

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

FERNANDO BRAGA CAMPOS

**A REGIÃO GRAVE DO ESPECTRO SONORO:  
ASPECTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS NA PRODUÇÃO MUSICAL**

Belo Horizonte  
Dezembro de 2013

FERNANDO BRAGA CAMPOS

**A REGIÃO GRAVE DO ESPECTRO SONORO:  
ASPECTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS NA PRODUÇÃO MUSICAL**

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado em Música da Universidade  
Federal de Minas Gerais como requisito  
parcial à obtenção do título de Mestre em  
Música.

Linha de Pesquisa: Sonologia.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Freire Garcia

Belo Horizonte

2013

C198r

Campos, Fernando Braga

A região grave do espectro sonoro [manuscrito]: aspectos teóricos e práticos na produção musical. /  
Fernando Braga Campos. – 2013.  
151 f., enc.; il.+ 1 CD

Orientador: Sérgio Freire Garcia.

Linha de pesquisa: Sonologia.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Música.

Inclui bibliografia.

1. Música - Teses. 2. Gravação musical. 3. Som - Registro e reprodução I. Freire, Sérgio. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Música. III. Título.

CDD: 789.98



Universidade Federal de Minas Gerais  
Escola de Música  
Programa de Pós-Graduação em Música

Dissertação defendida pelo aluno FERNANDO BRAGA CAMPOS, em 09 de dezembro de 2013, e aprovada pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

---

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

---

Prof. Dr. Hani Camille Yehia  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Jalver Machado Bethônico  
Universidade Federal de Minas Gerais

---

Prof. Dr. Mauro Rodrigues  
Universidade Federal de Minas Gerais

## Agradecimentos

Agradeço ao Sérgio, responsável por despertar e nutrir minha curiosidade pelo áudio desde a graduação e por aceitar o desafio de me orientar em minha primeira aventura como pesquisador. À minha mãe, meu pai, e meus irmãos pela contribuição inestimável e suporte, ajudando sempre que possível e, quando impossível, nas palavras de apoio. Aos funcionários, professores e alunos da Escola de Música da UFMG, pessoas com quem convivo diariamente há mais de 10 anos. Um salve ao Henrique, por ter segurado a barra no Estúdio, realizando as gravações quando não pude. Aos parceiros do Girau e do Derivasons pela compreensão. Aos colegas do áudio e da música, com quem compartilho a paixão que nos consome dias e dias de trabalho intenso. Dentre estes últimos, agradeço imensamente aos que se dispuseram a participar desta pesquisa, doando seus conhecimentos em troca de um muito obrigado. São, sem sombra de dúvida, coautores deste trabalho. Por fim, agradeço à Ana e Samira, que renovam minha alegria todos os dias ao acordar.

Dedico este trabalho à minha família

. sou um  
.. dos  
... três  
..ou quatro  
..que cinco  
....às seis da tarde,

e assim, sucessivamente...

...

## Resumo

Este trabalho é uma abordagem teórico-prática sobre os principais conhecimentos necessários aos profissionais de áudio para a captação e manipulação de sons graves, mais especificamente aqueles que contém grande parte de sua energia concentrada nas três primeiras oitavas do espectro sonoro (20Hz a 160Hz). Com enfoque na prática profissional da produção musical, foram compiladas e relacionadas informações de diferentes áreas do conhecimento como acústica, elétrica e psicologia cognitiva. Como procedimentos metodológicos foram realizados questionários, entrevistas e um experimento junto aos profissionais da área no intuito de que seus conhecimentos empíricos figurassem como componente importante dessa construção. Como resultados temos o perfil de uma parcela dos profissionais que atuam no campo do áudio em Belo Horizonte, suas perspectivas de desenvolvimento e um compêndio de conhecimentos e experiências significativas sobre suas práticas e formação.

Palavras-chave: produção musical, sons graves, áudio e música, gravação, *mixagem*, formação profissional.



## Abstract

This is a practical theoretical work about the necessary knowledge that an audio professional should have to capture and manipulate sounds that reach the low end of the spectrum, more specifically, those that concentrate most of its energy on the three first octaves of the audible range (20Hz to 160Hz). Focused on the professional praxis of music production, information from a myriad of fields as acoustics, electronics and cognitive psychology were gathered and related to the subject. Surveys and interviews were realized with audio professionals as to give to their empirical knowledge a main role on the structural basis of the text. As results we have got a profile of Belo Horizonte's audio professionals, their perspectives and a collection of what they state as being important experiences to their audio education.

Keywords: music production, low-end sounds, audio and music, recording, mixing, professional education.

## TABELAS

Tabela 1 - Referências absolutas para diferentes escalas de dB .....	23
Tabela 2 - Referências absolutas para diferentes escalas de dB .....	28
Tabela 3 - Soma de dois sinais de áudio .....	36
Tabela 4 - <i>Headroom</i> digital em relação a um único sinal .....	36
Tabela 5 - Os instrumentos graves e a extensão de suas frequências fundamentais....	43
Tabela 6 - Núcleos de concentração de energia.....	46
Tabela 7 - Largura das bandas críticas.....	51
Tabela 8 - Regiões importantes para a equalização de instrumentos graves .....	78

## QUADROS

Quadro 1 - Intensidade sonora, intensidade percebida e dinâmica musical .....	26
Quadro 2 - Transdutores para captação de sons graves .....	60
Quadro 3 - Mídia e idioma de publicação dos materiais consultados.....	104

## FIGURAS

Figura 1 - Estrutura rizomática (ilustração).....	20
Figura 2 - Fórmulas para diferentes usos do dB .....	22
Figura 3 - Variações em dB .....	22
Figura 4 - A janela do áudio .....	24
Figura 5 - Curvas de mesma intensidade percebida.....	25
Figura 6 - Representação dos níveis em dB para 40phons .....	27
Figura 7 - Representação dos níveis em dB para 70phons .....	27
Figura 8 - Representação dos níveis em dB para 90phons .....	27
Figura 9 - Escalas de divisão do espectro auditivo .....	29
Figura 10 - Teclado proporcional a escala linear.....	30
Figura 11 - As dez oitavas do espectro auditivo .....	31
Figura 12 - Visualização de uma forma de onda .....	32
Figura 13 - Domínio do tempo e domínio das frequências.....	33
Figura 14 - Valores RMS; de pico, e de pico-a-pico de um sinal.....	34
Figura 15 - Envelopes dinâmicos nos compassos 5-7 do Bolero de Ravel .....	38
Figura 16 - Forma de onda nos compassos 5-7 do Bolero de Ravel.....	38
Figura 17 - Envelopes dinâmicos nos 6 compassos finais do Bolero de Ravel.....	38
Figura 18 - Forma de onda nos 6 compassos finais do Bolero de Ravel.....	39
Figura 19 - Envelopes dinâmicos do compasso inicial da Sagração da Primavera .....	39
Figura 20 - Forma de onda no compasso inicial da Sagração da Primavera .....	39
Figura 21 - Envelopes dos compassos 198-200 da Sagração da Primavera .....	40
Figura 22 - Forma de onda nos compassos 198-200 da Sagração da Primavera.....	40
Figura 23 - Envelopes dinâmicos do número 134 da Sagração da Primavera.....	41
Figura 24 - Envelopes dinâmicos nos números 198-200 da Sagração da Primavera ..	41
Figura 25 - <i>Mixagem</i> controle — Envelopes dinâmicos por faixas de frequência.....	42
Figura 26 - Modos de projeção dos sons emitidos por um violoncelo .....	44
Figura 27 - Largura da banda crítica em função da frequência .....	49
Figura 28 - Relação entre banda crítica (em Bark) e frequência .....	50
Figura 29 - Impacto de frequências em pontos específicos da membrana basilar.....	52
Figura 30 - Características do mascaramento temporal.....	53
Figura 31 - AKG D112 .....	57
Figura 32 - AKG D12E.....	57
Figura 33 - AKG D12VR.....	57
Figura 34 - Audix D6.....	57
Figura 35 - Shure Beta91 .....	58
Figura 36 - Shure Beta52A .....	58
Figura 37 - Elettrovoice RE20.....	58
Figura 38 - Elettrovoice N/D868.....	58
Figura 39 - Beyerdynamic M88TG.....	59
Figura 40 - Beyerdynamic M380.....	59
Figura 41 - Audio-Technica AE2500 .....	59
Figura 42 - Audio-Technica AE2500 (aberto).....	59
Figura 43 - Yamaha SKRM100 .....	60
Figura 44 - Yamaha SKRM100 (sem membrana frontal) .....	60
Figura 45 - Microfone colocado entre o cavalete e o estandarte .....	63
Figura 46 - Microfone colocado abaixo do cavalete.....	64
Figura 47 - Microfone DPA 4099 colocado no contrabaixo embaixo do cavalete.....	64
Figura 48 - Microfone posicionado dentro do bumbo .....	66
Figura 49 - Encontrando a onda de choque .....	67

Figura 50 - Shure Beta52 apontando para a parede do tambor.....	67
Figura 51 - Símbolo esquemático de um conversor Analógico/Digital.....	69
Figura 52 - <i>Wordlengths</i> e suas possíveis combinações.....	70
Figura 53 - Relação entre o número de bits ( <i>bit depth</i> ) e a gama dinâmica em dB.....	70
Figura 54 - Curvas de saída de um sinal comprimido em diversas proporções.....	73
Figura 55 - Atuação do compressor na curva dinâmica.....	73
Figura 56 - Notas musicais e suas frequências fundamentais.....	78
Figura 57 - Análise ponderada das técnicas de captação entre 20Hz e 160Hz.....	105
Figura 58 - Bateria montada ao centro com microfones já posicionados.....	109
Figura 59 - Posicionamento da bateria no auditório.....	109
Figura 60 - Microfonação dupla do Bumbo.....	110
Figura 61 - Microfones colocados na posição Over.....	110
Figura 62 - Microfone no Surdo. Sennheiser MD441.....	110
Figura 63 - Microfone por baixo do Chimal. AKG C460B.....	111
Figura 64 - Microfone acima da Caixa. Shure SM57.....	111
Figura 65 - <i>Screenshot</i> canais da bateria.....	112
Figura 66 - Transcrição da bateria no trecho selecionado.....	113
Figura 67 - <i>Screenshot</i> canais do baixo e guitarras.....	113
Figura 68 - Espectrograma dos sinais de bumbo somados e processados.....	114
Figura 69 - Intensidade dos sinais de bumbo somados e processados.....	115
Figura 70 - Espectrograma do sinal do surdo.....	115
Figura 71 - Intensidade do sinal do surdo.....	116
Figura 72 - Espectrogramas dos sinais do chimal antes e depois da <i>mixagem</i> .....	117
Figura 73 - Mesa de <i>mixagem</i> da bateria solo.....	118
Figura 74 - Espectrograma dos mics 1 e 2 colocados no bumbo.....	118
Figura 75 - Resposta de frequências do microfone 1 (Shure Beta52).....	119
Figura 76 - Resposta de Frequências do microfone 2 (Oktava MK102).....	119
Figura 77 - Intensidade dos graves (abaixo de 160Hz) do microfone 2.....	120
Figura 78 - Intensidade dos agudos (cima de 160Hz) do microfone 2.....	120
Figura 79 - Espectrograma dos graves (abaixo de 160Hz) dos mics 1 e 2.....	121
Figura 80 - Intensidade pré e pós <i>mix</i> da bateria solo.....	122
Figura 81 - Cocleogramas do <i>tutti</i> antes e depois da <i>mixagem</i> .....	123
Figura 82 - Intensidade do sinal da bateria já mixada.....	125
Figura 83 - Intensidade do sinal da mistura de bateria e baixo.....	125
Figura 84 - Intensidade do sinal de todos os instrumentos mixados.....	125
Figura 85 - Intensidades da Bateria ; Bateria e Baixo ; Tutti.....	126
Figura 86 - Intensidade do <i>Tutti</i> dividido em faixas de frequência.....	127
Figura 87 - Intensidade do <i>Tutti</i> pós <i>mix</i> dividido em faixas de frequência.....	127
Figura 88 - Mix teste 1 Sujeito 7.....	128
Figura 89 - Mix teste 1 Sujeito 12.....	128
Figura 90 - <i>Mix</i> teste 1 Sujeito 14.....	129
Figura 91 - Mix teste 1 Sujeito 15.....	129

## SUMÁRIO

Introdução .....	15
Sobre os conhecimentos .....	16
Os desafios (ou, o problema) .....	18
Objetivos .....	19
<b>1 - Referencial Teórico: escalas de medição, espectro audível, características acústicas dos instrumentos musicais e elementos de psicoacústica .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1- Decibéis: referências e usos.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2 - Espectro audível - intensidades e frequências.....</b>	<b>23</b>
1.2.1 - A divisão do espectro em oitavas.....	29
1.2.2 - Análise espectral .....	32
1.2.3 - Distribuição da energia espectral em diferentes gêneros musicais ....	34
1.2.3.1 - O Decibel aplicado.....	35
1.2.4 - Filtragem em três regiões.....	36
<b>1.3 - Os instrumentos graves, a extensão de suas frequências fundamentais e sua dispersão sonora .....</b>	<b>43</b>
1.3.1 - Os instrumentos graves e a extensão de suas fundamentais.....	43
1.3.2 - Direcionalidade da projeção sonora .....	44
1.3.3 - Núcleos de energia .....	45
1.3.4 - A criação de novos timbres .....	47
<b>1.4 - Elementos de psicoacústica .....</b>	<b>48</b>
1.4.1 - Banda Crítica .....	48
1.4.2 – Mascaramento .....	52
1.4.3 - <i>The Missing Fundamental</i> .....	53
<b>2 - Produzindo música: equipamentos, técnicas e ambientes .....</b>	<b>55</b>
<b>2.1 - A Captação: microfones, técnicas e conversores .....</b>	<b>55</b>
2.1.1 - Microfones .....	55
2.1.2 - Técnicas e ambientes de gravação.....	61
2.1.3 - Conversores A/D .....	69
<b>2.2 - Processamento de sinais .....</b>	<b>71</b>
2.2.1 - Compressores .....	72
2.2.1.1 - Compressor multibanda e sistemas de som ao vivo .....	75
2.2.2 - Equalizadores.....	76
2.2.2.1 - A compressão e a equalização antes da gravação .....	79
<b>3 - Experimento e entrevistas.....</b>	<b>80</b>
<b>3.1 - Procedimentos metodológicos.....</b>	<b>80</b>
<b>3.2 - Entrevistas .....</b>	<b>81</b>
3.2.1 - Análise e discussão dos questionários .....	98
<b>3.3 - Experimento .....</b>	<b>106</b>
3.3.1 - <i>Setup</i> experimental .....	107
3.3.1.1 - Procedimentos:.....	107
3.3.1.2 - Equipamentos:.....	108
3.3.2 - <i>Mixagem Piloto</i> .....	114
3.3.2.1 - Bateria solo .....	114
3.3.2.2 - Mixagem completa .....	124
3.3.3 Análise de 4 <i>mixagens</i> .....	128
<b>4 – Considerações finais.....</b>	<b>131</b>
4.1 - Considerações adicionais .....	132
<b>5 – Conclusão.....</b>	<b>137</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>139</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>143</b>
1 - QUESTIONÁRIO .....	143
2 - ENTREVISTA.....	147
3 - PLANILHA .....	150
4 - CD .....	151

## Introdução

A formação dos profissionais da cadeia produtiva musical no Brasil é diversa, plural e sempre única, pois se baseia em expertise, acumulação de experiências, e em informações que lhes são repassadas por seus pares. Em pesquisa bibliográfica não foram observados parâmetros curriculares e/ou metodologias consensuais para a formação desses profissionais. Os processos formativos ocorrem de forma rizomática<sup>1</sup>, interconectados pela troca de informação entre os profissionais. Os conteúdos são produzidos, sobretudo, de forma vivencial e assim repassados entre os indivíduos. Até o advento da internet seria seguro afirmar que o contexto socioespacial influenciava determinadamente nessa formação.

O interesse do autor nos processos formativos e no trabalho de produção musical advém de sua experiência profissional na área. A formação técnica em eletrônica e o curso de nível superior em música foram determinantes para a construção de grande parte dos conhecimentos que utiliza nos trabalhos em áudio e música. A referida ausência de parâmetros curriculares e a escassa bibliografia em língua portuguesa exigiram que o aprimoramento fosse alcançado através de cursos livres e da busca constante por bibliografia em outras línguas. O conhecimento do inglês foi imprescindível para que fosse possível verticalizar os estudos. As disciplinas do grupo de música e tecnologia do Curso Superior de Música e o trabalho como bolsista no estúdio da Escola de Música da UFMG foram o contato inicial com os conhecimentos, os equipamentos e a prática de gravação. Dali surgiram as primeiras oportunidades de atuação profissional, com grupos ligados à Escola, o que possibilitou, em 2005, a primeira atuação como técnico-operador de som acompanhando a *Orquestra Shangai*, em turnê pela Espanha. A partir de então solidificou-se o viés profissional e intensificou-se também a busca por aprimoramento. Os conhecimentos adquiridos durante o período formativo e ao largo das experiências profissionais são fontes importantes para a consistência e a validade desta dissertação.

