina as frequências dos formantes das vogais, portanto uma alteração na articulação pode alterar a curva das frequências dos formantes (SUNDBERG, 1987, p. 95). Nesse sentido, é importante esclarecer alguns conceitos que são importantes na compreensão da produção vocal e que serão fundamentais para a análise dos dados desta pesquisa. Tais conceitos serão apresentados a seguir.

### **1.5.1 Frequência de fonação e harmônicos**

A frequência de fonação ou *pitch* equivale à frequência da nota a ser cantada. Essa frequência é controlada, essencialmente, por dois fatores: a pressão subglótica e a ação principalmente dos músculos intrínsecos da laringe, no controle da tensão, massa, e comprimentos das pregas vocais (Figura 1). Nesse sentido, os músculos cricotireóideos (CT) quando se contraem aumentam o comprimento da prega vocal, tornando o espaço entre as cartilagens tireóidea e cricóidea menores, aumentando assim a frequência de fonação (afinação). O alongamento das pregas vocais pode ocorrer também pela movimentação das cartilagens aritenóideas, quando essas se deslocam para trás. O movimento muscular que provoca a diminuição da frequência

---

<sup>3</sup>O som primário nesse contexto se refere à fonação, som gerado pela vibração das pregas vocais (SUNDBERG, 1987, p. 12).

<sup>4</sup>O trato vocal possui uma forma que gera suas características acústicas. A forma do trato vocal dependerá do controle dos articuladores, que são todas as estruturas que podem ser movimentadas no trato vocal, como a língua, o maxilar, o palato mole, a laringe etc. Nesse sentido, o próprio trato vocal assume o papel de sistema ressonador, assumindo diferentes configurações, o que favorece a passagem do som, dependendo das suas frequências. O trato vocal possui regiões com frequências individuais específicas, denominadas formantes. (SUNDBERG, 1987, p. 12).

<sup>5</sup>Formantes são as frequências específicas que o trato vocal filtra para a produção das vogais e que mudam conforme a configuração do trato vocal. No espectrograma, são visualizadas com mais nitidez do que outros parciais do som (SUNDBERG, 1987, p. 93).

de fonação é responsável pelo músculo tireoaritenóide externo (TA), que está posicionado paralelamente ao músculo vocal, que pode ser chamado de tireoaritenóide interno. A mudança na pressão subglótica também pode causar alterações na frequência de fonação, pois quanto maior a frequência de fonação, maior será a pressão subglótica. Porém é possível manter a mesma frequência de fonação e alterar a pressão subglótica, modificando dessa forma a intensidade da nota que está sendo cantada (SUNDBERG, 2015, p. 81).

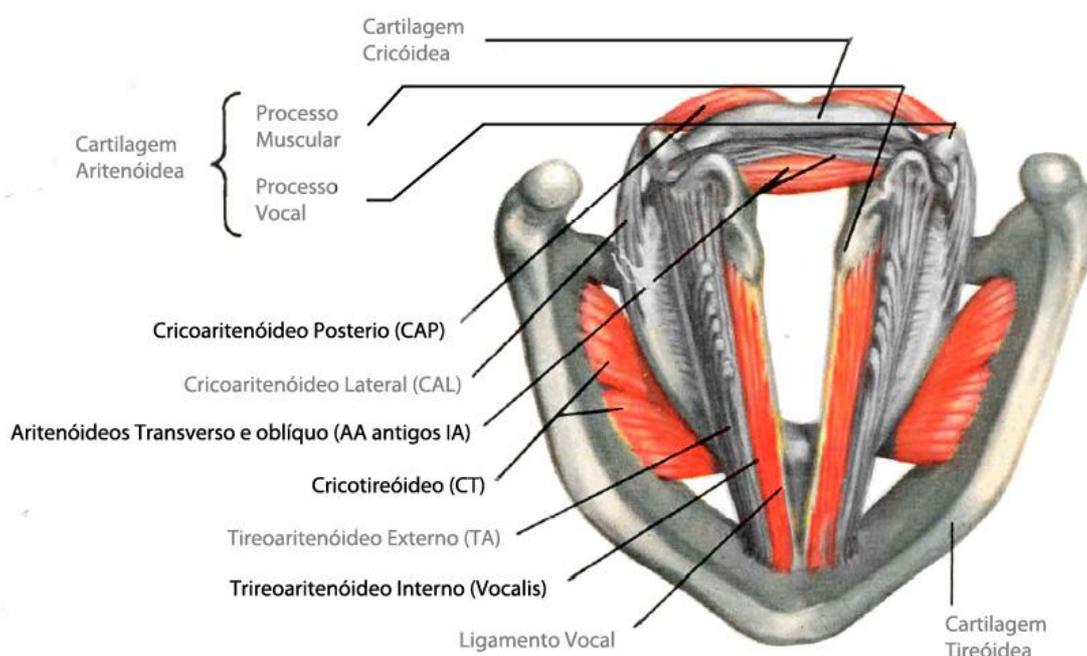


Figura 1 - Músculos Intrínsecos da laringe e cartilagens<sup>6</sup>

Como ressonador, o trato vocal possui suas próprias frequências de ressonância específicas, os formantes, que são abreviados pela letra F, e são aproximadamente cinco nos homens e três nas mulheres (devido à diferença de tamanho do trato vocal de ambos). Uma frequência específica produzida na fonte glótica encontrará afinidades nas frequências dos formantes do trato vocal, ou seja, um som de frequência igual ou próxima à frequência dos formantes será transmitido pelo trato vocal com maior eficiência do que o som de outra frequência, e apresentará uma

<sup>6</sup> <http://www.estudiodevoz.com.br/2015/11/musculos-da-laringe-e-voz-parte-1.html> - acesso em Maio de 2017

amplitude sonora superior. No entanto, o som irradiado não possui apenas uma frequência formadora, mas sim, uma série de parciais sonoros, cada um com frequências próprias, gerando um espectro sonoro complexo que obedece a leis físicas, chamados harmônicos. Esses harmônicos se relacionam entre si de forma exata e com frequências que serão múltiplos inteiros da frequência fundamental (F0) (primeiro harmônico), que é a frequência correlata à altura tonal que escutamos (SUNDBERG, 2015, p. 43). Lã (2013, p. 24) exemplifica como esse fenômeno ocorre:

A teoria fonte filtro de produção vocal de Fant (1960) vem assim exemplificar como a F0 e seus parciais harmônicos, resultantes da vibração das pregas vocais, com a passagem do ar, constitui o som primário vocal. Essa fonte sonora é caracterizada por um conjunto de parciais harmônicos que são múltiplos inteiros de F0 ou primeiro harmônico (H1), cuja intensidade vai progressivamente diminuindo a medida que se afasta da F0. Esta vibração das pregas vocais resulta assim um primeiro parcial harmônico (H1), que é a fundamental, um segundo harmônico, H2, que é uma  $2 \times H1$  (ou uma oitava acima da F0),  $H3 = 3 \times H1$  (uma  $12^{\text{a}}$  acima da F0),  $H4 = 4 \times H1$  (duas oitavas acima da F0), H5, uma  $3^{\text{a}}$  maior acima da última oitava,  $H6 = 6 \times H1$  (3 oitavas acima da F0). Estas séries de parciais harmônicos, ao passarem pelas diferentes subáreas do trato vocal vão sofrer alterações: alguns são atenuados enquanto outros são aumentados, dando origem a um som irradiado, com um timbre próprio resultante do comprimento, forma e espessura do trato vocal.

Essa relação pode ser melhor exemplificada pela Figura 2 abaixo, que representa graficamente a série harmônica e os parciais harmônicos do som complexo, que são múltiplos inteiros da frequência fundamental.

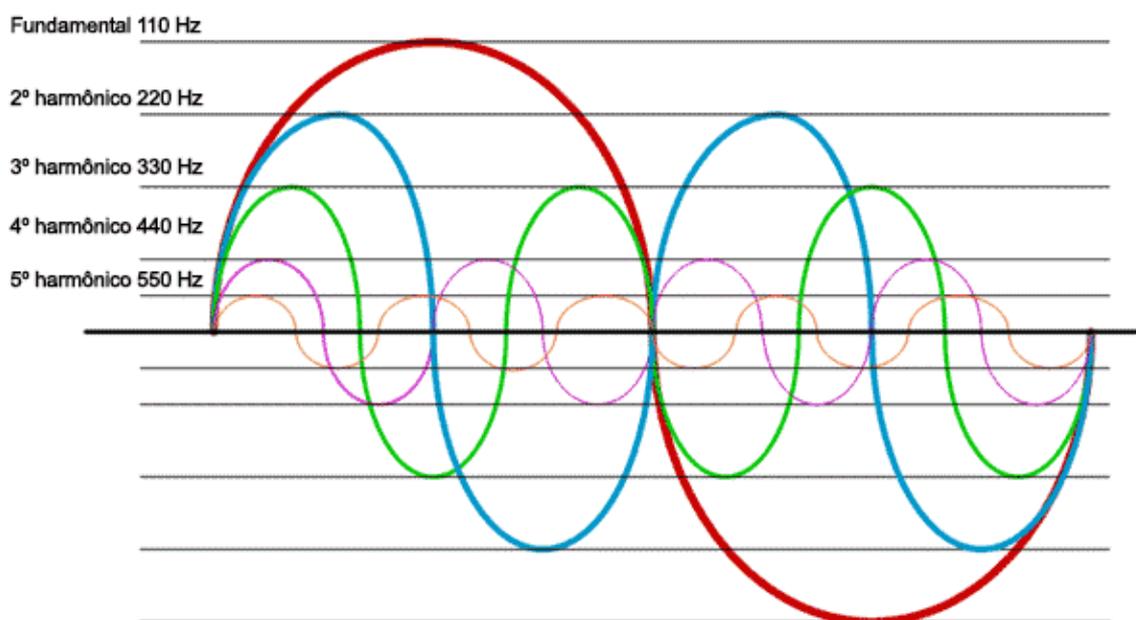


Figura 2 - Série Harmônica<sup>7</sup>

### 1.5.2 A articulação e acústica vocal

Como já foi descrito, os articuladores do trato vocal assumem um papel de suma importância na qualidade do som vocal. A língua, o palato, lábios, faringe e laringe moldam a fonte glótica, ou seja, transformam o som que atravessa o trato vocal, através da interação com os formantes. A área do trato vocal que é modificada ou definida através dos articuladores faz com que a fonte sonora interaja com os formantes, enfraquecendo ou enfatizando os harmônicos que darão característica ao som irradiado pela boca (SUNDBERG, 2015, p. 135).

Os articuladores atuam na modificação da frequência dos formantes, mas não interagem de forma individualizada em grande parte. A língua se movimenta de forma relativamente parecida na configuração das diferentes vogais, idealmente mantém-se em repouso atrás dos dentes incisivos inferiores. Para acontecer a abertura labial, é necessário que uma abertura mandibular também ocorra, mas a forma dessa abertura labial pode ser neutra, arredondada, estirada, protuída (como um bico), e cada uma das formas gera um tipo de som diferente. A posição da laringe também pode ser

<sup>7</sup> [http://www.ib.usp.br/labnec/Fisiologia\\_da\\_musica.htm](http://www.ib.usp.br/labnec/Fisiologia_da_musica.htm)

alterada verticalmente, podendo ser mais baixa ou mais alta e igualmente gerar resultados sonoros distintos (SUNDBERG, 2015, p. 138).

A frequência dos formantes é alterada à medida que o trato vocal se modifica através dos articuladores, sendo assim, tratos vocais mais curtos possuem frequência dos formantes mais altas e vice-versa. A modificação do trato vocal, no entanto, gera resultados acústicos diferentes em vozes masculinas e femininas, sendo importante que o professor de canto leve em consideração essas diferenças de gênero e classificação vocal para instruir seus alunos. Sundberg (2015, p. 181) esclarece que baixos e barítonos tendem a manter mais constantes as frequências dos formantes, uma vez que as frequências de fonação (*pitch*) que cantam normalmente estão abaixo da frequência do primeiro formante das vogais. Tenores e vozes femininas precisam ajustar seus formantes às frequências de fonação que estão sendo cantadas. Nos tenores (ou mesmo alguns barítonos cantando em sua extensão mais aguda), as notas agudas e, nas vozes femininas em quase toda a extensão vocal, a frequência de fonação está acima da frequência do primeiro formante das vogais.

Ajustes articulatórios específicos são necessários para se criar uma otimização em nível sonoro. Nesse sentido, a situação acústica que mais favorece o cantor, em termos de ganho sonoro, é obtida quando este consegue ajustar seu primeiro formante para que pelo menos um dos parciais harmônicos produzidos na fonte esteja abaixo ou próximo à frequência do F1 (BOZEMAN, 2013, p. 20; SUNDBERG, 2015, p. 175). Os homens utilizam a estratégia articulatória do abaixamento da laringe e alargamento da faringe para se reforçar essa situação acústica, além de facilitar o *cluster* dos F3, F4 e F5 (terceiro, quarto e quinto formantes) para o “formante do cantor”, termo que será definido no próximo parágrafo. Nas cantoras, no entanto, a posição da laringe precisa ser alterada com muito mais constância, normalmente buscando ajustar seu F1 à frequência de fonação, diminuindo o tamanho do trato vocal através do levantamento da laringe, abertura da boca e faringe estreitada. Essas são as condições acústicas e articulatórias necessárias se elevar o primeiro formante e atingir notas muito agudas (SUNDBERG, 2015, p. 183).

O “formante do cantor” é um recurso de ganho acústico (cerca de 6dB<sup>8</sup>) que, no entanto, não requer do cantor maior esforço muscular (SUNDBERG, 1987). É caracterizado por um aumento na amplitude e qualidade do som devido a um *cluster* nos três últimos formantes F3, F4 e F5, na região entre 2500 a 3000Hz (LÃ, 2013). O “formante do cantor” foi observado primeiramente em vozes masculinas bem treinadas, tenores, barítonos e baixos, mas pode esporadicamente estar presente em *mezzos* e contraltos, não sendo distinguível de outros harmônicos em notas muito agudas das sopranos. A presença do “formante do cantor” é um forte indicativo de uma voz bem treinada (MENDES *et al.*, 2003), e é devido a esse recurso acústico que o cantor consegue ser escutado quando canta acompanhado por uma orquestra (SUNDBERG, 1987, p. 122).

Na diferenciação das vogais no trato vocal, os articuladores assumem o principal papel. Entretanto, o comprimento do trato vocal de cada indivíduo é também importante, como foi descrito. Quanto menor o trato vocal, maior serão as frequências dos formantes e vice-versa, por isso há diferença entre o número de formantes entre homens e mulheres, o que torna as características do som vocal de cada indivíduo tão particular. O movimento dos articuladores tende a modificar as frequências de todos os formantes, conforme sintetizado na Figura 3 abaixo, a partir de Sundberg (2015, p. 143)

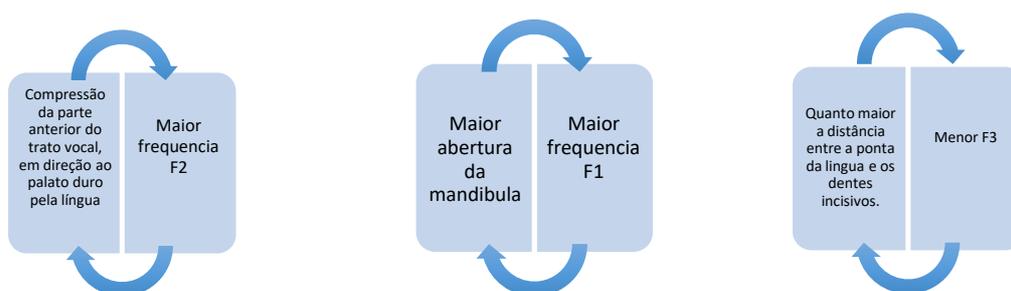


Figura 3 - Relação entre os articuladores e a frequência dos formantes (SUNDBERG, 2015, p. 143)

O triângulo abaixo, na Figura 4, mostra a relação entre os formantes F1 e F2 com as vogais mais extremas com relação aos valores das frequências dos formantes dessas

---

<sup>8</sup> Decibéis.

vogais, sendo elas as vogais /a/, /i/ e /u/, onde a maior frequência de F1 é na vogal /a/ e a maior frequência de F2 é na vogal /i/. Não existe apenas uma associação dos formantes para a formação de uma vogal específica, e sim, uma associação de configurações similares entre os formantes para formar uma mesma vogal. Ou seja, a formação de cada vogal não corresponde a um ponto específico no trato vocal, mas áreas com muitas possibilidades para a mesma vogal, com características tímbricas diferentes, mais abertas e brilhantes ou fechadas e escuras, ou qualquer outra característica que possa conferir “cor” ao som. Na Figura 5, Sundberg (1987) mapeia essas regiões de formação das vogais, de acordo com as frequências dos seus formantes.

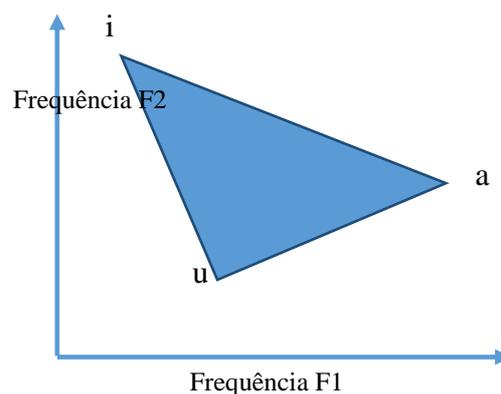


Figura 4 - Relação do F1 e F2 das vogais /a/, /i/ e /u/.

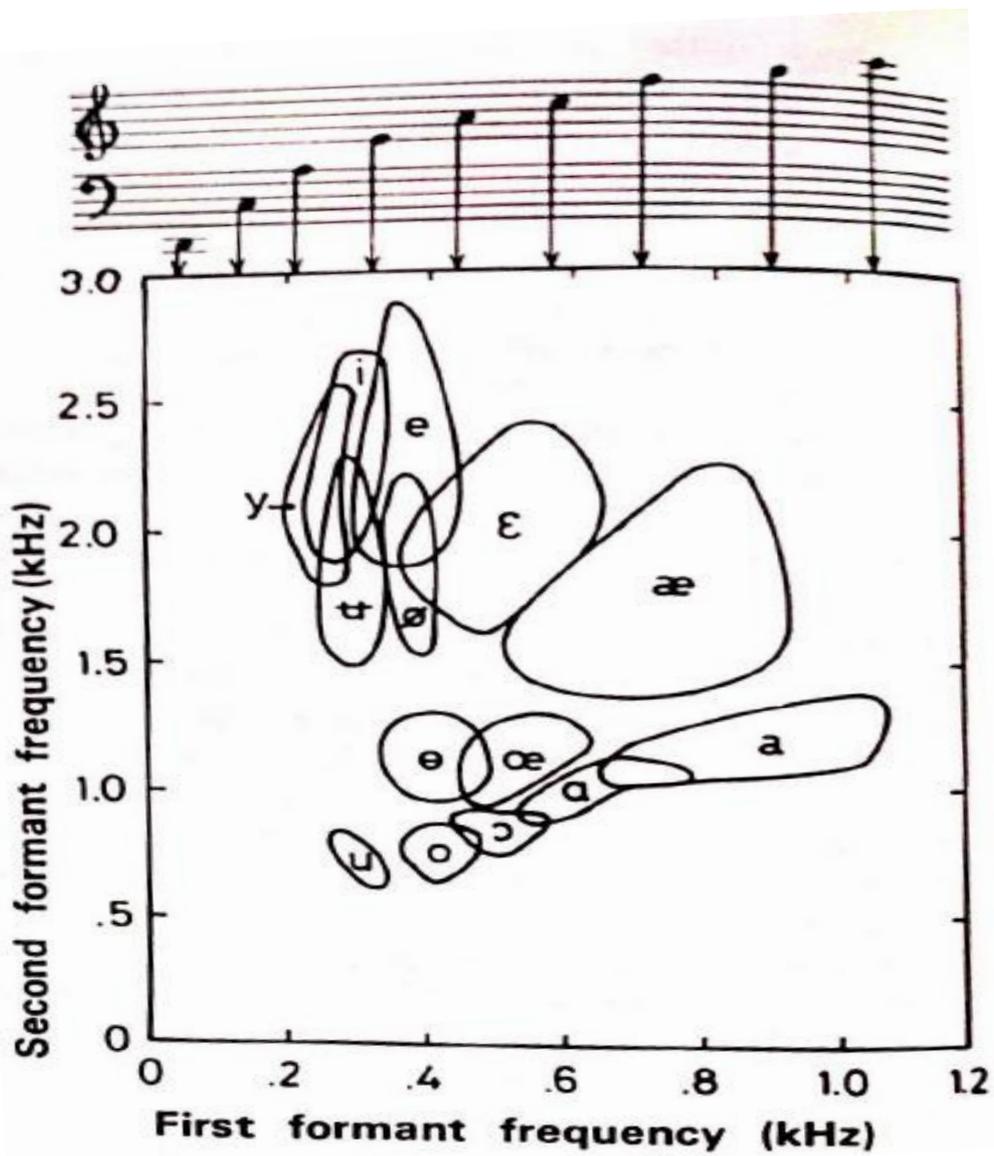


Figura 5 - Frequências do primeiro e segundo formante (F1 e F2) para determinadas vogais. No topo do gráfico, a frequência do primeiro formante é também mostrada em termos de notação musical (SUNDBERG; ROSSING, 1987, p. 24).

O importante é que os cantores e professores de canto estejam atentos na busca de uma emissão sonora livre, sem traços de tensão em toda extensão vocal, mesmo em notas agudas e com maior intensidade. Além disso, diferenciar a abordagem pedagógica em cantores e cantoras é um importante aspecto a ser considerado pelo professor de canto, para maior eficiência vocal dos seus alunos.

### 1.5.3 Pressão subglótica

A pressão subglótica está relacionada com a intensidade do ar que atravessa a glote. Seus valores dependem da força expiratória empregada e também da resistência glótica. Quanto maior a quantidade de ar passando pela glote, maior será a pressão subglótica, assim como será maior a pressão quando a prega vocal estiver mais estirada e fina, configuração muscular típica das regiões mais agudas. Dessa forma, as notas mais agudas apresentam pressões subglóticas maiores que as notas graves, bem como uma nota cantada no *fortíssimo* possui pressão subglótica maior que em *piano* (SUNDBERG, 2015, p. 63).

O aparelho fonador humano é capaz de produzir valores de pressão subglótica até 200 cmH<sub>2</sub>O<sup>9</sup>, e acontece quando empregamos grande esforço expiratório, como quando pegamos peso e nossos músculos se contraem fortemente, ou quando tocamos instrumentos de palheta ou de bocal, que podem chegar a 120 cmH<sub>2</sub>O e 195 cmH<sub>2</sub>O, respectivamente (SUNDBERG, 2015, p. 64 apud Navratil e Rejsek, 1968)

Já na fala e no canto, esses valores são consideravelmente mais baixos, tendo a fala uma média de 6cmH<sub>2</sub>O a 20 cmH<sub>2</sub>O, se falarmos com muita intensidade. No canto, as pressões ficam entre 20 e 30 cmH<sub>2</sub>O, mas estudos já mediram valores máximos de 70 cmH<sub>2</sub>O. No canto as variações de pressão subglótica acontecem de forma muito dinâmica, e mudam conforme as notas da melodia se alteram. Nesse sentido o controle da pressão subglótica é determinante para o canto fluido, afinado e expressivo. A técnica vocal trabalha para que no momento do canto, o cantor tenha

---

<sup>9</sup> CmH<sub>2</sub>O é uma unidade de medida para pressão, utilizada geralmente em sistemas biológicos.

precisão e rapidez na mudança das pressões de cada nota. Os valores de pressão subglótica também podem variar de cantor para cantor, e dentre as categorias e variedades de técnica vocal (SUNDBERG, 2015, p. 65).

A mudança da pressão subglótica altera a intensidade de fonação e pode também alterar a frequência de fonação, onde o aumento da pressão tende a elevar a frequência de fonação (afinação). A pressão subglótica também determina o fluxo de ar (ar consumido) juntamente com a resistência glótica no momento da fonação. Sendo assim, quanto maior a pressão e maior a resistência glótica pelos músculos da laringe, menor é o fluxo de ar.

As técnicas de respiração são altamente importantes para que o controle da pressão subglótica seja preciso, de outra forma, o cantor compensará fazendo grandes esforços nos músculos laríngeos ou desafinará (SUNDBERG, 2015, p. 66).

#### **1.5.4 Interação entre formantes e os harmônicos**

A compreensão de como os harmônicos interagem com os formantes é de grande importância para entender as características acústicas do som vocal e como as mudanças nessas interações implicam no resultado sonoro, principalmente para a interpretação de gráficos espectrais. Para explicar como ocorre a interação dos formantes da voz e os harmônicos, o livro do cientista vocal *Kenneth Bozeman*, intitulado *Practical Vocal acoustics – Pedagogic applications for teachers and singers (2013)*, descreve as características do som vocal em diferentes tipos de interação formante/harmônico, e será utilizado nesse trabalho como uma das principais referências sobre esse assunto.

A ressonância vocal ocorre por meio da interação entre a onda sonora produzida na fonte glótica e o trato vocal. Uma vez que não conseguimos mudar os harmônicos de uma nota (já que eles são determinados pela série harmônica - ver p. 29), modificamos o nosso trato vocal para que determinados harmônicos se associem com os formantes e dessa forma possam “dar cor” e características específicas para essa frequência que

está sendo cantata (BOZEMAN, 2013, p. 20). Os diversos tipos de técnicas vocais trabalham com ajustes específicos do trato vocal, e a característica sonora dos diversos estilos de canto depende da interação dos harmônicos do som com os formantes, principalmente com o F1 e F2. Essa interação também pode ser chamada de “*formant tuning*”.

Para que esse “*formant tuning*” ocorra, pelo menos um harmônico do som precisa estar próximo da frequência dos formantes. Os harmônicos que são irradiados com mais potência são aqueles que se apresentam em valor preferencialmente abaixo da frequência do formante. Em baixas frequências fundamentais, a interação dos harmônicos com os formantes ocorre de forma mais facilitada, uma vez que há uma gama de harmônicos próximos em frequência dos formantes para se associarem a eles. Já nas frequências de fonação altas, essa interação precisa de maior atenção, pois os harmônicos dessas notas são mais espaçados e podem se encontrar fora do campo de frequência dos formantes.

A característica sonora da interação dos harmônicos com o F1 está associada a um som cheio e profundo, aberto ou fechado. Quando um ou mais harmônicos estão próximos ou abaixo do F1, o timbre pode ser descrito como aberto/frontal. Dessa forma, quanto mais harmônicos abaixo do F1, mais aberto é o timbre. Uma interação acústica poderosa para maior projeção vocal é a interação do F1/H2, que gera um timbre claro e forte. Essa interação do primeiro formante com o segundo harmônico é bastante comum na técnica do canto lírico, principalmente nos cantores (BOZEMAN, 2013, p. 21).

Se ocorre um aumento na frequência do F1 (através do encurtamento do trato vocal) e a interação do F1/H2 se mantem, o timbre se aproxima do “grito”. Essa estratégia de ressonância é usada em técnicas vocais como o teatro musical, música popular e *folk*, e é evitada no canto erudito. Esse tipo de ajuste trabalha com vogais mais abertas como /a/ ou /e/, que são vogais de frequência F1 mais altas, e possui predominância do musculo tireoaritenóideo (TA) (BOZEMAN, 2013, p. 22).

Outra interação importante é a F1/H1, caracterizando um timbre cheio e profundo, menos metálico que um timbre aberto. É mais associado com o uso do músculo cricoaritenóideo (CT). As vogais fechadas, como /u/ facilitam essa interação F1/H1. Nas cantoras líricas, essa interação é especialmente importante, pois como cantam frequências muitas vezes maiores que o F1, a convergência do trato vocal (mais aberto na região do palato mole e mais fechado nos lábios) facilita essa interação (BOZEMAN, 2013, p. 24).

Nas regiões de mudança de registro vocal<sup>10</sup>, as vogais abertas possuem a frequência do F1 mais altas e, por isso, a passagem nessas vogais costuma acontecer em notas mais altas. Da mesma forma, quando cantamos vogais mais fechadas, por possuírem F1 mais baixo, sua nota de passagem ocorrerá em frequências mais baixas. Na Tabela 2 – p. 39, Bozeman (2013) demonstra as regiões aproximadas de frequência das vogais para cada classificação vocal.

Durante a passagem vocal, as interações entre os harmônicos H1 e H2 com o F1 variam, caracterizando registros vocais diferentes. Como já descrito, a interação F1/H2 é uma situação acústica que está associada com a “voz de peito”, de qualidade tímbrica aberta, clara e forte, de predominância do músculo tireoaritenóideo (TA); e a interação F1/H1 está associada com a “voz de cabeça”, de predominância do músculo cricotireóideo (CT). Para que a mudança de registro ocorra, o H2 precisa “perder” energia, para que uma nova associação com o H1 aconteça. Uma vez que a diferença entre H2 e H1 é de uma oitava, a perda de energia do H2 para uma associação com H1 precisa ser gradativa para que não aconteça uma quebra na passagem de registro.

Kenneth Bozeman (2013, p. 27) enumera algumas estratégias para minimizar a quebra nas passagens de registro. Uma delas, a mais usada nas vozes agudas como das sopranos e contratenores, se fundamenta numa maior convergência do trato vocal, ou

---

<sup>10</sup> Os registros vocais estão relacionados a diferentes percepções de qualidade vocal (timbre), que se modificam em decorrência de ajustes musculares laríngeos e articulatórios. As mudanças de registros são percebidas auditivamente por uma mudança de tipos de voz, com maior ou menor riqueza de harmônicos, ou seja, mais ou menos robustas em termos de timbre, caracterizando tipos diferentes de registro vocal, sendo eles, do mais “robusto” à menor quantidade de energia espectral, respectivamente: voz de peito, voz mista, voz de cabeça e ainda o registro de apito (*whistle*) (SALOMÃO, 2008, p. 58).

seja, busca-se articular a vogal que está sendo cantada de uma forma mais fechada. Assim obtém-se o abaixamento da frequência do F1, acelerando a interação formante/harmônico para o registro que está se fazendo a passagem, nesse caso, do registro médio-agudo ou voz “mista” para o registro agudo, ou voz de “cabeça”, “reduzindo” a distância entre do H2 e o H1, antecipando a interação F1/H1.

Os eventos acústicos da voz cantada em sua grande maioria estão relacionados com a localização do F1 de cada vogal, porém o F2 também está envolvido. O segundo formante desempenha um papel importante principalmente na clareza e definição das vogais, nas dimensões anteriores e posteriores das vogais e nas estratégias acústicas das regiões agudas nos homens e médias nas mulheres. O segundo formante, para as dimensões posterior ou anterior, pode se aproximar tanto do primeiro formante quanto do terceiro, respectivamente. Quanto mais próximo ao F1, maior a sensação posterior do som (vogal /u/), quanto mais próximo ao F3, mais anterior é a sensação do som (vogal /i/) (BOZEMAN, 2013, p. 19).

As cantoras líricas, principalmente as sopranos, possuem tratos vocais cerca de 20% menores que nos homens. Com isso, a irradiação dos harmônicos provenientes do som gerado na fonte glótica é bem menor. Assim, em geral, as cantoras possuem cerca de três formantes (F1, F2 e F3), dos quais F1 e F2 estão responsáveis pela formação das vogais e F3 por um possível formante do cantor. Contudo, como a faixa de extensão das vozes agudas atinge regiões muito altas em frequência, a frequência fundamental (H1) assume a importância maior na projeção vocal e ressonância, normalmente interagindo com o F1, ou em notas de frequência muito alta, pode ser ressoado pelo F2. Nas regiões médias das vozes femininas, o F1 pode interagir com o H2 para uma característica vocal mais cheia e potente, típica da ativação do músculo tireoaritenóideo (TA). A associação do F2 com o H3 ou H4 está associada ao maior brilho, dependendo da vogal que está sendo cantada, se mais aberta ou mais fechada (BOZEMAN, 2013, p. 29 a 32).

**Approximate First Formant Locations**  
With Turning/Closing Pitches Below

**Soprano**

**Mezzo Soprano**

**Tenor**

**Baritone**

**Bass**

Bozeman, Kenneth, *Practical Vocal Acoustics: Pedagogic Applications for Teachers and Singers* (Hillsdale, NY: Pendragon Press, 2013)  
Contact: [kenneth.w.bozeman@lawrence.edu](mailto:kenneth.w.bozeman@lawrence.edu) website: <http://faculty.lawrence.edu/bozemank/>

Tabela 2 - Regiões de passagem nas diferentes classificações vocais (BOZEMAN, 2013)

As interações entre os formantes e os harmônicos são complexas e geram diferentes situações vocais. Não se trata, pois, de uma regra fixa, uma vez que cada vogal possui uma frequência de formação diferente. Além disso, modificações na frequência fundamental também alteram a forma de interação, assim como a fluidez do ar no processo de vibração.

Ingo Titze (2012) reporta que há evidências de que as interações dos formantes e harmônicos também podem ajudar ou criar obstáculos na forma como a prega vogal vibra, ou seja, a posição em que esse harmônico está em relação ao formante, acima ou abaixo, pode modificar a forma de vibração da prega.

### 1.6 O *feedback* visual em tempo real

Como já discutido nos itens anteriores, o *feedback* é extremamente importante na aquisição dos padrões vocais a serem incorporados pelo aluno durante o processo de ensino e aprendizado do canto. Vimos também que existem diversos tipos de *feedback* para o ensino do canto, embora o mais utilizado seja o *feedback* auditivo, por meio da comunicação verbal. Mas há estudos que apontam a eficiência do uso do *feedback* visual em tempo real para otimizar e auxiliar no processo de ensino.

Segundo Hoppe, Sadakata e Desain (2006), o *feedback* visual em tempo real otimiza a fase crítica da aprendizagem, que é o tempo de recepção da informação, a decodificação e aplicação do *feedback* ou informação de mudança dada pelo professor. A Figura 5, abaixo, demonstra como ocorre a otimização desse processo:

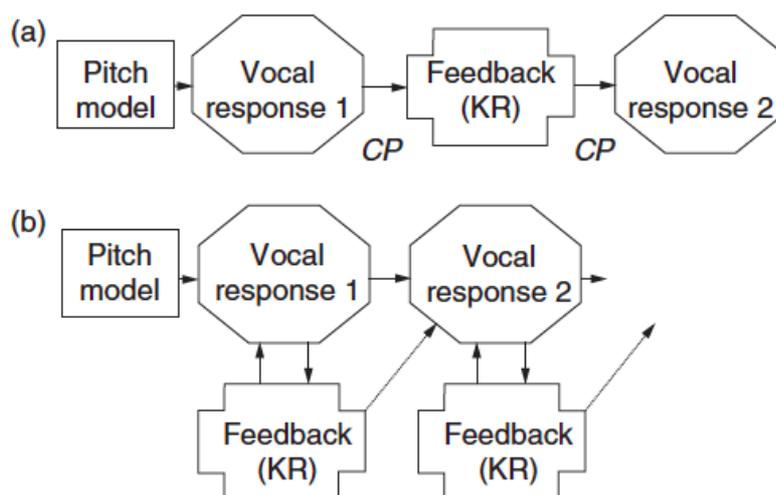


Figura 6 - - a) Modelo tradicional de aprendizado; b) Uso do feedback em tempo real do processo de aprendizado. CP = Fase crítica da aprendizagem; KR = Conhecimento do resultado (WELCH (1985) apud HOPPE, D. SADAKATA M., DESAIN P. (2006).

No modelo tradicional de ensino representado na Figura 5, modelo (a), o *feedback* utilizado é o auditivo por meio da comunicação verbal, onde o aluno realiza a performance, em seguida interrompe sua execução para receber o *feedback* do professor, logo decodifica da informação dada pelo professor e realiza uma nova tentativa. Nesse modelo, há interrupção do fluxo da performance para possíveis correções e/ou sugestões do professor, dessa forma, o registro do que foi feito é a própria memória do aluno e a percepção do professor.

Por outro lado, ao observarmos a Figura 6 - modelo (b) que utiliza o uso do *feedback* visual em tempo real, vemos que há uma interação imediata do processo de produção vocal e visualização do processo acústico por meio do recurso tecnológico em questão. Dessa forma, além de reduzir o tempo de resposta do aluno após o *feedback*, este recurso cria possibilidade de que ele modifique a resposta vocal simultaneamente à visualização de seu comportamento vocal, além de criar um registro da execução podendo facilitar a compreensão de aspectos que precisam ser modificados.

O espectrograma, o *powerspectrum*, a eletrolaringografia e a ferramenta de monitoramento da frequência têm sido apontados como os recursos mais utilizados para a realização do *feedback* em tempo real, devido à grande quantidade de informações que podem ser analisadas os em seus gráficos (HOPPE, SADAKATA, DESAIN, 2006; WELCH et al, 2005; HOWARD, 2005; CALLAGHAN. THORPE, VAN DOORN, 2004; HOWARD, 2007). Seu uso também esclarece os conceitos de produção vocal nos parâmetros físicos e fisiológicos e com isso torna mais objetivas as explicações e terminologias da pedagogia vocal, além de proporcionar maior autonomia ao aluno para compreender as atividades propostas e discutir com o professor alternativas para o resultado desejado (NAIR, 1999, p. 20; LÃ, 2013, p. 39).

Uma pesquisa feita por Howard et al. (2004) contou com a colaboração professores de canto, especialistas da voz, psicólogos e linguistas, para desenvolver um painel acerca das competências que podem ser trabalhadas nas aulas de canto com o auxílio dos softwares que promovem o *feedback* visual em tempo real. São elas:

- 1) **Qualidade Vocal - Timbre (Ex: Voz “metálica”, “soprosa”, “apertada” etc.)**
- 2) **Consoantes**
- 3) **Qualidade das vogais (Ressonância)**
- 4) **Legato e staccato no momento do canto**
- 5) **Registros vocais**
- 6) **Afinação**
- 7) **Vibrato**
- 8) **Respiração**

A análise acústica dessas competências vocais pode ser feita por meio de vários *softwares* que podem ser encontrados facilmente e algumas versões de forma gratuita, como *WaveSurfer*, *Madde*, *Praat*, *OvertoneAnalyser*, *VoceVista*, *WinSingad e Sing and See*. A maioria desses programas conta com várias ferramentas, como o espectrograma (banda larga e banda estreita), o *powerspectrum*, câmeras de vídeo, gravadores de áudio, ferramenta monitoramento da afinação, gráficos que simulam os espaços do trato vocal no momento da fonação, além do recurso de monitoramento vocal em nível laríngeo, como eletrolaringografia.

Nos artigos revisados, a maioria dos professores de canto optou pelo uso da espectrografia para análise da qualidade vocal, ressonância (articulação, qualidade das vogais e consoantes / formantes / “formante do cantor”), respiração, fraseado e vibrato (CALLAGHAN; THORPE; VAN DOORN, 1999; HOPPE; SADAKATA; DESAIN, 2006; HOWARD *et al.*, 2007; LÃ, 2013; LEONG; CHENG, 2014; WELCH *et al.*, 2005). Além desses, a afinação foi um dos principais recursos abrangidos pelo *feedback* visual, a partir de ferramentas de monitoramento da frequência (a maioria dos programas inclui essa função), segundo esses mesmos pesquisadores.

### 1.6.1 O *feedback* visual em tempo real para a qualidade vocal

No sentido da aquisição da qualidade vocal, Lã (2013, p. 44) apresenta os pontos críticos extremos da qualidade vocal: voz apertada e voz soprada. Essas características estão ligadas diretamente à força de adução e a pressão subglótica exercitada pelo indivíduo no momento do canto. O primeiro tipo de voz, segundo Sundberg (1987, p. 39), é consequência de uma grande força de adução, o que promove o aumento da resistência glótica<sup>11</sup>. Esse aumento faz com que não haja uma boa passagem de ar, tornando assim a voz “tensa” e “apertada”, podendo até causar danos severos às pregas vocais, se este for um comportamento contínuo.

O segundo extremo da qualidade vocal é a voz soprada que se caracteriza justamente pelo comportamento contrário à voz apertada, ou seja, quando a resistência glótica é muito baixa, as pregas vocais falham ao fazer contato, e a saída de ar se torna grande deixando a voz com a característica de muito ar.

Embora existam diversos outros tipos de fonação entre esses dois tipos, para o canto é necessário que se encontre um meio termo denominado “fonação fluida” (LÃ, 2013, p. 44). Esse tipo de fonação combina os aspectos fisiológicos e acústicos para que haja um aumento na amplificação no som final, sem que ocorra um aumento exagerado no esforço muscular (SUNDBERG, 1987, apud LÃ, 2013).

A Figura 7, a seguir, mostra a representação no espectrograma dos dois tipos extremos de vozes, “apertada” e “soprada” (quadro superior, marcado com 1 e 2, respectivamente) e a voz “fluida” (quadro inferior, com identificação do “formante do cantor”).

---

<sup>11</sup>Resistência Glótica é a resistência à passagem de ar pela glote (espaço entre as pregas vocais). Essa resistência glótica é definida como a relação entre a pressão subglótica e a passagem de ar (SUNDBERG, p. 38, 1987).

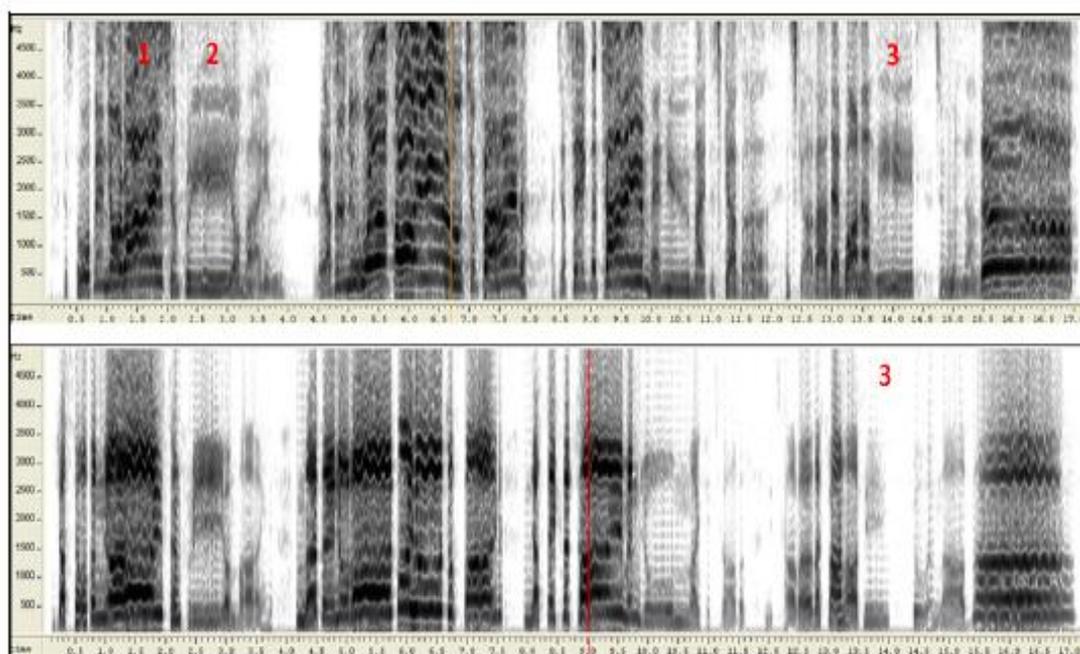


Figura 7 - Espectrografia de dois tipos de qualidade vocal, realizado no software WaveSurfer. No eixo horizontal é representado o tempo (s) e no eixo vertical são representadas as frequências (Hz) (LÃ, 2013).

Na revisão feita, muitos autores sugerem que o uso do *feedback* visual em tempo real traz reais melhoras na qualidade vocal dos alunos, principalmente em alunos mais avançados. Um estudo realizado com quatro professores de canto e 21 alunos, no *software Sing and See* durante duas semanas, mostrou em seus resultados que 90% dos alunos aprovaram o uso do *software* durante as aulas, e os professores constataram grandes avanços em vários aspectos, sendo que no quesito qualidade vocal o *feedback* visual se mostrou mais efetivo em alunos mais avançados (HOPPE, SADAKATA, DESAIN, 2006).

Estudos semelhantes também apontam uma melhoria da qualidade vocal após o uso da tecnologia, como nos artigos de Leong & Cheng (2014), que publicou um estudo nesse sentido em estudantes de música que fazem uso recorrente da voz, mas que muitas vezes não são cantores. O estudo piloto com esses estudantes apontou uma melhoria significativa no timbre em apenas 12 semanas. Além destes autores, a pesquisa de Callaghan, Thorpe e Van Doorn (2004) com 4 professores de canto erudito e que testaram o *software* com seus alunos aprovaram o uso para a melhoria

do timbre, além de outros aspectos da voz cantada, como o ataque e o controle da regularidade sonora de notas agudas sustentadas.

### **1.6.2 O *feedback* visual e a qualidade das vogais, ressonância e articulação.**

A qualidade de emissão das vogais e posição dos articuladores estão diretamente relacionados ao sistema ressonador do trato vocal. O movimento dos articuladores cria, durante a fonação, diferentes ressonâncias, os formantes, que permitem percebermos as vogais que estão sendo pronunciadas, assunto já abordado no item 1.5 deste Capítulo (Acústica do som vocal).

Cada vogal possui uma frequência de ressonância diferente que pode ser visualizada a partir de um espectrograma. Portanto, essa ferramenta vem sendo apontada como muito importante para a correção de problemas na identificação das vogais e para o trabalho da qualidade do “formante do cantor” em cada vogal. Como já foi descrito, o formante do cantor é um aumento na intensidade sonora e projeção, sem necessariamente maior esforço por parte do cantor, através de ajustes musculares e articulatorios que promovem aumento na intensidade dos harmônicos na faixa dos 2.5kHz e 3kHz.

Um aspecto observado por Nair (1999) é que a “cor” dessas vogais pode ser também visualizada através espectrograma, literalmente. Sendo assim, a posição da língua quando está mais para frente, produz uma característica mais “brilhante”, e as cores no espectro tendem a ser mais “quentes” na região dos harmônicos superiores em frequência. Ao contrário, um som mais escuro vai possuir maior intensidade espectral e cor nas regiões dos harmônicos de frequência mais baixa.

Para o canto erudito, o entendimento dessas diferenças traz para o cantor um reconhecimento da “colocação” da voz, onde é idealizada uma voz dita *chiaroscuro*, ou seja, equilibrada tanto nos harmônicos superiores quanto inferiores, evento associado

ao aumento da abertura do maxilar e à posição mais frontal da língua (WELCH et al, 2005, p. 232).

As Figuras 8 e 9, a seguir, mostram as características dos formantes de algumas vogais visualizadas a partir do espectrograma, além da configuração do trato vocal para as mesmas.

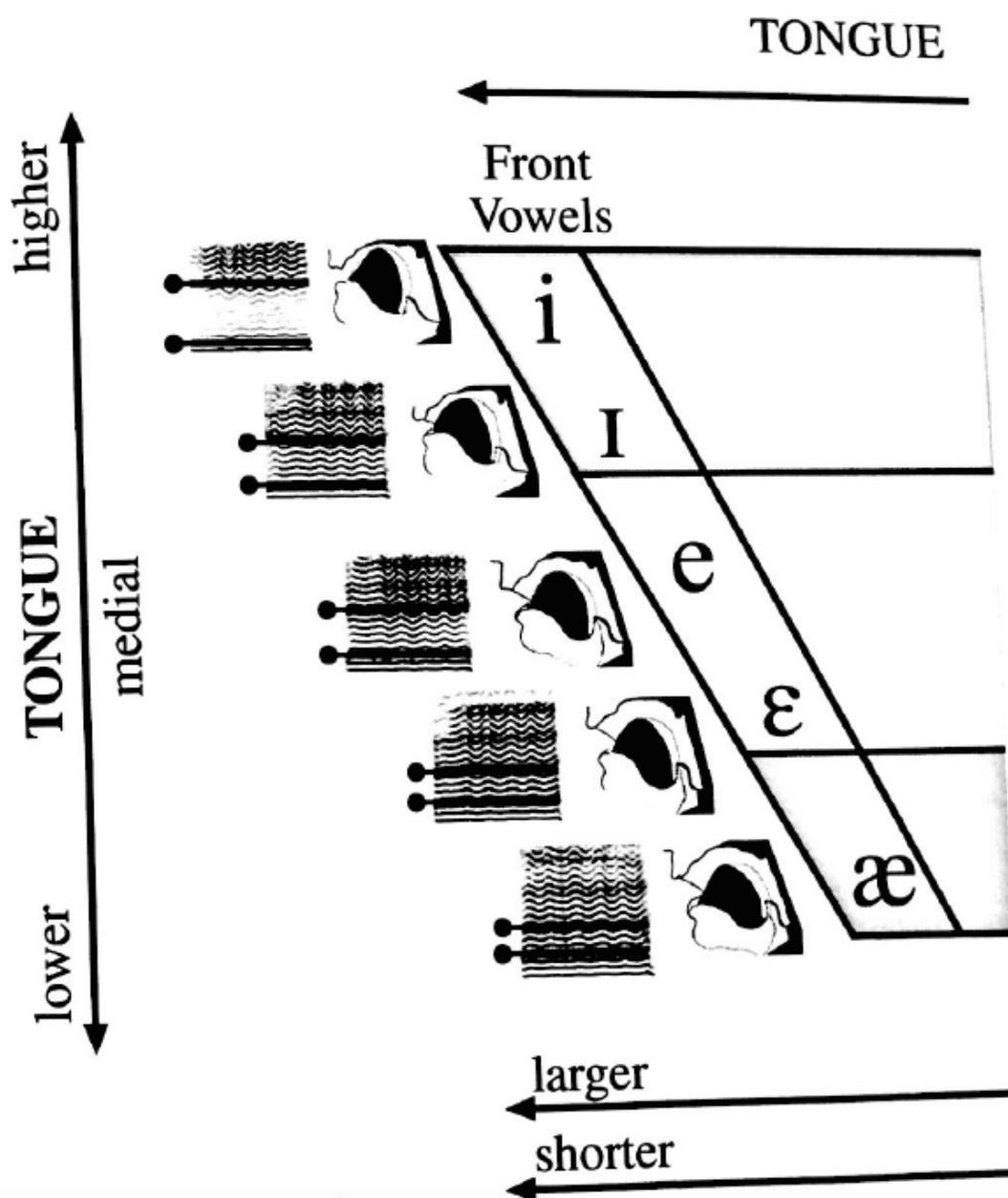


Figura 8 - Posição dos articuladores para as vogais descritas acima e sua representação espectrográfica dos F1 e F2 dessas vogais (NAIR, 1999, p. 95).

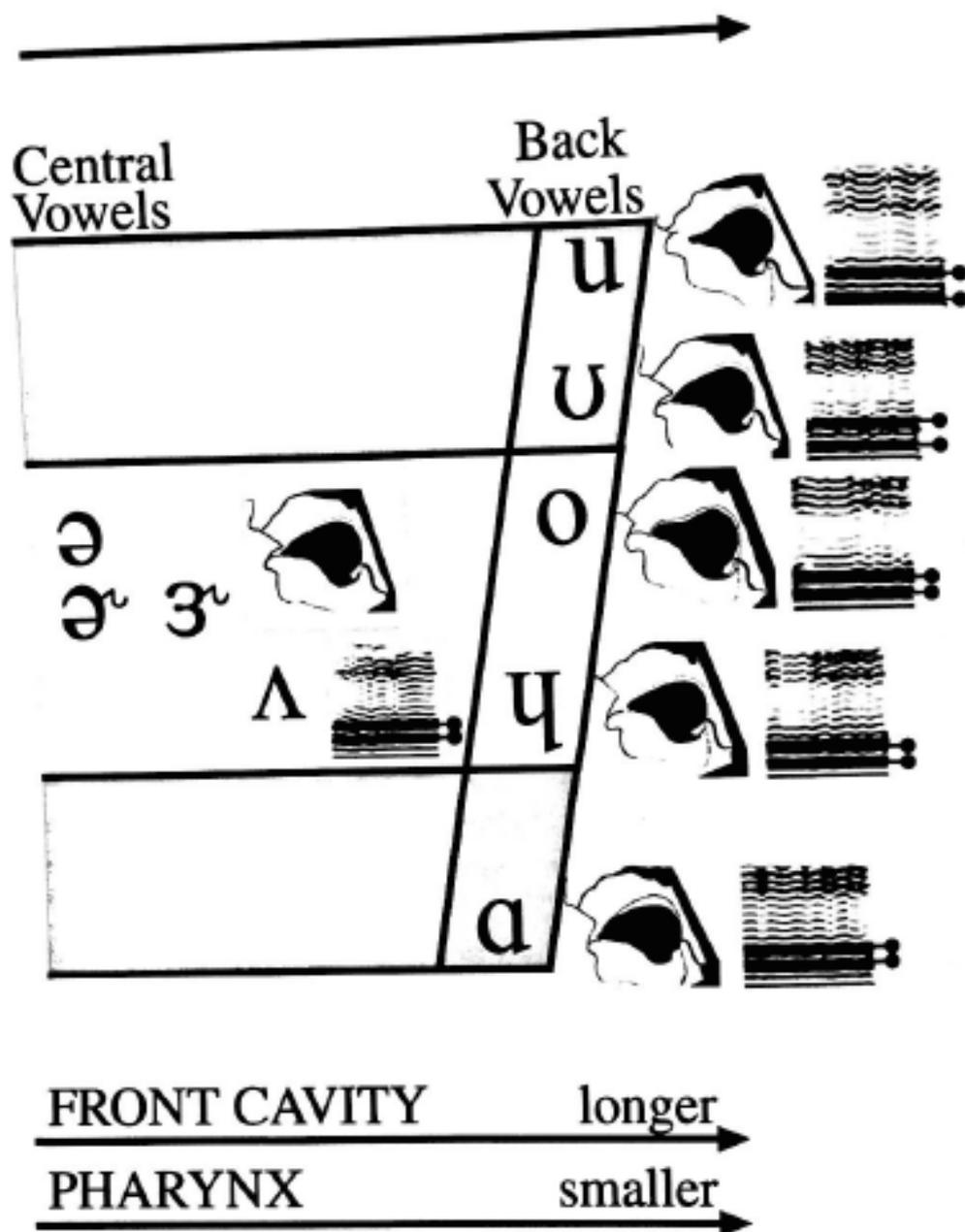


Figura 9 - Posição dos articuladores para as vogais descritas acima e sua representação espectrográfica dos F1 e F2 dessas vogais (NAIR, 1999, p. 95).

Dos quinze artigos revisados, cinco apontaram a eficiência do uso da tecnologia para trabalhar esses recursos citados acima, ou seja, qualidade das vogais, articulação e

ressonância (CALLAGHAN, THORPE, VAN DOORN, 2003; HOPPE, SADAKATA, DESAIN, 2006; WELCH et al, 2005; CALLAGHAN, THORPE, VAN DOORN 2004; HOWARD, 2007). Esses estudos foram feitos de forma prática, com professores de canto e seus alunos, em caráter de experimento dos *softwares* disponíveis. Além da aprovação do uso dessas ferramentas por parte dos professores, os alunos se mostraram muito entusiasmados com os resultados visualizados, como demonstram Callaghan, Thorpe, Van Doorn (2004).

Alguns estudantes sentiram que aprenderam rápido, mas outros apenas que o VFT (*feedback* visual em tempo real) deu a eles um melhor entendimento da sua produção vocal e ajudou-os a focar sua prática fora da sala de aula. Um deles resumiu: 'Eu canto e vejo como aparece no visor e aí eu me recordo como foi cantado. (Traduzido de CALLAGHAN, THORPE, VAN DOORN, 2004, p. 7).

### **1.6.3 O *feedback* em tempo real e a afinação**

A afinação é outro aspecto que requer atenção dos alunos e professores de canto. Para uma boa afinação é necessária a participação de diversos mecanismos que podem ser treinados para melhores resultados. Segundo Larson et al (1995) e Murbe et al, (2002a) (apud LÃ, 2013) é necessário que aconteça (1) uma sincronização entre os músculos intrínsecos e extrínsecos da laringe, da orofaringe e do sistema respiratório, afim de que se controle a produção de uma frequência fundamental; (2) um retorno auditivo do som produzido; e (3) a aquisição de uma memória muscular que permita a utilização dos ajustes laríngeos corretos para determinada afinação.

A afinação possui uma relação estreita com a respiração, pois é somente a partir da passagem do ar na glote que a prega vocal vibra na frequência determinada pelos ajustes laríngeos. Portanto, a frequência de fonação é determinada pelo controle muscular dos músculos laríngeos e pela pressão subglótica. Contudo, a pressão subglótica é também responsável pela intensidade da produção vocal. Dessa forma, é necessário muito treino por parte do cantor para manter a mesma afinação durante diferentes intensidades de emissão vocal (SUNDBERG, 1987).

Em todos os artigos revisados, a afinação foi apontada como o maior contributo do *feedback* visual em tempo real, principalmente para alunos iniciantes. Foram realizados estudos com crianças do ensino primário, já no início dos anos noventa, que mediram o desenvolvimento das competências de afinação e concluíram que as crianças treinadas com a *feedback* visual em tempo real adquiriram uma significativa melhora na afinação, principalmente quando o *feedback* visual em tempo real estava sendo realizado com a orientação do professor. O grupo controle, que recebeu somente o treinamento tradicional do ensino do canto, no entanto, não obteve grandes melhorias (HOPPE, SADAKATA, DESAIN, 2006).

Outro estudo promovido por Wilson et al (2008) com jovens e adultos, com e sem experiência em canto, obteve dados parecidos à pesquisa anterior, com resultados de melhora nas competências da afinação, como pode ser exemplificado nos resultados apresentados:

Os resultados mostram que os participantes alcançaram uma melhora significativa na precisão da afinação após o treinamento com o *feedback* visual; o desempenho e precisão do grupo controle, que não recebeu o *feedback* visual, não mostrou nenhuma mudança entre o pré-teste e pós-teste. Esses resultados indicam que o *feedback* visual em tempo real, para o aprendiz, sobre a sua tentativa de promover a afinação correta, promove a aquisição de competências neuromusculares subjacentes a tarefa de cantar na afinação correta (Traduzido de WILSON et al, 2008, p. 167).

Além desses resultados apresentados, outros autores revisados também apresentam informações semelhantes em relação à melhora da afinação, após a utilização do *feedback* visual em tempo real (LARROUY-MAESTRI et al, 2013; CALLAGHAN, THORPE & VAN DOORN, 2004; HOWARD et al, 2007; WILSON, THORPE & CALLAGHAN, 2005; LEONG & CHENG, 2014; CALLAGHAN, THORPE & VAN DOORN, 2003; LÃ, 2013).

Alguns exemplos de ferramentas de monitoramento da afinação são mostrados, a seguir, nas Figuras 10 e 11.

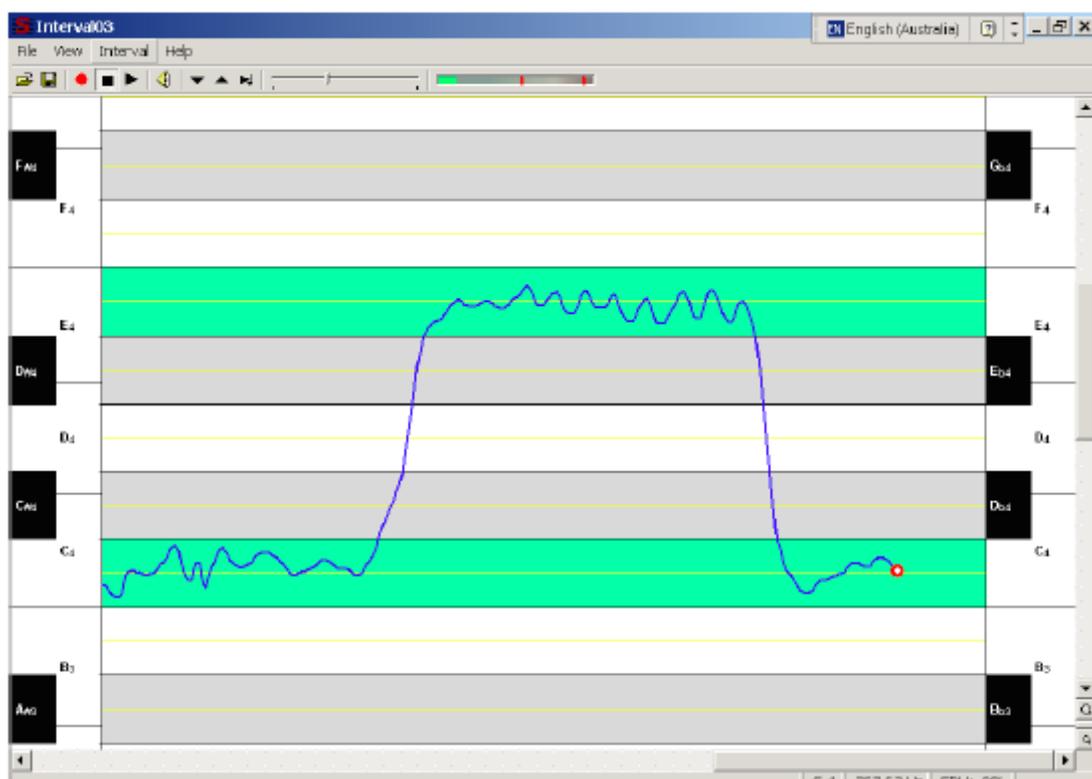


Figura 10 - - Software Sing and See – Pitch Display (WILSON, THORPE & CALLAGHAN, 2004)

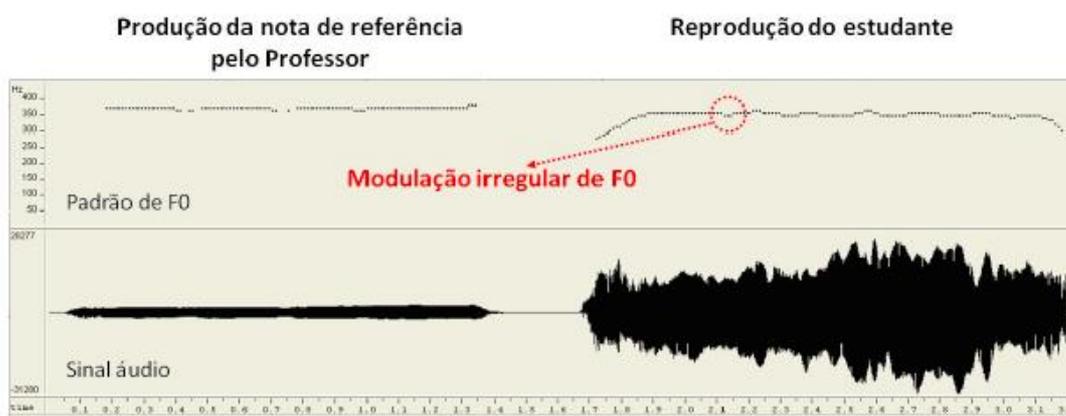


Figura 11 - Representação do trilho de F0 sustentada na vogal /o/ na nota F#3, promovido pelo Software WaveSurfer (LÃ, 2013, p. 48).

#### 1.6.4 O feedback em tempo real e a regularidade na vibração:

Os gráficos espectrais são bastante explícitos na demonstração da regularidade ou não da vibração, recurso expressivo de suma importância para a estética do canto erudito. Faria (2011, p. 21) em seu estudo sobre o vibrato e análise espectral, descreve que a regularidade do vibrato depende do equilíbrio entre a pressão subglótica e o fluxo de ar passando pelas pregas vocais.

O vibrato na voz humana é um fenômeno acústico que consiste na modulação da frequência fundamental da nota que está sendo cantada. O vibrato quando regular, pode apresentar formas de onda distintas, podendo ser senoidal, triangular ou outra forma bem definida e está associado à uma boa técnica vocal, sem tensões, pois envolve processos aerodinâmicos e laríngeos bem controlados (FARIA, 2011, p. 23). Faria (2011, p. 24), citando os autores Sangiorgio, Manfredi e Brusciaglione (2005), diz que os parâmetros acústicos que podem avaliar o vibrato são:

(...) três parâmetros que podem ser avaliados para caracterização do vibrato: a taxa (*vibrato rate*) que representa o número de oscilações da F0 por segundo (ciclos/seg.); a amplitude do vibrato (*extent vibrato*), que é a diferença entre a frequência máxima e mínima em (Hz), ou seja, valor de pico a pico da onda do vibrato; a entonação vocal (*vocal intonation*- MF0), que consiste na tendência média da diferença de frequência entre a máxima e a mínima no primeiro ciclo. Este último parâmetro destaca-se como pouco estudado. A qualidade de um bom vibrato geralmente tem a taxa entre 5,5 a 7,5 Hz em ciclos/seg e a amplitude (extensão) com o valor de menos de um tom. No entanto, a taxa do vibrato parece variar de acordo com a idade, o sexo e o estado emocional do cantor (SANGIORGIO, MANFREDI E BRUSCAGLIONI apud FARIA, 2011, p. 24).

O vibrato é desenvolvido por quase todos os cantores de forma mais ou menos espontânea, à medida que o treinamento e a experiência evoluem. No entanto, a regularidade dessa modulação será mais refinada quanto mais treinado for o cantor (SUNDBERG, 2015, p. 225). Os gráficos espectrais são bastante precisos na demonstração ou não da regularidade do vibrato no cantor, podendo ser uma ferramenta interessante para que o professor e o aluno observem e busquem através do trabalho técnico melhorar a qualidade da vibração. Já existem também *softwares* de análise acústica que possuem ferramentas que medem as taxas e amplitudes do

vibrato, tornando mais precisas as medições sobre a regularidade do vibrato, além da pura observação.