Ao longo desse trabalho, por profissional de áudio entender-se-á: aquele diretamente envolvido no processo de produção musical seja em estúdio ou em

---

<sup>1</sup> O conceito de rizoma foi estabelecido por Deleuze e Guattari em *Mil Platôs* (1980), podendo ser compreendido como um organismo composto por partes autônomas, mutantes, interligadas e não hierarquizadas. Um sistema conceitual aberto.

apresentações ao vivo. Há muitas outras possíveis interpretações para esse mesmo termo e a conceituação aqui explicitada visa tão somente a correta associação aos sujeitos sobre os quais se pretende dissertar.

## **Sobre os conhecimentos**

A vastidão de conteúdos aplicáveis e necessários ao trabalho do profissional de áudio direciona-o ao estudo de áreas do conhecimento a princípio não conectadas. Acústica, Elétrica, Processamento de Sinais, Neurociência e Psicologia Cognitiva são complementares para um entendimento mais aprofundado do fenômeno auditivo. A necessidade de realizar os trabalhos de acordo com as exigências da demanda mercadológica é que, por sua vez, determina o conteúdo a ser pesquisado e assimilado pelo profissional. Sendo assim, a infinidade de experiências possíveis no percurso formativo de um indivíduo acaba por torná-lo único. Essa premissa é verificada ainda que haja vários profissionais em determinado círculo ou nicho de produção e que existam interconexões diversas entre esses profissionais, e mesmo que eles compartilhem valores estéticos... A identidade de cada um se constrói e se manifesta na edificação das habilidades por ele desenvolvidas (ao longo do percurso de construção de seus conhecimentos); e na forma com que se apropria dessas habilidades para resolver os desafios que se lhe apresentam em seguida. As experiências individuais são, portanto, determinantes para a construção dos saberes que cada profissional leva consigo. E aquelas habilidades que mais exercita profissionalmente são também as que o distinguem em meio aos demais. Entre os conhecimentos que compõem a formação de um profissional de áudio estão aqueles alcançados por meio da formação inicial, acadêmica ou universitária — que são, predominantemente, os conhecimentos científicos, sistemáticos ou codificados — e os conhecimentos denominados de tácitos, adquiridos a partir das interações do indivíduo com os demais agentes do campo profissional, em suas experiências pessoais cotidianas, onde a dimensão socioespacial é de grande relevância para a definição de suas formas e conteúdos.

[...] o conhecimento é socialmente moldado, possuindo não apenas uma dimensão temporal/histórica, mas também espacial/ territorial. Ainda que se possa fazer referência a um conceito genérico de conhecimento, os conhecimentos são específicos e diferenciados. Em um mesmo contexto econômico e sociocultural, o conhecimento diferencia-se, segundo áreas e comunidades de especialistas; segmentos e agentes econômicos; segmentos e



grupos sociais; empresas e organizações; constelações regionais e redes sociais e produtivas (ALBAGLI, 2004, s/p).

No mesmo texto, Albagli comenta que os conhecimentos sistemáticos são mais facilmente transmitidos por meio das tecnologias da informação e da comunicação, enquanto que os conhecimentos tácitos constituem diferenciais de competitividade e inspiram inovações.

É importante ressaltar que a distinção entre os tipos de conhecimento (sistemático ou tácito) é difícil de verificar, já que o indivíduo é indivisível e seus saberes também o são. Os saberes de cada profissional se manifestam como um complexo. Para que seja realizada uma maior aproximação faz-se necessária uma avaliação de quais desses conhecimentos se lança mão em momentos de equacionamento de problemas específicos colocados pela prática. Desse modo, tornar-se-á possível um diagnóstico das deficiências e eficiências na relação entre os conhecimentos sistemáticos disponíveis e as habilidades que se mostram importantes para que o profissional enfrente determinada situação problema.

Assim, é possível deduzir que a forma com que cada um realiza seu trabalho, com técnicas e ferramentas próprias, leva à construção de uma identidade profissional. Considerando ainda que o produto musical é essencialmente destinado à fruição estética, o fato de haver profissionais com experiências diversas leva à disponibilidade de alternativas aos usuários dos serviços. Os profissionais que lidam com determinado gênero musical tendem a permanecer naquele nicho e a continuar recebendo demanda direcionada, justamente por terem experiência em dar contorno àquele tipo de manifestação musical<sup>2</sup>.

Uma investigação sobre o processo de produção musical como a que aqui se apresenta precisa considerar que o espectro de atividades e conteúdos correlatos é praticamente infinito e dinâmico. A música em si já é tão diferenciada quanto possa ser o contexto cultural e histórico no qual ela esteja inserida. No caso do presente estudo, escolhemos focar nos conhecimentos mobilizados para a captação e a manipulação da porção grave do espectro. Tal escolha se justifica em razão dos desafios que essas tarefas apresentam ao profissional. A investigação desse problema permitirá que as informações, depois de compiladas, sejam também úteis a uma avaliação dos processos de formação profissional.

---

<sup>2</sup> Por manifestação musical entenda-se um evento social, próprio de um grupo ou uma cultura e que tenha a música como parte estrutural e que acontece num determinado momento. Exemplos.: festas populares, encontros musicais, apresentações públicas, gravações etc.

## Os desafios (ou, o problema)

O design, a captação e a pós-produção dos sinais de instrumentos musicais que produzem sons de espectro grave é uma tarefa desafiadora para o profissional de áudio. Por terem parte de sua energia concentrada na porção inicial do espectro sonoro, os sons emitidos por esses instrumentos requerem tratamento específico e cuidadoso. O som, após captado (transduzido de energia acústica à energia elétrica) precisa ter sua energia reduzida em razão da capacidade das mídias padrão (CD/DVD) em que é majoritariamente distribuído ainda hoje. Processos e equipamentos são utilizados na tarefa de condensar toda a informação dinâmica em 16 bits (ou 96db). Ainda que imediatamente isso não ocorra, já que os conversores digitais atuais trabalham com sinais de até 24bits<sup>3</sup> de resolução, ao final do processo de produção, quase a totalidade do áudio será reduzida aos 16bits<sup>4</sup>. Há alternativas de maior resolução disponíveis, porém com uma acessibilidade bastante reduzida. Vê-se então que o limite dinâmico imposto ao sinal elétrico pelos equipamentos de gravação e reprodução é uma questão que requer atenção.

Por outro lado, mas não em direção oposta, a pouca sensibilidade do ouvido humano aos sons graves determina nossa acuidade perceptiva a essa faixa de frequências. Escutamos as frequências de forma não linear e os graves são mal captados pelos ouvidos em relação a outras faixas de frequência. Soma-se a isso o fato de que a projeção das frequências em cada instrumento tem relação com suas características físicas (dimensões, volume, materiais de construção), do seu posicionamento e da maneira com que é tocado. Fica claro o porquê de um ponto no espaço (um microfone) jamais ser capaz de representar a totalidade da experiência sonora. Daí uma das justificativas para se captar com múltiplos microfones. Ajustes precisam ser feitos, seja na captação ou na pós-produção (*mixagem/masterização*), para que haja equilíbrio no som resultante. Esse suposto equilíbrio percebido, no entanto, não corresponde a um equilíbrio do fenômeno acústico<sup>5</sup>. Se levarmos em consideração os valores objetivamente mensuráveis, a energia do som captado precisa

---

3 Apenas um fabricante utiliza 28bits (mas utiliza outro tipo de conversão em relação aos concorrentes. Ver [http://usa.stagetec.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=210&Itemid=20](http://usa.stagetec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=210&Itemid=20)

4 O disco de *Blu-Ray* e alguns arquivos de alta resolução comportam áudio 24bits e estão se tornando cada vez mais comuns, embora ainda não tenham substituído CDs e DVDs, devido ao alto preço das mídias e sistemas.

5 Para confirmar essa afirmação, basta que analisemos atentamente as curvas de mesma intensidade percebida (item 1.2) sobre a percepção auditiva dos seres humanos em função da frequência e da intensidade de estímulos sonoros.

estar desigualmente distribuída ao longo do espectro para causar essa sensação. (ver item 1.2) Some-se a isto o fato de que experiências de gravação sonora que tentam ser fiéis ao que se escuta em uma apresentação ao vivo (utilização de apenas dois microfones em um local específico da plateia) são geralmente menos impactantes que a experiência em si. Isso acontece porque além de outros fatores, os microfones são incapazes de codificar parâmetros perceptivos que influenciam no impacto do evento no ouvinte, tais como elementos visuais (ataques e movimentos dos músicos) e as mudanças de foco de atenção do próprio ouvinte, que na maioria das vezes estão intimamente ligados à percepção visual.

## Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é elencar os conhecimentos mobilizados e mobilizáveis para a captação e o processamento de sons que possuam parte significativa de sua energia na porção grave do espectro sonoro. As formas de aquisição desses conhecimentos são também muito importantes para o presente trabalho, uma vez que a ausência de cursos oficiais e de parâmetros curriculares de formação dos profissionais torna indissociáveis os saberes acumulados e a maneira como foram construídos. Assim, relacionar conteúdos de disciplinas de diversas áreas do conhecimento sistematizado aos saberes tácitos dos profissionais de áudio significa construir referências para pesquisas a respeito de uma prática que alcança aproximadamente um século de existência. Ainda como objetivo pode-se considerar a utilização de uma abordagem dos conteúdos que dialogue com a perspectiva dos atores envolvidos, permitindo sua aproximação de temas que possam ter relevância para o aprimoramento de suas habilidades.

A partir dos objetivos inicialmente propostos o trabalho estrutura-se da seguinte maneira: discussão de referenciais teóricos pertinentes (capítulo 1); levantamento de equipamentos e técnicas relacionadas com o objeto proposto (capítulo 2); estabelecimento de um método a ser aplicado em um teste piloto de *mixagem*<sup>6</sup>, com foco nas regiões graves do espectro sonoro e entrevistas com os profissionais da área (capítulo 3). Este último capítulo descreve um experimento cujos procedimentos foram executados de forma análoga às práticas profissionais e

---

<sup>6</sup> *Mixagem* é o processo através do qual os diversos canais de uma gravação são misturados. Durante essa etapa ocorrem também processamentos diversos. A *mixagem* é a etapa da produção musical que ocorre entre a gravação (registro/captação) e a masterização (finalização do material no formato desejado).

levantou dados para a análise dessas práticas. Um trecho musical contendo em sua instrumentação componentes produtores de sons graves foi composto e gravado e a cada um dos profissionais que participou das entrevistas foi solicitado que realizassem uma *mixagem* do material. Os canais, individualmente, e o resultado das misturas estão entre os materiais analisados.

A seção final complementa a análise dos resultados do experimento à luz do conhecimento sistematizado (referencial teórico) e tácito (expresso pelas entrevistas e questionários aplicados), apontando assim para suas possíveis contribuições à formação de profissionais da área.

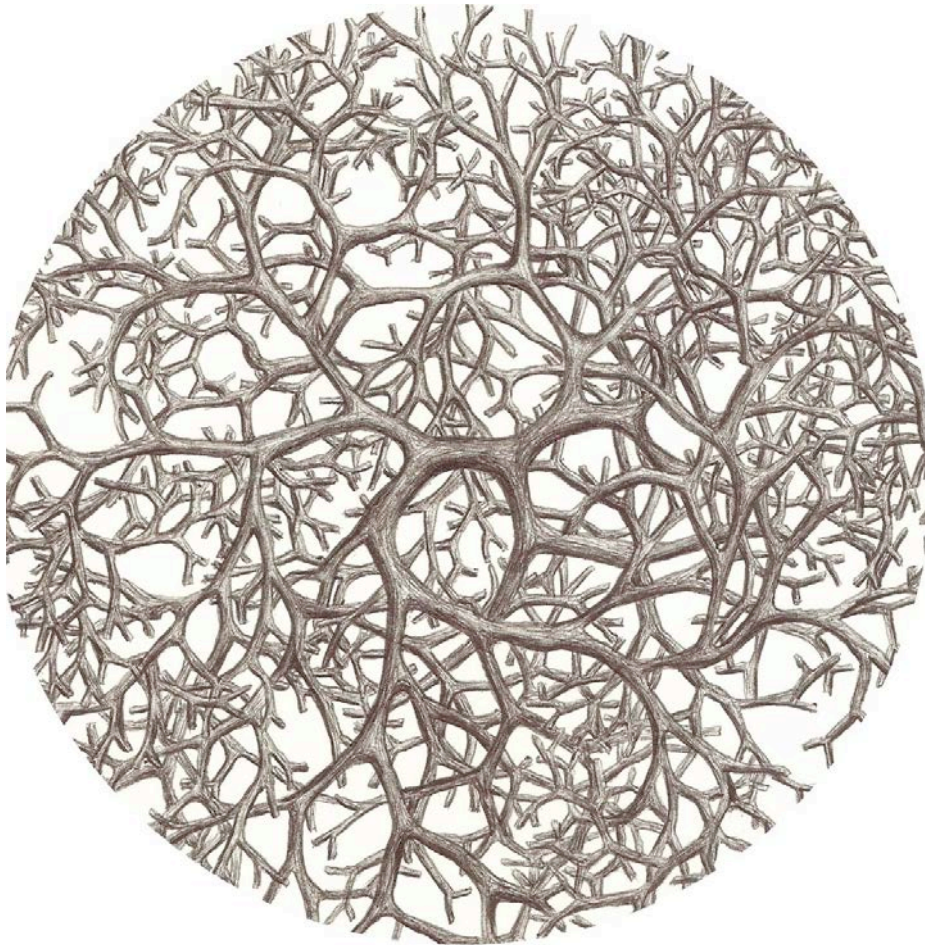


Figura 1 - Ilustração de uma estrutura rizomática, não linear e não hierárquica.  
Fonte: <http://asmavg.blogspot.com.br/2013/09/projeto-rizoma.html>

# 1 - Referencial Teórico: escalas de medição, espectro audível, características acústicas dos instrumentos musicais e elementos de psicoacústica

O capítulo apresenta alguns dos principais elementos teórico-práticos necessários à compreensão das questões que envolvem a captação de sons graves: decibéis, espectro sonoro, transformada de Fourier, características dos instrumentos musicais graves e elementos de psicoacústica.

## 1.1- Decibéis: referências e usos

O decibel (dB) é uma escala de medidas amplamente utilizada. Apesar de sua larga utilização, ainda causa muita confusão entre os que dela necessitam retirar informações úteis ao trabalho com o áudio. Com o intuito de esclarecer sua utilização para profissionais do campo, Davis & Jones dedicaram uma seção de seu livro, *Sound Reinforcement Handbook* (1990, p.19-21, Trad. do autor), ao assunto:

O decibel sempre descreve uma proporção entre duas quantidades.[...] O dB, por ter natureza logarítmica, possibilita que números menores possam ser usados para expressar valores que, de outra forma, necessitariam de mais algarismos. Além disso, em razão da sensibilidade de nossos ouvidos ser também logarítmica, os valores em dB representam melhor a forma como ouvimos do que valores absolutos ou proporções simples.

[...]

Um Bel é definido como o logaritmo de uma proporção entre potências elétricas, acústicas ou outras. Para expressar a relação entre dois valores de potência.  $P_0$  watts e  $P_1$  watts em Bels:

$$\text{Bel} = \log (P_1 \div P_0)$$

O decibel é mais conveniente ao uso em sistemas de som, principalmente porque sua escala numérica é mais adequada. Se o decibel é 1/10 de um Bel, ele pode ser expresso matematicamente pela equação:

$$\text{dB} = 10 \log (P_1 \div P_0)$$

Podemos perceber a razão de se usar o decibel demonstrando com valores. Por exemplo, quão maior que 100 watts são 1000 watts? Essa é uma razão de 10:1, portanto 10 dB.

O dB pode ser usado para descrever razões de tensão (voltagem)<sup>7</sup>. [...] No entanto, a relação de decibéis para as proporções de potências não é a mesma para as de voltagens.

A potência é proporcional ao quadrado da tensão. De forma simplificada, isso significa que ao utilizar voltagens na equação a relação em dB é duplicada, ou seja:

$$\text{dB}_{\text{volts}} = 20 \log (E_1 \div E_0),$$

onde  $E_0$  e  $E_1$  são os valores de tensão.

---

<sup>7</sup> O termo *voltagem* é utilizado de forma coloquial entre profissionais para identificar a diferença de potencial elétrico, ou tensão (medida em volts).

Isso significa que, enquanto o dobro da potência resulta num aumento de 3dB, o dobro da tensão resulta num aumento de 6 dB. Analogamente, enquanto um aumento de 10 vezes na potência resulta num incremento de 10 dB, aumentar em 10 vezes a tensão resulta num incremento de 20 dB."

$$\begin{array}{l} \text{dB}_{\text{potência}} = 10 \log (A \div B) \\ \text{dB}_{\text{SPL}} \\ \text{dB}_{\text{volts}} \\ \text{dB}_{\text{amperes}} = 20 \log (A \div B) \end{array}$$

Figura 2 - Fórmulas para diferentes usos do dB. Fonte: Davis & Jones (1990, p.412).

O quadro abaixo ajuda na compreensão da relação entre a variação de dB e seus efeitos multiplicadores sobre os valores de potência e de pressão. Os valores para pressão, tensão ou corrente são os mesmos, pois utilizam a mesma fórmula de cálculo, expressa na figura anterior.

FOR POWER:			FOR PRESSURE:				
3 dB	=	2	x power	6 dB	=	2	x pressure
-3 dB	=	0.5	x power	-6 dB	=	0.5	x pressure
6 dB	=	4	x power	10 dB	=	3.16	x pressure
-6 dB	=	0.25	x power	-10 dB	=	0.316	x pressure
7 dB	=	5	x power	12 dB	=	4	x pressure
9 dB	=	8	x power	-12 dB	=	0.25	x pressure
10 dB	=	10	x power	14 dB	=	5	x pressure
-20 dB	=	0.01	x power	18 dB	=	8	x pressure
13 dB	=	20	x power	20 dB	=	10	x pressure
17 dB	=	50	x power	-40 dB	=	0.01	x pressure
20 dB	=	100	x power	26 dB	=	20	x pressure
30 dB	=	1,000	x power, etc.	34 dB	=	50	x pressure
				40 dB	=	100	x pressure
				60 dB	=	1,000	x pressure, etc.

Figura 3 - Quadro relacionando variações em dB e suas respectivas variações em potência (à esquerda) e pressão (à direita). Moulton (2000, p.50).

O dB em si não se refere a um valor absoluto, embora seja possível determinar esse valor se tivermos uma referência para quaisquer dos valores em dB, já que conhecemos as fórmulas.

Dos usos históricos do dB surgiram escalas específicas, moldadas pela necessidade e realidade tecnológica de cada momento. Não cabe aqui discorrer sobre esses usos, mas vale listar a que se referem:

Tabela 1 - Referências absolutas para diferentes escalas de dB.

---

0 dBm = 1 miliwatt

---

0 dBu = 0,775 volts = 0 dBv (considerando um circuito com impedância de 600 ohms)

---

0 dBV = 1 volt<sub>rms</sub>

---

0 dBW = 1 watt

---

0 dB<sub>SPL</sub> =  $2 \times 10^{-6}$  Newtons/m<sup>2</sup> = limiar da audição

---

Fonte: Davis & Jones (1990, p.22-25).

Na produção musical, o uso mais controlado e consistente de decibéis se dá com sinais elétricos ou com sua representação digital, em processos de gravação, *mixagem* e processamento. Neste caso, usa-se a fórmula relativa à tensão (voltagem), ou seja: ao aumentar um sinal de 6 dB, dobra-se sua amplitude. Ao lidar com amplificação sonora (com sinais sonoros no ar), valores em decibéis podem variar bastante segundo a direção e a distância entre os ouvintes e as caixas acústicas: nesse caso, o mais usual é lidar com a potência (e margens de segurança) dos equipamentos, cuidando-se para que o sinal de entrada seja compatível com o esperado.

## 1.2 - Espectro audível - intensidades e frequências

A capacidade do sistema auditivo humano de transformar oscilações de pressão atmosférica em informações de percepção sonora é determinada por questões fisiológicas e psicológicas. Entender as relações entre as estruturas fisiológicas e o que ouvimos é importante, especialmente para compreender a relação entre o ambiente acústico e o meio psicoacústico. Para um maior aprofundamento há que se ter ainda algum conhecimento acerca da psicologia cognitiva. Veremos alguns aspectos da psicoacústica mais detalhadamente no item 1.4. Por ora, busca-se explicitar alguns limites do espectro audível no que se refere às intensidades e às frequências. A figura a seguir é um bom resumo desses limites, pois trata simultaneamente de variáveis interdependentes.

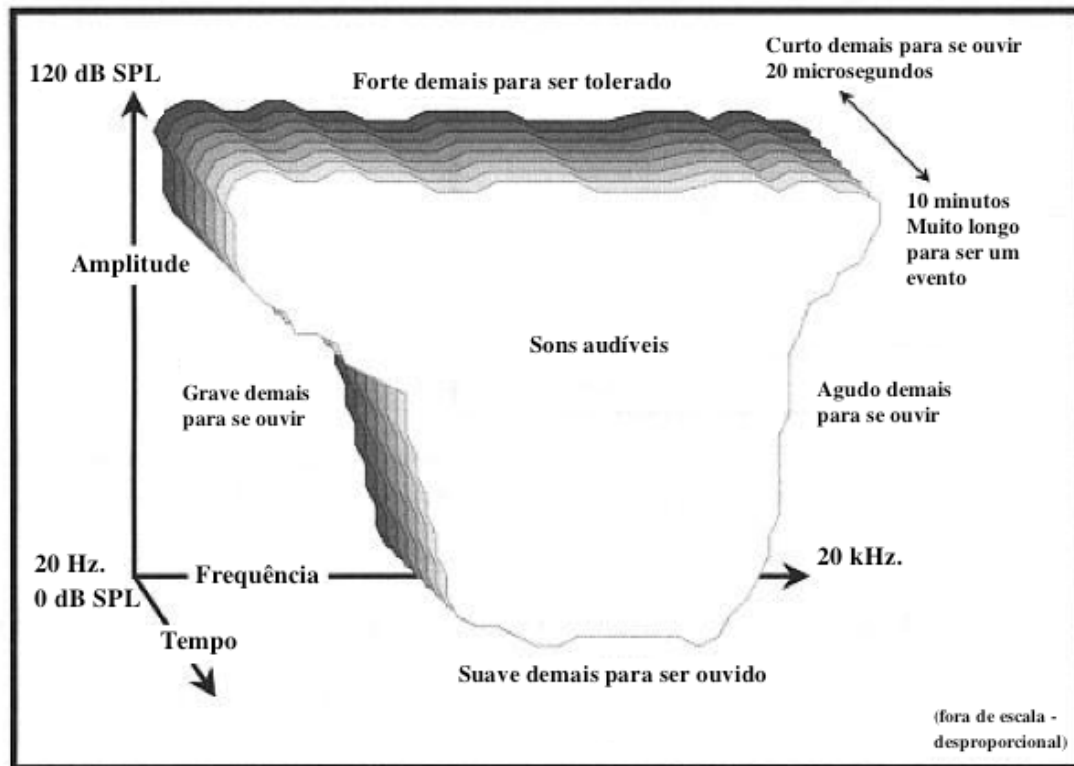


Figura 4 - A janela do áudio - frequência versus amplitude versus tempo. Sons audíveis existem dentro destes limites, mas não os preenchem completamente (especialmente na porção grave e de baixas intensidades). As proporções relativas não estão bem representadas - a extensão da gama de frequências é de mil para um, já a de amplitudes é de um trilhão para um e a de tempo é de aproximadamente meio milhão para um. Fonte: Moulton (2000 p.25). Trad. do autor.

Devemos ter em mente que os dados apresentados são aproximações experimentais, pois não seria possível determinar com precisão dados subjetivos senão por via estatística. Estão também fora de escala, ainda assim ajudam a compreender as interrelações entre as variáveis envolvidas.

É possível inferir que a percepção da intensidade de um som está diretamente relacionada à frequência desse som, posto que a imagem demonstra claramente que nossa percepção para frequências não é linear. De forma bastante simplificada, podemos afirmar que temos pouca sensibilidade aos graves abaixo de 200Hz e aos agudos acima de 5kHz. Significa dizer que um som complexo<sup>8</sup>, para soar equilibrado aos nossos ouvidos, deve ter sua energia dispersa de forma irregular ao longo do espectro. Some-se a isso o fato que a nossa sensibilidade também varia consideravelmente com a intensidade dos sons. Sons puros de diferentes frequências tendem a soar mais equilibrados quanto mais intensos forem.

<sup>8</sup> Sons complexos são formados pela somatória de sons senoidais. Em princípio, todos os sons da natureza são complexos, posto que não existem fontes sonoras capazes de dissipar energia em uma única senoide sem que haja, concomitantemente, distorção harmônica.



A figura abaixo oferece uma visão mais clara sobre a alteração da percepção para sons de diferentes níveis de intensidade:

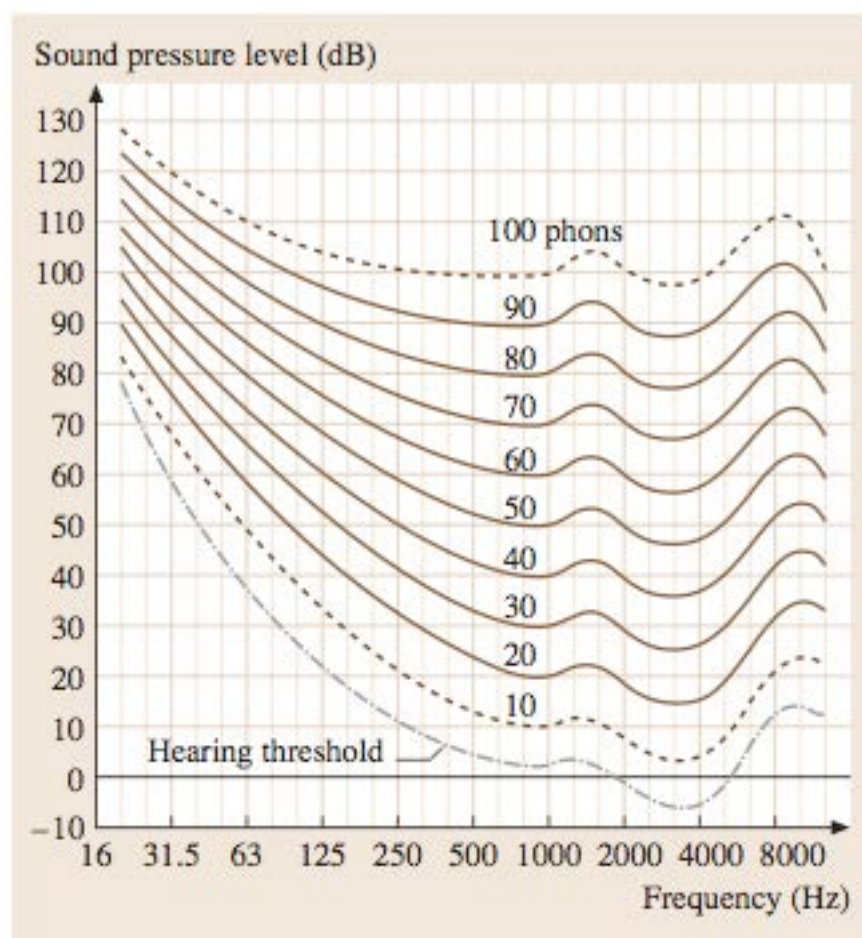


Figura 5 - Curvas de mesma intensidade percebida para intensidades de 10 a 100 phons para sons apresentados de forma binaural na direção frontal. Curva de limiar auditivo (*hearing threshold*) é também mostrada. As curvas de 10 e 100 phons estão pontilhadas por serem baseadas em interpolação e extrapolação, respectivamente. Fonte: Rossing (2007, p.468) Trad. do autor.

As curvas de intensidade percebida (subjéitiva) foram traçadas experimentalmente em 1933, por Fletcher e Munson, e publicadas em seu artigo "Intensidade percebida, sua definição, medida e cálculo", publicado no Jornal da Sociedade de Acústica da América. Desde então, os dados foram aprimorados e, após Robinson e Dadson (1956), temos o gráfico acima.

O contorno sinuoso das curvas de mesma intensidade demonstra claramente a variação da sensibilidade do sistema auditivo às frequências e intensidades. Fosse a sensibilidade a mesma, estariam as curvas completamente paralelas ao eixo das frequências. O sistema auditivo humano se relaciona com o mundo sonoro de acordo com as curvas apresentadas acima, por isso a energia objetivamente medida por analisadores gráficos ou numéricos é incapaz de dar conta da nossa percepção em relação aos sinais acústicos. Cada uma das curvas representa a percepção de uma

mesma intensidade (na unidade phons) para sinais de frequências distintas. Ou seja, para que se perceba dois sons de frequências diferentes como tendo uma mesma intensidade, busca-se, ao longo da curva, a pressão sonora necessária (expressa no eixo Y). Todos os pontos ao longo das curvas apresentadas produzem a mesma sensação de intensidade no ouvinte.

Para se ter uma noção mais precisa do quão discrepante pode ser essa percepção, analisemos na tabela abaixo os dados referentes às intensidades musicais comparadas às pressões sonoras correspondentes em determinadas frequências.

freq	62.5	250	1000	4000	Hz
20 phons	59	32	20	15	dB
40 phons	72	50	40	37	pp
60 phons	86	68	60	58	
70 phons	91	76	70	69	mf
80 phons	99	83	80	79	
90 phons	104	92	90	89	ff

104 = 0 dB

pp (40 phons)	-32	-54	-64	-67
mf (70 phons)	-13	-28	-34	-35
ff (90 phons)	0	-12	-14	-15
faixa dinâmica	32	42	50	52

Quadro 1 - Intensidade sonora, intensidade percebida e dinâmica musical. Construção dos autores.

A partir da análise da tabela podemos compreender o porque de termos um nível de *mixagem* muito mais baixo para instrumentos que possuem energia na porção aguda do espectro em relação aos níveis necessários aos instrumentos graves, como veremos objetivamente no teste do item 3.3. Tais diferenças de nível entre os sons graves e os agudos podem ser ainda melhor compreendidas ao analisarmos as figuras a seguir:

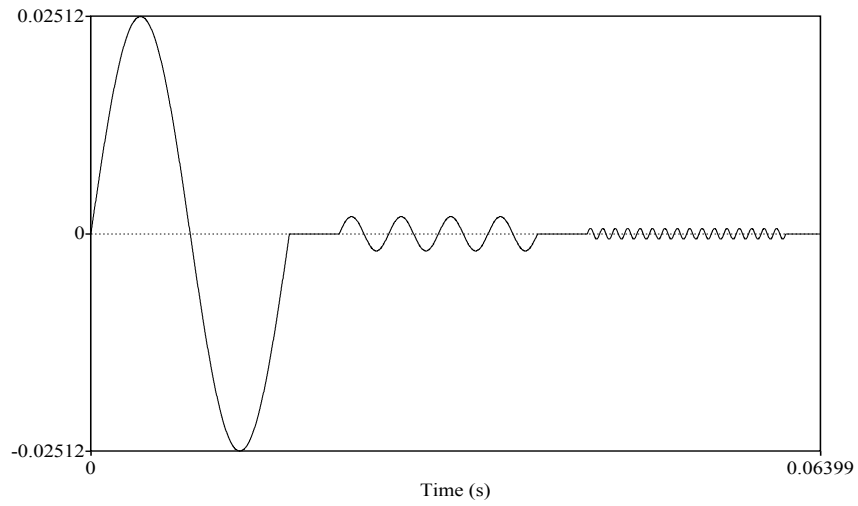


Figura 6 - Representação dos níveis em dB para sons puros de frequências 62,5Hz; 200Hz e 1000Hz a 40phons, respectivamente, que produzem a mesma sensação de intensidade nos ouvintes.

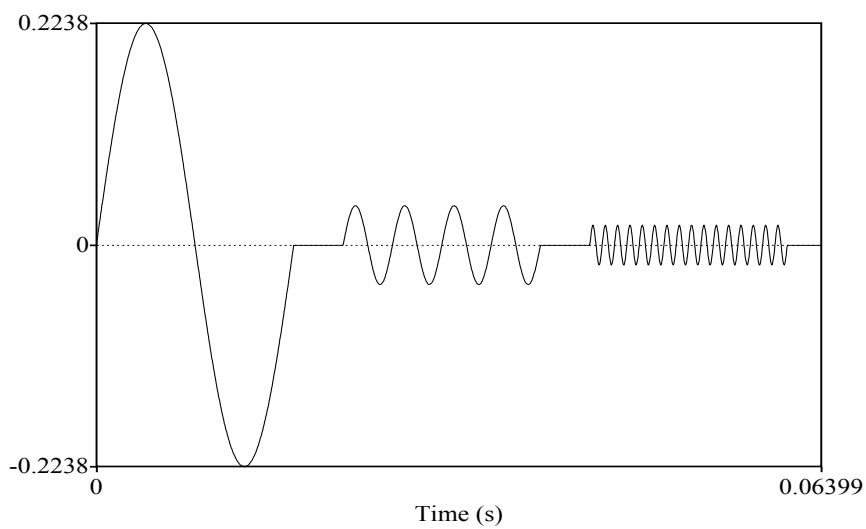


Figura 7 - Representação dos níveis em dB para sons puros de frequências 62,5Hz; 200Hz e 1000Hz a 70phons, respectivamente, que produzem a mesma sensação de intensidade nos ouvintes.