### **1.6.5 O feedback visual e a passagem de registro**

Na tradição do canto erudito, desde o *Bel Canto*, buscava-se a unificação dos registros com o intuito de preservar a identidade da voz do cantor. Com isso, diversos tratados técnicos surgiram, desde essa época, abordando como o cantor deveria treinar sua técnica para que essas passagens de registro fossem minimizadas. O domínio técnico da unificação dos registros vocais foi dito com um dos maiores desafios técnicos de um cantor pelo *castrato Giambattista Mancini*. Nos dias de hoje, diversos pesquisadores se dedicam à busca sobre os mecanismos musculares e acústicos que envolvem as passagens de registro vocais, sendo eles, principalmente, Donald Miller, Ingo Titze e Johan Sundberg, (SALOMÃO, 2008, p. 28 a 32).

Conforme o referencial teórico estudado, as primeiras descrições sobre os registros vocais surgiram no séc. XVI, quando o *Bel Canto* começou a estruturar como técnica, tendo seu apogeu no séc. XIX, e desde então com o desenvolvimento da ciência e dos estudos de anatomia e acústica, muitos avanços sobre os mecanismos dos registros vocais tem se consolidado, embora ainda hoje haja algumas divergências sobre o assunto entre os pedagogos e cientistas vocais (SALOMÃO, 2008, p. 17 e 28).

Com o avanço nas pesquisas sobre os processos mecânicos e acústicos que determinam as passagens vocais, a terminologia empregada para descrever esses registros ainda é motivo de polêmica, uma vez que a literatura do canto erudito ocidental que contemplava a descrição desse processo se embasava nas sensações cinestésicas de vibração. Ou seja, a região das notas graves que geram sensações de vibração na região do peito foi denominada de "registro de peito", e as regiões de notas agudas onde a sensação de vibração era sentida na cabeça, "registro de cabeça".

A evolução na Medicina e nas Ciências Vocais permitiu a visualização dos aspectos musculares e também acústicos que envolvem esse processo, mas ainda há

controvérsias na comunidade científica ao afirmar se as passagens de registro vocais são eventos puramente laríngeos ou envolvem também processos acústicos. (SALOMÃO, 2008, p. 33).

Os principais cientistas vocais dessa nossa época, como Ingo Titze e Sundberg, entendem que os registros vocais, ao que parece, são fenômenos essencialmente laríngeos, que se modificam por ação biomecânica e alteração de massa vibrante, independente do trato vocal em si (SALOMÃO, 2008, p. 28 e 36). Bozeman (2013, p. 26) defende, no entanto, que as passagens de registros obedecem a uma regra acústica. Na opinião desse autor, se a passagem vocal fosse apenas um fenômeno laríngeo, ao invés de um evento relacionado com a posição do F1 de cada vogal, a passagem vocal aconteceria numa mesma nota para todas as vogais e isso não ocorre. Vogais abertas como /a/ possuem o F1 mais alto e vogais como /i/ e /u/ possuem F1 mais baixo. Quanto maiores forem os valores de F1 para uma vogal, mais alta será a região de passagem dessa vogal. O contrário acontece com as vogais fechadas, onde as notas de passagem costumam ser de frequências mais baixas. A página **40** desta pesquisa apresenta a Tabela 2, com as notas aproximadas de passagem de cada vogal para cada classificação vocal.

A técnica do canto erudito ocidental tradicionalmente busca a igualdade tímbricas e a qualidade vocal em toda a extensão do cantor. Por isso, o estudo das passagens de registro vocal é de grande importância para o cantor (SUNDBERG, 2015, p. 84).

Como já mencionado na Introdução deste trabalho, nesta presente pesquisa foi estudada a utilização do *feedback* em tempo real em relação aos seguintes parâmetros: (a) **Qualidade e intensidade dos harmônicos**; (b) **Regularidade na vibração**; c) **Presença de “quebra” na região de passagem**. No próximo Capítulo - Metodologia – abordaremos como foi realizada a pesquisa.

## CAPITULO 2

### OBJETIVOS E METODOLOGIA

#### 2.1 Objetivos

##### **Objetivo geral**

Investigar como *softwares* de análise acústica podem atuar como ferramenta pedagógica em aulas de canto lírico em uma instituição brasileira de ensino de terceiro grau.

##### **Objetivos específicos**

- Revisar a literatura significativa sobre acústica da voz cantada, *softwares* de análises acústicas e pedagogia vocal.
- Verificar como a “qualidade e intensidade dos harmônicos”, a “regularidade na vibração”, e a “presença de quebra na região de passagem das sopranos” pode ser visualizada através do software de análise acústica *Overtone Analyser*.
- Verificar se a utilização de *softwares* de análise acústica pode ser mais efetiva com cantores com maior ou menor experiência em canto lírico.
- Apresentar uma possibilidade de interpretação dos gráficos espectrais dos aspectos citados acima, fazendo referência ao material teórico utilizado nessa pesquisa.

#### 2.2 Método

Trata-se, pois, de uma pesquisa de caráter exploratório. Essa abordagem metodológica se mostrou ideal, principalmente pela temática ainda pouco explorada pela literatura acadêmica. Dessa forma, a pesquisa exploratória possui um planejamento mais flexível, permitindo o estudo do tema de forma ampla e em vários aspectos (FREITAS; PRODANOV, [S.d.], p. 37). É indicada quando não há muita informação sobre a

temática, o que torna difícil a formulação de hipóteses. Suas etapas de realização podem envolver um levantamento bibliográfico; entrevistas com as pessoas que estiverem envolvidas com o problema pesquisado, além da análise de exemplos que estimulem a compreensão da temática, justamente o que foi realizado nesta pesquisa (FREITAS; PRODANOV, [S.d.], p.52).

Esta pesquisa foi implementada em duas fases: a primeira, como um estudo piloto, e a segunda a partir das alterações no delineamento metodológico da pesquisa, apontadas pelo Piloto.

### **2.2.1 Fase 1- Piloto**

Esta Fase Piloto foi realizada com dois professores de canto lírico de uma universidade pública brasileira, denominada Escola A, e com dois alunos dos respectivos professores - um aluno de cada professor.

O objetivo da realização deste Piloto foi testar a utilização do *software* de análise acústica em contexto de sala de aula, por professores e alunos do ensino superior. Optou-se na Fase Piloto por delimitar a observação da performance vocal dos alunos no momento da execução de um vocalise específico, determinado por cada um dos professores. Esse vocalise foi trabalhado pelos professores em todas as aulas, e todos os parâmetros envolvidos nesta produção vocal e sugeridos pelos professores, como vibrato, qualidade vocal, qualidade das vogais, afinação, mudanças de registro vocal, ataque, fraseado, respiração etc, poderiam ser observados, ficando a critério de cada professor, priorizar a utilização do software de acordo com os padrões sonoros que eles buscavam para aprimoramento da qualidade vocal do seu aluno.

Nessa etapa foi utilizado o *software Sing and See*<sup>12</sup>, pois esta ferramenta tecnológica é de fácil utilização e possibilita a observação de diversos parâmetros envolvidos na produção vocal, como vibrato, passagens de registro, qualidade das vogais, (qualidade tímbricas das vogais cantadas, afinação, ataque, fraseado, respiração etc.).

Os dois professores de canto envolvidos nesta fase da pesquisa foram brevemente introduzidos no universo das análises acústicas, por meio de orientações sobre como o *software Sing and See* poderia ser usado como ferramenta pedagógica, para que posteriormente esse *software* pudesse ser efetivamente utilizado em sala de aula.

### **2.2.2 Avaliação da Fase Piloto**

Ao longo da coleta de dados, foi possível constatar diversos problemas, apontados a seguir, sendo alguns de natureza logística, frequentes no âmbito das instituições de ensino brasileiras, e outros de natureza estritamente metodológica:

- Limitação de tempo disponibilizado para realização do projeto piloto;
- Irregularidade no fluxo de aulas inseridas no período do projeto piloto, devido a feriados, paralização de aulas na Universidade, ausência de alunos em aulas.
- Escassez de tempo de dedicação pelos professores e alunos à utilização o *software* durante as aulas de canto em decorrência de compromissos curriculares prévios dos alunos, então comprometidos pelas referidas alterações no calendário universitário, levando à limitação de tempo para coleta de dados-
- Dificuldades no manuseio e na compreensão dos parâmetros apresentados pelo *software*, decorrentes das limitações do prazo de realização do projeto piloto.
- Pulverização da atenção dos professores decorrente da quantidade de elementos que puderam ser observados no *software*. Como este recurso tecnológico oferece muitas informações simultâneas sobre a performance vocal dos alunos, houve

---

<sup>12</sup> O *Sing and See* é um *software* de visualização espectro vocal, utilizado para se gerar um *feedback* visual em tempo real no momento do canto. Ele possui dois tipos de *displays* diferentes, sendo eles: (1) o *display* do gráfico da afinação; (2) e o *display* dos gráficos acústicos, ou seja, o espectrograma.

dificuldade na delimitação e observação momentânea (o tempo real necessário ao *feedback*) dos parâmetros pré-estabelecidos por eles.

- Houve poucas oportunidades de intervenção da pesquisadora durante as referidas aulas, uma vez que este tipo de ação não havia sido previamente combinado com os professores de canto.

- Os critérios para a coleta de dados se revelaram pouco rigorosos e não delimitados, não sendo estabelecido o número de vezes que os cantores cantariam os vocalises, nem em que momento desta atividade haveria a intervenção dos professores.

### **2.2.3 Conclusões da Fase Piloto**

Foi possível constatar que os problemas apresentados na Fase Piloto da pesquisa ocorreram principalmente em razão da coleta de dados ter sido feita no ambiente normal de sala de aula, estando sujeita às alterações no calendário da instituição, e ao tempo escasso para sua realização. Desta forma, a coleta de dados para a pesquisa não foi e nem poderia ter sido priorizada pelos professores que, mesmo com um calendário comprometido com feriados e paralizações, necessitavam cumprir o programa estabelecido pela instituição. O contexto de aula também inibiu a atuação da pesquisadora que poderia ter tido uma participação mais ativa na utilização do *software*, caso isso tivesse sido previamente combinado e caso houvesse mais tempo disponível durante as aulas. Da mesma forma, não houve ainda tempo suficiente para maior preparo técnico dos professores visando o manuseio e a compreensão dos gráficos apresentados pelo *software*.

A partir destas considerações, foi delineada a metodologia da segunda fase da pesquisa, apresentada a seguir.

## **2.3 Fase 2 – A pesquisa**

Considerando as questões levantadas pela Fase Piloto, foi constatada a necessidade de se fazerem as seguintes alterações na metodologia inicial:

- 1) Realizar *pesquisa transversal* em ambiente controlado, ou seja, em um laboratório, fora do contexto de uma aula normal, com a possibilidade da atuação tanto do professor de canto quanto da pesquisadora. A pesquisa transversal se caracteriza por produzir dados instantâneos sobre uma determinada situação do grupo ou comunidade que está sendo pesquisada com base na avaliação individual de cada membro do grupo. Pode-se destacar como vantagens para este tipo de estudo o baixo custo, simplicidade analítica, alto potencial descritivo e rapidez de coleta acompanhada de facilidade na representatividade de uma população (ARAKAWA; CALDANA, 2010, p.2).
- 2) Estabelecer critérios mais rigorosos para a coleta dos dados.
- 3) Manter o foco da coleta em parâmetros técnico-vocais pré-estabelecidos. Foi sugerido pela banca durante o exame de qualificação, que estes parâmetros incidissem sobre questões da voz da soprano, sendo eles:
  - a) **Qualidade e intensidade dos harmônicos**
  - b) **Regularidade na vibração**
  - c) **Presença de “quebra” na região de passagem**
- 4) Realizar a coleta de dados no laboratório da Escola B, utilizando, desta vez, o *software Overtone Analyser*<sup>13</sup>. Uma vez que a pesquisa foi realizada em laboratório, optamos por utilizar um *software* de análise acústica mais completo e moderno para a captação do áudio e geração dos gráficos no espectrograma. Este *software* foi disponibilizado para a pesquisa pelo coorientador dessa investigação, que é especialista em análises espectrais.

### **2.3.1 Delineamento da pesquisa**

Esta fase da pesquisa foi realizada na Escola de Música B sob a supervisão técnica de dois professores desta instituição, juntamente com a pesquisadora. O experimento

---

<sup>13</sup> É um *software* de análises acústicas destinado à análise dos componentes do som. Pode ser utilizados por cantores, fonoaudiólogos, instrumentistas. Possui um espectrograma e um *spectrum* de alta resolução e possui um *layout* simples, sendo um *software* de fácil utilização.

ocorreu em um único dia, previamente estabelecido, não sujeito a alterações de calendário.

Um dos professores em questão já possui conhecimento amplo do *software* utilizado e o outro foi previamente preparado, a fim de que houvesse certo domínio e compreensão dos parâmetros expressos no *software*.

Foram selecionadas sete sopranos de níveis técnicos distintos, que cantaram dois trechos musicais – Vocalises I e II - elaborados pela professora de canto participante da pesquisa, contemplando aspectos críticos da performance vocal das cantoras e especialmente trabalhados pela técnica vocal: a) o controle da região de passagem do registro médio ao grave em movimento intervalar descendente; b) o ataque e o controle da regularidade sonora de nota aguda sustentada; c) regularidade do vibrato - após salto ascendente amplo. Cada um destes trechos cantados foi averiguado em três diferentes situações de execução:

- 1) sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor (o registro gráfico não era visualizado em tempo real pela aluna);
- 2) com o *feedback* visual, baseado em visualização em tempo real da imagem gerada pelo *software*, sem orientação do professor;
- 3) com o *feedback* visual baseado em visualização em tempo real da imagem gerada pelo *software* e com a orientação do professor;

A coleta dos dados foi realizada em uma sala isolada, utilizando um microfone AKG cardioide posicionado a aproximadamente 15cm da boca das cantoras, reduzindo possíveis interferências do ambiente. Os vocalises foram gravados diretamente no computador via o *Software Overtone Analyser 5.0.0*. A calibração do *software* se manteve a mesma durante todas as gravações.



Figura 12 - Soprano gravando o vocalise

### **Sobre as sopranos participantes da pesquisa**

A professora de canto participante da pesquisa convidou quatro alunas sopranos do Curso de Bacharelado em Canto lírico; duas outras sopranos que mostraram interesse em fazer parte do experimento (uma professora de canto lírico de outra instituição de nível superior e uma cantora de música popular, também aluna da Escola B, com alguns anos de experiência em canto lírico); e uma aluna soprano da classe de técnica vocal da professora (aluna de piano da instituição). Não houve um critério específico de seleção, exceto o fato de todas as convidadas serem sopranos. O intuito foi justamente perceber diferenças nos gráficos espectrais decorrentes dos níveis técnicos distintos entre elas. Sendo assim, as sopranos foram selecionadas e identificadas dessa forma:

- Quatro alunas de Graduação em Canto: Soprano 2, Soprano 4, Soprano 6 e Soprano 7.
- Uma professora de canto, doutora, atuante em outra instituição de ensino superior: Soprano 3.
- Uma aluna da disciplina de técnica vocal (graduanda em instrumento): Soprano 5.
- Uma cantora popular, aluna da Escola B, com experiência de alguns anos no canto lírico: Soprano 1.

Anteriormente à coleta, as alunas passaram por um breve treinamento no laboratório de acústica onde testaram o *software* e puderam compreender como essa ferramenta pode representar alguns dos parâmetros da voz emitida por meio de gráficos. A coleta ocorreu em um tempo aproximado de trinta minutos para cada soprano.

### Vocalises

Cada soprano cantou os dois exercícios melódicos previamente estabelecidos pela professora de canto visando contemplar os três aspectos da performance vocal já descritos acima. O Vocalise I, apresentado na Figura 13 abaixo, consistiu da vocalização, com a vogal [a], de um salto intervalar ascendente de quinta justa, com breve sustentação e estabilização desta nota, seguido da descida em *glissando* até a nota inicial, passando, nesse gesto descendente, pela região de passagem do soprano. A nota inicial poderia variar de acordo com o soprano, entre a nota, Si<sub>2</sub>, Dó<sub>3</sub> ou Ré<sub>3</sub>. Os aspectos observados no gráfico expresso pelo *software* foram (1) a presença ou não de interrupção no traçado do salto descendente e/ou (2) regularidade na vibração (3) qualidade dos harmônicos.

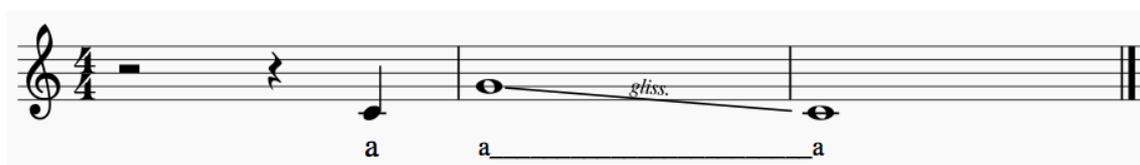


Figura 13 - Vocalise I

O Vocalise II, apresentado na Figura 14 abaixo, consistiu da vocalização na vogal [a] de um salto intervalar ascendente de oitava justa, com chegada à nota de passagem superior do soprano, seguido da sustentação desta nota por aproximadamente 8 segundos. A nota inicial poderia também variar, de acordo com o soprano, entre a nota Mi<sub>3</sub> ou Fá<sub>3</sub>. Os aspectos observados no gráfico expresso pelo *software* foram (1) a regularidade de vibração, a intensidade e sustentação da nota de ataque e (2) a qualidade dos harmônicos presentes no trecho de emissão da nota sustentada.

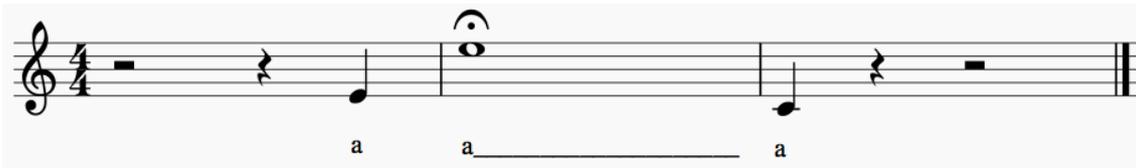


Figura 14 - Vocalise II

### 2.3.2 Amostra e natureza dos dados

Todos os trechos cantados pelas sete sopranos foram gravados e identificados. Para cada uma das três situações de execução – (1) sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor, (2) com o *feedback* visual, baseado apenas na visualização em tempo real da imagem gerada pelo *software*, (3) com o *feedback* visual baseado na visualização em tempo real da imagem gerada pelo *software* e com a orientação do professor - obteve-se um número de 10 imagens registradas. Este número de imagens corresponde ao gráfico gerado por cada uma das **5** tonalidades percorridas pelas cantoras durante cada vocalise, considerando os dois percursos - ascendente e descendente. Assim, para cada cantora foram geradas um total de **60** imagens, **30** imagens de cada vocalise.

Além dos dados obtidos por meio das imagens geradas pelo software, foi também realizada uma entrevista semiestruturada com a professora de canto participante da pesquisa e com as sete sopranos participantes com o objetivo de obter informações acerca de suas percepções com relação ao *feedback* visual por meio da análise espectral. Conforme apontam Laville e Dionne (1999, p.188), a entrevista semiestruturada possui um tema particularizado e questões abertas preparadas anteriormente, porém com plena liberdade quanto à retirada eventual de algumas perguntas, à ordem em que essas perguntas são colocadas e ao acréscimo de novas perguntas. Foram feitas à professora de canto as seguintes perguntas:

- 1) O que você achou do *software* de análise acústica como ferramenta pedagógica?

- 2) Em sua opinião, o *software* pode trazer contribuições para as aulas de canto e para o *feedback* dado pelo professor?**

Às sopranos foram feitas as seguintes perguntas:

- 1) O que você achou da utilização do *software* de análise acústica?**
- 2) Você já tinha conhecia ou tinha entrado em contato com ferramentas desse tipo em aulas de canto?**
- 3) Em sua opinião, essa ferramenta pode contribuir no seu processo de estudo do canto?**

### **2.3.3 Análise dos dados**

A análise das imagens geradas pelo *software* das performances das sopranos foi realizada em duas etapas. As duas etapas foram necessárias devido ao grande número de imagens que cada um dos vocalises gerou. Como já apresentado neste Capítulo, para cada uma das três situações de execução foram registradas 10 imagens correspondentes aos gráficos gerados por cada uma das 5 tonalidades percorridas pelas cantoras durante cada vocalise (percursos ascendente e descendente). Para cada cantora foram geradas um total de 60 imagens, 30 para cada vocalise.

Por isso, na Etapa 1 objetivou-se identificar o registro gráfico espectral das performances mais representativas das sete sopranos, segundo as situações acústicas descritas como ideais no canto erudito ocidental, por Bozeman (2013), nas situações técnico vocais definidas para análise nessa pesquisa, e considerando cada uma das três situações já mencionadas, ou seja, (1) sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor; (2) com o *feedback* visual, (3) com o *feedback* visual e com a orientação do professor. Esta seleção foi feita considerando os dois vocalises. Foram então selecionados seis registros gráficos de cada soprano - três do primeiro vocalise e três do segundo.

Na Etapa 2 foi realizada uma comparação dos seis gráficos selecionados na Etapa 1, analisando a diferença dos registros gráficos nas três situações dos Vocalises I e II de cada soprano e considerando os aspectos técnico vocais previamente estabelecidos, sob a luz do referencial teórico estudado, em especial de Bozeman (2013), Salomão, (2008), Faria (2011) e Sundberg (2015). Objetivou-se ainda, na comparação entre as três situações de execução, verificar se houve alteração positiva decorrente do uso da ferramenta tecnológica no controle dos parâmetros observados, com e sem as indicações técnicas dadas pelo professor.

Esta pesquisa foi aprovada pelo COEP – Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais

## CAPITULO 3

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Sopranos selecionadas para a pesquisa cantaram os dois vocalises elaborados pela professora de canto, Vocalises I e II, contemplando aspectos críticos da performance vocal e especialmente trabalhados pela técnica vocal.

No Vocalise I observou-se: (1) a presença ou não de interrupção ou irregularidade no traçado do salto descendente, ou seja, na região de passagem; (2) a regularidade na vibração e (3) a qualidade dos harmônicos. No Vocalise II, apenas os itens (2) e (3) foram considerados.

A análise dos dados coletados foi realizada em duas etapas, apresentadas a seguir.

#### 3.1 Etapa 1 – Seleção das imagens mais representativas de cada soprano

O critério utilizado para a realização desta filtragem inicial foi a qualidade do gráfico espectral onde foram consideradas a intensidade e a qualidade dos harmônicos emitidos, de acordo com Bozeman (2013), através das interações formante/harmônicos descritas pelo autor como sendo ideais acusticamente para a configuração técnica do canto erudito ocidental.

Além de Bozeman (2013), outros importantes pedagogos e cientistas da voz cantada foram também citados nesta pesquisa como referência sobre a compreensão da acústica da voz cantada, bem como sobre como as diferentes interações dos harmônicos geram resultados sonoros distintos, como Garyth Nair (1999), Ingo Titze (2012), Johan Sundberg (1987, 2015), Filipa Lã (2013), dentre outros. Para melhor compreender acusticamente os gráficos apresentados é importante o conhecimento desses aspectos acústicos citados. No entanto, as diferenças de cada gráfico são muito nítidas e podem ser percebidas visualmente mesmo por pessoas sem conhecimento do assunto.

Os gráficos foram nomeados de acordo com o número atribuído a cada soprano, sendo de 1 a 7. Os vocalises foram identificados da seguinte forma: para **as três situações do primeiro Vocalise** - (1) letra “a” para a versão sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor, (2) letra “b” para a versão com o *feedback* visual baseado em visualização de imagem gerada pelo *software* e (3) letra “c” para a versão com o *feedback* visual e a orientação do professor - e para **as três execuções do segundo Vocalise** - (4) letra “d” para a versão sem o *feedback* visual e sem a orientação do professor, (5) letra “e” para a versão com o *feedback* visual baseado em visualização de imagem gerada pelo *software* e (6) letra “f” para a versão com o *feedback* visual e a orientação do professor. Desta maneira, os gráficos da **Soprano 1**, por exemplo, foram assim nomeados: **Gráfico 1a, Gráfico 1b e Gráfico 1c** – referentes ao **primeiro Vocalise**. E **Gráfico 1d, Gráfico 1e e Gráfico 1f** referentes ao **segundo Vocalise**.

Os gráficos representativos de cada uma das sopranos estão disponíveis nos Anexos desse trabalho, bem como os áudios relativos a cada um dos gráficos disponíveis em CD e *link* para acesso online<sup>14</sup>.

Após a identificação das imagens mais representativas em cada uma das três situações, foi implementada a segunda etapa da análise.

### 3.2 Etapa 2 - Análise comparativa

Esta etapa consistiu da análise dos seis gráficos selecionados na Etapa 1, de cada umas das sete sopranos, buscando-se identificar as diferenças dos registros gráficos nas três situações de cada vocalise e considerando os aspectos técnico vocais previamente estabelecidos, sendo eles:

**1) *Qualidade e intensidade dos harmônicos*: A qualidade e a intensidade dos harmônicos do som representam não apenas a intensidade do som cantado**

---

<sup>14</sup> <https://drive.google.com/open?id=1smmtD3mbQIISCgVftCYWcquPYWk0fgcQ>

como também definem o timbre e inteligibilidade das vogais que estão sendo cantadas, segundo Bozeman (2013) e Sundberg (2015).

- 2) **Regularidade na vibração:** os gráficos espectrais demonstram com precisão a regularidade ou não desse recurso expressivo de suma importância para a estética do canto erudito ocidental. Sobre este assunto, Faria (2011, p. 21) aponta que a regularidade do vibrato depende do equilíbrio entre a pressão subglótica e o fluxo de ar passando pelas pregas vocais. Sundberg (2015) aponta que o vibrato é uma tendência natural nos cantores, normalmente atrelado à maior experiência dos mesmos.
  
- 3) **Presença de “quebra” na região de passagem no Vocalise I:** estudos já mostram como os gráficos espectrais permitem a visualização da presença das “quebras” nas regiões de passagem. Importantes cientistas vocais se dedicam a pesquisas acerca dos mecanismos que envolvem as passagens de registros, alguns desses são, principalmente, Donald Miller, Ingo Titze, e Johan Sundberg (SALOMÃO, 2008, p. 28-32). Neste trabalho, Salomão (2008), Sundberg (2015) e Bozeman (2013) serão citados na discussão sobre como os mecanismos musculares e acústicos estão envolvidos nas passagens de registro vocais e como evitar as “quebras”.

Optou-se neste momento, para efeito de exemplo, por fazer uma análise geral desses três aspectos técnico vocais acima citados (*Qualidade e intensidade dos harmônicos, Regularidade na vibração, Presença de “quebra” na região de passagem no Vocalise I*) tomando como base os gráficos de uma das sopranos. **O objetivo deste exemplo é mostrar como os três aspectos técnico vocais aqui priorizados podem ser visualizados no espectrograma e como esses aspectos podem ser compreendidos pelo professor de canto e/ou pelo cantor, possibilitando o *feedback* visual em tempo real**, o que já foi apontado pela literatura estudada (BARNES-BURROUGHS *et al.*, 2008; BOZEMAN, 2013; CALLAGHAN; THORPE; VAN DOORN, 1999, 2004; ELDRIDGE; SALTZMAN; LAHAV, 2010; FARIA, 2011; HOPPE; SADAKATA; DESAIN, 2006; LÃ, 2013; NAIR, 1999; WELCH *et al.*, 2005; WELCH, 1985; WILSON *et al.*, 2008). É importante enfatizar que uma análise de todos os 42 gráficos se tornaria redundante. A análise

levou em conta aspectos técnico-vocais descritos acima e que podem ser visualizados por meio do espectrograma.

Para este exemplo, foi feita randomicamente, por sorteio, a escolha dos gráficos da Soprano 2. Assim, não houve um critério específico para a escolha dessa cantora, uma vez que a análise modelo poderia ter sido realizada com os gráficos de qualquer outra Soprano.

É importante enfatizar que a análise realizada nesta Etapa 2 se limitou à qualidade espectral dos gráficos, sem com isso aprofundar em questões técnicas ou juízo de valor, pois o principal objetivo desse trabalho foi justamente investigar como *softwares* de análise acústica podem atuar como ferramenta pedagógica em aulas de canto lírico.

### 3.2.1 Análise modelo – Soprano 2

No espectrograma da Soprano 2 apresentado nos **Gráficos 2a, 2b e 2c** (referentes ao Vocalise I) e **2d, 2d e 2e** (referentes ao Vocalise II), cada linha horizontal representa os harmônicos do som cantado, e as cores representam a intensidade (gráficos centrais). Sendo assim, quanto mais “quente” for a cor registrada, maior será a intensidade desse harmônico. Ao lado direito, há um *power spectrum*<sup>15</sup>, onde podemos visualizar um instante da mesma situação por meio das linhas horizontais com picos de intensidade diferentes. Os picos de maior intensidade geralmente registram a interação do formante com o harmônico que está mais reforçado. Do lado esquerdo, temos a representação de um piano e, ao lado, uma régua logarítmica assinalando os valores das frequências dos harmônicos. As abreviações contidas nessa análise como H1 e F1 já foram apresentadas no Capítulo 1, que tratou da acústica do som vocal.

---

<sup>15</sup> O Power spectrum demonstra graficamente a distribuição de energia de uma determinada frequência, onde os picos representam os pontos de maior densidade de energia espectral.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral\\_density](https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_density)

# VOCALISE I

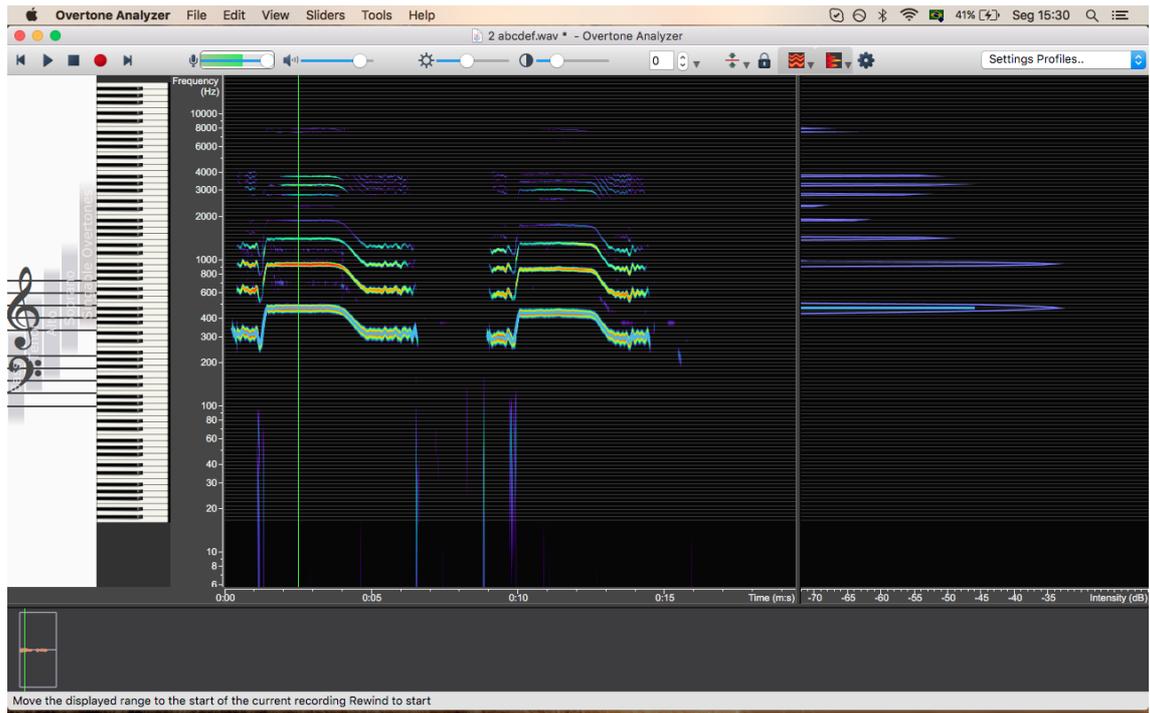


Gráfico 2 a – sem feedback visual

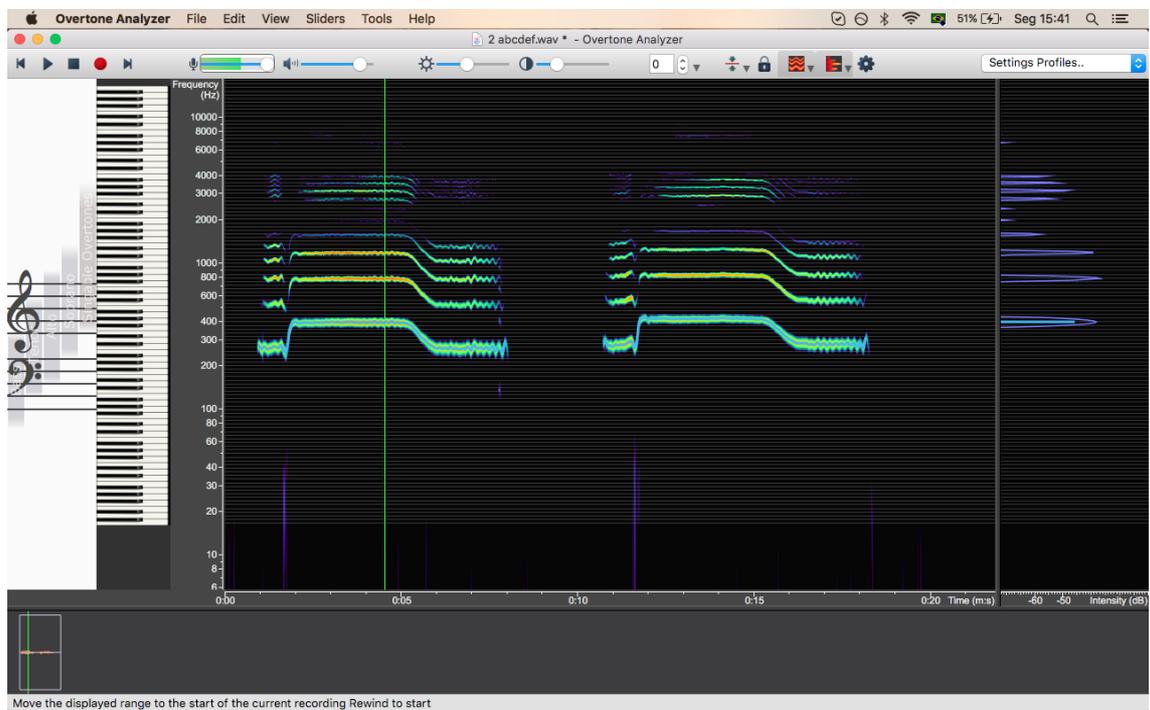
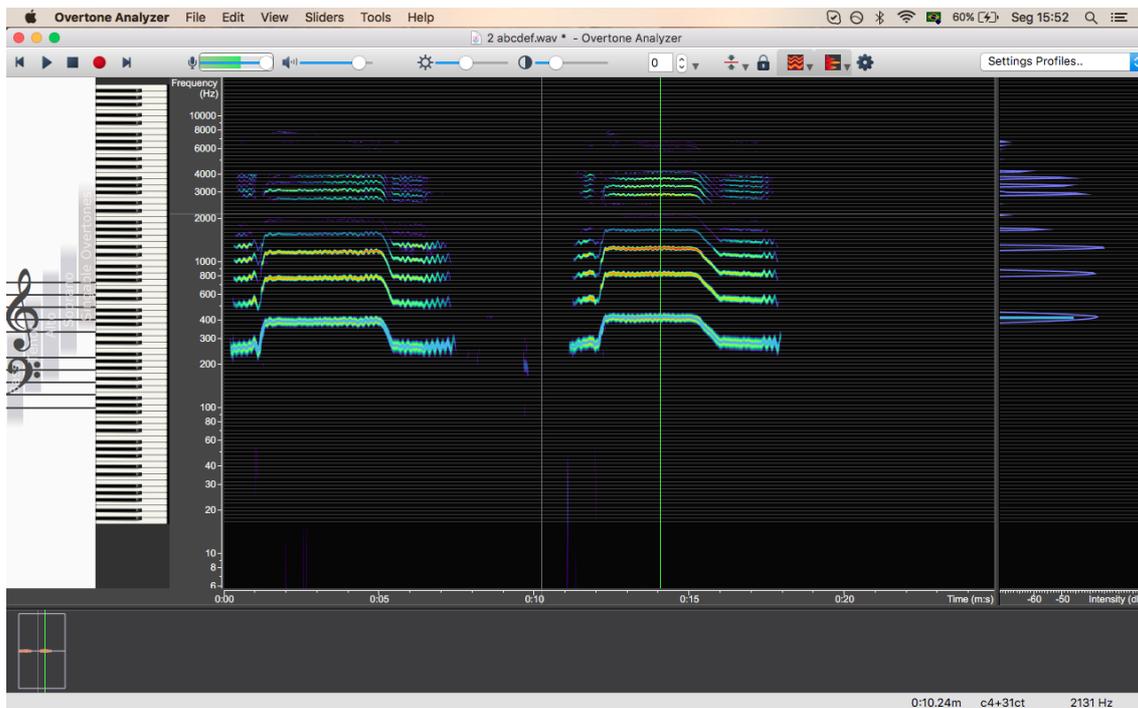


Gráfico 2 b - Com feedback visual



*Gráfico 2c - Com feedback visual e professor*

## Primeiro Vocalise

Em quase todos os gráficos da Soprano 2 apresentados, observa-se que os harmônicos que estão sendo irradiados com maior intensidade são H1, H2 (Gráficos 2 a, 2b, 2d, 2e e 2f). Em alguns gráficos, o H3 possui mais energia (Gráficos 2b e 2c). Além disso, em todos os exemplos há presença de harmônicos superiores na região de maior sensibilidade da audição humana (região do formante do cantor nos homens – aproximadamente na faixa entre 3kHz e 4kHz), o que sinaliza um som projetado e brilhante.

O vocalise representado no Gráfico 2a é realizado sem vibrato na nota de ataque e não é possível visualizar a quebra na passagem de registro, mas na chegada à nota grave percebemos a presença de um vibrato de baixa amplitude e irregular.

No Gráfico 2b percebe-se que o H3 ganha intensidade ao passo que o H2 perde intensidade. Aparentemente o F2 começa a reforçar os dois harmônicos ao mesmo

tempo. Observa-se o uso de vibrato, mas de pouca amplitude. O som possui um pouco mais de intensidade na região dos 3000Hz/4000Hz em comparação com o Gráfico 2a.

O Gráfico 2c apresenta uma melhora significativa na energia irradiada pelos harmônicos da região dos 3000Hz/4000Hz, maior regularidade do vibrato e um aumento da energia do H3 em comparação com os outros Gráficos (2a e 2b). Podemos também observar uma sutil quebra na passagem para a nota descendente. Sobre este assunto, Bozeman (2013, p.33) afirma que na região de passagem das mulheres as vogais preferíveis são aquelas que são frontais e fechadas (como /i/ e /e/) devido ao fato de que o F1 apresenta frequência mais baixa nessas vogais. No caso do vocalise utilizado na pesquisa, foi utilizada a vogal /a/ que é uma vogal que apresenta um F1 de frequência mais alta. Sendo assim, para que não ocorra uma perda de energia muito grande nessa região médio-grave, as sopranos normalmente empregam algumas estratégias articulatórias, sendo algumas delas: 1) convergir o trato vocal, aumentando o espaço na região do palato mole e diminuindo o espaço nos lábios, para reduzir a frequência do F1 da vogal /a/, e 2) encontrar uma ressonância do F2 com o H3. Ao que parece, o aumento da qualidade no Gráfico 2c pode estar relacionado com essa possível interação do F2/H3, na qual se manteve a qualidade da vogal (BOZEMAN, 2013), mesmo numa região difícil como a de passagem. As instruções técnicas dadas pela professora de canto nesse exemplo (2c), como melhoria do apoio respiratório e uma expansão na cavidade oral, podem ter gerado um resultado melhor no gráfico espectral.

## VOCALISE II

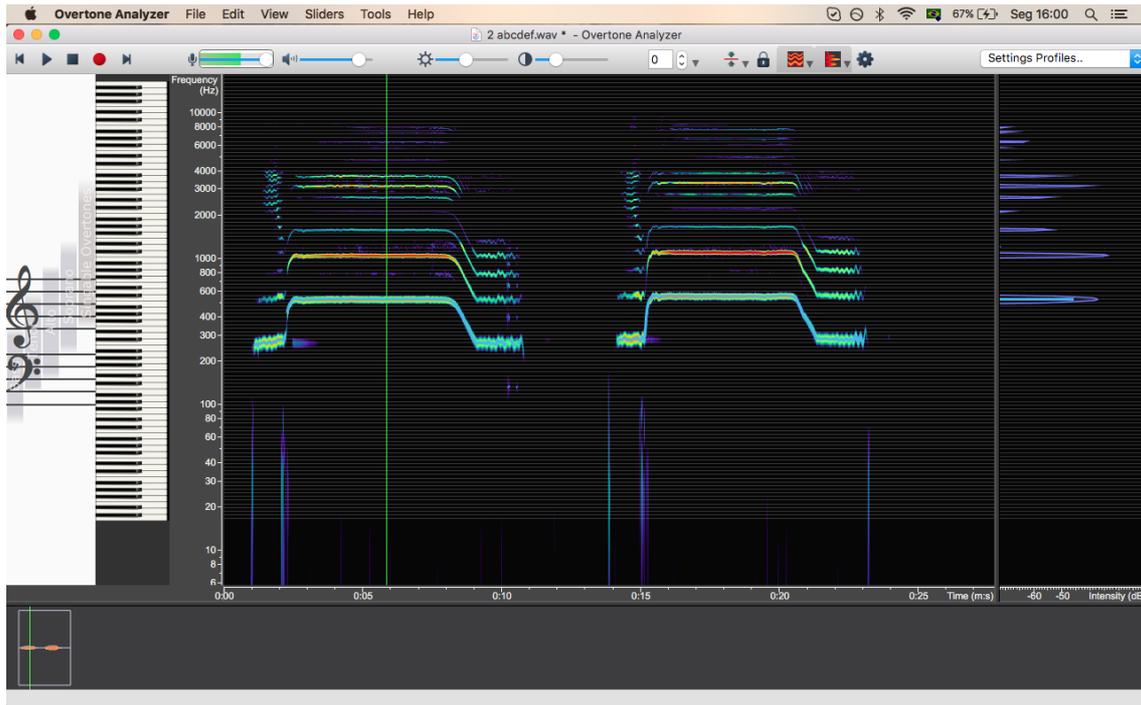


Gráfico 2d - Sem feedback visual

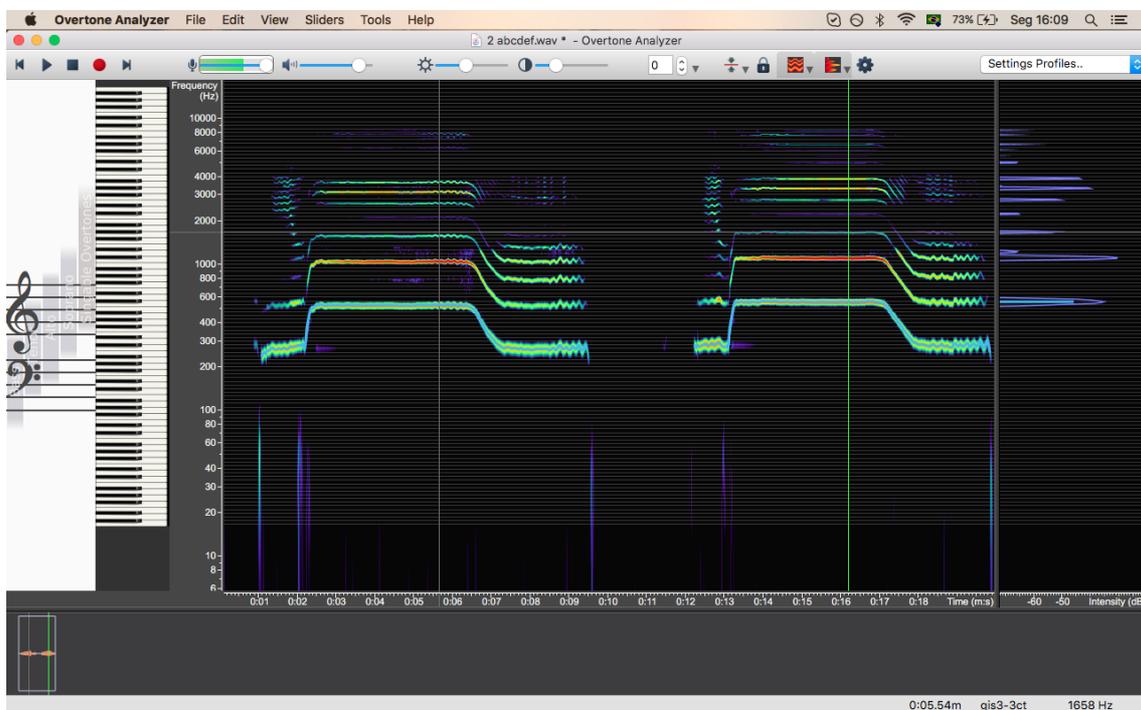


Gráfico 2e - Com feedback visual

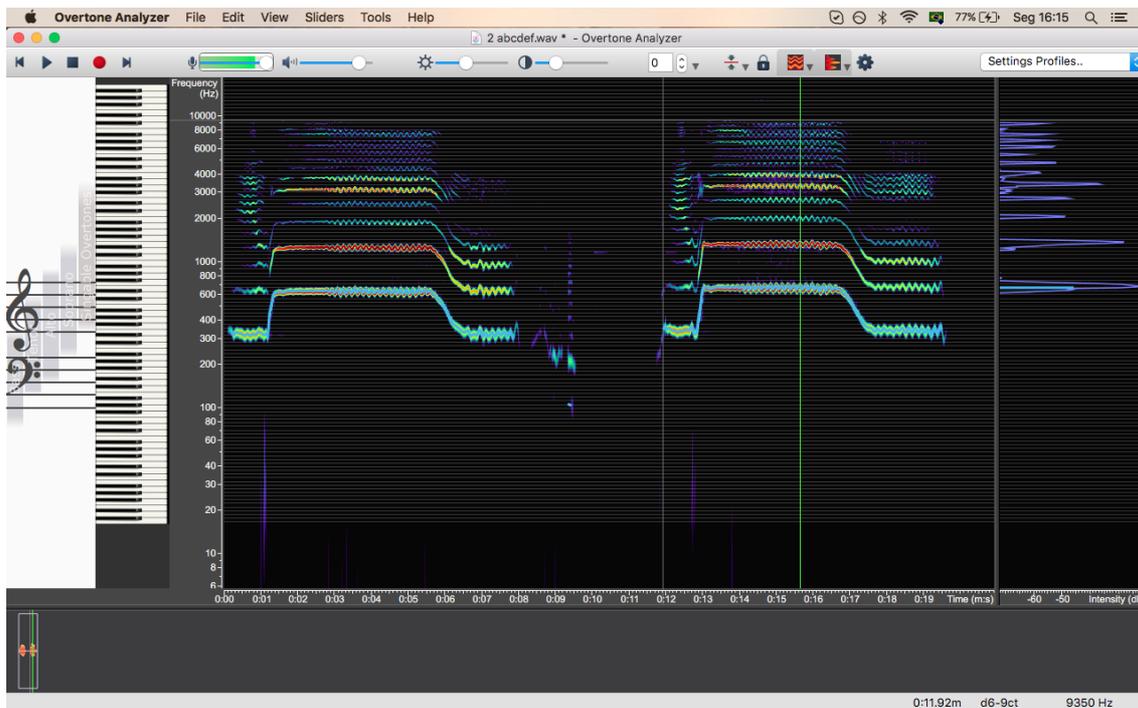


Gráfico 2f - Com feedback visual e professor

## Segundo Vocalise

No Gráfico 2d observa-se maior intensidade no H1 e H2, além de maior energia na região dos 3000Hz/4000Hz, importante para que a soprano seja escutada mesmo quando canta com uma orquestra. A sustentação da nota quase não apresenta vibrato e o ataque apresenta uma pequena quebra de transição, da nota grave para a aguda.

No Gráfico 2e visualizamos que ainda há predominância de energia nos H1 e H2, um e pouco mais de energia irradiada na região de sensibilidade auditiva com harmônicos mais intensos. Além disso, há uma sutil redução de energia do H3 em comparação ao Gráfico 2d; não há vibrato no momento da sustentação e o ataque já é mais estável.

Já no Gráfico 2f, há um aumento considerável de energia em todos os harmônicos, com maior predominância de intensidade nos H1 e H2. Além da região dos 3000Hz/4000Hz com mais energia, percebe-se também que outros harmônicos superiores aparecem, a presença e a regularidade do vibrato também é percebida. Nesse último exemplo, a professora de canto ofereceu à aluna informações técnicas, à

medida que a aluna recebia o *feedback* visual em tempo real. Nessas orientações a professora sugeriu que a soprano deixasse o vibrato acontecer com mais fluidez, melhorando o apoio respiratório<sup>16</sup> e também buscar uma “direção para o som”, fazendo referência a uma ressonância mais frontal, com abertura da cavidade oral na região do palato mole.

A seguir apresentamos a análise dos registros gráficos das sete Sopranos a partir dos três aspectos técnico vocais priorizados nesta pesquisa sob a luz do referencial teórico estudado, tomando como base o modelo de análise da Soprano 2, que acabamos de apresentar.

### **3.2.2 Análise dos registros gráficos das Sopranos a partir de três aspectos técnico vocais**

#### ***Qualidade e intensidade dos harmônicos***

Sobre os Gráficos do Vocalise I, estruturado na região da primeira passagem de registro das Sopranos (entre o Fá3 e o Sol2) como descrito na análise modelo da Soprano 2, a estratégia vocal normalmente empregada pelas Sopranos nessa situação é a convergência do trato vocal e/ou a interação do F2/H3 (BOZEMAN, 2013, p.33). De acordo com as afirmações desse autor, observa-se que a estratégia de interação do F2/H3 aparece nos Gráficos 2c (Soprano 2), 1c (Soprano 1), 3c (Soprano 3), e 6c (Soprano 6). No entanto, as outras Sopranos 4 e 7, nos Gráficos 4c e 7c, aparentemente, utilizam a mesma estratégia comumente utilizada na segunda passagem (entre o Mi4 e Fá 4) onde a maior intensidade de energia se concentra no H1 e no H2 do gráfico, resultado da convergência do trato vocal. As duas situações são descritas por Bozeman, (2013) como estratégias possíveis na região de passagem. Essa situação acústica também é descrita por Bozeman (2013, p. 24 e 27) como a estratégia

---

<sup>16</sup> O apoio respiratório significa fazer a pressão subglótica correta para a frequência e a intensidade da nota a ser cantada antecipadamente, permitindo que o corpo se ajuste previamente para essas condições. (LÃ, 2013, p. 14)

comumente usada pelas Sopranos para que seja mantida a energia do som irradiado, sem perda da qualidade sonora.

Nesse sentido, busca-se estabelecer a interação em F1 e H1, através da convergência do trato vocal (aberto do fundo do trato e mais fechado na região dos lábios. Uma vez que as mulheres cantam notas na região de frequência do F1 ou acima do F1, essa estratégia faz com que essas relações harmônicos/formantes se mantenham. Mantendo a relação do F1/H1, o segundo formante interage com harmônicos mais altos, no caso dos gráficos do segundo vocalise da Soprano 2 (2d, 2e, 2f) a relação F2/H2, atua no sentido de aumentar ou manter a intensidade do som cantado.

Nos gráficos de todas as Sopranos pode-se observar através da intensidade nas cores e energia do H1 e H2 que essa última estratégia parece ter sido utilizada. Em alguns Gráficos das Sopranos 1 (Gráficos 1a, 1b, 1c, 1d), Soprano 2 (2a, 2b e 2c), Soprano 3 (3a, 3b, 3c, 3f), Soprano 4 (4a), Soprano 5 (todos os gráficos), Soprano 6 (6a, 6b, 6c, 6f) e Soprano 7 (7b, 7c e 7f) podemos perceber que a energia do H3 também é irradiada, pois a frequência do F2, neste caso, pode estar próxima à frequência tanto de H2 quanto H3.

O exemplo que melhor exemplifica a ação do trato vocal como filtro, enriquecendo harmônicos específicos e que demonstra claramente a estratégia acústica descrita por Bozeman (2013) de convergência do trato vocal, é representado no Gráfico 4c, da Soprano 4, após o *feedback* dado pelo *software* e pela professora. A professora sugeriu que a aluna fizesse um apoio respiratório melhor e “pensasse” no palato mole mais alto. Neste gráfico, apenas o H1, H2 e os harmônicos superiores na região do formante do cantor (F3) são irradiados pelo trato vocal. A característica dessa convergência do trato vocal é o que se chama do som *chiaroscuro* (brilhante e profundo/escuro), um som considerado idealmente equilibrado para a estética no canto erudito ocidental (BOZEMAN, 2013, p. 44). Nas demais Sopranos 1, 2, 3, 5, 6, 7 (Gráficos 1e, 1f, 2d, 2e, 2f, 3d, 3e, 3f, 5f, 6d, 6e, 6f) e na Soprano 7 (todos os Gráficos) apesar de outros harmônicos estarem sendo irradiados, percebe-se que os harmônicos com mais energia também são o H1 e H2, além dos harmônicos entre o 3kHz e 4kHz.

Ainda sobre a atuação do trato vocal como filtro, outra situação interessante é notada nos gráficos da Soprano 5, a que é aluna do Curso de Bacharelado em Piano e que, na época da pesquisa, frequentava aulas de técnica vocal com a professora que atuou na pesquisa. Portanto esta era a Soprano com menor experiência com o canto erudito. Em todos os seus gráficos, percebe-se que muitos harmônicos estão sendo irradiados com mais intensidade, sugerindo uma baixa atuação da ação do filtro, possivelmente por um posicionamento mais fechado e rígido das estruturas articuladoras do trato vocal, tornando a interação dos formantes/harmônicos menos eficientes. Para que situação acústica do *chiaroscuro* aconteça, é necessário que a laringe esteja mais baixa, palato alto e posturas mais fechadas na região dos lábios, sem tensões exageradas, além de um bom fluxo de ar e estabilização dessa condição (BOZEMAN, 2013, p. 44).

Outra hipótese a ser considerada com relação ao primeiro Vocalise da Soprano 5 é que ela talvez não tenha compreendido os comandos de modificação do trato vocal que a professora sugeriu, por isso não se pôde observar grandes diferenças na realização dos exercícios. Sundberg (2015, p.175) afirma que uma boa qualidade sonora pressupõe uma estratégia comumente utilizada pelos cantores que é de manter o F1 sempre um pouco acima da frequência de fonação. Não cantores ou cantores com pouca experiência dificilmente conseguem manter o ajuste articulatorio (aumento da abertura mandibular e/ou labial e manter a língua plana) necessário para otimizar seu nível sonoro.

No Gráfico 5f da Soprano 5, referente ao Vocalise II, percebe-se uma melhoria na qualidade espectral após o *feedback* visual com e a orientação da professora. Nota-se que o filtro atenua alguns harmônicos e fortalece outros. Além disso, um discreto vibrato começa a aparecer. Lembramos que esta Soprano não é aluna do Curso de Bacharelado em canto e possivelmente a diferença nos seus Gráficos espectrais em relação às outras Sopranos é decorrente de sua menor experiência. Como ela possivelmente não detêm as estratégias técnicas para uma otimização do som vocal, muitos harmônicos são irradiados nas suas emissões sem atuação efetiva do filtro. A

melhoria descrita no Gráfico 5f pode realmente ter relação com as orientações gerais que foram passadas pela professora de canto, como um apoio respiratório mais consciente e relaxamento maxilar para auxiliar a convergência do trato vocal.

Outra situação que pode ser constatada foi que duas Sopranos (Sopranos 6 e 7) tenderam a aumentar a intensidade de emissão quando estiveram visualizando o *software*. Isso aconteceu em especial com o Vocalise I da Soprano 7 (Gráficos 7b e 7c), que aumentou a intensidade no momento do *feedback* visual sem o professor e com o professor. Nesse caso, a intensidade de alguns harmônicos pode também estar relacionada com esse fato, uma vez que as possíveis alterações relacionadas com a articulação e/ou intensidade de fonação afetarão o nível sonoro, e por consequência o espectro (SUNDBERG, 2015, p. 128).

Com relação à qualidade e intensidade dos harmônicos nos gráficos espectrais, o filtro (trato vocal), como já mencionado no referencial teórico, atua como um atenuante ou intensificador de alguns harmônicos, através das mudanças na articulação, em prol da qualidade da vogal que está sendo cantada, inteligibilidade, projeção e características tímbricas (LÃ, 2013, p. 25). Por esse motivo, alguns harmônicos são mais intensos que outros. Um som com muitos harmônicos, não é necessariamente um som com “qualidade”, pois o filtro faz com que justamente harmônicos específicos sejam mais irradiados, no sentido de otimizar o som, fortalecendo as interações dos formantes com os harmônicos. Nesse sentido, em todas as imagens das sete Sopranos, podemos observar bem como o filtro atuou no sentido de fortalecer alguns harmônicos e suprimir outros. É possível que a técnica vocal possa atuar fornecendo aos cantores consciência dos ajustes no trato vocal que são necessários para abafar ou realçar os harmônicos. Em minha experiência como professora de canto, pude perceber o quanto a consciência dos ajustes corretos do trato vocal para as diferentes vogais alteram a qualidade do som, aplicando esses fundamentos de acústica em sala de aula.

A Tabela 3, abaixo, apresenta uma síntese dos resultados das análises dos Gráficos de cada uma das sete Sopranos, de acordo com as situações acústicas descritas por Bozeman (2013) e que puderam ser observadas nessa pesquisa, comparando entre si

os três gráficos de cada soprano em cada uma das três situações, ou seja, (1) sem *feedback* visual (2) com *feedback* visual (3) com *feedback* visual e professor. Há melhorias significativas nos gráficos espectrais com o *feedback* visual em tempo real por si só (Gráficos "b" e "e" das Sopranos), mas o *feedback* visual com o auxílio do professor (Gráficos "c" e "f") apresentou diferenças positivas com maior frequência. Em alguns casos, consideramos mais de um gráfico por vocalise, pois ambos apresentaram uma situação acústica semelhante.

MELHOR QUALIDADE E INTENSIDADE DOS HARMÔNICOS						
	VOCALIZE 1			VOCALIZE 2		
	A	B	C	D	E	F
SOPRANO 1			X	X		X
SOPRANO 2			X			X
SOPRANO 3		X	X	X		X
SOPRANO 4			X		X	
SOPRANO 5	X					X
SOPRANO 6		X	X		X	
SOPRANO 7	X		X			X

Tabela 3 – Qualidade e intensidade dos harmônicos

### **Regularidade na vibração**

Por meio dos resultados dos gráficos espectrais das Sopranos, que serão apresentados na Tabela 4, é possível perceber que a regularidade do vibrato foi perceptível nas Sopranos 2, 3, 4, 6 e 7. A Soprano 1 apresenta trechos de vibrato irregular em muitos momentos e a Soprano 5, com a menor experiência, não apresenta vibrato em suas execuções. Um espectrograma mostra de forma objetiva a regularidade ou não do vibrato, tornando esse tipo de *feedback* eficiente para um estudo mais objetivo desse recurso expressivo tão utilizado no canto lírico, assim como aponta Faria (2011, p. 23), sobre a eficiência do uso dos *softwares* na análise do vibrato:

Professores de canto dão instruções sobre o vibrato de seus alunos quando há algum problema, como a sua ausência ou a sua instabilidade. No entanto pode ser enriquecedor para professores e para cantores iniciar o acesso a *softwares* que forneçam informações acústicas sobre o seu vibrato e suas medidas espectrais, na orientação para eventual modificação de seus parâmetros (FARIA, 2011, p. 23).

Em entrevista, a professora de canto participante da pesquisa também concorda sobre a eficiência do uso do *software* para o trabalho técnico dos cantores de competências como o vibrato e sobre a autonomia que a ferramenta pode oferecer ao aluno:

É uma ferramenta que mostra de uma maneira incontestável as coisas, as irregularidades, os vazios de som, que não tem como negar. A pessoa está vendo o que está acontecendo e isso já é uma coisa ótima. Você vê lá a irregularidade do seu vibrato tão nitidamente que não tem como contestar. O professor já fica com esse respaldo, é como se você estivesse com uma radiografia do som. Quando temos esse diagnóstico visual, como professor, você também precisa saber o que você vai fazer com relação a informação. E mesmo quando não se sabe exatamente, essa é uma ferramenta para auto experimentação, para o professor e para aluno, porque ele também vai poder experimentar. Ele não vai ter professor com ele o tempo todo. E é nesse sentido que essa é uma ferramenta muito útil (PROFESSORA ENTREVISTADA, 2017).

Foi possível observar também que a Soprano 2, em quase todos os seus gráficos com exceção dos Gráficos 2c e 2f, não utiliza vibrato. É interessante observar que, principalmente no Gráfico 2f, os parciais harmônicos da sua voz estão muito mais fortalecidos nesse Gráfico no qual ela utiliza o vibrato, do que nos outros Gráficos do Vocalise II, onde o vibrato não é utilizado por ela. Sundberg (2015, p. 227) confirma esta observação quando diz que o vibrato também pode provocar oscilações nos parciais harmônicos do espectro do som. Nesse sentido, sons produzidos com vibrato tendem a possuir parciais harmônicos com amplitudes maiores, quando esses aproximam os valores das frequências dos harmônicos com os formantes, provocando assim um aumento no nível sonoro. A utilização do vibrato pode ter contribuído para a melhor qualidade espectral do Gráfico 2f. Contudo, uma mesma comparação não foi possível nas outras Sopranos que, com exceção da Soprano 1 e 5, empregaram vibrato em todas as suas execuções.

PRESENÇA E REGULARIDADE NO VIBRATO						
	VOCALIZE 1			VOCALIZE 2		
	A	B	C	D	E	F
SOPRANO 1				X		
SOPRANO 2						X
SOPRANO 3		X	X	X	X	X
SOPRANO 4			X	X	X	X
SOPRANO 5						
SOPRANO 6	X	X	X	X	X	X
SOPRANO 7	X	X	X	X	X	X

Tabela 4 – Presença de regularidade do vibrato

***Presença de quebra nas passagens vocais no Vocalise I.***

Nos resultados dos gráficos espectrais dessa pesquisa, percebe-se que o espectrograma pode ser uma ferramenta interessante para percepção visual do instante de quebra na passagem de registro, pois este fenômeno é facilmente visualizável. Na pesquisa, observou-se que houve quebra de registro no Vocalise I em muitas das Sopranos, com exceção das Sopranos 6 e 7.

Nos exemplos selecionados desse Vocalise de cada Soprano percebe-se quebra na passagem de registro médio agudo para o grave. Os Gráficos das Sopranos que apresentam quebra são demonstrados na Tabela 5, a seguir:

PRESENÇA DE QUEBRA NA PASSAGEM DE REGISTRO			
	VOCALIZE 1		
	A	B	C
SOPRANO 1		X	X
SOPRANO 2			X
SOPRANO 3	X	X	
SOPRANO 4	X		
SOPRANO 5			X
SOPRANO 6			
SOPRANO 7			

Tabela 5 - Presença de quebra nas passagens de registro.

As estratégias técnicas para o equilíbrio das passagens de registro são diversas e estão relacionadas com a habilidade de controle musculares que o cantor possui. A quebra de passagem, segundo Ingo Titze (apud SALOMÃO, 2008, p. 37), ocorre devido a um relaxamento súbito do músculo após um momento de contração máxima. Como a mudança de frequência de fonação envolve esses estados de tensão diferentes, de acordo com a frequência que está sendo cantada, ou seja, notas mais agudas possuem estado de tensão muscular maiores que notas graves. É necessário um controle minucioso por parte do cantor para que esse relaxamento se ajuste para uma configuração muscular diferente não resulte na quebra. A professora de canto participante explicita as informações que considera importantes para orientar seus alunos com relação à passagem de registro:

A passagem dentro do que eu sei, é uma mudança de mecanismo, um ajuste de uso dos músculos. Por exemplo, eu costumo fazer a analogia de quando eu estou guiando um carro e eu vou mudar de marcha. Quando eu estou prestes a mudar a marcha, eu não acelero bruscamente. Eu mantenho a aceleração e as coisas acontecem com certa delicadeza, para que o mecanismo continue a trabalhar quando houver a mudança. As orientações que damos aos alunos seriam uma manutenção muscular e da coluna de ar, mantendo um legato, sem aumento brusco da pressão subglótica e a ampliação da cavidade oral com levantamento do palato mole (PROFESSORA PARTICIPANTE, 2017).

Essas estratégias citadas pela professora referem-se às mudanças musculares em nível laríngeo que ocorrem durante a passagem vocal, que também são descritas por Sundberg (2015). As mudanças que ocorrem na cavidade oral parecem ter relação com a convergência do trato vocal explicitado por Bozeman (2013). Esse motivo pode explicar o porquê de quase todas as Sopranos apresentarem quebra na passagem vocal do Vocalise I, mesmo com as orientações da professora. As Sopranos podem ainda não dominar com perfeição os mecanismos musculares para realizar uma passagem sem apresentar quebra das passagens de registro. Ao visualizarem os pontos de quebra, através do gráfico espectral, o cantor e o professor de canto podem tomar mais consciência desses aspectos técnicos que precisam ser trabalhados. Por exemplo, podem-se ser aplicados os fundamentos de acústica para minimizar essas

quebras numa vogal específica que está sendo cantada da região de passagem, alterando a frequência principalmente do F1, segundo as estratégias que Bozeman (2013) apresenta na Tabela 2 (p. 40) das regiões aproximadas de passagem de cada vogal. Dessa forma, dependendo da vogal que está sendo cantada, o professor poderá instruir seu aluno a convergir mais ou menos o trato vocal para ajustar seu F1 e manter a interação com algum harmônico a fim de conservar a qualidade do som.