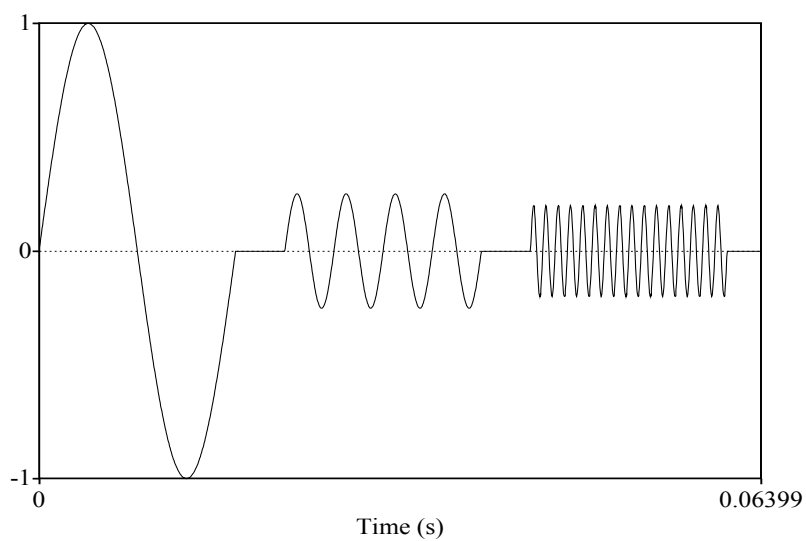


Figura 8 - Representação dos níveis em dB para sons puros de frequências 62,5Hz; 200Hz e 1000Hz a 90phons, respectivamente, que produzem a mesma sensação de intensidade nos ouvintes.

Para além das discrepâncias de intensidade sonora entre as diferentes frequências, é possível perceber na sucessão das últimas 3 figuras que, à medida que se aumenta a intensidade percebida, diminui a distância entre os níveis de intensidade das diferentes frequências. Ou seja, as curvas de percepção diminuem suas inclinações à medida que a intensidade sonora aumenta. As curvas se tornam mais e mais "achatadas". De forma simplificada, quanto maior a intensidade sonora, menor a diferença das intensidades percebidas para diferentes frequências. Tal conclusão pode ser aferida no gráfico exposto anteriormente na figura 5, que mostra as curvas de mesma intensidade percebida ou *equal loudness contour*. Percebe-se que as curvas de maior intensidade tendem a se alinhar ao eixo das frequências, o que significa que à medida que a intensidade aumenta, a percepção das frequências passa a ser mais linear. Temos agora mais elementos para compreender os seguintes dados:

Tabela 2 - Situações do cotidiano relacionadas à pressão sonora e intensidade percebida dos eventos

<b>Relações entre o nível de intensidade, a pressão sonora e a percepção para determinadas fontes</b>			
<b>Fonte sonora</b>	<b>Intensidade (dB)</b>	<b>Pressão (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Percepção</b>
avião à jato a 30m	140	100	dor extrema
limiar da dor	125	3	dor
britadeira	110	10 <sup>-1</sup>	muito alto
sirene a 30m	100	10 <sup>-2</sup>	
buzina de carro alta	90	10 <sup>-3</sup>	alto
porta batendo	80	10 <sup>-4</sup>	
rua movimentada	70	10 <sup>-5</sup>	barulhento
conversa normal	60	10 <sup>-6</sup>	ruído moderado
rádio baixo	40	10 <sup>-8</sup>	silencioso
quarto silencioso	20	10 <sup>-10</sup>	bem silencioso
folhas roçando naturalmente	10	10 <sup>-11</sup>	
limiar da audição	0	10 <sup>-12</sup>	

Disponível em <<http://members.optushome.com.au/scottsoftc/Chapter01/Chapter1f.htm>>

Consultada em 14-05-2013. Trad. do autor.

Nesta tabela figuram eventos sonoros, suas correspondentes medidas de intensidade e pressão e a percepção de um ouvinte. Não há qualquer análise sobre o conteúdo espectral dos sons emitidos, mas há um valor de pressão, que representa a quantidade de energia que atinge uma superfície de área definida num intervalo de tempo. A gama de pressões que o ouvido é capaz de transduzir, desde o limiar da audição (10<sup>-12</sup> W/m<sup>2</sup>) até o limiar da dor (3 W/m<sup>2</sup>) é da ordem dos trilhões (10<sup>12</sup>). Na escala em dB, considerando 10<sup>-12</sup> W/m<sup>2</sup> como 0dB, temos aproximadamente 120dB de extensão auditiva no que se refere à percepção de intensidades.

### 1.2.1 - A divisão do espectro em oitavas

Se para as intensidades usa-se o dB, por ser uma escala logarítmica que aproxima a representação numérica da percepção humana, para as frequências usa-se a divisão do espectro em saltos de oitava, que melhor representam a percepção das alturas (frequências). Não há, no entanto, alteração da grandeza utilizada, qual seja, os Hertz (Hz), ou ciclos por segundo.

Uma oitava superior de um som com altura definida tem sempre o dobro da frequência da anterior e causa a sensação de estarmos ouvindo a mesma nota numa região mais aguda. Por exemplo: As diferentes notas Dó da escala musical são separadas por oitavas da frequência inicial Dó<sub>1</sub>=32,7Hz. As notas cujas frequências fundamentais são 65,4Hz; 130,8Hz; 261,6Hz e 523,2Hz são oitavas superiores de Dó<sub>1</sub>.

Grafadas as oitavas desde o limite inferior da nossa extensão auditiva (20Hz), temos um total de 10 oitavas completas até o limite superior (20kHz). Considerando esta divisão como a mais correta do ponto de vista perceptivo, é possível verificar o quão distante estaria a divisão feita a partir da escala linear.

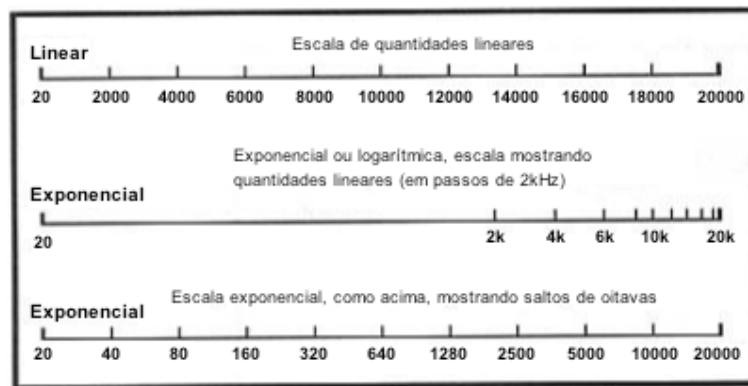


Figura 9 - Escalas de divisão do espectro auditivo com referências linear, exponencial e exponencial dividida em oitavas. Fonte: Moulton (2000, p.26)

Se dividimos o espectro auditivo ao meio utilizando a escala linear, chegamos à frequência de 10kHz. A mesma operação, utilizando a escala exponencial dividida em oitavas, nós dá uma frequência central de 640Hz. Para ilustrar o quão desproporcional seria uma divisão linear da escala musical, Alexander Case, em seu livro *Sound FX* (2007), desenhou um piano com teclas de tamanho proporcional à

escala linear, comparando-o a um outro teclado cuja divisão da escala de frequências segue a escala musical temperada (logarítmica).

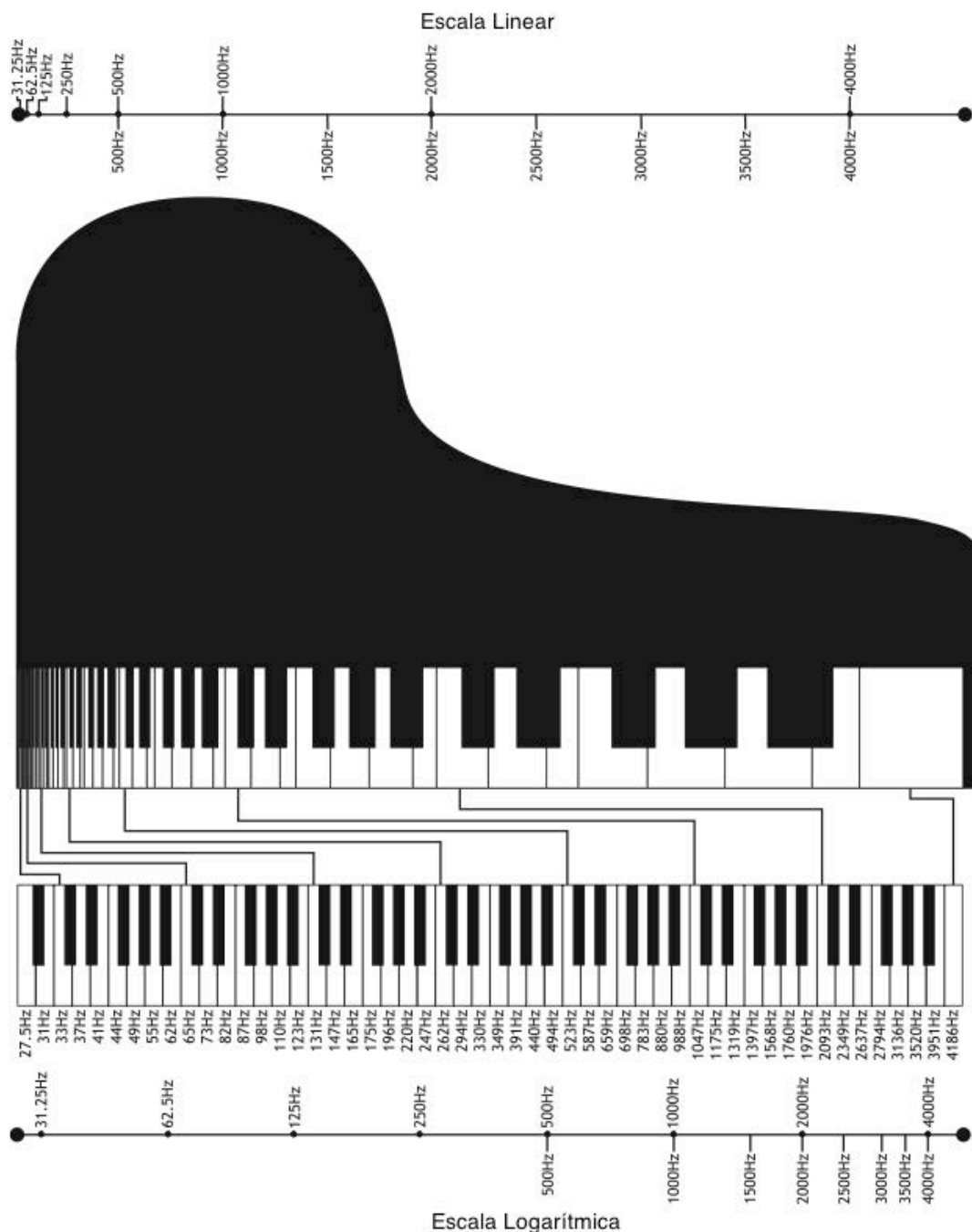


Figura 10 - Teclado proporcional a escala linear de frequências vs. teclado proporcional à escala logarítmica. Fonte: Case (2007, p.28)

Analogamente ao que foi descrito na tabela 2 para as intensidades, na figura 11 temos descrições subjetivas para as 10 oitavas do espectro auditivo. Interessante perceber que as considerações acerca do conteúdo espectral tornam-se ainda menos objetivas que aquelas a respeito das intensidades. É compreensível essa maior subjetividade, pois a tarefa de adjetivar o conteúdo sonoro de uma faixa de frequências, quando o que escutamos é um som complexo e dinâmico, torna-se um

exercício intelectual muito refinado, porém impreciso. Profissionais treinados conseguem traduzir com maior clareza essas sensações entre si, mas é pouco provável que um leigo consiga participar de uma conversa nesse nível. Não exatamente pelo vocabulário, mas possivelmente pela falta da vivência necessária.

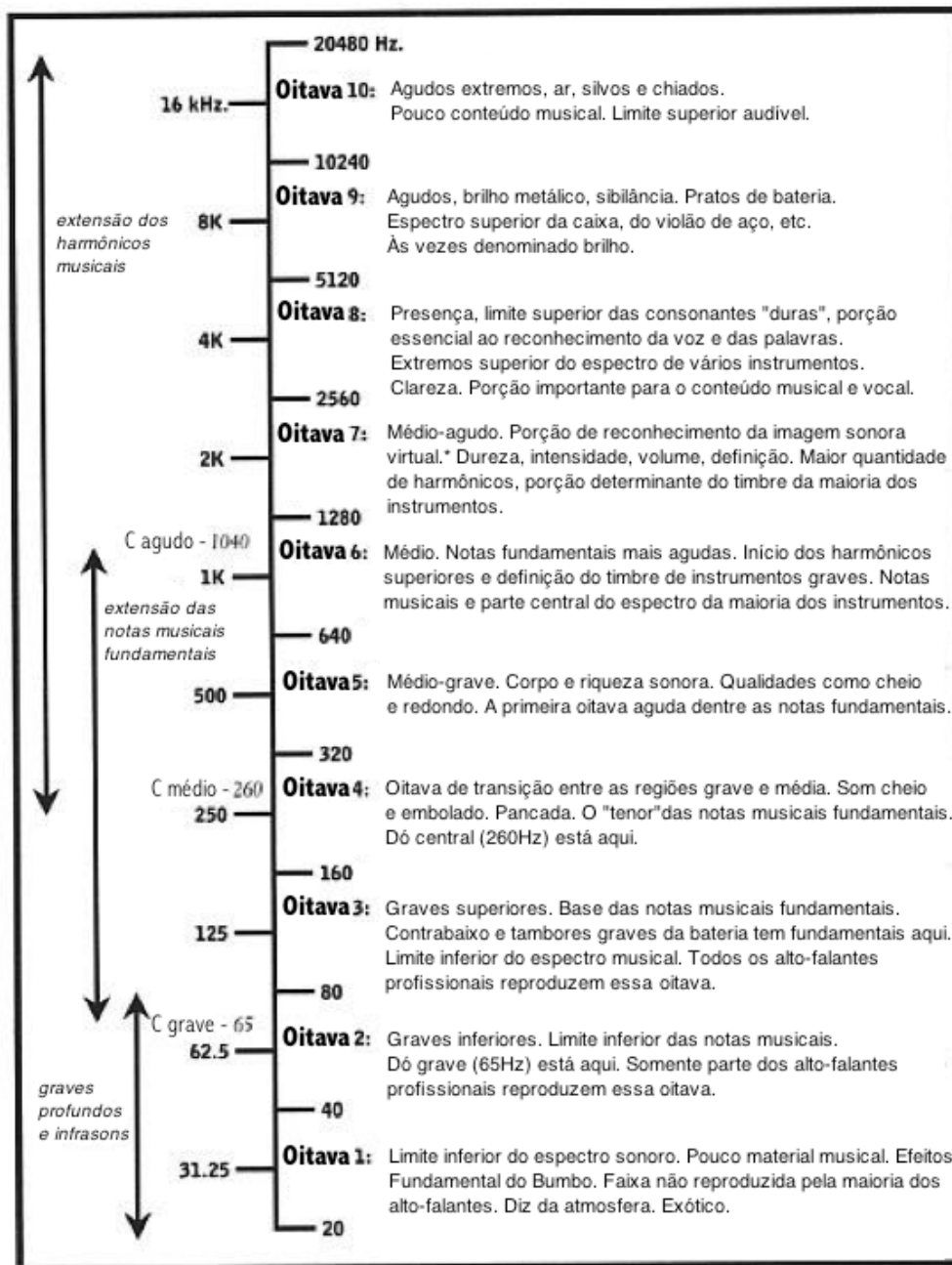


Figura 11 - As dez oitavas do espectro auditivo. Cada oitava tem suas próprias características musicais, acústicas e psicoacústicas. À esquerda estão anotadas as frequências centrais de cada oitava, de acordo com o padrão ISO, enquanto que à direita estão os valores limítrofes de cada uma delas. Fonte: Moulton (2000, p.32) Tradução do autor<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Para as traduções do vocabulário empregado às sensações sonoras utilizamos como importante fonte de consulta material produzido pelo Prof. Jalver Bethônico (Escola de Belas Artes da UFMG) e por Rodrigo Garcia (Discente da Escola de Música da UFMG).