### **3.2.3 Relação entre sopranos mais e menos experientes e a utilização *software***

Após a análise dos dados, foi possível verificar que os melhores resultados com o *software* de análises acústicas vieram das sopranos mais experientes no canto lírico. Uma hipótese para isso pode ser justamente um maior entendimento por parte dessas cantoras dos mecanismos de ajuste do próprio trato vocal, maior consciência e controle dos músculos envolvidos na fonação, o que permitiu, ao visualizar o *software*, alterar com maior facilidade os comportamentos vocais em prol de um som mais eficiente. As sopranos menos experientes (Soprano 5 e Soprano 1) demandavam mais atenção na técnica e nos ajustes musculares do que na qualidade do som propriamente dito. A literatura estudada fala dos estágios de aprendizado, sendo eles: *cognitivo, associativo e proprioceptivo* (GRECO; BENDA, 1999). Podemos fazer uma comparação desses estágios do aprendizado com os resultados apresentados nos gráficos das Sopranos mais e menos experientes.

A Soprano 5, que possui pouco tempo de experiência com o canto erudito, ainda estava na fase de maior aprendizagem das competências motoras que estão envolvidas no canto, como descrito no *estágio cognitivo*. Isso pode explicar o porquê de seus gráficos se diferenciarem dos gráficos das demais Sopranos. Os gráficos da Soprano 1, que é cantora popular e possui alguns anos de experiência com o canto erudito, apresentam algumas inconstâncias na qualidade do som e no vibrato, contudo é possível notar ao observar seus gráficos, um controle maior das competências motoras e da qualidade do som. Podemos inferir que esta Soprano se enquadre mais no estágio *associativo*, que é a etapa do processo onde suas atenções poderão estar voltadas nesse momento para a qualidade do som emitido; contudo, ainda há

presença de erros motores na execução. As demais Sopranos - 2, 3, 4, 6 e 7, que possuem mais tempo de experiência com o canto erudito, podem ser enquadradas entre o estágio *associativo* e, em maior proporção, o *estágio proprioceptivo*, onde os mecanismos motores já estão assimilados e a atenção pode nesse momento estar voltada para outras competências, como a qualidade do som, o refinamento da interpretação etc.

O *software* de análise acústica pode ser uma ferramenta interessante em todos os estágios de aprendizado, contudo, como estamos fazendo uma análise dos componentes do som através dos conhecimentos de acústica, é possível que os resultados do uso do *software* como ferramenta pedagógica surta mais efeito em cantores mais experientes, que não estejam concentrando tanto sua atenção nos mecanismos motores, e que consigam voltar a atenção para a melhor qualidade do som, como no estágio *associativo* e *proprioceptivo* da aprendizagem. O estudo de Hoppe, Sadakata e Desain (2006) aponta que os melhores resultados com o *software* de análise acústica são justamente com cantores com maior experiência.

### **3.2.4 Impressões das sopranos com relação à utilização do *software* de análises acústicas**

Sobre a utilização do *software* de análises acústicas, algumas perguntas foram feitas às sete Sopranos numa entrevista semiestruturada, a fim de identificar a experiência das mesmas com a ferramenta. As seguintes perguntas foram feitas:

- **O que você achou da utilização do *software* de análise acústica?**
- **Você já tinha conhecido ou tinha entrado em contato com ferramentas desse tipo em aulas de canto?**
- **Em sua opinião, essa ferramenta pode contribuir no seu processo de estudo do canto?**

As respostas das Sopranos confirmam que, mesmo com o conhecimento sobre os gráficos espectrais e os *softwares* de análises acústicas em crescimento, a ferramenta ainda é pouco utilizada no Brasil. Das sete sopranos entrevistadas, quatro delas

(Soprano 1, Soprano 3, Soprano 5 e Soprano 6) já tinham conhecimento desse tipo de ferramenta, porém apenas uma das Sopranos já tinha utilizado *software* desta natureza em seu contexto de trabalho técnico vocal, com o objetivo de visualizar em tempo real a voz cantada.

A utilização do *software* foi positivamente avaliada por 6 das 7 Sopranos entrevistadas. Em suas respostas, as Sopranos 4 e 7, afirmaram que acharam interessante a possibilidade de “ver” o som e poder analisá-lo de forma diferente do convencional.

A Soprano 1 relatou sua experiência da seguinte forma:

O *software* de análise acústica é muito interessante para quem quer compreender melhor seu som. ‘Ver’ os componentes do som da voz permite que você tenha maior consciência do que ainda pode melhorar, além de dar mais autonomia ao estudo. Acho que a utilização do *software* enriquece o aprendizado das competências técnico-vocais (SOPRANO 1, 2017).

A pedagogia vocal hoje já compreende a individualidade e as particularidades de cada indivíduo com relação ao aprendizado. As pessoas possuem inteligências de aprendizado diferenciadas, sendo que, há pessoas mais cinestésicas, outras mais auditivas, visuais ou intelectuais, portanto, o tipo de *feedback* que será passado pelo professor é de suma importância nesse processo (BARNES-BURROUGHS *et al.*, 2008, p. 590). Nesse sentido, a Soprano 4 relatou que considera a visão seu sentido mais forte e, o fato de poder ver o que acontece com as frequências sonoras e os harmônicos a auxiliou na compreensão sobre como o som está sendo produzido e o que podemos fazer para aprimorá-lo.

Em contrapartida, a Soprano 2 achou o tempo de coleta muito rápido para poder avaliar a utilização do *software* em seu estudo. Disse que ainda não possui conhecimentos de acústica suficientes para entender bem os gráficos. Na opinião dela, o *feedback* que mais contribui com seu aprendizado é o *feedback* cinestésico (sensações físicas) que as ressonâncias provocam no corpo. Ela relata nunca ter entrado em contato com esse tipo de ferramenta e que nessa altura do seu estudo não vê grandes contribuições do uso do *software* em seus processos de estudo do canto.

Já a Soprano 6 relatou a sua experiência com o *software* de análises acústicas da seguinte forma:

Muitas vezes a gente trabalha no canto com sensações e poder visualizar as mudanças que a gente faz na configuração da boca, na colocação da voz, até mesmo visualizar a estabilidade desse som é muito interessante. E por ser um *software* que nos mostra imediatamente o que acontece, é algo que facilita as mudanças serem mais ágeis dentro do nosso trabalho. Com certeza é um recurso muito interessante para nós usarmos como aliado dentro do nosso processo de trabalho vocal (SOPRANO 6, 2017).

E acrescenta sobre como o *software* pode auxiliar no processo de estudo do canto:

Acho que qualquer recurso que nos permita visualizar melhor o nosso processo no canto pode ajudar. A partir do momento que se consegue entender bem qual é o mecanismo desse *software*, a gente consegue utilizá-lo ainda melhor e mais a nosso favor. Muitas vezes a gente não tem como estar com o professor e, no nosso estudo individual, vendo qual é o resultado sonoro, aliado ao resultado visual que a gente deseja, torna mais rápido o nosso processo de aprendizado e nos dá uma consciência muito maior do que a gente está fazendo com nosso próprio corpo quando estamos cantando. Perceber, por exemplo, as mudanças de intensidade ou alguma trepidação na voz, pela ansiedade e por ser uma experiência nova para nós, com a observação ficava muito mais fácil de contornar essas situações e procurar um estado de equilíbrio vocal. É uma ferramenta extremamente útil, seja com o auxílio de um profissional, do nosso professor de canto, seja para uso individual dentro do nosso estudo diário. Com certeza é um *software* que eu acho de grande valia para o nosso trabalho. Acho que os cantores deveriam conhecer, pois acredito que beneficiará muitas pessoas (SOPRANO 6, 2017).

A Soprano 3 relatou que nos primeiros momentos da coleta, não havia compreendido como o *software* funcionava efetivamente e que não compreendia bem as informações geradas pelo *software*. Na opinião dela, as melhorias nos seus gráficos espectrais foram, principalmente, decorrentes da orientação da professora. Essa Soprano afirmou que é uma ferramenta que pode contribuir no processo de estudo do canto, mas que precisa compreender as informações que são geradas pelo gráfico espectral para melhor utilizá-la.

A Soprano 5 igualmente relatou que achou interessante o uso da ferramenta justamente por ela permitir visualizar os mínimos detalhes do som vocal, o que segundo ela, auxilia no trabalho técnico. Além disso, relatou que essa ferramenta seria de grande utilidade no uso em sala de aula, principalmente com o professor:

Acho que contribui e muito para o estudo do canto, pois oferece um recurso visual que facilita a percepção das mínimas diferenças que cada tipo de exercício técnico vocal possui. Ajuda a observação de como os tipos de impostação, dicção etc. influenciam na projeção e nas frequências alcançadas (SOPRANO 5, 2017).

Com exceção da Soprano 2, as Sopranos 1, 3, 4, 5, 6 e 7, relatam sua experiência com o *software* como positiva. Uma observação colocada na fala de algumas dessas Sopranos é a necessidade de se ter um conhecimento mais aprofundado sobre acústica para uma experiência mais efetiva com o *software* de análises acústicas, o que foi também colocado por Hoppe, Sadakata e Desain (2006).

As conclusões desta investigação serão apresentadas a seguir

## CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como objetivo investigar como *softwares* de análise acústica podem atuar como ferramenta pedagógica em aulas de canto lírico em uma escola de ensino superior. A partir do referencial teórico estudado e dos resultados foi possível chegar a algumas conclusões importantes.

Primeiramente, foi possível constatar por meio da literatura estudada que o ensino do canto ainda se baseia em grande parte por uma tradição puramente oral. Em outras palavras, ainda predomina, por parte de muitos professores de canto, uma tradição de ensino mais fundamentada no conhecimento pessoal e subjetivo do professor. Essa forma de ensino é importante, pois considera a experiência de vida e profissional do professor de canto. Contudo, o conhecimento científico e mais objetivo sobre o assunto, embasado principalmente na acústica e fisiologia da voz poderá ser sistematicamente incorporado ao *feedback* que o professor pode fornecer ao aluno sobre suas *performances*, tanto relacionados a obras musicais quanto a exercícios de técnica vocal. Os *softwares* de análise acústica podem sustentar a pedagogia com parâmetros objetivos e científicos, sem ambiguidades, e assim trazer contribuições para uma sistematização mais clara e progressiva do ensino do canto.

Na revisão de literatura, alguns pesquisadores confirmam que o processo de aprendizado do canto se dá, primeiramente, por meio do entendimento e conhecimento de qual deve ser o resultado ideal que se deve chegar ao final do processo (WELCH et al, 2005; HOPPE, SADAKATA & DESAIN, 2006). Nesse sentido, quanto mais profundo for o conhecimento do professor e dos próprios alunos acerca dos processos fisiológicos de produção vocal, maior será a otimização dessa etapa do aprendizado. É fundamental, pois, que uma terminologia embasada cientificamente seja utilizada mais amplamente e que as metáforas sejam utilizadas com cautela.

Essa pesquisa apontou como *feedback* visual em tempo real por meio de *software* de análise acústica pode trazer muitos resultados positivos no momento das aulas de canto ou mesmo no estudo individual do cantor, como demonstra a literatura aqui

estudada e também pelo depoimento das Sopranos participantes da pesquisa. Observou-se que os resultados do *feedback* visual em tempo real aliados com a orientação do professor apresentaram os melhores gráficos espectrais.

Os conhecimentos que temos hoje acerca dessas relações entre formantes e harmônicos, e o fato de podermos contar também com recursos tecnológicos que permitem simular essas relações ou visualizá-las são de grande valia para os professores de canto e para pesquisadores das ciências vocais e cantores. Parte dos problemas da pedagogia vocal é justamente o fato de não conseguirmos medir exatamente essas interações. Contudo, esses conhecimentos sobre as possíveis interações dos formantes com os harmônicos possibilitam ao professor de canto e aos cantores outras formas de pensar estratégias para minimizar as quebras de passagem, a qualidade vocal, além de sensibilizar a escuta e as sensações cinestésicas que as interações formante/harmônico geram através da ressonância do trato vocal, podendo auxiliar na também na aquisição de memória muscular.

Na literatura estudada, as contribuições da utilização do *software* para visualização das situações relacionadas com a qualidade vocal e das vogais e o vibrato já tinham sido apontados em outros estudos. Contudo, sobre as passagens de registro, até o momento desta pesquisa não tínhamos encontrado na literatura pesquisas que descrevessem a utilização do *software* para a visualização das quebras de passagens. Esse assunto ainda é pouco estudado nas ciências vocais e a aplicação dos conhecimentos acústicos e fisiológicos, descritos nesse trabalho por Sundberg (2015), Salomão (2008) e Bozeman (2013), aliados ao uso do *software* de análise acústica podem ajudar no trabalho de controle das regiões de passagem da soprano. É possível que esta presente pesquisa apresente um dos primeiros estudos sobre como essa situação vocal pode ser visualizada e trabalhada por meio do *software*, podendo contribuir para que pesquisas futuras investiguem mais profundamente esse assunto.

O ensino do canto no meio acadêmico no Brasil deveria incorporar em seus currículos aulas de fisiologia da voz incluindo também o uso de ferramentas como as aqui apresentadas, pois isso poderá ser de extrema utilidade tanto para o professor quanto

para o aluno. Os depoimentos das Sopranos e da Professora de canto participantes da pesquisa confirmam este fato. Além disso, outras vertentes do canto, como o popular e o teatro musical, também deveriam ser contempladas com a utilização destas ferramentas e com pesquisas sobre os efeitos do uso desses recursos tecnológicos em sua pedagogia.

A revisão de literatura feita aponta diversos benefícios que as novas tecnologias podem trazer para o processo de ensino e aprendizado do canto. No entanto, é importante destacar que o uso dessas ferramentas jamais assumirá o papel do professor, uma vez que os resultados se mostram muito positivos quando essa ferramenta é utilizada com o auxílio do professor em sala de aula. Como o próprio nome diz, essa nova tecnologia é uma mera ferramenta para auxiliar o professor em seu trabalho sistemático com o aluno.

Imaginamos que o conhecimento sobre como utilizar esses recursos poderá gerar um grande avanço para a pedagogia do canto. Entretanto, o professor sempre será fundamental, a peça-chave para o aprendizado do aluno. A associação dos conhecimentos do professor a outros recursos pedagógicos e a novas tecnologias como as que foram apresentadas nesse trabalho poderão trazer uma nova perspectiva para a pedagogia vocal, podendo se tornar matrizes importantes para o ensino do canto num futuro próximo.

## REFERÊNCIAS

ARAKAWA, Aline Megumi; CALDANA, Magali De Lourdes. A CONTRIBUIÇÃO DE ESTUDOS TRANSVERSAIS NA ÁREA DA LINGUAGEM COM ENFOQUE EM AFASIA. *Revista CEFAC*, v. 12, n. 6, p. 1059–1066, 2010.

BARNES-BURROUGHS, Kathryn *et al.* Current attitudes toward voice studio teaching technology: a bicoastal survey of classical singing pedagogues. *Journal of voice : official journal of the Voice Foundation*, v. 22, n. 5, p. 590–602, set. 2008. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-50249165946&partnerID=tZOtx3y1>>. Acesso em: 17 set. 2015.

BOZEMAN, Kenneth. *Practical vocal acoustics: Pedagogic applications for teachers and singers*. Hillsdale NY: Pendragon Pr; 1 edition (August 22, 2013), 2013.

CALLAGHAN, Jean; THORPE, William; VAN DOOM, Jan. Applications of visual feedback technology in the singing studio. 2003, Melbourne: Australian Association for Research in Music Education, 2003. p. 3–14.

CALLAGHAN, Jean; THORPE, William; VAN DOORN, Jan. Computer-assisted visual feedback in the teaching of singing. 1999, Launceston: Australian and New Zealand Association for Research in Music Education (ANZARME), 1999. p. 105–111.

CALLAGHAN, Jean; THORPE, William; VAN DOORN, Jan. The science of singing and seeing. 2004, Graz - Austria: [s.n.], 2004. p. 15–18.

DE SOUSA, Joana Mariz; DE ANDRADA, Marta Assumpção; SILVA, Leslie Piccolotto Ferreira. O uso de metáforas como recurso didático no ensino do canto: diferentes abordagens Metaphors as a didactic resource in vocal pedagogy: different approaches. *Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia*, v. 15, n. 3, p. 317–328, 2010.

ELDRIDGE, Marcus; SALTZMAN, Elliot; LAHAV, Amir. Seeing what you hear: Visual feedback improves pitch recognition. *European Journal of Cognitive Psychology*, doi: 10.1080/09541440903316136, v. 22, n. 7, p. 1078–1091, 1 nov. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09541440903316136>>.

FARIA, Priscila Oliveira. *ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DO VIBRATO DE CANTORAS LÍRICAS EM DUAS CADÊNCIAS MUSICAIS DE CARÁTER ALEGRE E TRISTE*. 2011. 109 f. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

FREITAS, Ernani; PRODANOV, Cleber. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico - 2ª Edição: 2º ed.* [S.l.]: Editora Feevale, [S.d.]. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=zUDsAQAAQBAJ>>.

GRECO, Pablo Juan; BENDA, Rodolfo Novellino. *Aprendizagem e desenvolvimento motor I (ADEM). Manual do Treinador de Natação*. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <[http://www.gedam.com.br/Disciplinas/Comportamento Motor/Greco & Benda](http://www.gedam.com.br/Disciplinas/Comportamento_Motor/Greco_&_Benda)>.

(1999).pdf>. , 1999

HOPPE, David; SADAKATA, Makiko; DESAIN, Peter. Development of real-time visual feedback assistance in singing training: a review. *Journal of computer assisted learning*, v. 22, n. 4, p. 308–316, 2006.

HOWARD, David M *et al.* Are real-time displays of benefit in the singing studio? An exploratory study. *Journal of Voice*, v. 21, n. 1, p. 20–34, 2007.

LÃ, Filipa Martins Baptista. *A performance e o ensino do Canto no século XXI: uma abordagem multidisciplinar*. 2013. 60 f. Universidade de Aveiro, 2013.

LEONG, Samuel; CHENG, L. Effects of real-time visual feedback on pre-service teachers' singing. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 30, n. 3, p. 285–296, 2014.

MENDES, Ana P *et al.* Effects of vocal training on the acoustic parameters of the singing voice. *Journal of voice*, v. 17, n. 4, p. 529–543, 2003.

MILLER, Niels. *History | VoceVista: Tools for Singers*. Disponível em: <<http://www.vocevista.com/history/>>. Acesso em: 13 jul. 2017.

NAIR, Garyth. *Voice tradition and technology: A state-of-the-art studio*. Madison: Cengage Learning; 1 edition (July 9, 1999), 1999.

SALOMÃO, Gláucia Laís. *Registros vocais no canto*. 2008. 196 f. PUC - SP, 2008.

SUNDBERG, Johan. *Ciência da voz: fatos sobre a voz na fala e no canto*. [S.l.]: Editora da Universidade de Sao Paulo, 2015.

TITZE, Ingo R. An appreciation of Bozeman and Miller description formant - harmonic relations in singing. *Jornal of Singing*, v. 68, p. 543–544, 2012.

WELCH, Graham F. A schema theory of how children learn to sing in tune. *Psychology of music*, v. 13, n. 1, p. 3–18, 1985.

WELCH, Graham F *et al.* Real-time feedback in the singing studio: an innovatory action-research project using new voice technology. *Music Education Research*, v. 7, n. 2, p. 225–249, 2005.

WILSON, Pat H *et al.* Learning to sing in tune: Does real-time visual feedback help. *Journal of interdisciplinary music studies*, v. 2, n. 1, p. 157–172, 2008.

# ANEXOS

## Soprano 1

### VOCALISE I

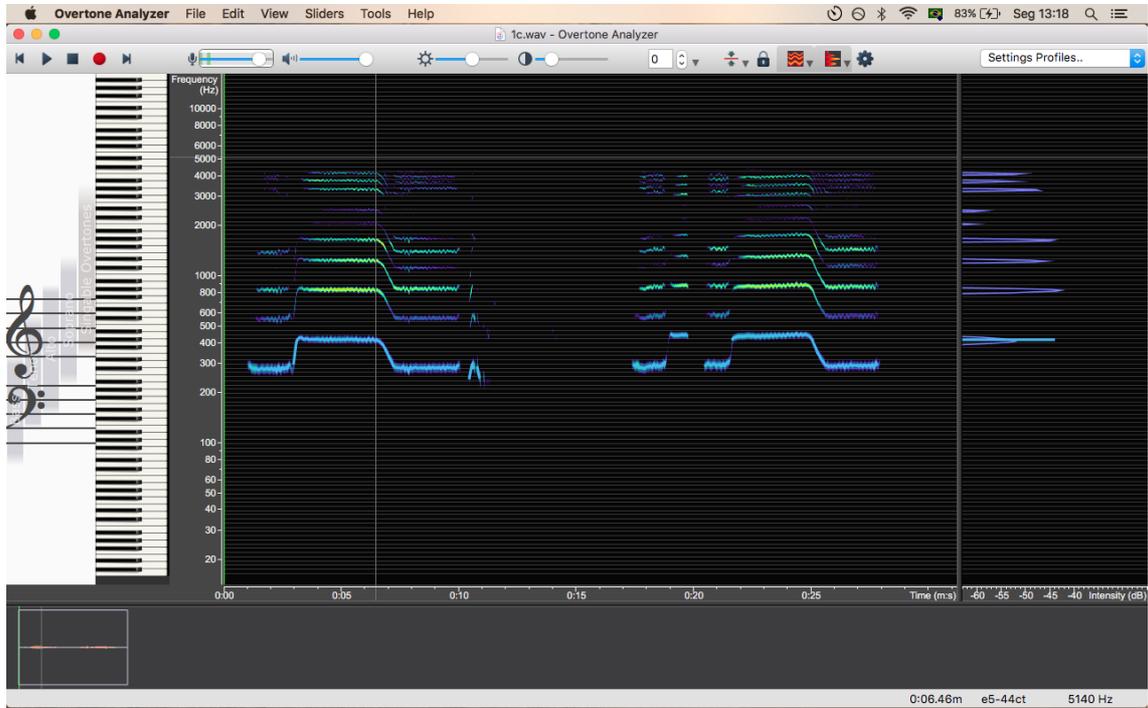


Gráfico 1a - Sem feedback visual

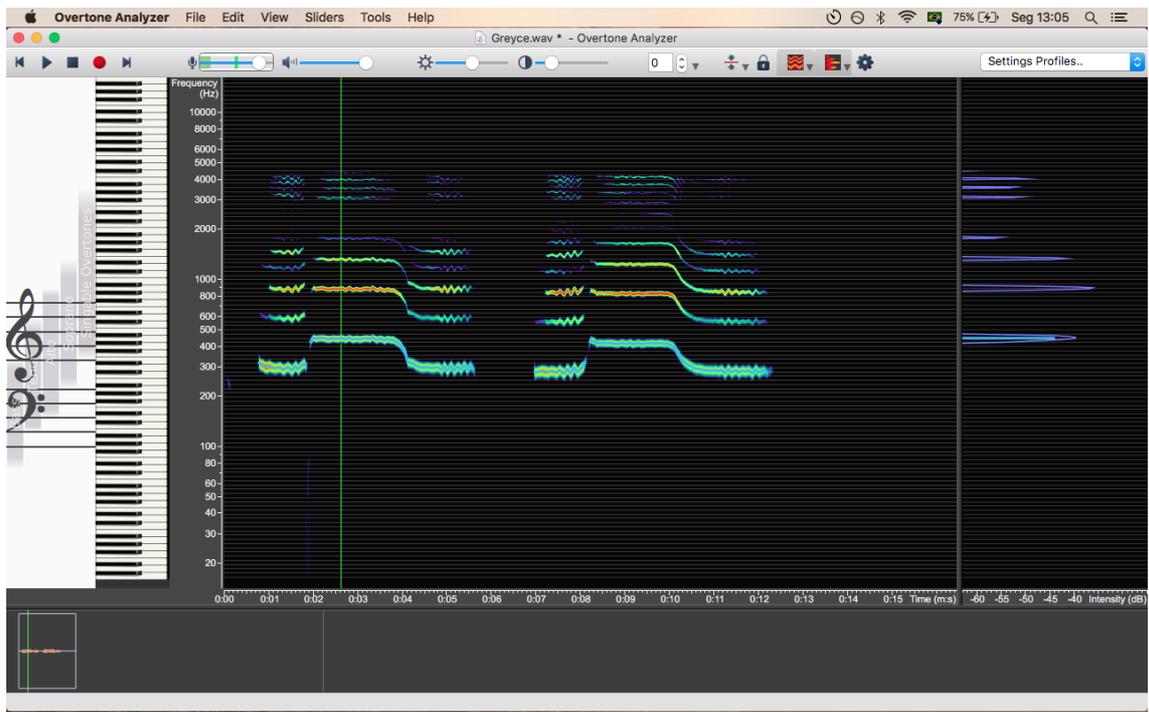


Gráfico 1b - Com feedback visual

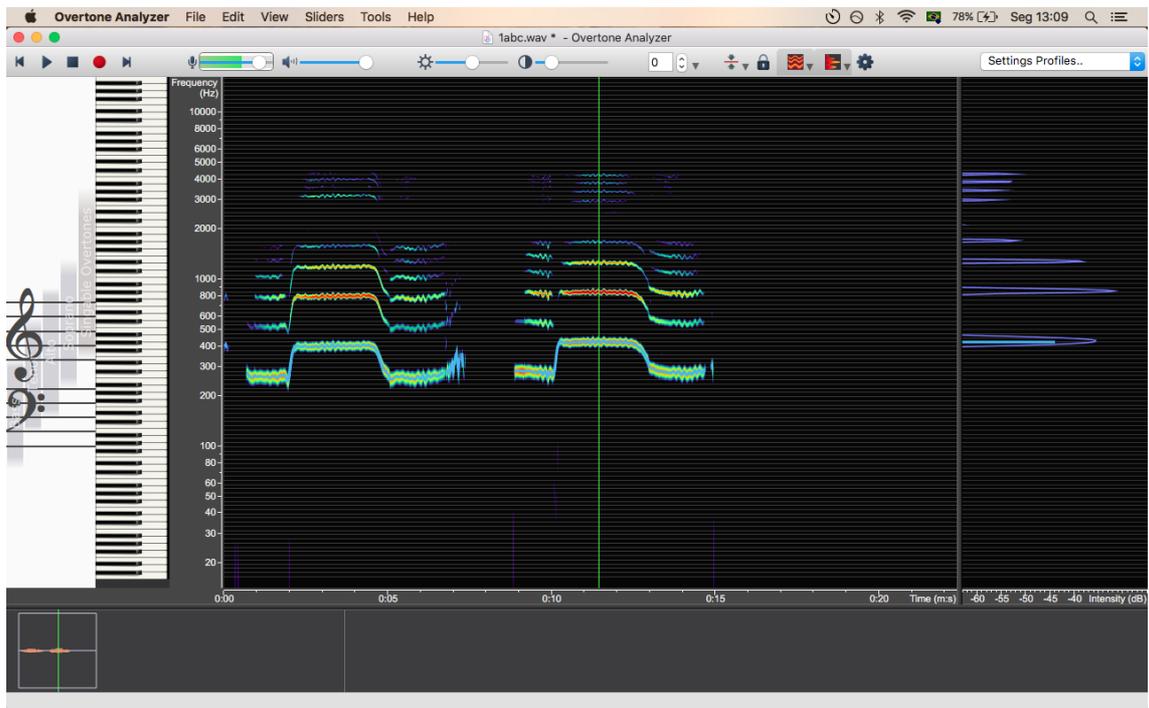


Gráfico 1c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

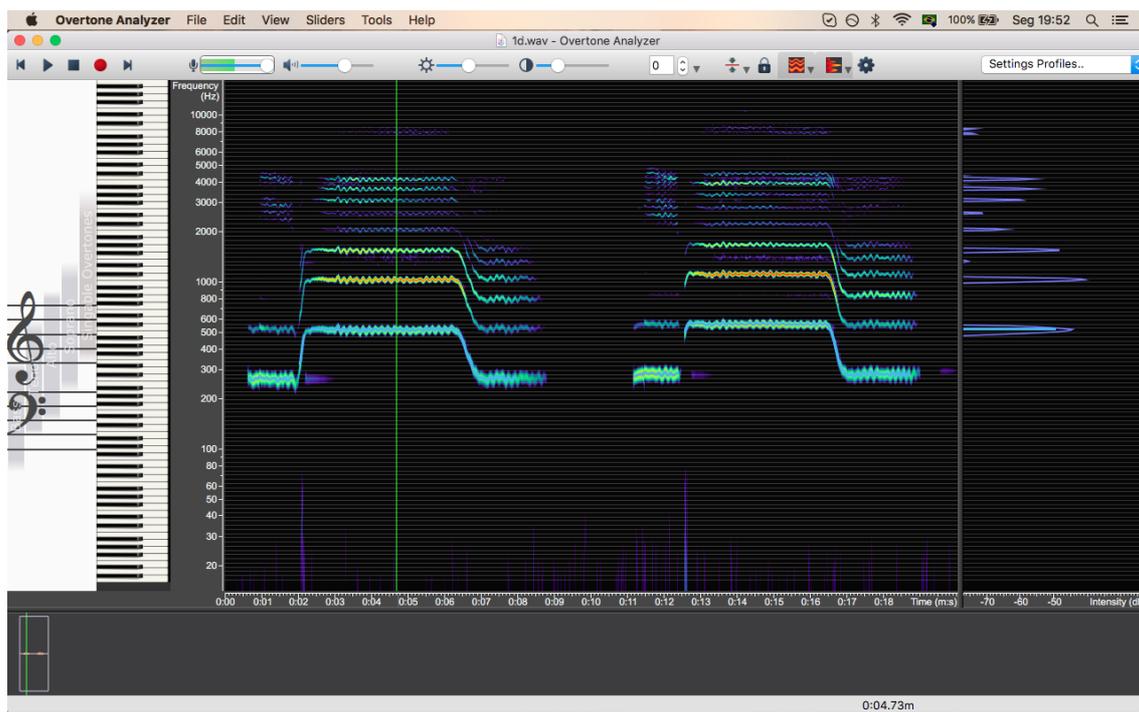


Gráfico 1d - Sem feedback visual

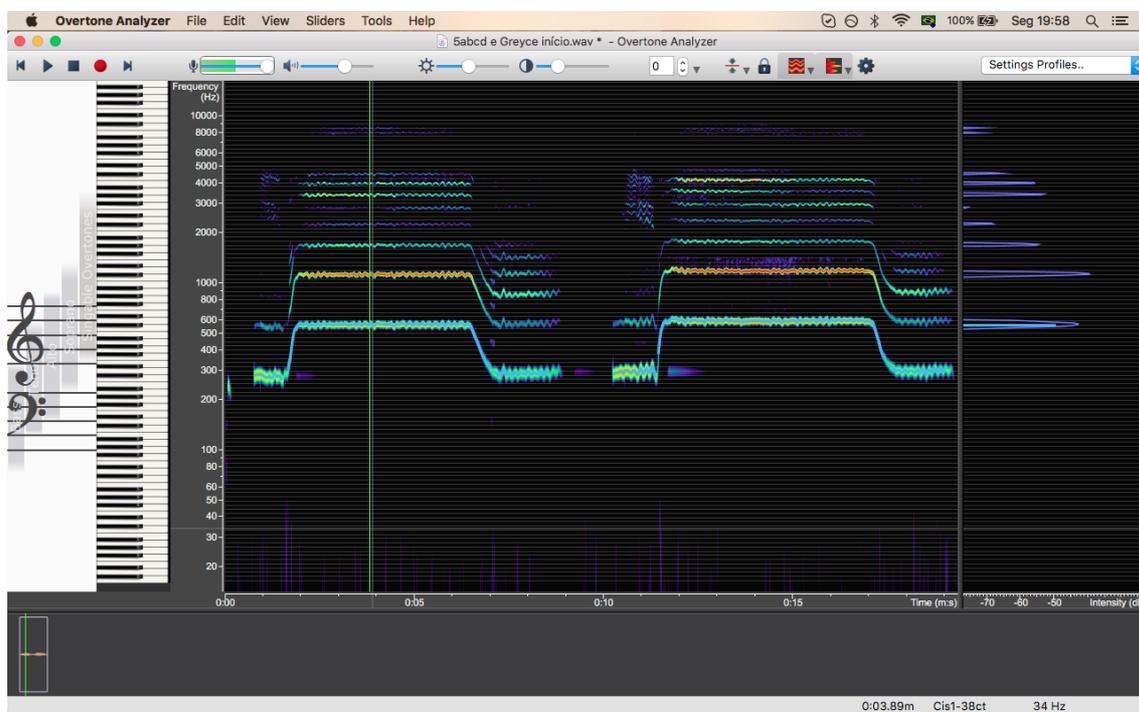


Gráfico 1e - Com feedback visual

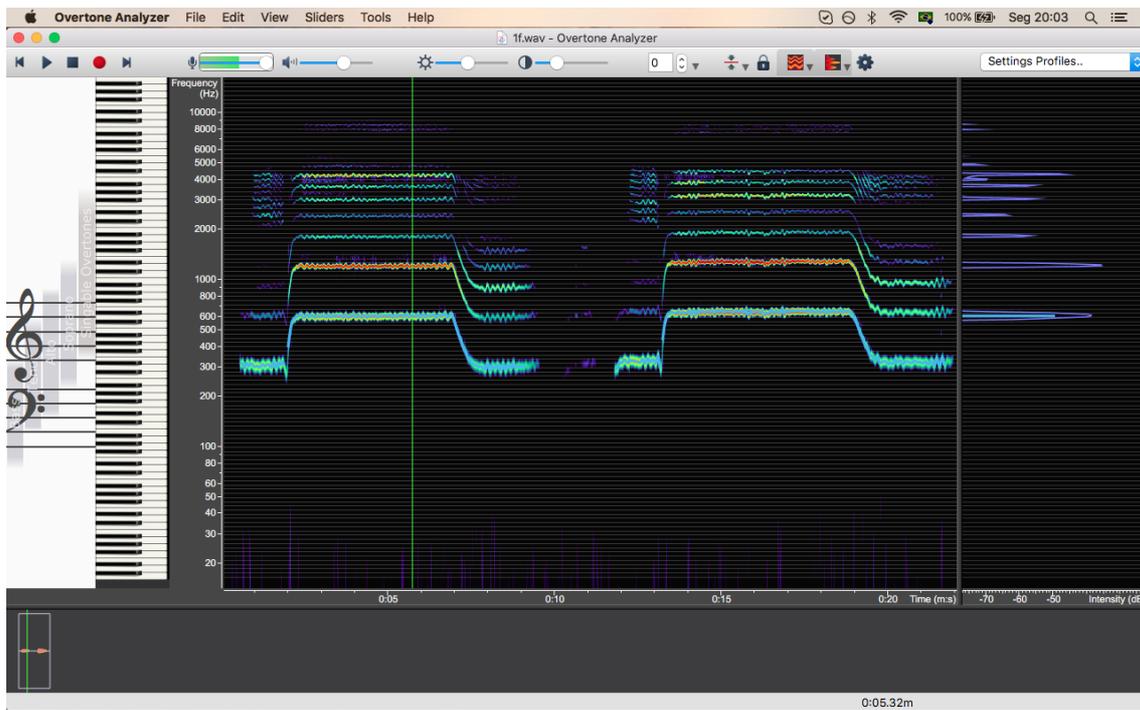


Gráfico 1f - Com feedback e com professor

## Soprano 2

### VOCALISE I

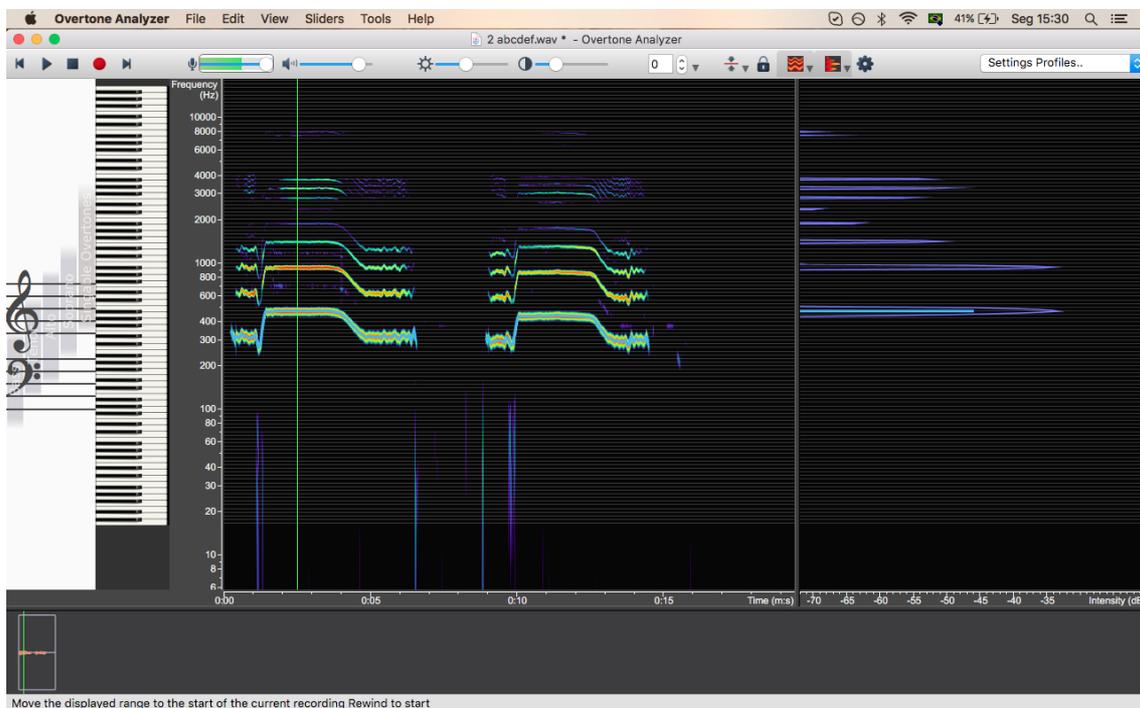


Gráfico 2a – sem feedback visual

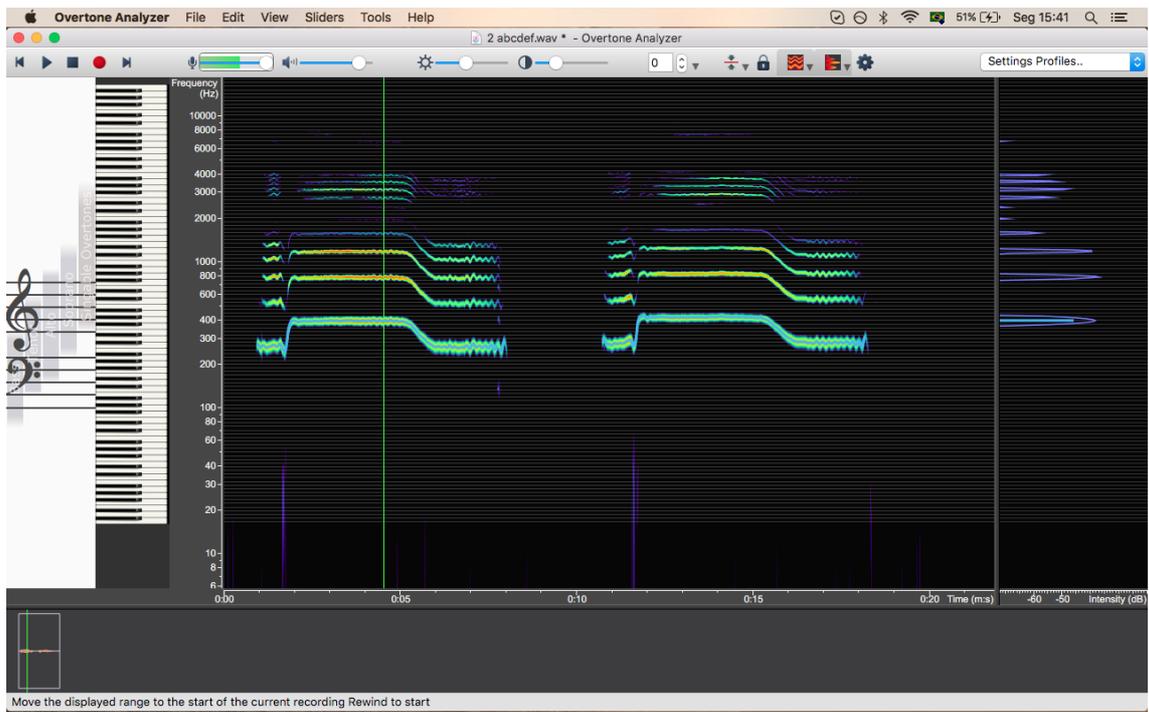


Gráfico 2b - Com feedback visual

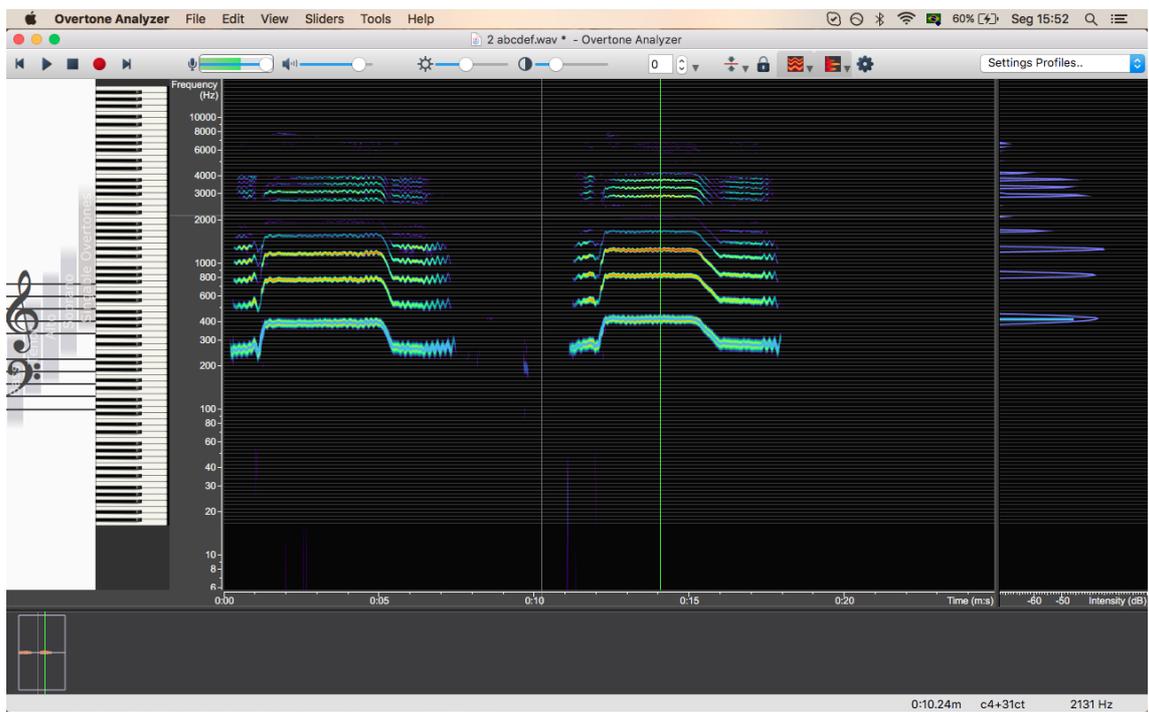


Gráfico 2c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

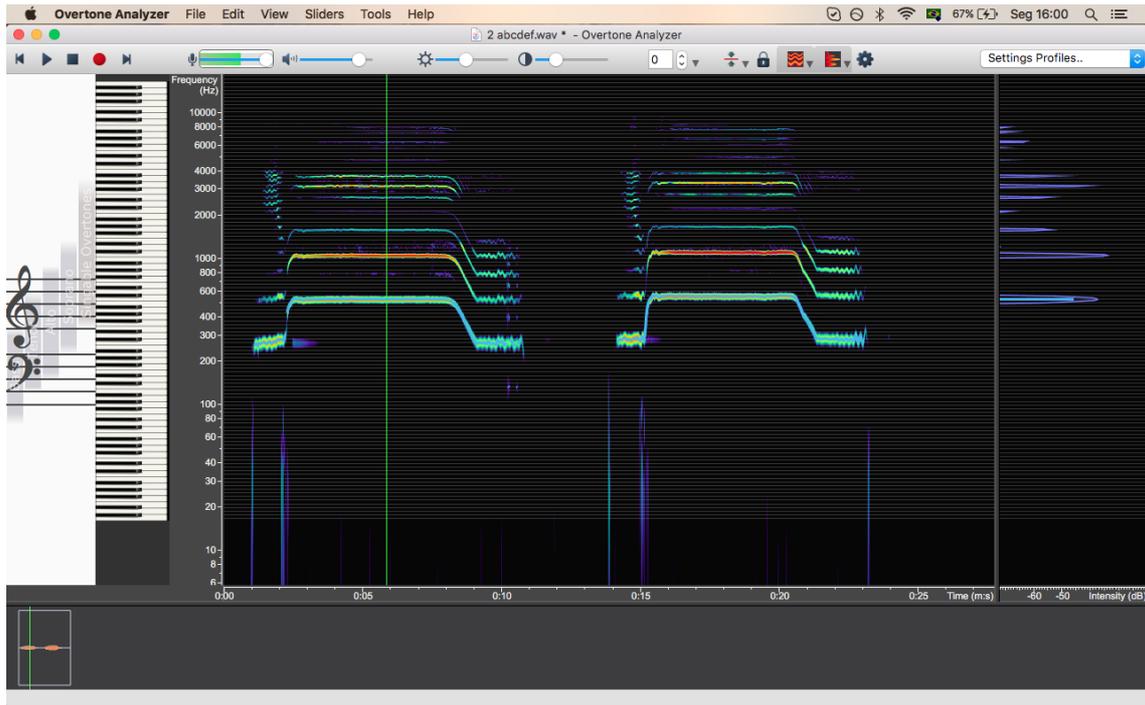


Gráfico 2d - Sem feedback visual

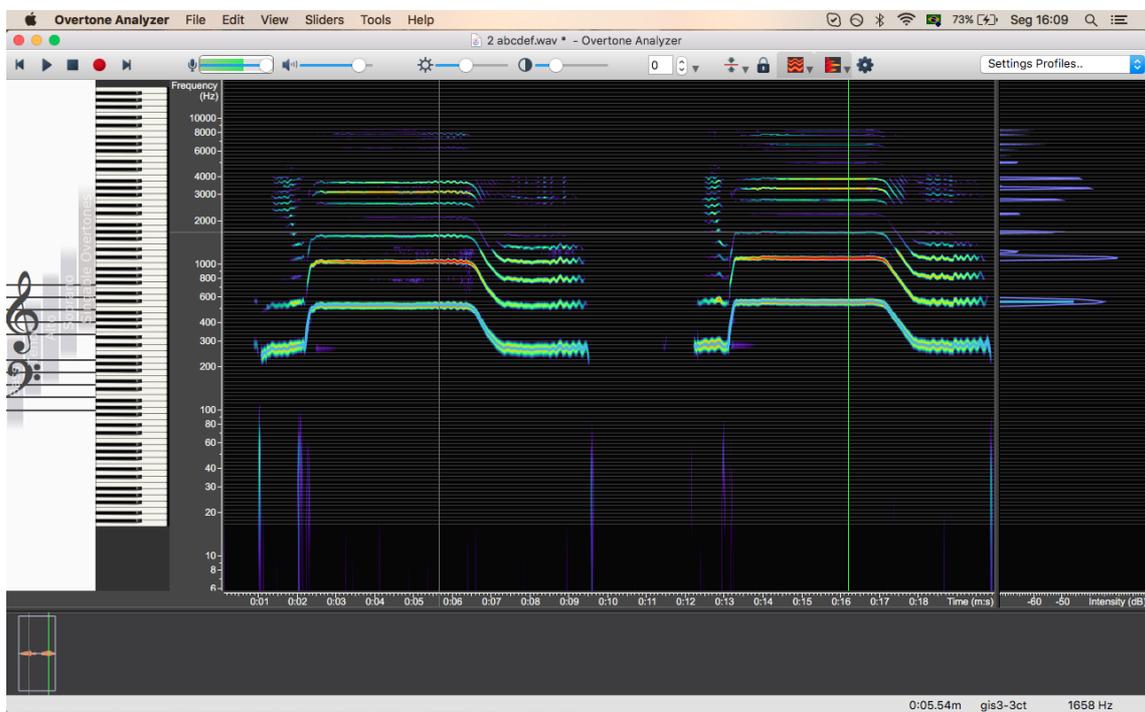


Gráfico 2e - Com feedback visual

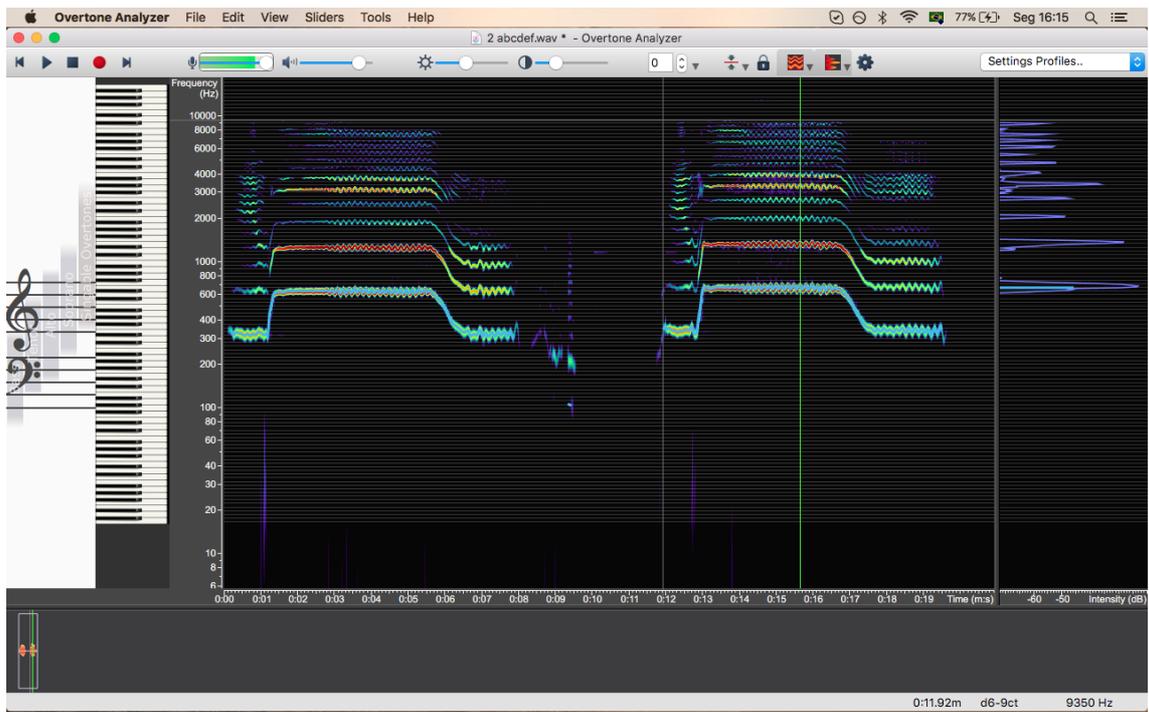


Gráfico 2f - Com feedback visual e professor

Soprano 3

VOCALISE I

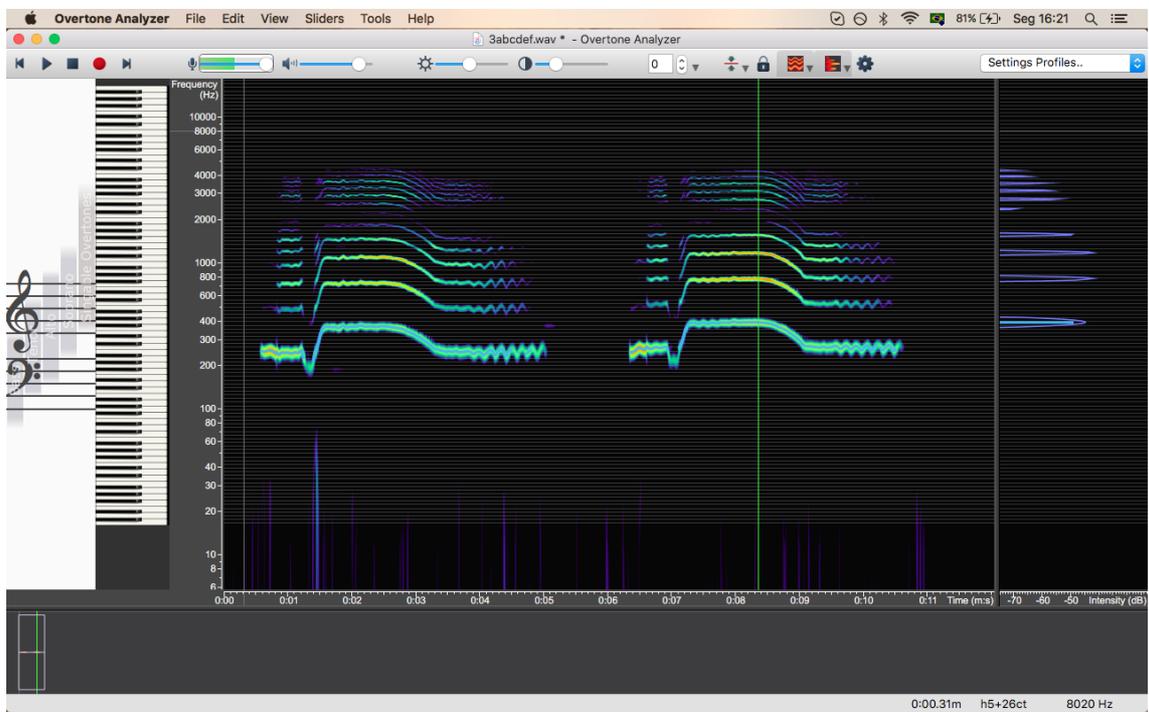


Gráfico 3a - Sem feedback visual

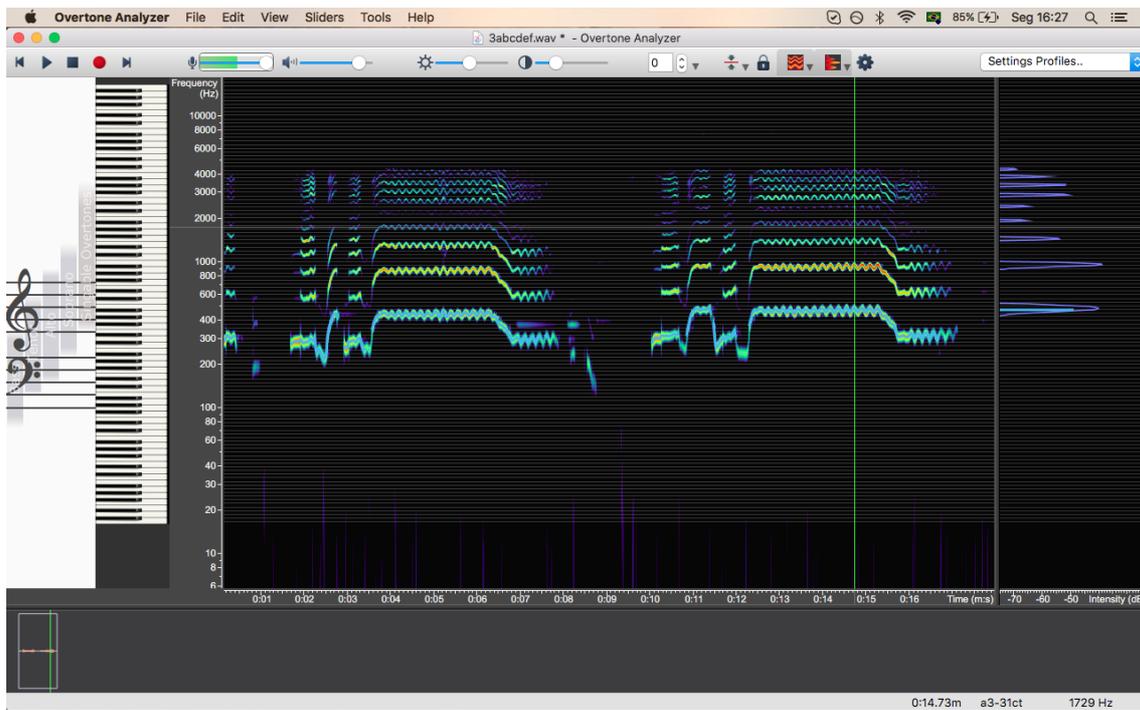