### 1.2.2 - Análise espectral

A forma de onda, como estamos acostumados a visualizar graficamente, representa os sucessivos valores de amplitude do sinal no decorrer do tempo. Apesar de podermos, em alguns casos, visualizar as oscilações periódicas nesse tipo de gráfico, não é possível inferir quais as frequências ali presentes, especialmente quando tratamos de sons complexos.

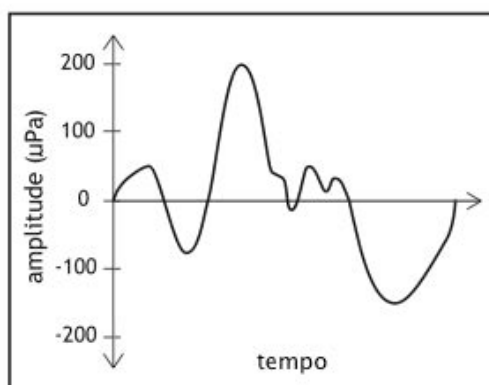


Figura 12 - Visualização de uma forma de onda mostrando a amplitude do sinal em função do tempo. Fonte: Case (2007, p.6)

Para que possamos mensurar a energia contida em determinada frequência de um sinal sonoro, é necessário desmembrar esse sinal. Para isso, utilizamos um procedimento criado pelo matemático francês Jean-Baptiste Joseph Fourier e desenvolvido posteriormente por outros cientistas. De acordo com o que postulou Fourier, qualquer vibração periódica é passível de ser decomposta em componentes senoidais. A partir dessa decomposição é possível mensurar a quantidade de energia contida em cada frequência ou faixa de frequências. Daí surge a possibilidade de análise espectral de um som. Pode-se definir a análise espectral como a transformação do domínio do tempo no domínio das frequências.



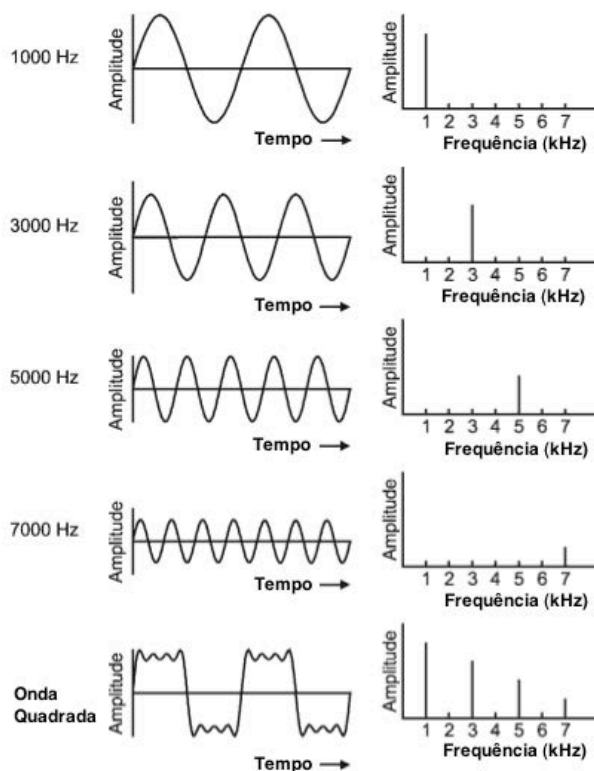


Figura 13 - Representação dos mesmos sons no domínio do tempo (esquerda) e no domínio das frequências (direita). Fonte: Gelfand (2009, p.14)

Em um processo análogo ao que ocorre na membrana basilar, no ouvido humano, a transformada de Fourier permite dividir o espectro auditivo em faixas de frequência aplicando filtros (matematicamente) que eliminam as frequências acima e abaixo daquelas que se quer medir. Dessa forma, permite que a cada frequência ou faixa de frequências do espectro seja atribuído um valor de energia. A maioria dos equipamentos digitais e dos softwares que realizam a análise espectral o fazem utilizando a Transformada Rápida de Fourier (FFT, na sigla em inglês). Dentre eles estão os analisadores de espectro sonoro, os equalizadores e os redutores de ruído.

Considerando que o som se desenvolve ao longo do tempo, analisar seu espectro requer que realizemos um recorte temporal. O tamanho desse recorte, ou janela, determina, além do intervalo temporal onde será feita a análise, a frequência mínima que pode ser analisada. Se uma onda de 20Hz possui um período<sup>10</sup> de 50 milissegundos, uma amostra de 25 milissegundos não será capaz de detectá-la. O tamanho da janela determina, portanto, a precisão da análise em relação às

<sup>10</sup> Período é o tempo que uma onda leva para desenvolver um ciclo completo. Uma onda de 100Hz, desenvolve 100 ciclos por segundo, portanto, seu período será de 0,01 segundos, ou 10 milissegundos.

frequências. Para sons complexos, há que se ter em mente ainda que o tamanho da janela de análise determina a qual faixa de frequências essa análise é melhor aplicada. De uma maneira simplificada, podemos afirmar que janelas menores definem melhor o gráfico para variações temporais rápidas (frequências agudas), enquanto janelas maiores privilegiam a definição das frequências graves.

### 1.2.3 - Distribuição da energia espectral em diferentes gêneros musicais

Para discorrer sobre a distribuição da energia espectral nos diferentes gêneros musicais, importa esclarecer a forma de se calcular a energia aproximada de um sinal sonoro. Afirmamos anteriormente que essa energia encontra-se dispersa em faixas de frequências ao longo do espectro. Isso significa que a resultante energética é a somatória de momentos consecutivos de amplitude variável. Partindo do princípio de que os movimentos ondulatórios têm uma parte positiva e outra negativa, utilizar tais valores diretamente em um cálculo da média simples resultaria quase sempre nulo. Para isso, convertem-se os diversos valores instantâneos em um único valor eficaz, ou RMS<sup>11</sup>. O valor RMS indica a amplitude de um sinal contínuo que conteria a mesma energia do sinal ondulatório. A energia de um sinal ondulatório é proporcional ao quadrado da amplitude, por isso, os gráficos de energia de um sinal, ao contrário daqueles que seguem a forma de onda (*waveform*), mostrarão valores sempre positivos. Descritos abaixo estão o cálculo do valor RMS de um sinal e a razão pela qual essa medida é a mais adequada para as análises que serão realizadas ao longo do trabalho:

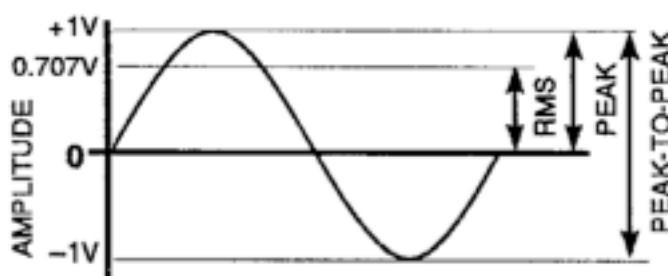


Figura 14 - Valores RMS; de pico, e de pico-a-pico de um sinal de 1V de amplitude. Fonte: Davis & Jones (1990, p.27)

" O valor médio de (energia de) um sinal não se altera muito, mesmo que haja transientes com picos altos. Reciprocamente, o nível dos picos pode variar drasticamente sem grande efeito nos níveis médios. Quando desejamos

<sup>11</sup> RMS, na sigla em inglês, *Root Mean Square*, representa a média quadrática.

avaliar a intensidade percebida de um som, o valor RMS relaciona mais diretamente a percepção de nossos ouvidos à energia do áudio." Davis & Jones (1990, p.27)

A percepção de intensidade não está ligada somente ao valor RMS do sinal. Ela depende também da duração dos sons e de outros fatores como distribuição espectral e mascaramento, por exemplo. "O ouvido integra a energia com o passar do tempo dentro de uma janela temporal de aproximadamente 200 ms" (GELFAND, 2009, p. 170). A utilização de uma janela tão grande esconderia detalhes importantes do envelope dos sinais.

A fórmula geral para cálculo do valor RMS é:

$$x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}}$$

Onde x são os valores de média do sinal em sucessivos intervalos de tempo, e N o número de amostras contidas no segmento temporal escolhido.

#### 1.2.3.1 - O Decibel aplicado

Dentre os profissionais de áudio são poucos os que não encontram dificuldade em comparar valores quando a referência é uma escala em dB. Não é de se estranhar tal dificuldade, pois no dia a dia utilizamos principalmente escalas lineares, enquanto o dB tem origem logarítmica. Para auxiliar a discussão das análises realizadas neste estudo, criamos duas tabelas comparativas: a primeira lida com a soma de dois sinais de mesmo conteúdo espectral e fase, comparando seus níveis e influência na *mixagem*. A segunda tabela (pensada em dBFS - *full scale*, com amplitude máxima igual a 1,0) indica o valor RMS de um sinal digital e seu correspondente *headroom*.

Tabela 3 - Soma de dois sinais de áudio. \*Sinais de mesmo conteúdo espectral e em fase.

<b>Soma de dois sinais* de áudio</b>		
Quando a diferença é de (dB):	Soma-se ao mix (dB):	menor/maior (%)
0	6.02	100.0
-0.5	5.77	94.4
-3	4.65	70.8
-6	3.53	50.1
-9.5	2.51	33.5
-12	1.95	25.1
-15	1.42	17.8
-25	0.48	5.6
-30	0.27	3.2
-40	0.09	1.0

Fonte: Construção dos autores

Tabela 4 - *Headroom*<sup>12</sup> digital em relação a um único sinal

<b><i>Headroom</i> digital em relação a um único sinal</b>		
Sinal solo (dBFS)	Ainda cabe um sinal de (dBFS)	Ainda cabe (%)
0	-	0
-0,5	-25	5,6
-3	-10,7	29,2
-6	-6	49,9
-10	-3,3	68,4
-12	-2,5	74,9
-15	-1,7	82,2
-20	-0,9	90
-30	-0,3	96,8
-40	-0,1	99

Fonte: Construção dos autores

Os dados das tabelas acima são fruto de um exercício de cálculo, no sentido de que pressupõe-se uma situação extrema: a relação entre dois sinais cuja única diferença é a amplitude. Assim as colunas centrais devem ser lidas como: "soma-se ao mix no máximo (dB)", e "ainda cabe um sinal de pelo menos (dBFS)", respectivamente. Por exemplo, se adicionarmos a um sinal pré-existente outro com mesma intensidade, espera-se que a *mixagem* tenha um ganho de no máximo 6 dB (na primeira tabela), e que o *headroom* seja da ordem de 6 dB (na segunda tabela).

#### 1.2.4 - Filtragem em três regiões

Com o intuito de analisar comparativamente a intensidade dos graves, médios e agudos, fizemos a divisão dos áudios originais em faixas de frequência. Utilizamos para isso uma filtragem baseada na transformada de Fourier, separando o

<sup>12</sup> *Headroom* digital é o termo técnico em inglês utilizado para denominar o que resta de faixa dinâmica disponível a partir de um dado ponto na escala.

espectro sonoro em três regiões principais: grave (primeiras três oitavas - 20Hz a 160Hz), médio (4 oitavas intermediárias - 160Hz a 2,56kHz ) e agudo (3 oitavas mais agudas - 2,56kHz a 20kHz). A utilização da FFT<sup>13</sup> possibilita que a separação seja feita sem vazamento entre as regiões. Cada uma dessas regiões foi direcionada a arquivos de áudio distintos, que foram então analisados no software Praat, que atribui uma intensidade máxima de 90 dB para um sinal (teórico) de 0 dBFS (RMS). A implementação da separação em faixas foi realizada no *software* Max, a partir de um filtro espectral de 1/4 de oitava, com funcionamento em tempo real, desenvolvido por Padovani e Freire (2006). As envoltórias de amplitudes utilizadas nas análises a seguir utilizaram intervalos temporais diferentes para o cálculo dos valores RMS, variando entre 5 ms (para a região aguda) e 25 ms (para a região grave). O tamanho variável da janela se justifica pela resolução necessária a cada faixa de frequências analisada. Embora a divisão em um número maior de regiões não ofereça nenhum problema técnico, consideramos que essas três faixas básicas são suficientes para uma análise quanti-qualitativa da distribuição espectral em graves, médios e agudos. Devemos lembrar que boa parte dos sons musicais ocupará mais de uma dessas faixas.

Para ilustrar as diferenças da distribuição espectral em diferentes gêneros vamos inicialmente comparar duas peças para orquestra sinfônica. Em seguida utilizaremos a *mixagem* controle da peça composta para o teste que será descrito no item 3.3.

Um dos principais desafios na gravação de uma orquestra sinfônica é a grande faixa dinâmica explorada por boa parte do repertório, em regra acompanhada de uma variação constante do conteúdo espectral. A título de exemplo, observamos as seções iniciais e finais de gravações de duas obras conhecidas (Bolero<sup>14</sup>, de Ravel; e Sagração da Primavera<sup>15</sup>, de Stravinsky), ambas iniciando em baixa intensidade, no registro médio, e terminando com um grande *tutti* orquestral.

---

13 *Fast Fourier Transform* (Transformada Rápida de Fourier).

14 RAVEL: Bolero. The Boston Pops Orquestra. Jerome Rosen. Universal Music, 2007

15 STRAVINSKY: Le Sacre du Printemps. London Symphony Orchestra. Claudio Abbado. Deutsche Grammophon, 1986.

Bolero de Ravel, compassos 5-7

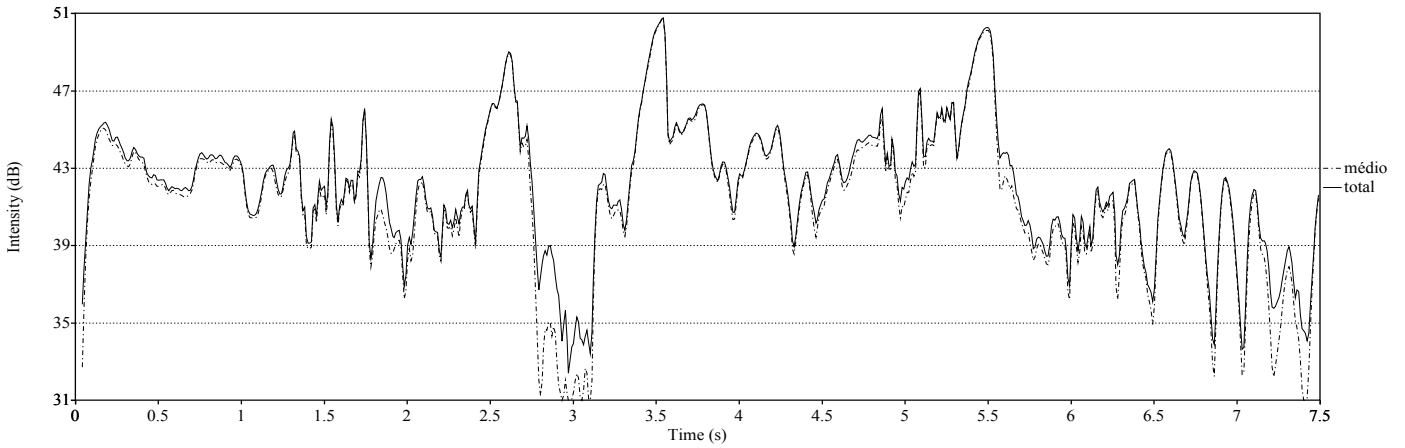


Figura 15 - Envelopes dinâmicos total e das oitavas médias nos compassos 5-7 do Bolero de Ravel.

Bolero de Ravel, compassos 5-7

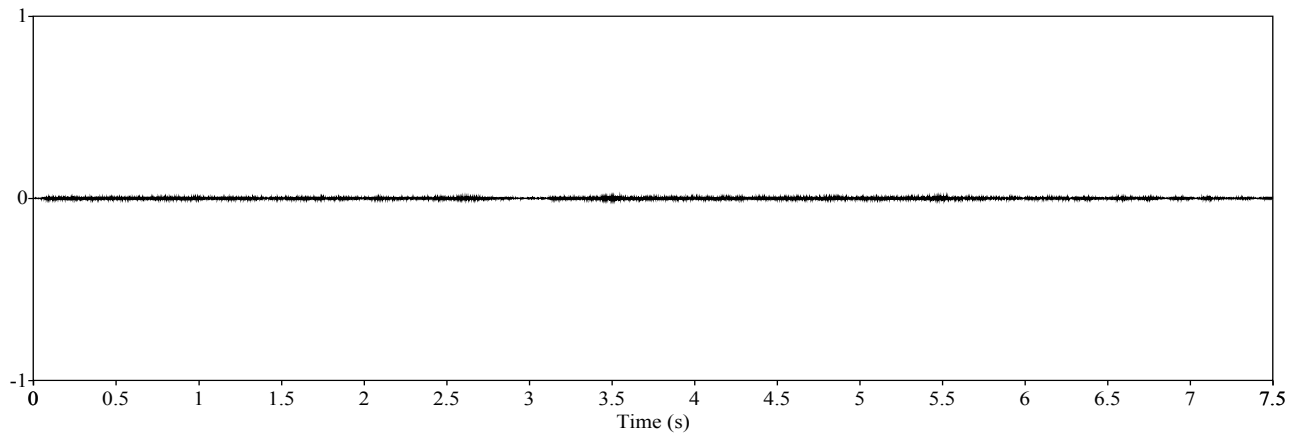


Figura 16 - Forma de onda nos compassos 5-7 do Bolero de Ravel.

Bolero de Ravel, 6 compassos finais

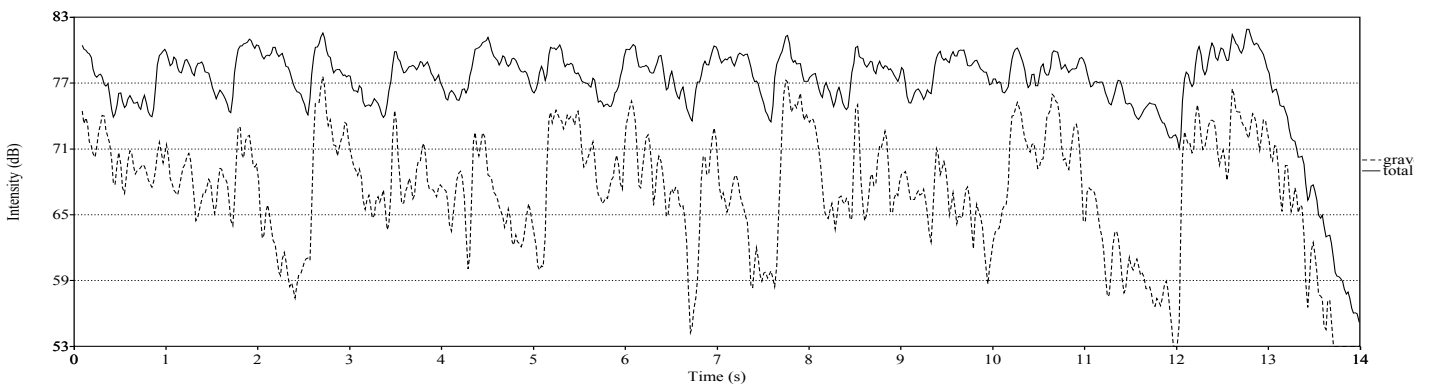


Figura 17 - Envelopes dinâmicos total e das oitavas graves nos 6 compassos finais do Bolero de Ravel.

Bolero de Ravel, 6 compassos finais

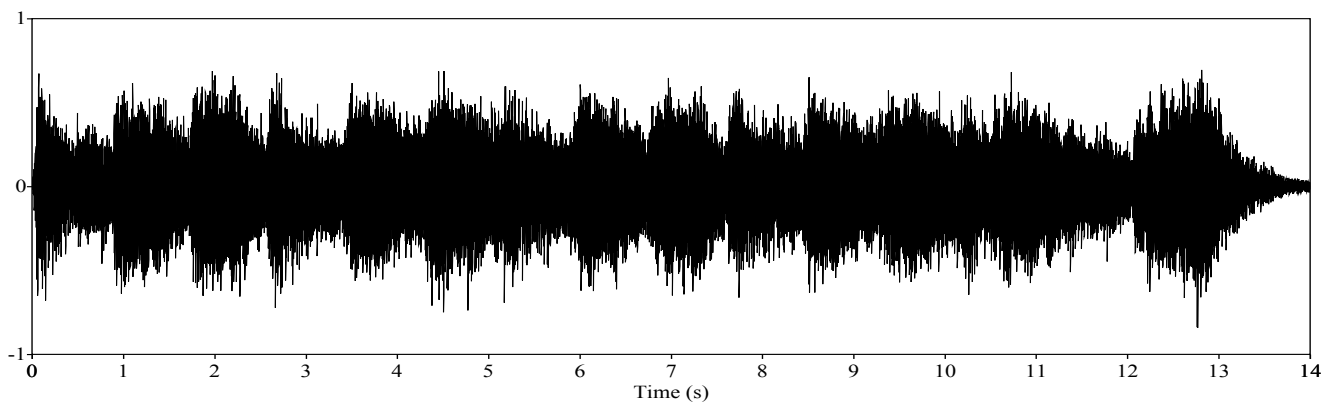


Figura 18 – Forma de onda nos 6 compassos finais do Bolero de Ravel.

Sagração da Primavera, compasso inicial

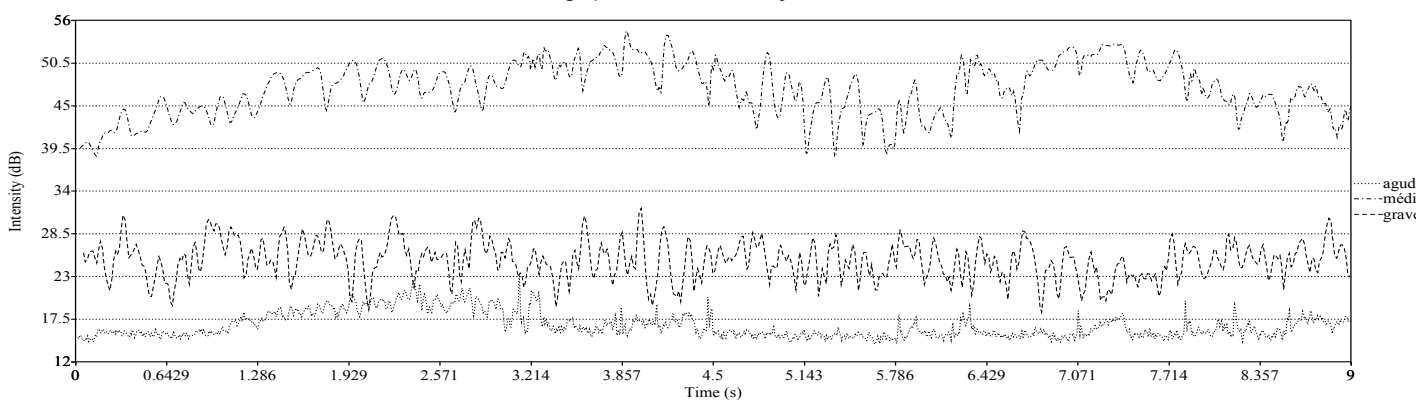


Figura 19 - Envelopes dinâmicos nas oitavas grave, média e aguda do compasso inicial da Sagração da Primavera, de Stravinsky.

Sagração da Primavera, compasso inicial

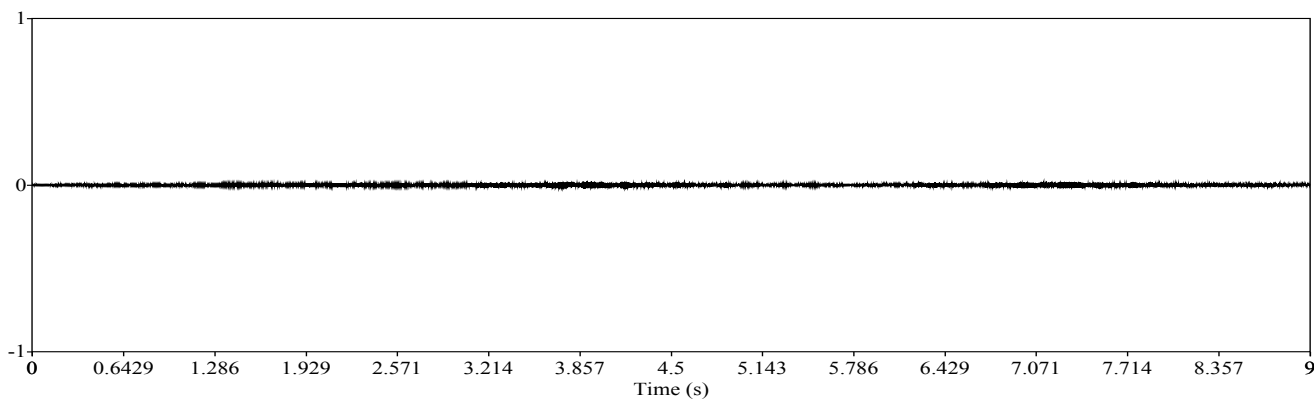


Figura 20 - Forma de onda no compasso inicial da Sagração da Primavera, de Stravinsky.

Sagração da Primavera, números 198-200

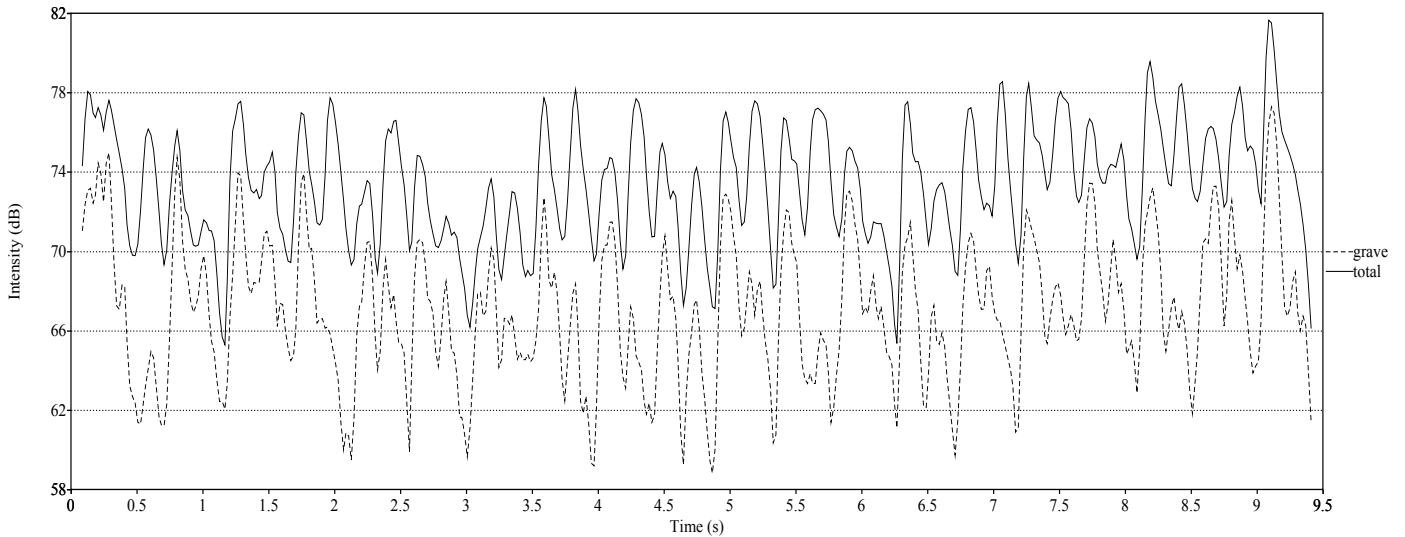


Figura 21 - Envelopes dinâmicos total e das oitavas graves nos compassos 198-200 da Sagração da Primavera.

Sagração da Primavera, números 198-200

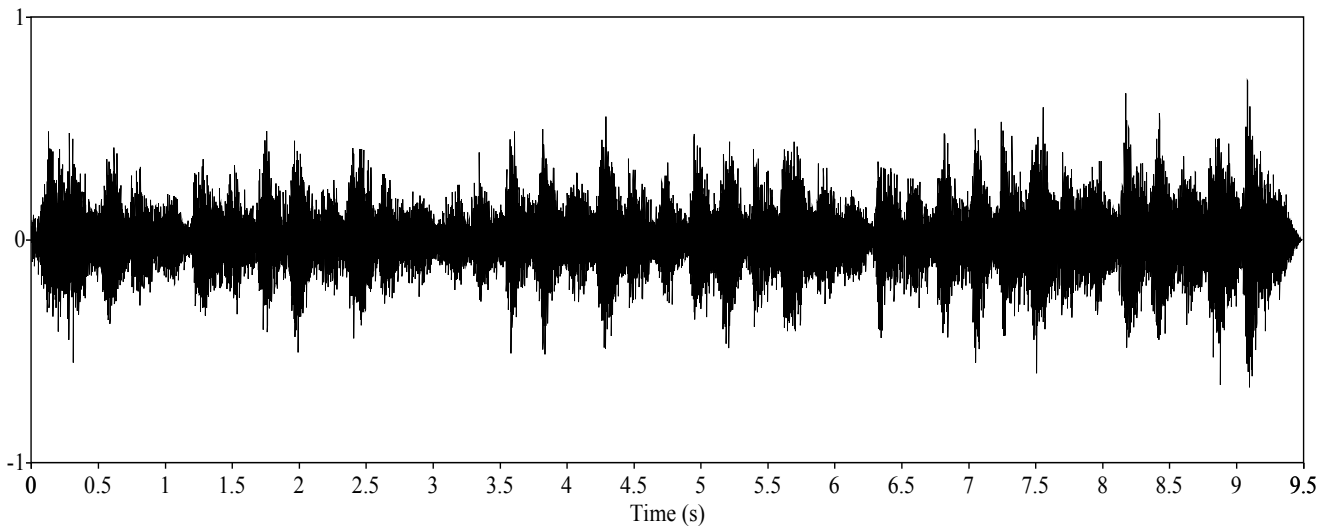


Figura 22 - Forma de onda nos compassos 198-200 da Sagração da Primavera.

Em ambas as peças, considerando apenas os trechos mostrados, há uma variação dinâmica de aproximadamente 40dB entre os extremos da dinâmica musical. Esses valores representam a energia RMS, o que significa que há ainda pontos de picos instantâneos que alcançam valores mais extremos. Isso dificulta bastante a captação, posto que tais picos, embora não contribuam consideravelmente para a quantidade de energia RMS, podem causar saturação na entrada do conversor A/D, resultando em distorção. As formas de onda dos trechos foram colocadas para melhor visualização das variações energéticas, uma vez que é o gráfico mais usual.

Da Sagração, escolhemos dois trechos de *tutti*, um deles sem a presença do bumbo (compasso 134 da partitura) e outro com bumbo (compassos 198 a 200).



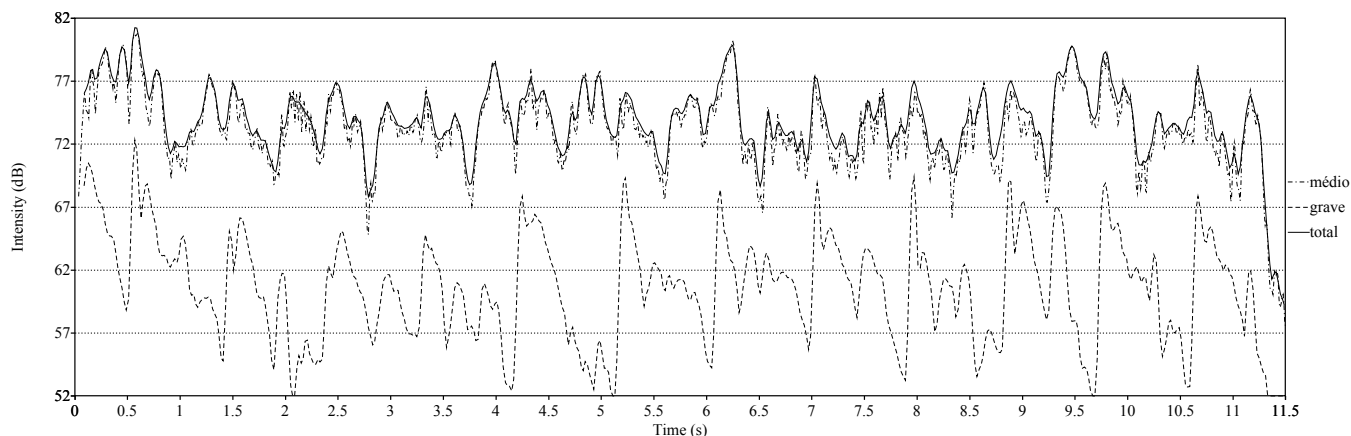


Figura 23 - Envelopes dinâmicos total e nas oitavas médias e graves, do número 134 da Sagração da Primavera.