Gráfico 3b - Com feedback visual

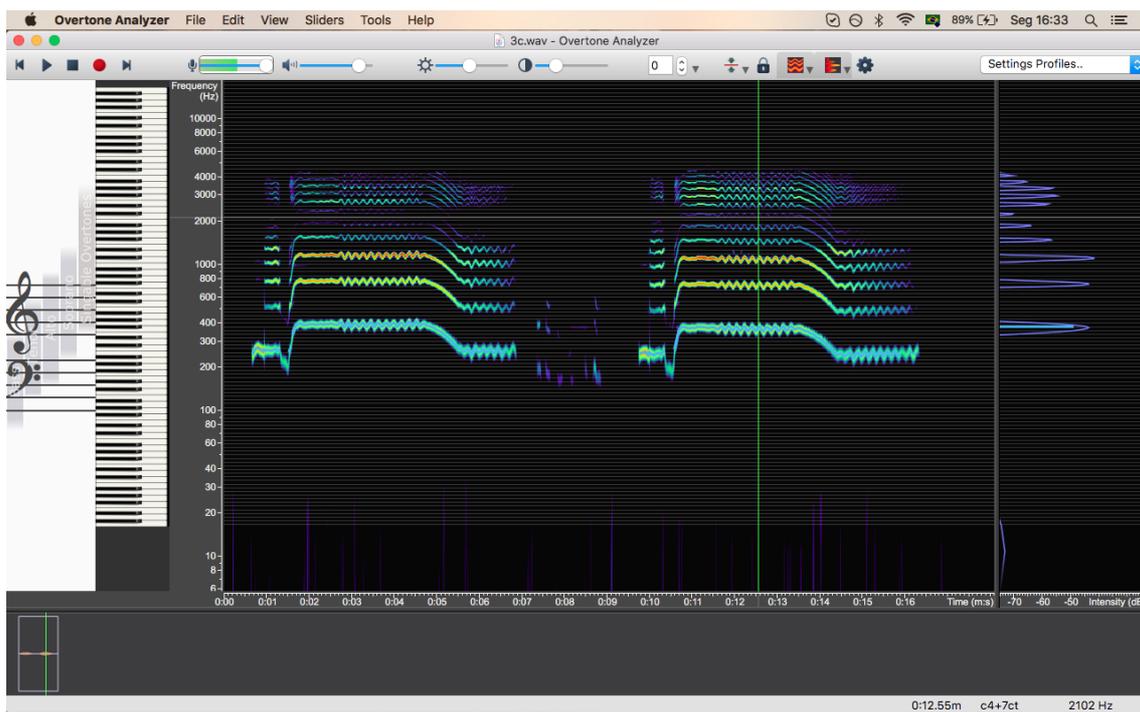


Gráfico 3c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

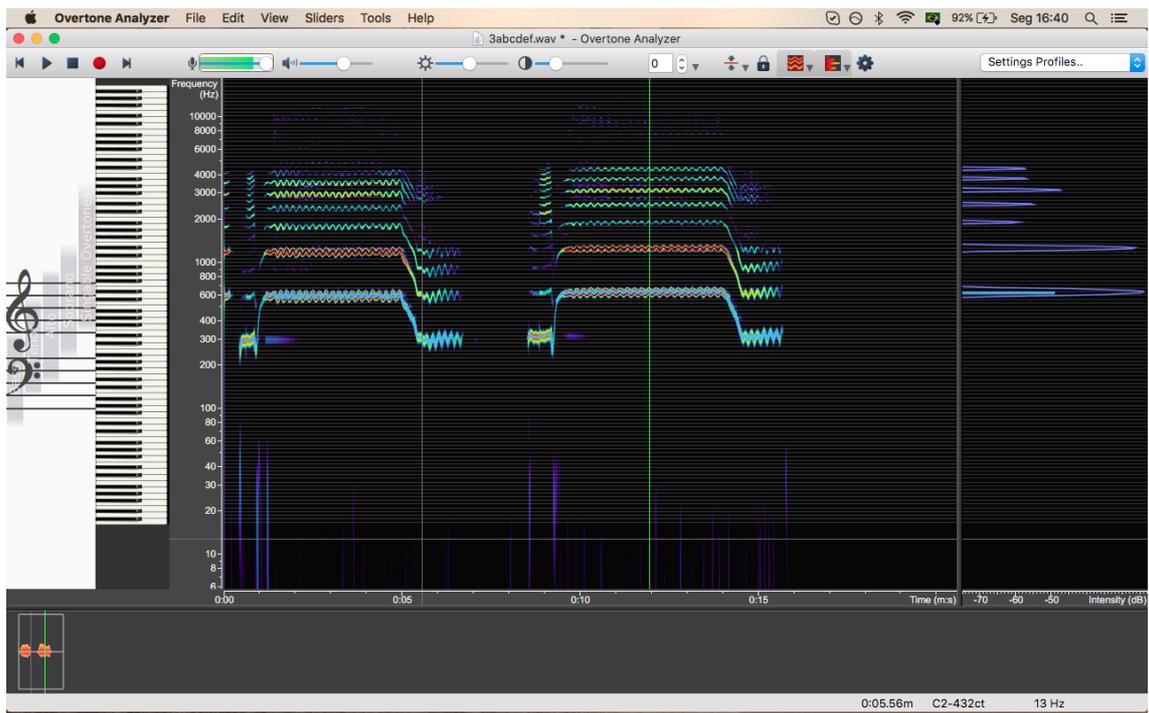


Gráfico 3d - Sem feedback visual

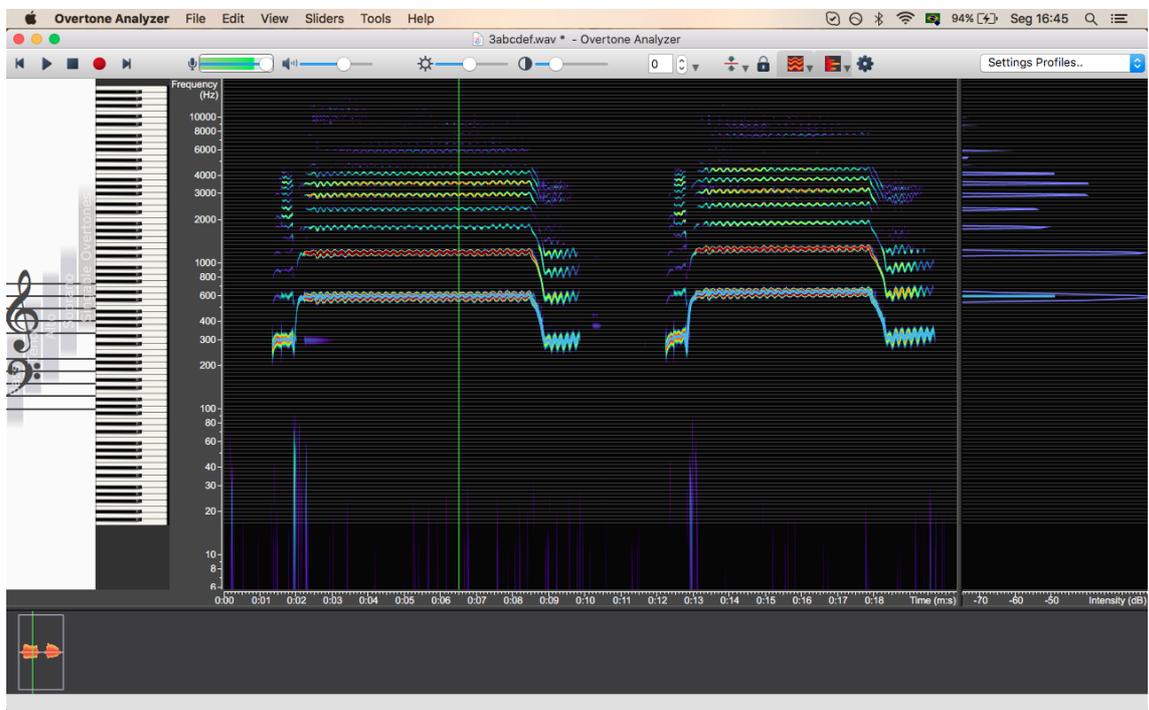


Gráfico 3e - Com feedback visual

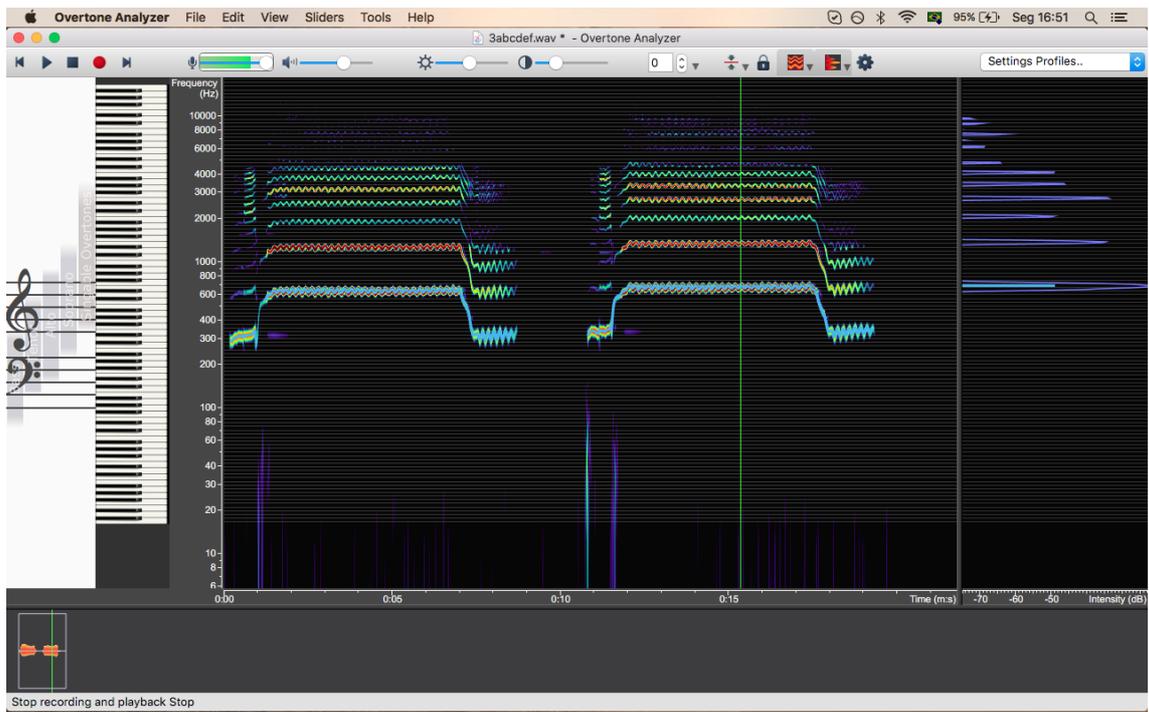


Gráfico 3f - Com feedback visual e professor

Soprano 4

VOCALISE I

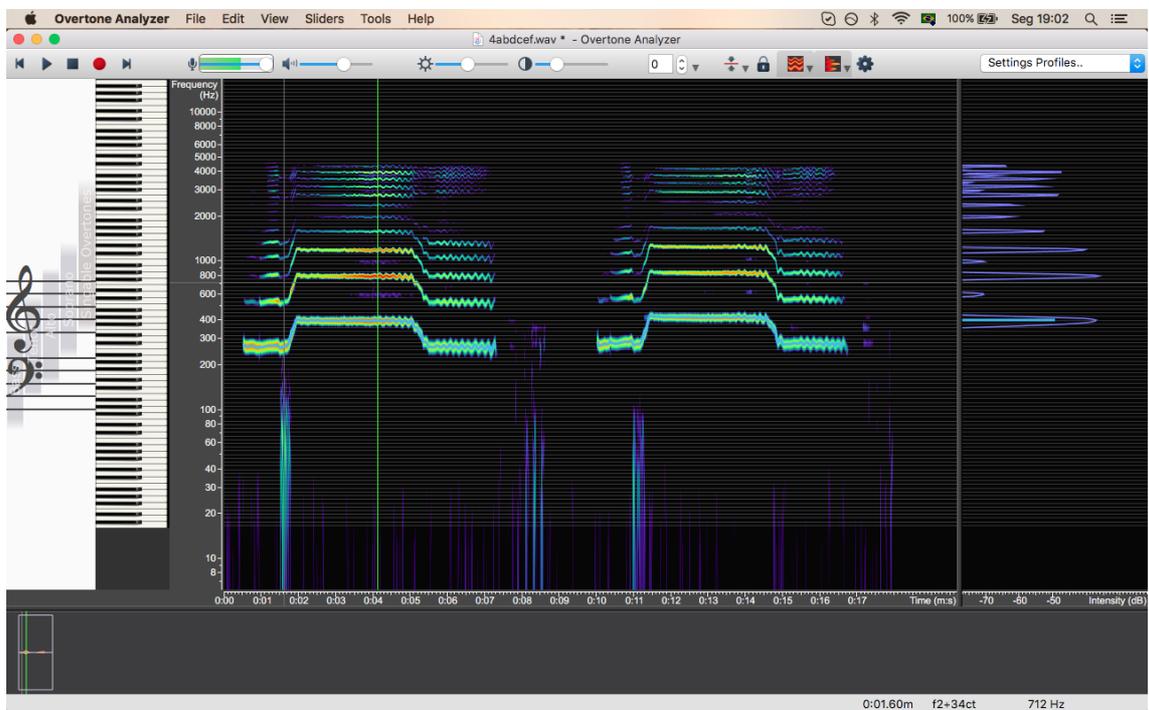


Gráfico 4a - Sem feedback visual

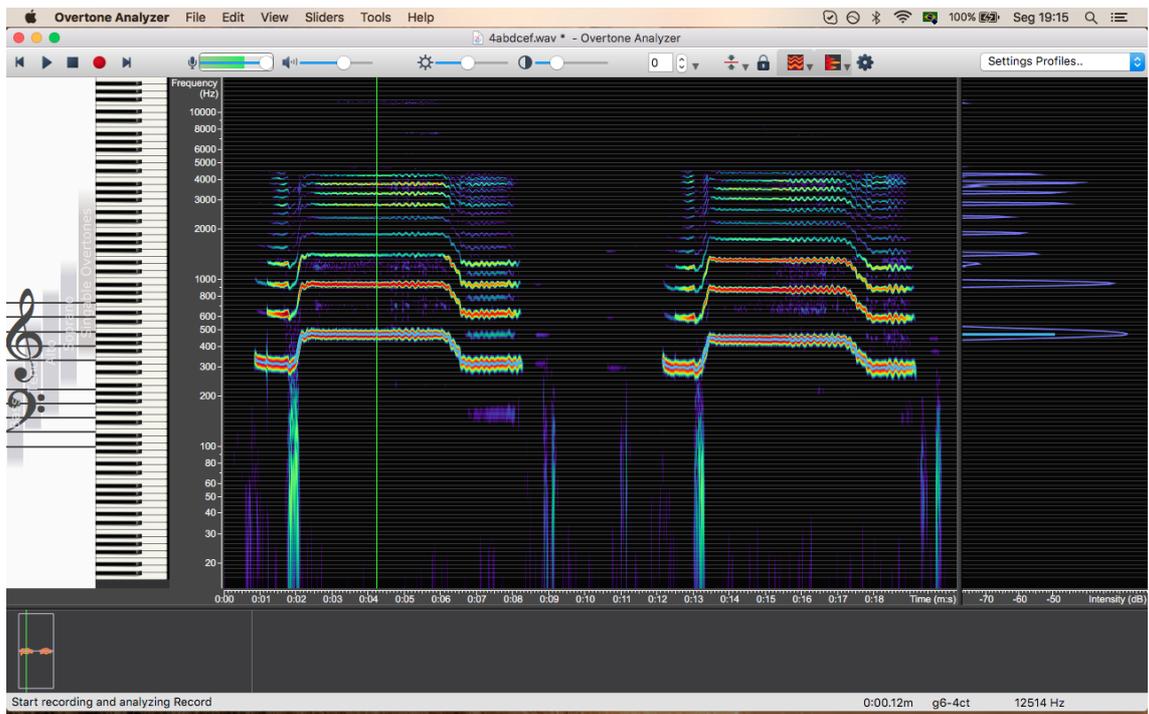


Gráfico 4b - Com feedback visual

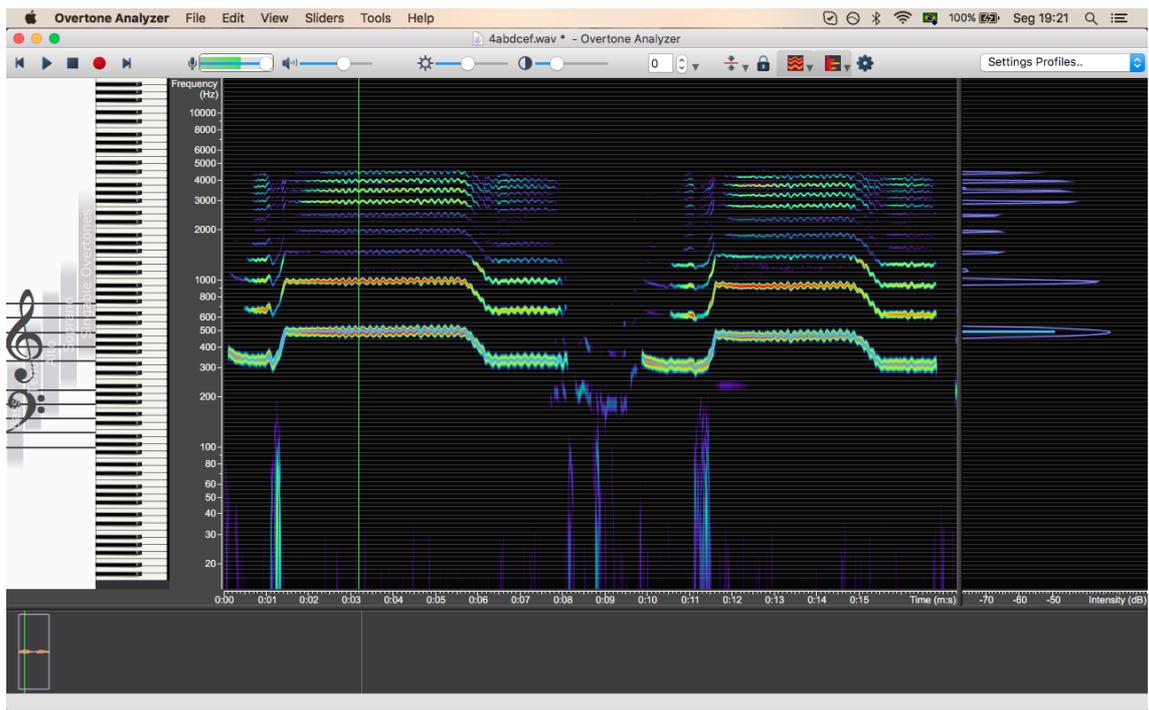


Gráfico 4c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

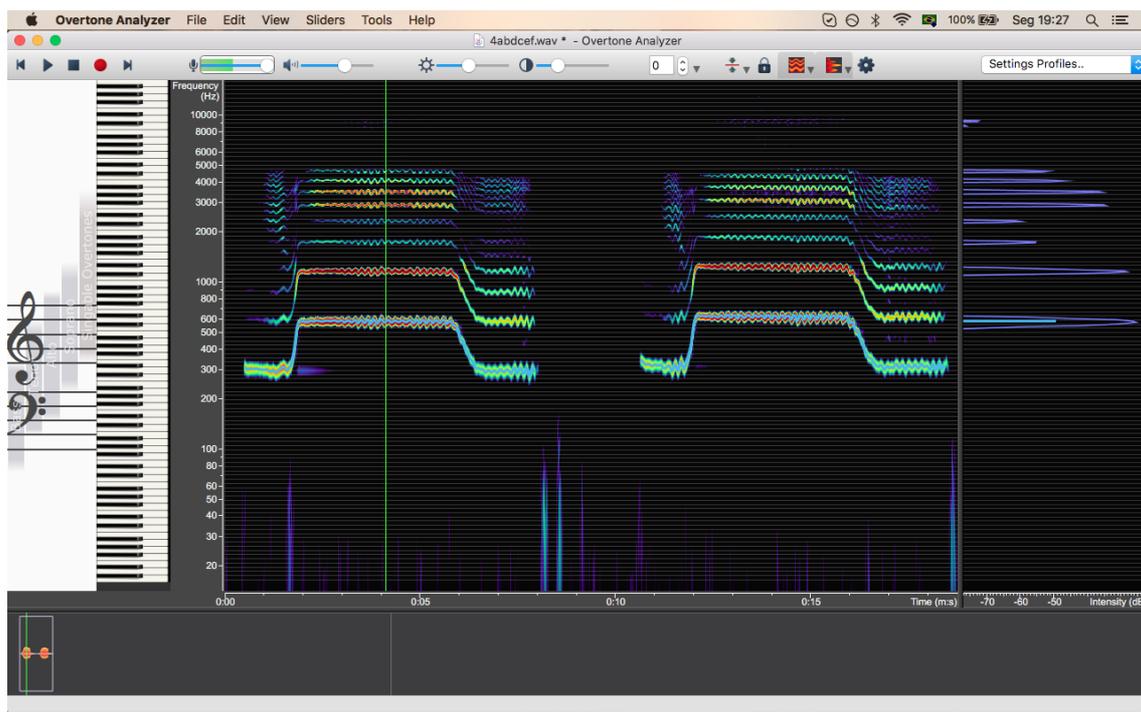


Gráfico 4d - Sem feedback visual

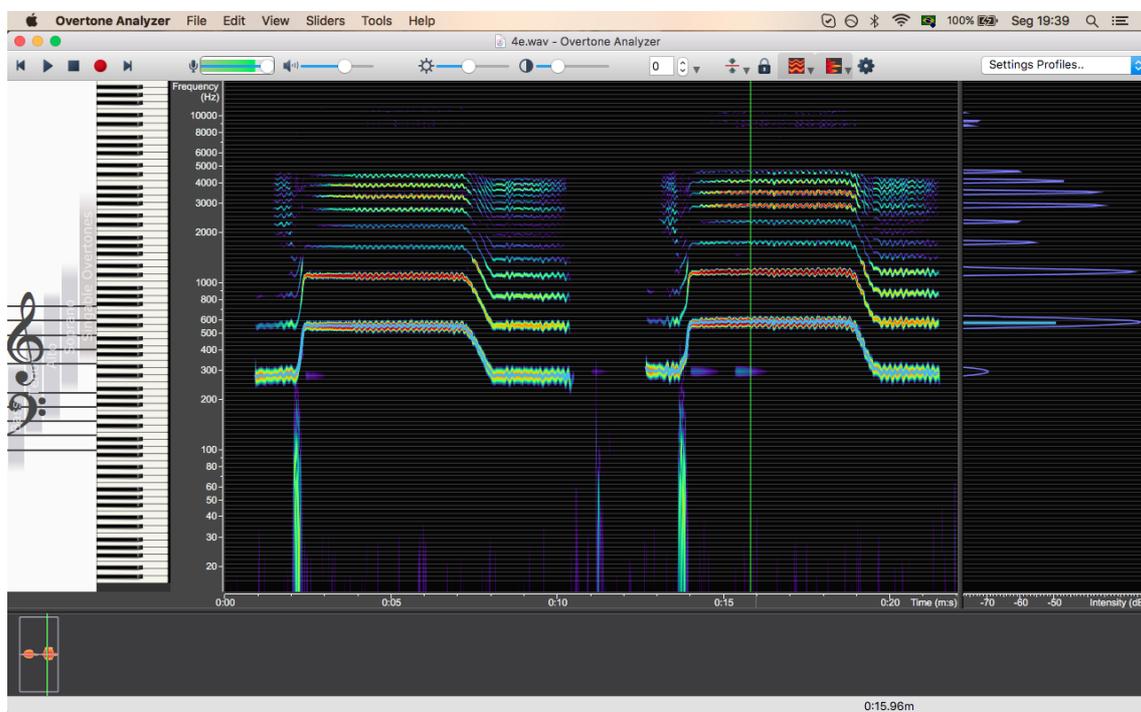


Gráfico 4e - Com feedback visual

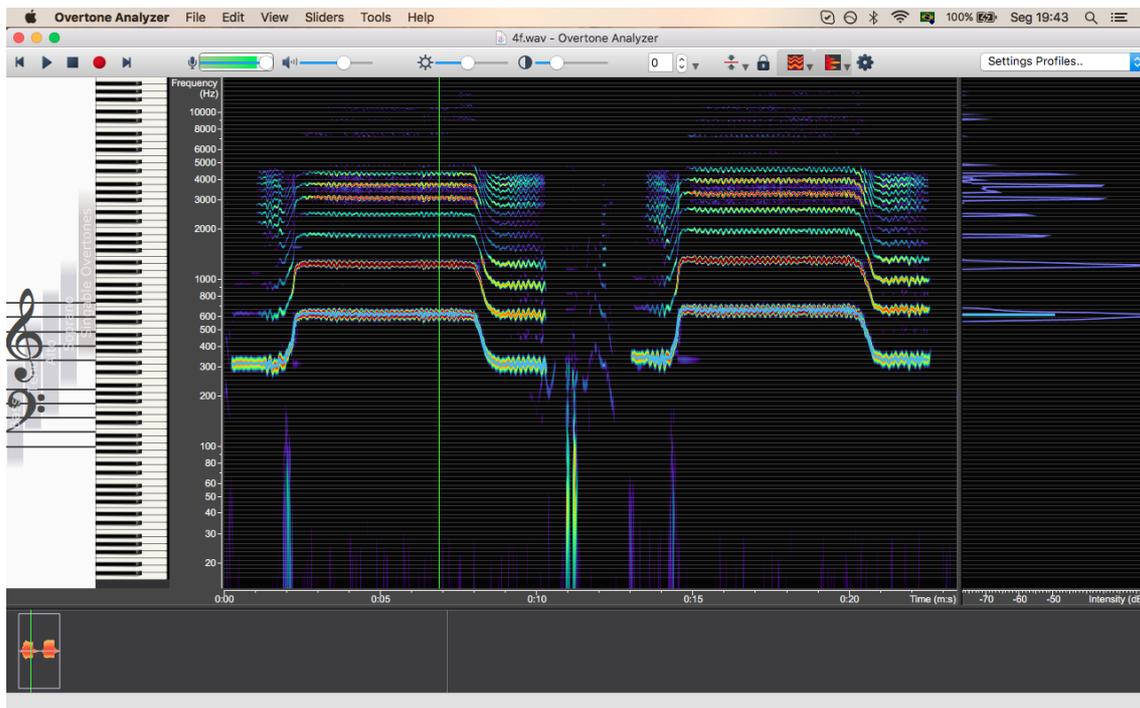


Gráfico 4f - Com feedback visual e professor

Soprano 5

VOCALISE I

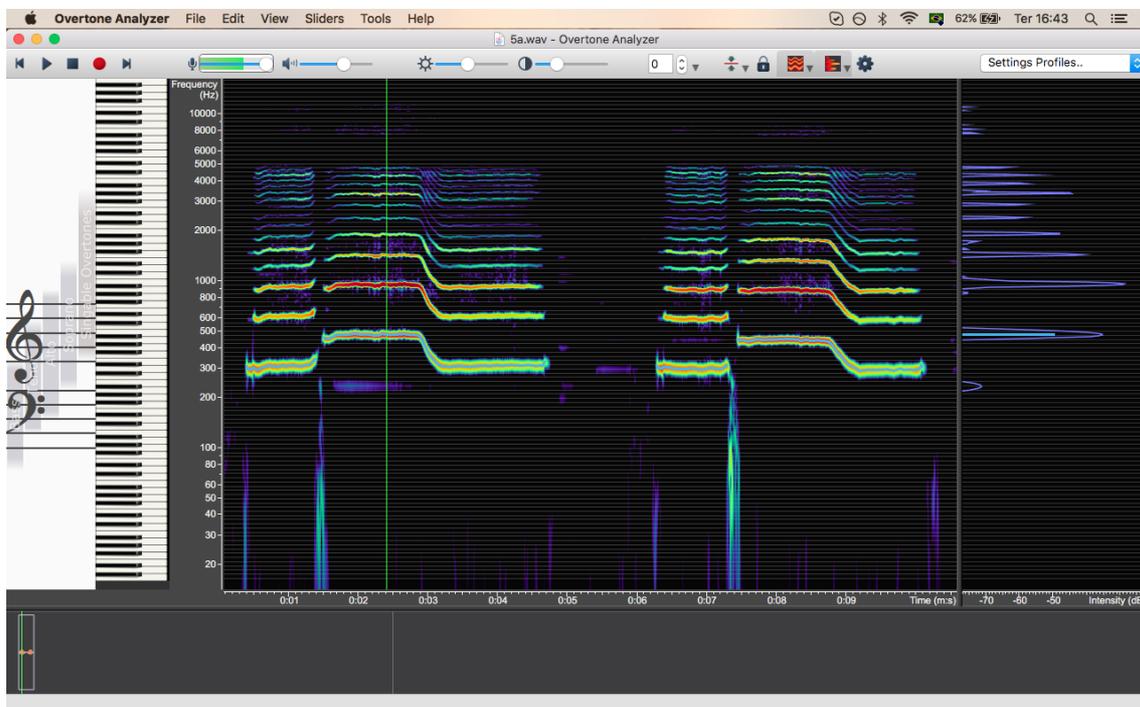


Gráfico 5a - Sem feedback visual

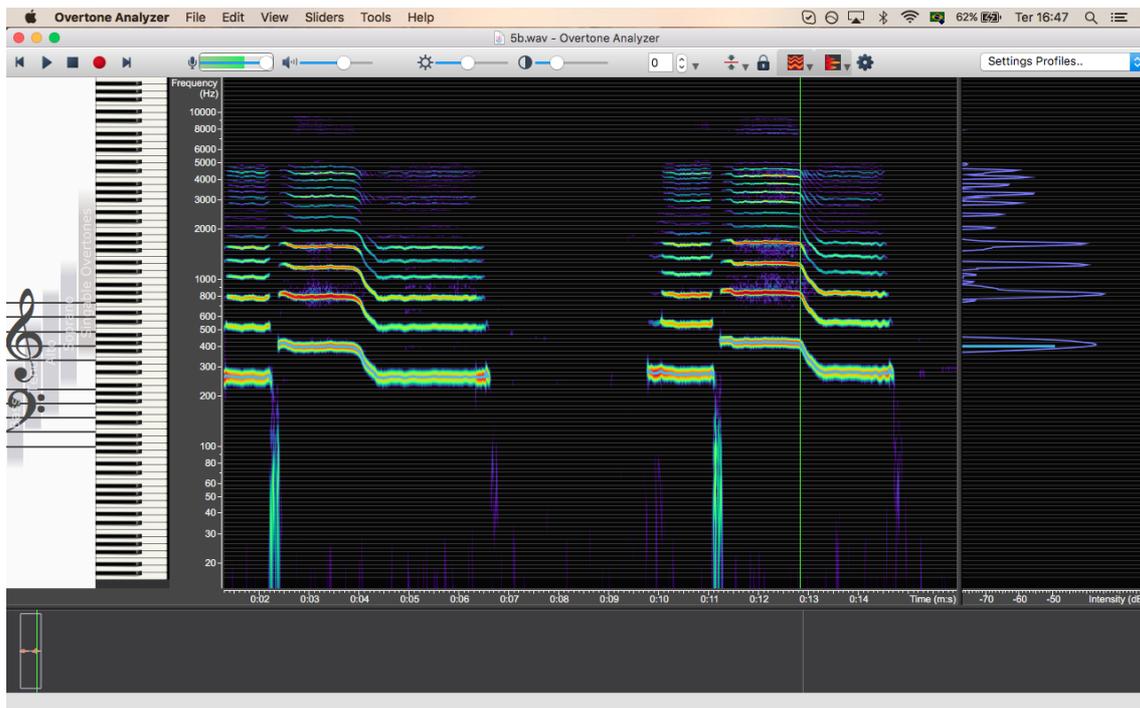


Gráfico 5b- Com feedback visual

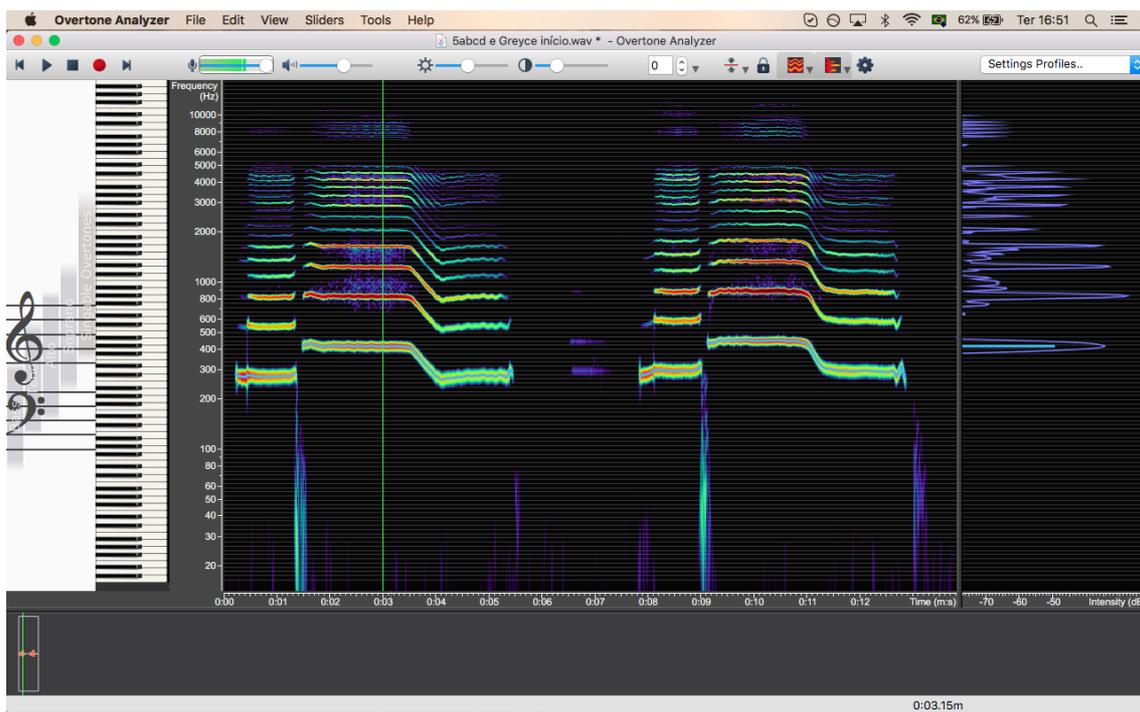


Gráfico 5c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

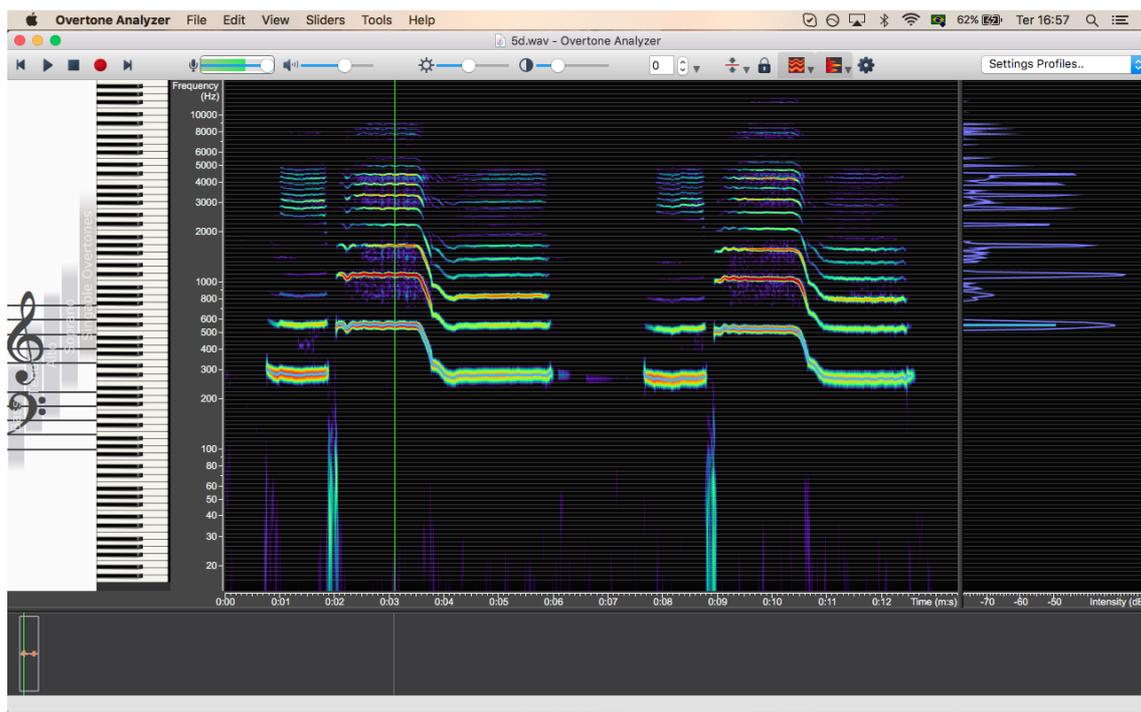