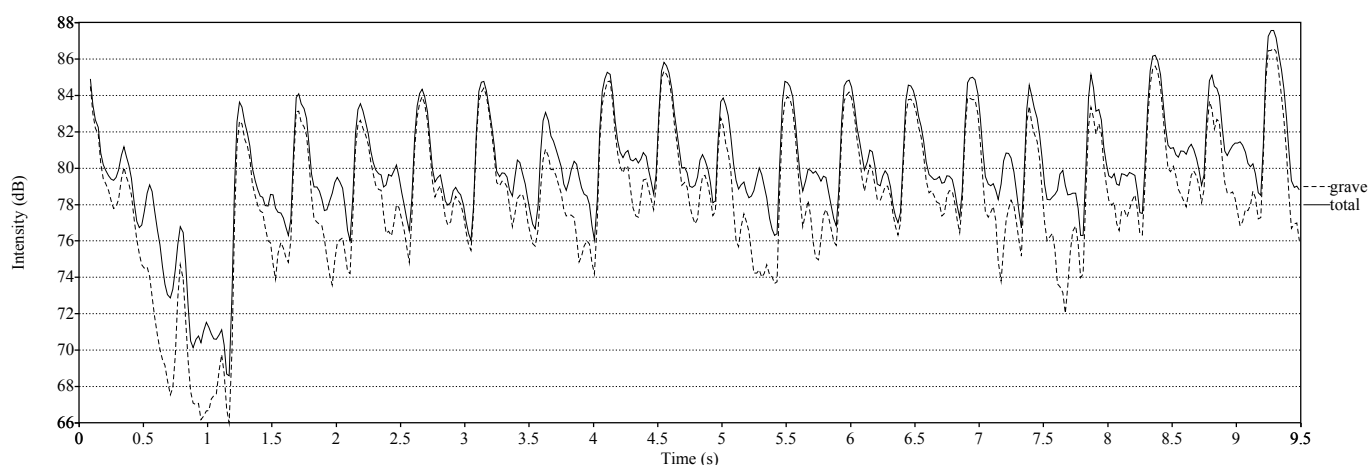


Figura 24 - Envelopes dinâmicos total e das oitavas graves nos números 198-200 da Sagração da Primavera.

Interessante observar (figs. 23 e 24) que, no trecho onde o bumbo aparece com maior predominância, os graves acabam por dar forma à curva energética total, aproximando-se principalmente em seus valores máximos, onde chegam a atingir 0,5 dB em relação à curva de energia total. De acordo com a tabela 3, significa dizer que o sinal da porção grave ocupa grande parte de toda a gama dinâmica disponível. Uma análise conjunta entre a percepção auditiva e os dados objetivos retirados dos gráficos nos dão uma amostra de quão definidores do contorno energético total podem ser os sons graves, especialmente nas passagens fortes. Nas passagens com pouca energia total, portanto, seria correto presumir que a presença de componentes graves é mínima, e que o contorno energético acaba sendo determinado pela região média. Tal observação corrobora a análise feita dos dados apresentados na fig.5, uma vez que é na região média que o ouvido humano tem maior sensibilidade, não sendo necessária grande quantidade de energia para que o som seja percebido.

Para que possamos ter uma outra referência de gênero musical e possamos comparar a distribuição da energia espectral entre eles decidimos mostrar aqui a análise da *mixagem* controle, realizada pelo autor como parte do experimento descrito no item 3.3.

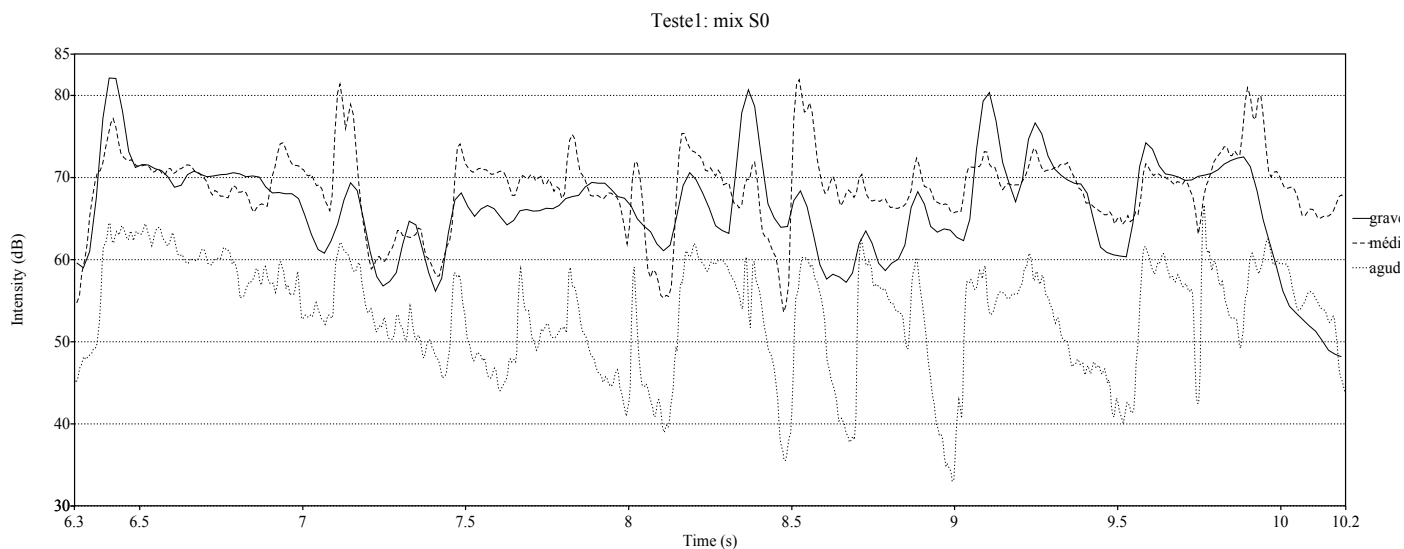


Figura 25 – Envelopes dinâmicos por faixas de frequência na *mixagem* controle do teste descrito no item 3.3. Linha sólida (graves), linha tracejada (médios) e linha pontilhada (agudos)

As diferenças de conteúdo espectral e de contorno dinâmico entre a peça composta para o teste e as peças orquestrais analisadas são claras aos ouvidos (CD anexo). É notório que trata-se de materiais musicais muito distintos. A presença da região grave é mais marcante nas *mixagem* do teste do que nas peças orquestrais, embora seja precipitado afirmar que esse princípio seja aplicável a toda e qualquer peça orquestral, ou mesmo que se aplique a uma peça inteira, já que peças orquestrais podem durar de minutos a horas, utilizadas. Uma mesma peça, como visto, pode ter versões com sonoridades muito diferentes. As diferenças podem ser resultado tanto da variação entre os arranjos musicais como do fato de serem fonogramas produzidos por profissionais cujas concepções estéticas sejam muito próprias. De uma forma ou de outra podemos afirmar que, para além de escolhas técnicas, o profissional envolvido na produção musical está sempre em busca de um resultado estético, que é fruto de uma determinada concepção de sonoridade. Porém, ainda que existam infinitas possíveis concepções, as limitações e características do aparelho auditivo irão determinar boa parte das escolhas durante o processo de produção. As demais escolhas seriam pautadas pelo diálogo entre o imaginário sonoro do ouvinte ao qual aquela produção se destina e as novidades que o material produzido possam trazer a ele.

### 1.3 - Os instrumentos graves<sup>16</sup>, a extensão de suas frequências fundamentais e sua dispersão sonora

As informações contidas nos subitens abaixo têm relação com as técnicas de captação dos instrumentos em geral e, em especial daqueles que produzem sons graves. As orientações acerca da escolha e do posicionamento de microfones estarão melhor desenvolvidas no capítulo seguinte.

#### 1.3.1 - Os instrumentos graves e a extensão de suas fundamentais

Os instrumentos musicais são classificados principalmente por: características de construção; técnica de produção sonora e extensão das notas emitidas. Importante considerar, para essa última classificação, o fato de que as notas percebidas não provêm de senoides puras (de uma única frequência fundamental), mas da somatória de um espectro energético dinâmico que nos causa essa sensação. É comum que a quantidade de energia concentrada na frequência fundamental seja pequena em relação àquela dispersa no restante do espectro e ainda assim escutarmos a nota que remete à fundamental<sup>17</sup>. A organização espectral da energia sonora é quem direciona a percepção de espectros complexos à sensação de ouvir notas definidas (sensação de *pitch*). Neste item destacamos os instrumentos que produzem notas graves ou que possuam grande parte de sua energia dissipada na porção grave do espectro (ver item 1.3.).

Tabela 5 - Os instrumentos graves e a extensão de suas frequências fundamentais

INSTRUMENTO	EXTENSÃO DAS FREQUÊNCIAS FUNDAMENTAIS (Hz)
Violoncelo	65 a 622
Contrabaixo Elétrico	30 a 246
Contrabaixo Acústico	41 a 246
Piano	27 a 4186
Trombone	55 a 466
Tuba	41 a 261
Fagote	58 a 622
Contrafagote	34 a 246
Tambores (Bumbo de orquestra/ Bumbo de bateria/ Surdo de bateria/ Surdo de samba)	28 a 400

Fonte: Construção do autor

<sup>16</sup> O termo *instrumentos graves*, aqui utilizado por economia de caracteres, significa: instrumentos cujos sons que produzem contêm grande parte de sua energia localizada na porção inferior do espectro sonoro audível.

<sup>17</sup> A frequência fundamental é o primeiro harmônico de um som periódico complexo, e seus harmônicos são múltiplos inteiros dela. Um Lá4 tem sua fundamental em 440Hz e seus harmônicos são 880Hz; 1760Hz; 3520Hz; 7040Hz, e assim sucessivamente. Ver *The missing fundamental* (item 1.4.3).

### 1.3.2 - Direcionalidade da projeção sonora

Cada instrumento dispersa a energia sonora de forma ímpar. Essa variação é grande entre as famílias de instrumentos (cordas/madeiras/metals/tambores), embora esteja também presente entre instrumentos da mesma família de forma menos ressaltada.

“ Além das diferenças de equilíbrio harmônico entre os instrumentos e suas famílias, é comum que esse equilíbrio varie também em relação à direção de propagação a partir de um instrumento.”<sup>18</sup> Huber (2010, p.56)

A relação entre a projeção sonora e a captação é direta, já que o posicionamento dos microfones é sempre pautado pela recriação e/ou co-criação de uma desejada realidade sonora. O conhecimento, a experiência e a criatividade durante esse processo é determinante. Escolher o que será captado e quais resultados são válidos são as principais questões. Diferentemente do ouvido humano, o microfone não tem a capacidade de selecionar o que transduzir. Para ele, tudo é sinal. Cabe portanto ao profissional ou equipe responsável, avaliar a validade do posicionamento em cada situação, e ter a capacidade de encontrar uma configuração mais adequada. A figura abaixo mostra os vários modos de projeção dos sons emitidos por um violoncelo como visto pelos planos vertical e horizontal.

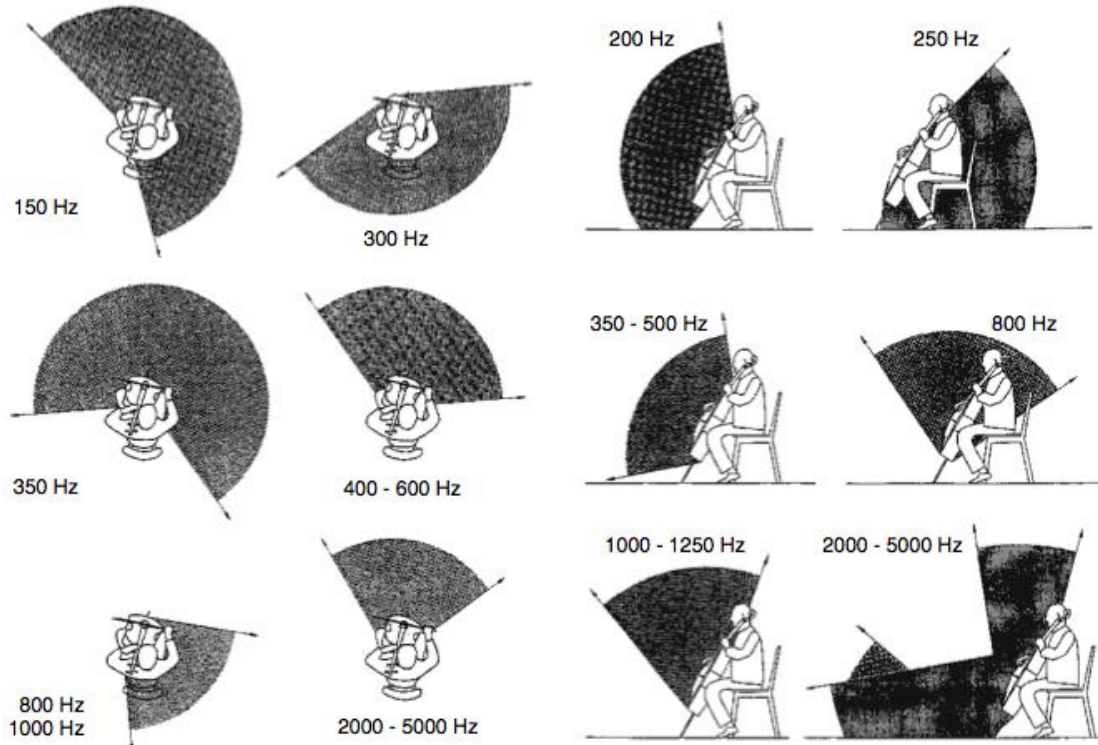


Figura 26 - Modos de projeção dos sons emitidos por um violoncelo vistos através dos planos vertical e horizontal em função da faixa de frequências emitida. Fonte: Meyer (2009, p.281-282). Trad. do autor.

<sup>18</sup> Tradução do autor.

É, portanto, na interseção entre a intenção estética e a direcionalidade da projeção sonora dos instrumentos que surgem posicionamentos e técnicas específicas de microfonação. Não havendo um único posicionamento "correto", a escolha do microfone adequado para a captação e o seu posicionamento dependem do resultado estético almejado. São variáveis dessa equação: o ambiente onde o instrumento é executado; a técnica utilizada por quem toca; as características do instrumento utilizado e o arranjo e a instrumentação da peça de música a ser gravada. Tudo isso influencia na escolha da melhor técnica para cada situação. Conhecer as especificações técnicas dos microfones, seus usos e ter no imaginário sonoro suas características sonoras, assim como os efeitos conseguidos com diversos posicionamentos, ajudam na escolha adequada.

### **1.3.3 - Núcleos de energia**

Instrumentos musicais projetam energia a energia sonora agrupada em núcleos ao longo do espectro. Essa característica faz de cada instrumento um desafio único para quem se disponha a captá-lo. O posicionamento e a escolha do microfone, citada anteriormente, precisa ser precedida de uma escuta crítica que vise identificar os pontos do espectro onde se concentre a energia que dá identidade ao som, ou que melhor o representa.

“Engenheiros de Som necessitam constantemente de dar atenção a faixas de frequência específicas para identificarem algum aspecto da qualidade do som ou do desempenho do equipamento. Alguns sons possuem aglomerados de frequências específicas distribuídas, que têm dinâmicas e densidades diferentes. Uma dessas aglomerações prevalece sobre as demais.”<sup>19</sup> Moylan (2002, p.124)

---

19 Tradução do autor.

Separação desses núcleos feita por Stark (2005) para cada instrumento da tabela a seguir:

Tabela 6 - Núcleos de concentração de energia em diversos instrumentos relacionados às características de análise subjetiva dos objetos sonoros.

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>FREQUÊNCIAS MÁGICAS</b>
Baixo Elétrico	Base em 50-80Hz; ataque em 700Hz; pegada em 2,5kHz
Bumbo	Base em 80-100Hz; oco em 400Hz; agudos em 3-5 kHz
Caixa	Tamanho/corpo em 120-240Hz; harmônicos médios em 900Hz; aspereza em 5 kHz; pegada em 10 kHz
Toms	Tamanho/corpo em 240-500Hz; ataque em 5-7 kHz
Surdo	Tamanho/corpo em 80-120Hz; ataque em 5 kHz
Chimbal e Pratos	Porção grave em 200Hz; ressonância aguda em 8-10 kHz
Guitarra	Tamanho/corpo em 240-500Hz; presença em 1,5-2,5 kHz; reduza 1 kHz para soar como gabinete 4x12 <sup>20</sup>
Violão	Tamanho/corpo em 80Hz; centro em 240Hz; presença em 2-5 kHz
Órgão	Tamanho/corpo em 80Hz; centro em 240Hz; presença em 2-5 kHz
Piano	Tamanho/corpo em 80Hz; presença em 2,5-5 kHz; Honky-tonk <sup>21</sup> em 2,5 kHz
Horns	Tamanho/corpo em 120-240Hz; campana a 5 kHz
Voz	Tamanho/corpo em 120Hz; ressonância grave em 240Hz; presença em 5 kHz; sibilância em 5 kHz; ar em 10-15 kHz
Cordas	Tamanho/corpo em 240Hz; arco em 7-10 kHz
Conga	Aro <sup>22</sup> em 200Hz; tapa em 5 kHz

Fonte: Owsinski (1999, p.32) Tradução do autor.