Gráfico 5d - Sem feedback visual

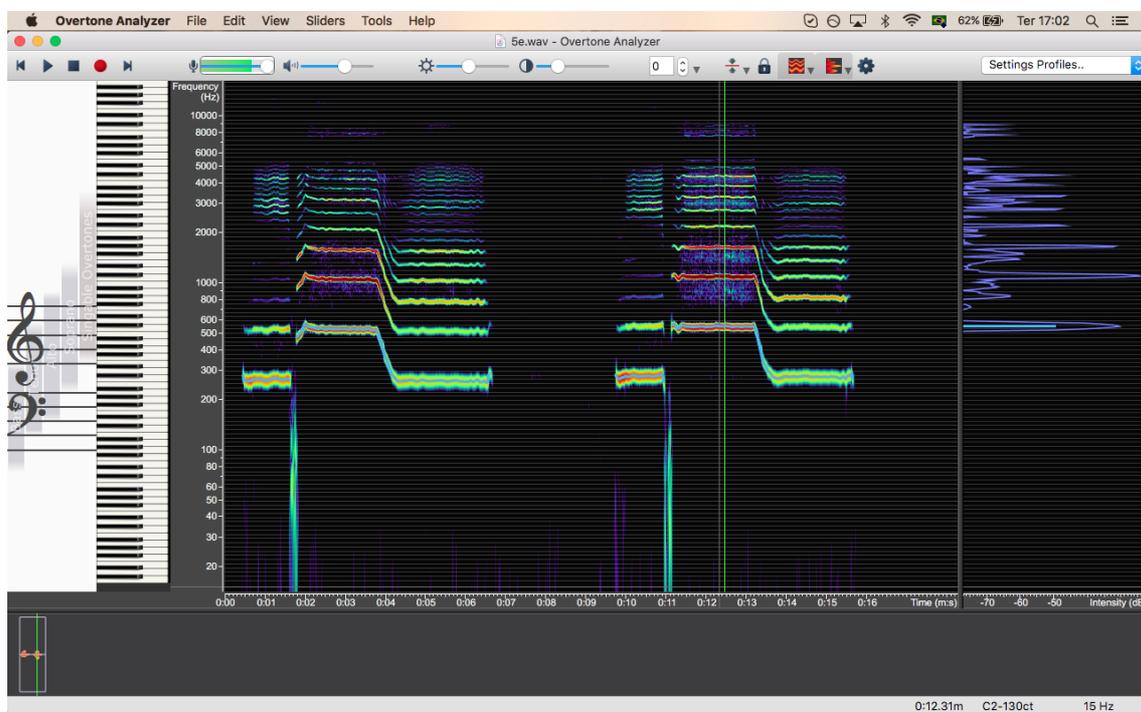


Gráfico 5e - Com feedback visual

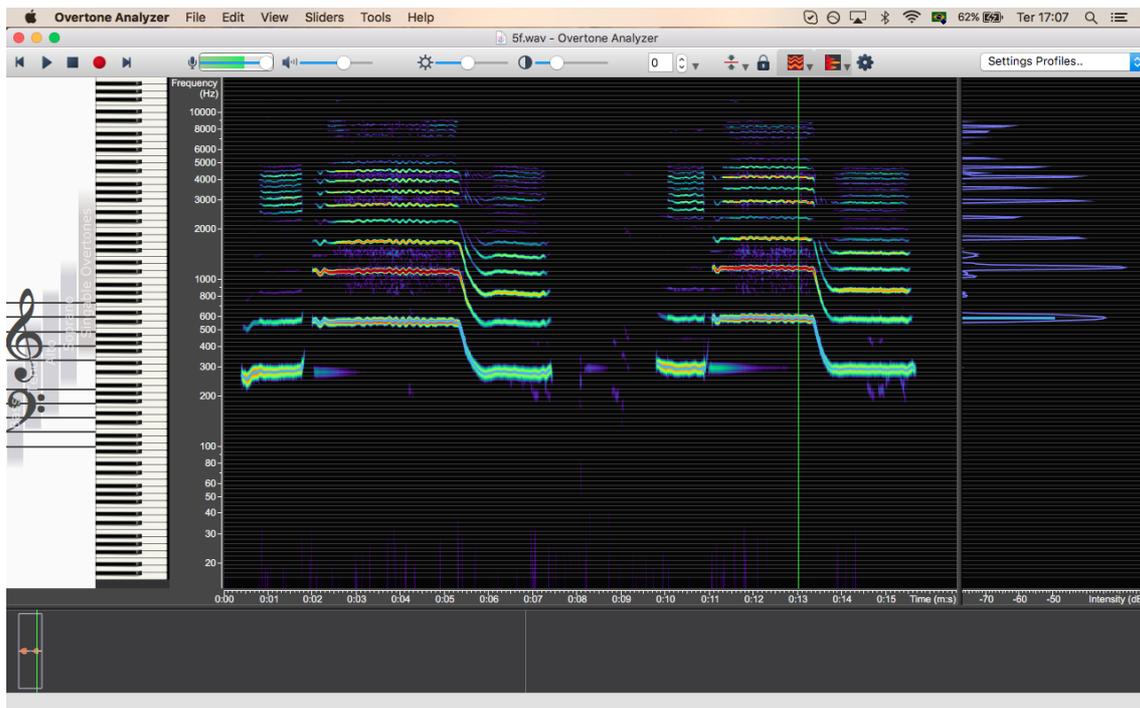


Gráfico 5f - Com feedback visual e professor

Soprano 6

VOCALISE I

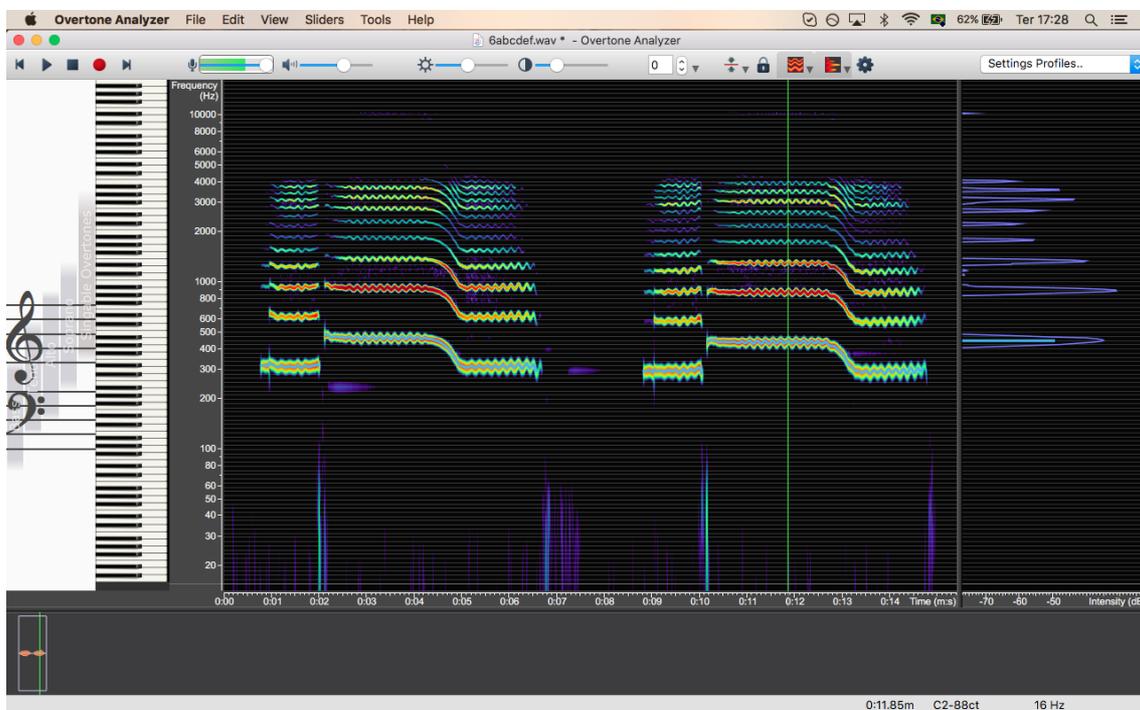


Gráfico 6a - Sem feedback visual

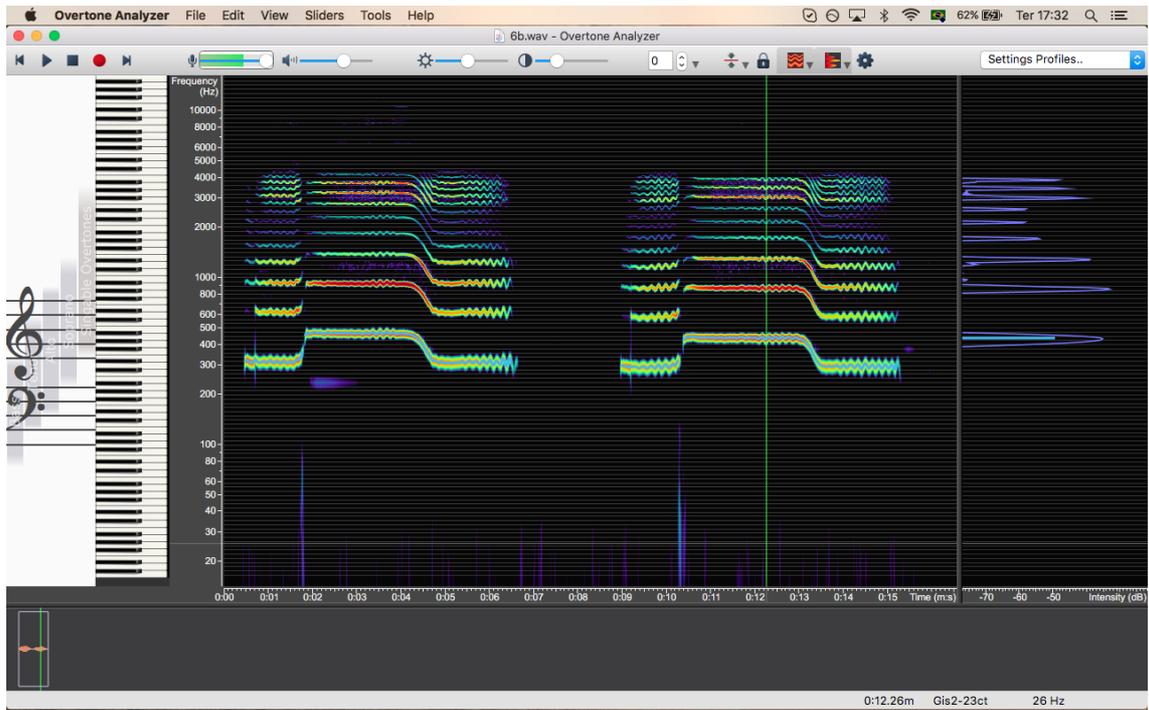


Gráfico 6b - Com feedback visual

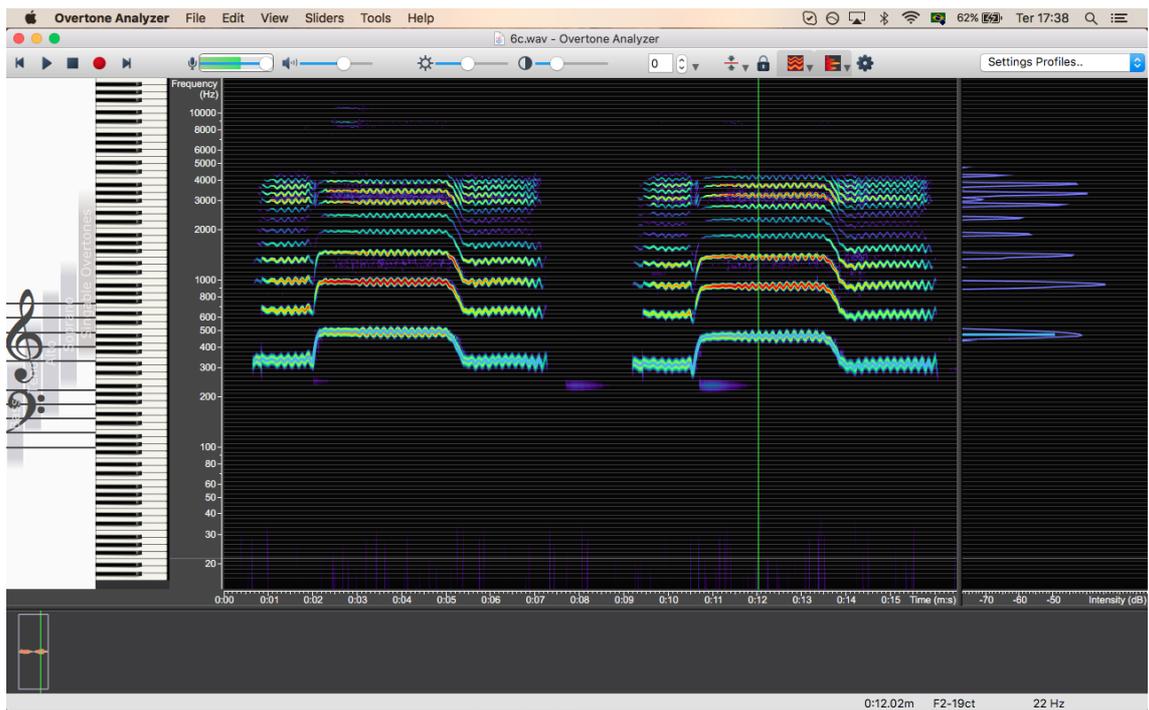


Gráfico 6c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

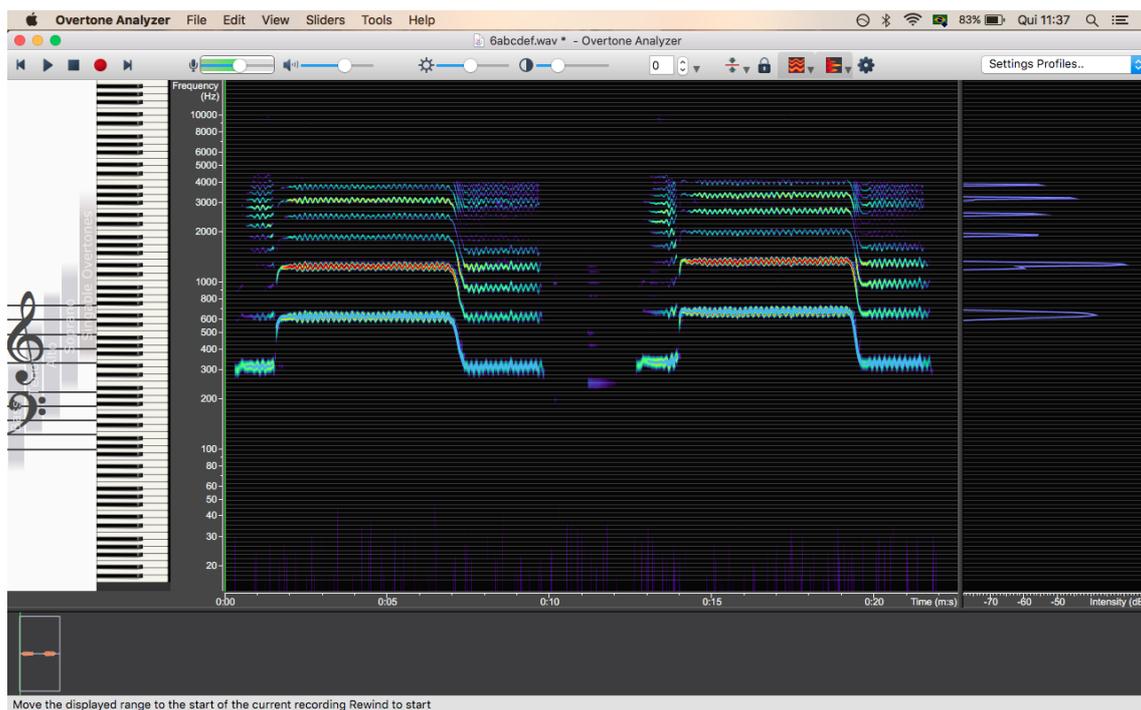


Gráfico 6d - Sem feedback visual

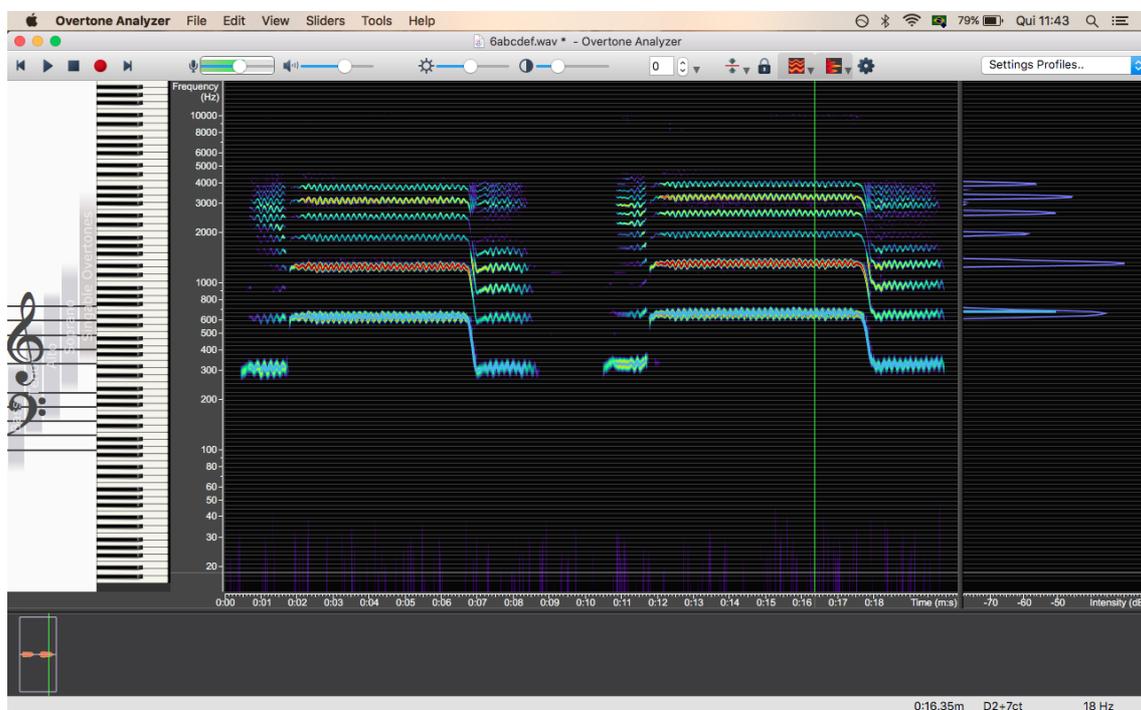


Gráfico 6e - Com feedback visual

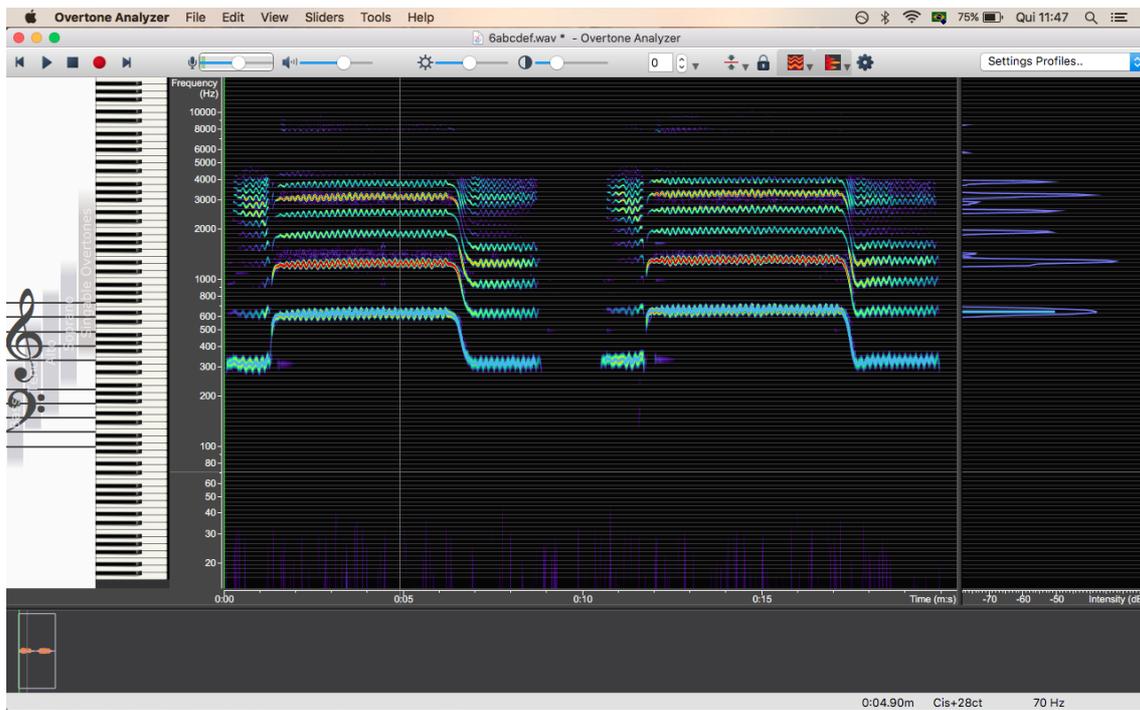


Gráfico 6f - Com feedback e professor

Soprano 7

VOCALISE I

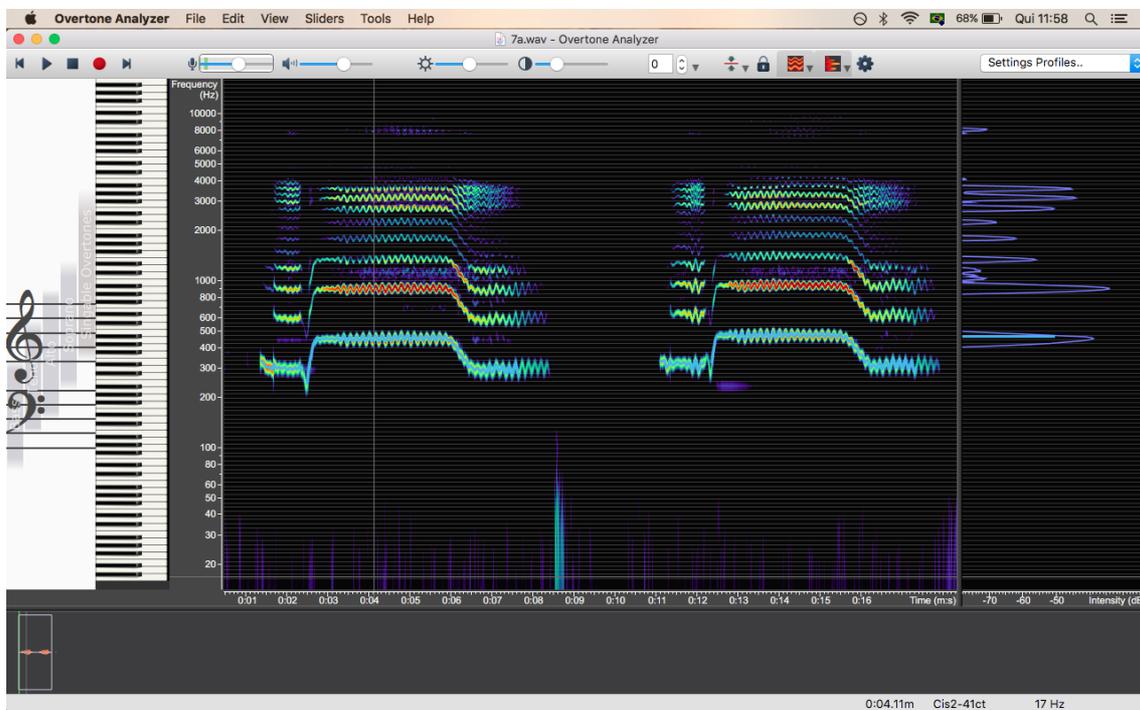


Gráfico 7a - Sem feedback visual

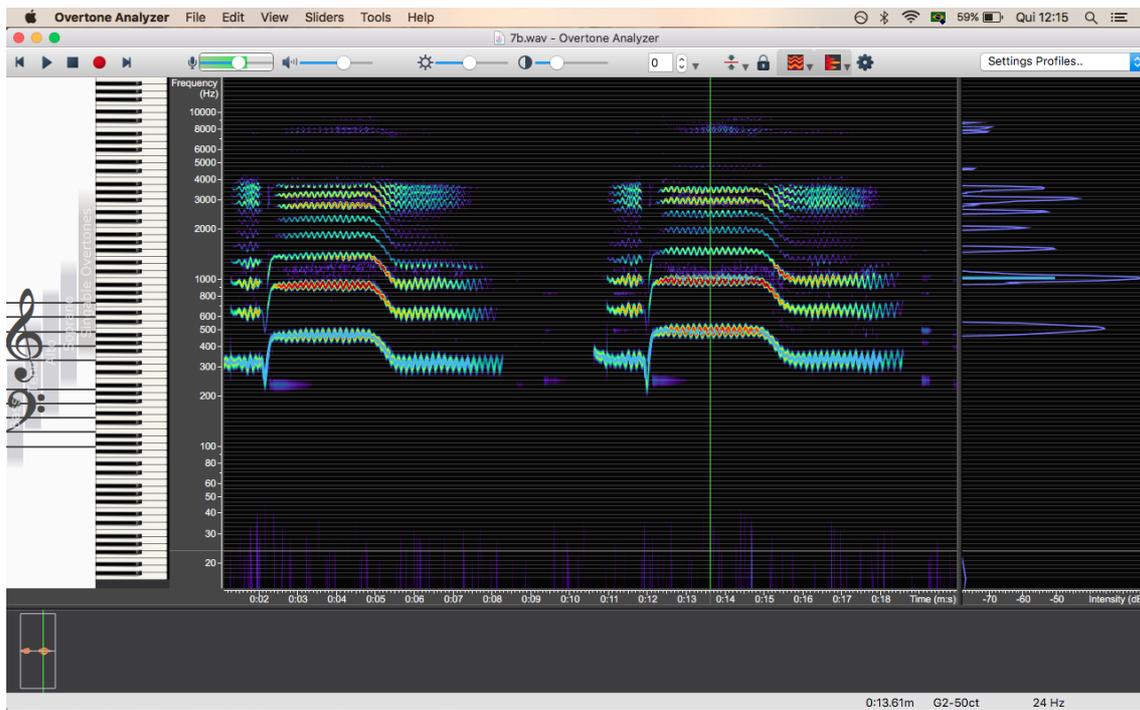


Gráfico 7b - Com feedback visual

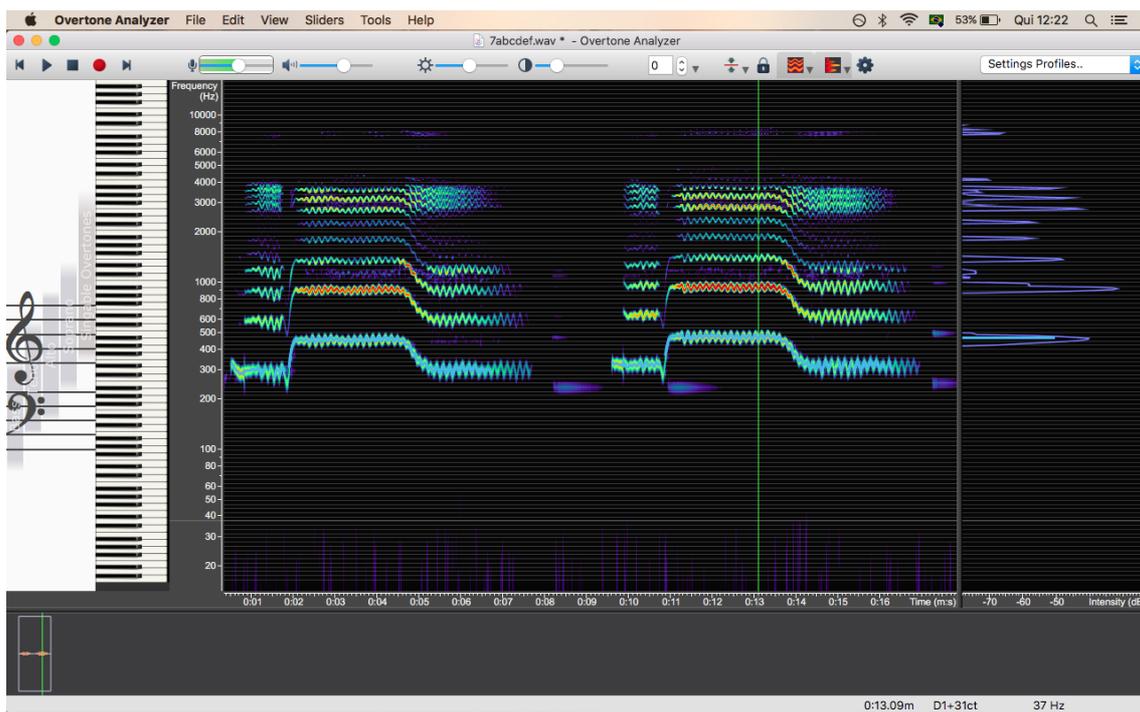


Gráfico 7c - Com feedback visual e professor

## VOCALISE II

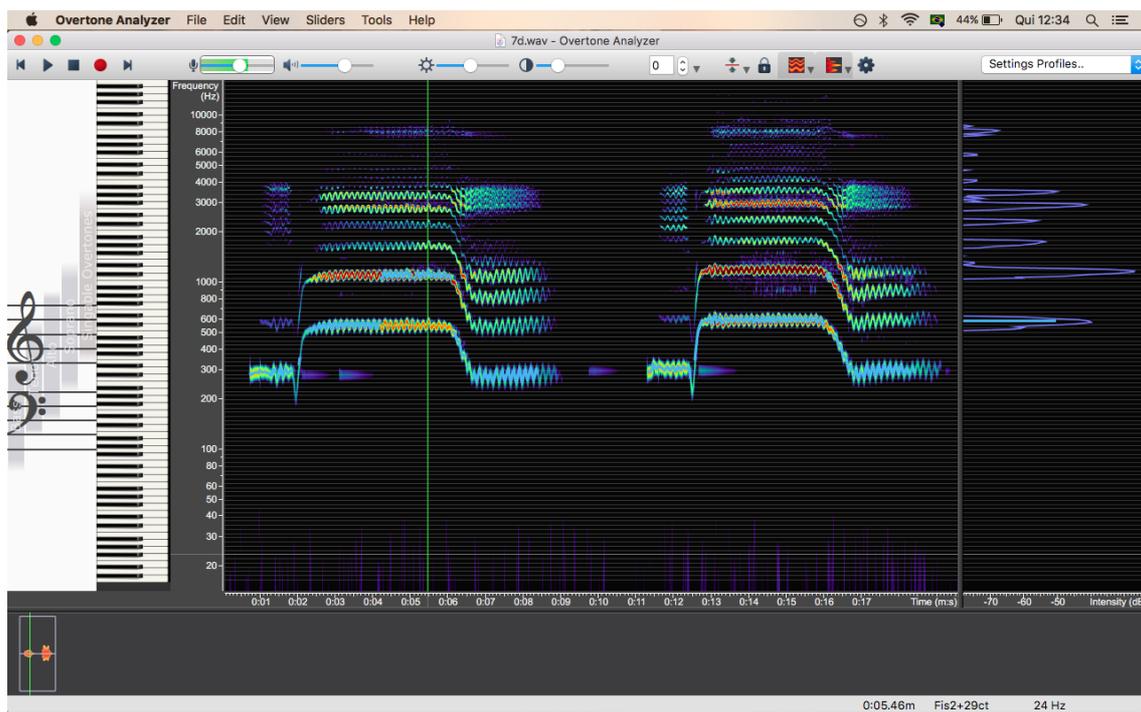


Gráfico 7d - Sem feedback visual

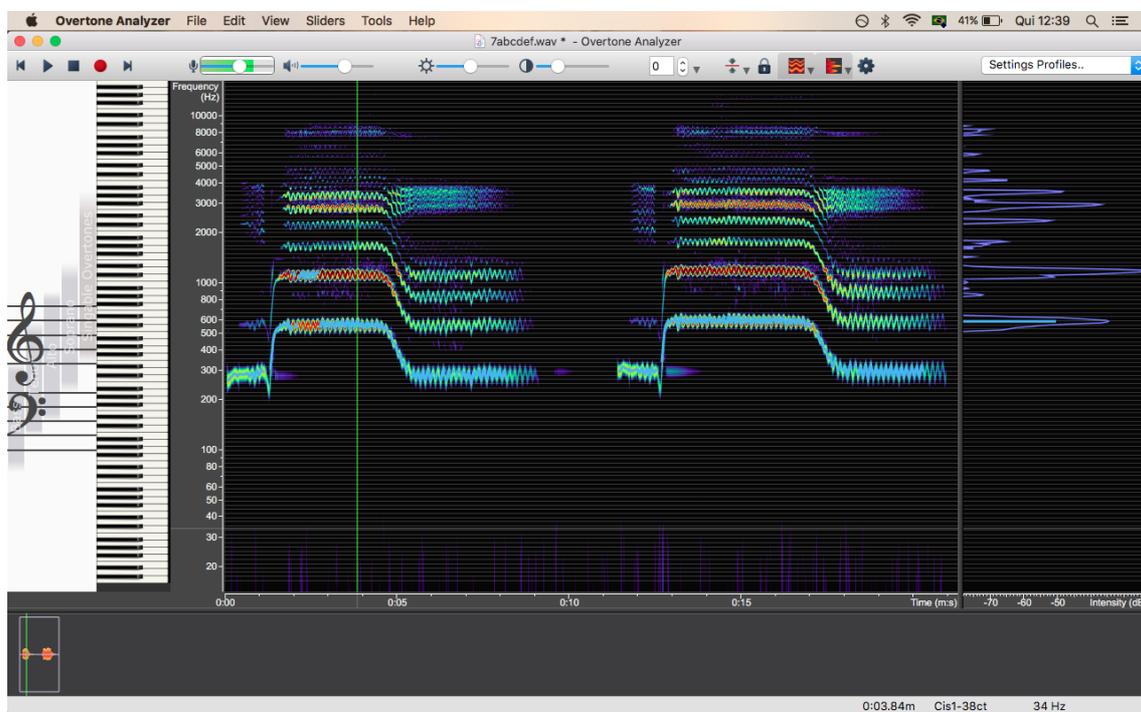
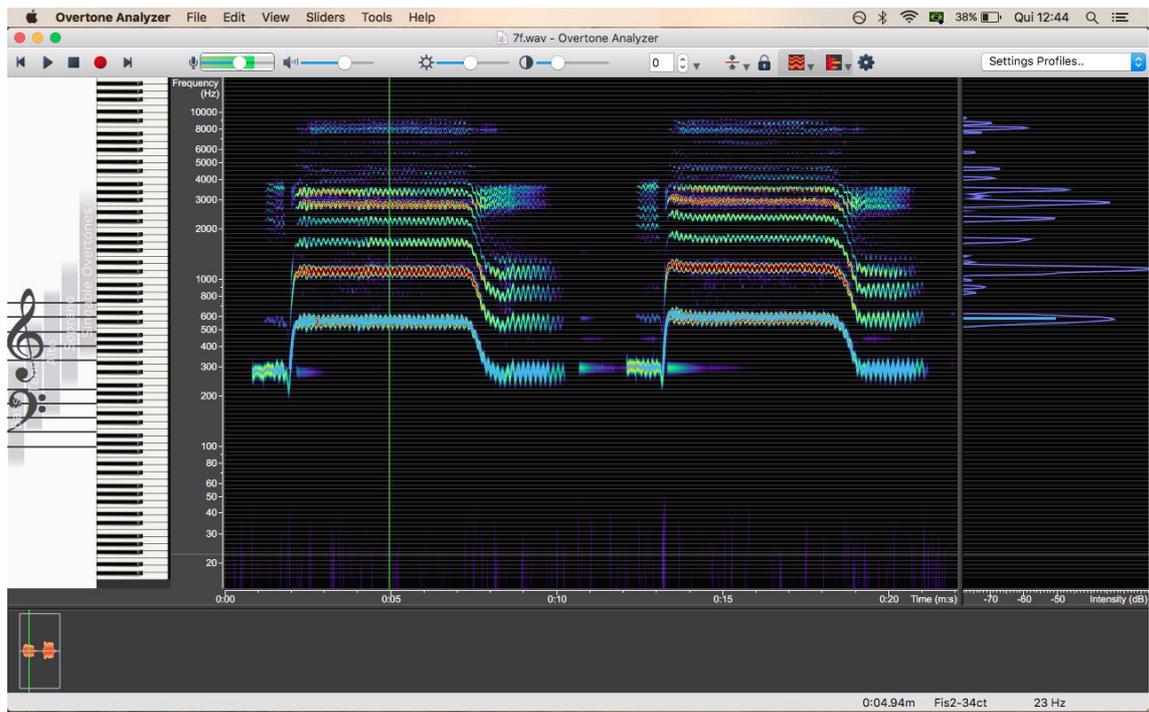


Gráfico 7e - Com feedback visual



*Gráfico 7f - Com feedback visual e professor*