Cada instrumento foi dividido em faixas de frequência e a elas foram associados adjetivos, como forma de classificá-los. Apesar das aproximações serem feitas a partir da observação continuada e com o intuito de informar sobre o conteúdo espectral de cada um, a forma como os dados são apresentados os torna demasiado vagos para embasar conclusões teóricas bem fundamentadas. Ainda assim servem

<sup>20</sup> Gabinete 4x12 é uma caixa acústica composta de 4 alto-falantes de 12 polegadas agrupados 2 a 2 (2 em cima e 2 em baixo). Tal gabinete é largamente utilizado na amplificação de guitarra e contrabaixo elétricos. O timbre característico desse tipo de caixa é reconhecido entre guitarristas e profissionais do áudio.

<sup>21</sup> Timbre de piano característico do gênero musical homônimo.

<sup>22</sup> Por som de aro, no caso da conga, entende-se aquele som médio-grave, de banda estreita, que soa quase como uma nota.

como guias consistentes para a execução de tarefas objetivas e necessárias do ponto de vista prático, como eliminar a realimentação contínua entre um violão e sua caixa de retorno ou evitar que os graves deste mesmo violão mascarem as notas do contrabaixo, por exemplo.

“Sons de percussão ocupam faixas de frequências e não uma frequência específica. Esses sons são percebidos inseridos em uma faixa entre dois extremos. Esses extremos podem, em vários casos, ser instáveis e variáveis em frequência e nível dinâmico. Centros de frequências secundárias podem também ser percebidos.

Tais sons podem ser avaliados e definidos pela (1) densidade de frequências; (2) largura da faixa de frequências; (3) presença de (núcleos de) frequências secundárias, assim como a relação de intensidade entre essas e as primárias.”<sup>23</sup> Moylan ( 2002, p.124)

Informações subjetivas sobre o espectro sonoro servem como fonte de consulta e como metodologia na busca de soluções de problemas ou situações comuns do dia a dia do profissional de áudio. Tais informações são especialmente valiosas quando se é iniciante e a experiência não seja ainda suficiente para orientar ajustes sutis ou menos intuitivos. Muitas vezes, em minha atividade profissional me deparei com problemas cuja verbalização era razoavelmente simples, mas as soluções de que dispunha em meu repertório se mostravam ineficazes. Por absoluta falta de conhecimentos sistematizados a respeito, os dados trazidos por análises fenomenológicas de caráter perceptivo, como as citadas acima, se mostraram úteis. Ainda que tais informações não sejam objetivas e tampouco levem diretamente à solução de problemas postos, elas servem como ferramenta metodológica de pesquisa na busca por possíveis soluções, uma vez que trazem em si as experiências de outros profissionais, pois são observações feitas a partir de suas vivências e percepções.

#### **1.3.4 - A criação de novos timbres**

*DJs*, *Sound Designers* e afins criam a base harmônica e rítmica de suas músicas. Sintetizadores e *samplers* são largamente utilizados nesses casos para se criar uma massa sonora que cumpra as funções rítmica e harmônica. Em alguns gêneros<sup>24</sup> a célula rítmica primária se confunde com o instrumento harmônico mais

---

23 Tradução do autor.

24 Por gênero entende-se: identificação por agrupamento estético-musical por semelhança instrumental, formal, timbrística ou outra categoria de análise.

grave, “o baixo”. Em seu artigo *Big Bad Bass – a tutorial on low frequencies*, Andrew Betts discorre sobre a construção do que ele chama de linha do baixo (*bassline*):

“Grandes, potentes linhas de baixo são alcançadas sobrepondo-se múltiplas camadas de sons sintetizados ou amostrados. Cada camada provém de uma fonte diferente e ocupa sua faixa de frequência específica, mas juntas são percebidas como um elemento único, coeso.” Betts (2012). Tradução do autor.

Está bastante claro que, para o autor em questão, o conceito de instrumento musical é essencialmente funcional. Em sua orientação sobre a criação das "linhas de baixo", percebe-se que vários elementos são fundidos em um único fluxo que cumpre o papel do instrumento grave. Não se trata aqui de captar um som preexistente, mas de sintetizá-lo a partir de seus componentes, dos núcleos de energia que o formam. Para os *sound designers*, o conhecimento sobre as oitavas iniciais do espectro sonoro os auxilia na criação de instrumentos (ou algo que os valha) que cumpram o papel base do espectro do material a ser criado. Como curiosidade, vale comentar que essa faixa de frequências é de especial importância na criação de "climas" em trilhas sonoras para filmes e para sons de videogames.

## **1.4 - Elementos de psicoacústica**

Neste item serão abordados dados de experiências sobre a percepção sonora nos seres humanos que levam a algumas conclusões e levantam muitas outras questões sobre a relação entre o mundo acústico e o mundo perceptivo, ou seja, o mundo das ondas de pressão e o mundo das ondas elétricas cerebrais, com seus pouco conhecidos, embora amplamente estudados, modos de funcionamento. Escolhi, dentre os muitos elementos importantes, aqueles que interferem diretamente na percepção dos sons graves, além das curvas de intensidade subjetiva (já citadas anteriormente): banda crítica, mascaramento, *Missing Fundamental*.

### **1.4.1 - Banda Crítica**

Banda crítica é uma faixa de frequências resultante da divisão da membrana basilar<sup>25</sup> em seções em cujo interior não conseguimos distinguir os sons, ou seja,

---

<sup>25</sup> Membrana basilar é a estrutura do sistema auditivo responsável pela detecção das frequências dos sons ouvidos. Ela se encontra enrolada no interior da cóclea. Nela estão localizadas as células ciliadas responsáveis pela transformação dos estímulos acústicos em impulsos nervosos.



dentro da qual os sons que ocorrem simultaneamente são facilmente mascarados uns pelos outros. Considerando que, frente à nossa percepção, dois sons podem se fundir ou se apresentar separadamente, a banda crítica desempenha um papel importante, pois é dentro dos limites de uma banda crítica que eles têm a maior probabilidade de se fundir, resultando num som único de timbre específico. Assim que esses mesmos sons se distanciam em frequência e se localizam fora de uma mesma banda crítica, passam a ter identidade própria e são percebidos, portanto, como dois sons distintos. A teoria das bandas críticas, sozinha, não é capaz de dar conta da complexidade da distinção e do mascaramento de frequências que acontecem no sistema auditivo. Outras teorias são utilizadas concomitantemente para dar conta de como ocorrem tais processos, mas ainda não se pode afirmar que esses processos estejam definitivamente compreendidos.

"O ouvido demonstra uma curiosa dualidade no que se refere à sua capacidade de distinguir as frequências. Por um lado, processos dependentes da frequência, como o mascaramento, parecem indicar que há agrupamentos de bandas ao longo do espectro de largura aproximada de 1/3 ou 1/4 de oitava. Por outro lado, a discriminação de ondas senoidais individuais, no que se refere à percepção da nota (*pitch*), chega a ter resolução de 1/100 de oitava."<sup>26</sup> Rossing (2007, p.747)

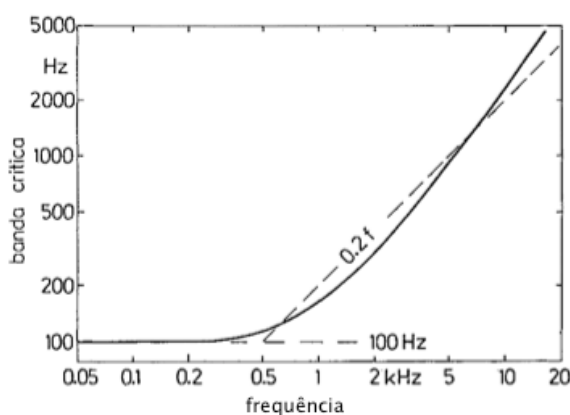


Figura 27 - Largura da banda crítica em função da frequência. As linhas tracejadas indicam os valores aproximados da banda crítica para frequências abaixo e acima de 500Hz (50Hz, 100Hz e 200Hz, respectivamente) Zwicker (2007, p.159). Trad. do autor.

A largura da banda crítica permanece estável (100Hz) desde o início do espectro audível até aproximadamente a frequência de 500Hz, a partir daí a curva tem uma inclinação quase constante, indicando que a largura da banda crítica passa a ter o valor de aproximadamente 20% da frequência em questão, o que correspondente a um intervalo de terça menor, que por sua vez divide a oitava em quatro partes iguais. Por

<sup>26</sup> Tradução do autor.

exemplo, em 2kHz, a largura da banda crítica é de 400Hz. Vale salientar que isso resulta numa largura de banda crítica proporcionalmente maior para as frequências graves, o que significa que nossa capacidade de distinguir sons que ocorram simultaneamente é menor para os graves do que para os médios e agudos. Devido a essa característica da nossa percepção, a cuidadosa equalização do registro grave é de fundamental importância para se ter uma boa definição dos elementos que estejam ali representados.

Para estudar especificamente as bandas críticas, sua largura e frequências centrais, Zwicker, em seu artigo "Subdivisão da extensão auditiva em bandas críticas"(1960), propôs a divisão de toda a extensão auditiva em 24 bandas críticas. A essa divisão deu-se o nome de Escala Bark. Cada Bark indica uma banda crítica específica com largura de banda e frequência central definida.

Abaixo estão o gráfico que descreve essa escala e a tabela que indica os valores de largura de banda, frequência de corte e a frequência central de cada uma das 24 bandas críticas:

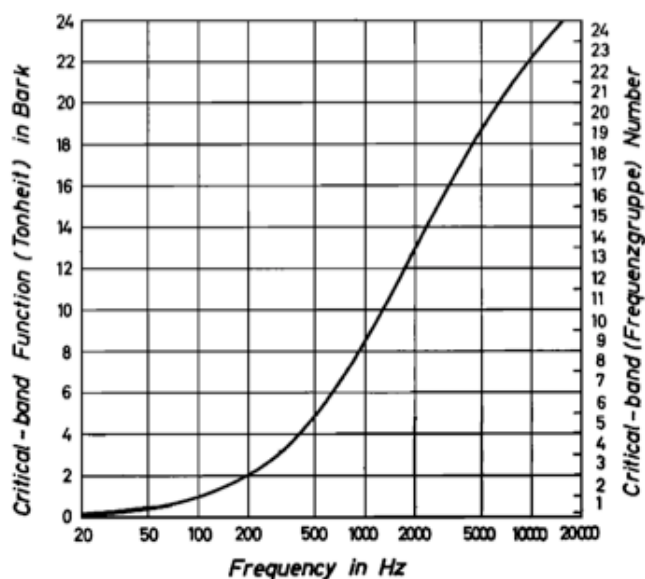


Figura 28 - Relação entre banda crítica (em Bark) e frequência. No eixo das ordenadas à direita estão destacadas todas as bandas críticas da escala. Zwicker (1961). Trad. do autor.

Tabela 7 - Número, frequência central, frequência de corte e largura de banda de todas as bandas críticas.

Number	Center frequencies Hz	Cut-off frequencies Hz	Bandwidth Hz
		20	
1	50	100	80
2	150	200	100
3	250	300	100
4	350	400	100
5	450	510	110
6	570	630	120
7	700	770	140
8	840	920	150
9	1000	1080	160
10	1170	1270	190
11	1370	1480	210
12	1600	1720	240
13	1850	2000	280
14	2150	2320	320
15	2500	2700	380
16	2900	3150	450
17	3400	3700	550
18	4000	4400	700
19	4800	5300	900
20	5800	6400	1100
21	7000	7700	1300
22	8500	9500	1800
23	10 500	12 000	2500
24	13 500	15 500	3500

Fonte: Zwicker (1961)

Estudos<sup>27</sup> indicam que, apesar das larguras de banda propostas estarem bem estimadas, suas frequências centrais podem variar e variam de acordo com a intencionalidade da escuta, o que significa que o ouvido humano é capaz de deslocar as bandas críticas de acordo com a necessidade analítica do contexto sonoro.

<sup>27</sup> Springer Handbook of Acoustics. Item 13.2.2 - Psychophysical tuning curves, p. 462-463.

### 1.4.2 – Mascaramento

O mascaramento é um fenômeno que ocorre quando uma frequência ou faixa de frequências se torna menos audível ou inaudível devido à presença de outro componente espectral, simples ou complexo. Ocorre com mais facilidade entre frequências próximas e depende da intensidade dos sinais envolvidos. Quanto mais intenso o sinal, maior a sua capacidade de mascarar outros. O mascaramento tem uma relação estreita com o princípio da banda crítica, exposto no subitem anterior, pois ocorre devido à incapacidade do sistema auditivo de filtrar de forma efetiva sinais que estejam próximos uns dos outros em frequência. O fato de estarem estes sinais próximos em frequência, determina também que sejam identificados por partes adjacentes da membrana basilar, isso dificulta sua detecção, já que esta última ocorre através do movimento da membrana. Segue abaixo um modelo da forma como ocorre a detecção dos sons pela membrana basilar:

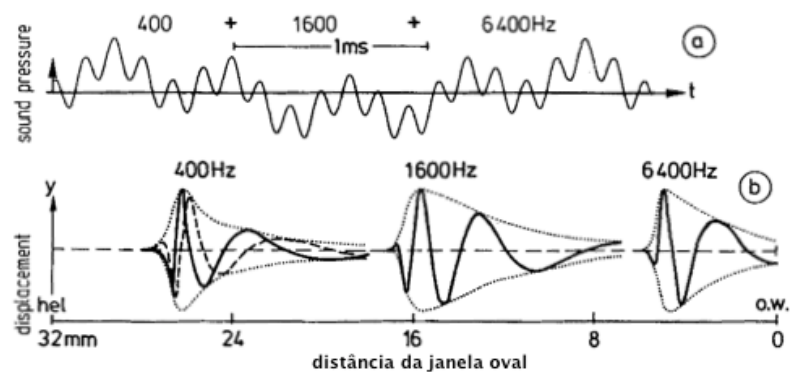


Figura 29 - Desenho esquemático do impacto de frequências em pontos específicos da membrana basilar. Em (a), três sons simultâneos de frequências distintas são apresentados e, produzindo ondas que se propagam em (b) atingem seus ápices em três diferentes pontos, correspondentes às frequências desses sons. Zwicker (2007, p.29). Trad. do autor.

Uma outra característica do efeito de mascaramento, no entanto, se explica tão somente pela forma como entendemos os sons. Significa dizer que ocorre por razões puramente cognitivas. É o caso do mascaramento de sons que precedam seus mascaradores.

"Embora o efeito de mascaramento de um sinal seja, logicamente, mais evidente enquanto o sinal está presente, alguns efeitos residuais de mascaramento se prolongam para além do término do sinal, e até mesmo ligeiramente antes do seu início. Este processo é conhecido como o mascaramento temporal.<sup>28</sup>" Rossing (2007, p.749)

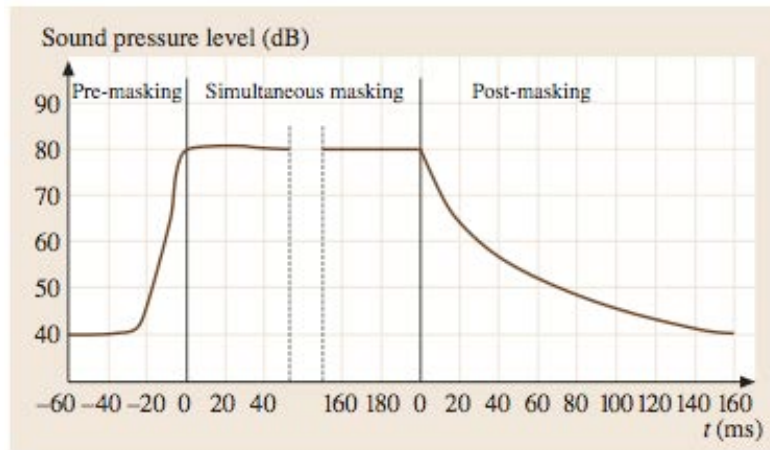


Figura 30 - Características do mascaramento temporal. Gráfico demonstrando a probabilidade de mascaramento em relação ao início do som mascarador. Rossing (2007, p.749). Trad. e adaptação do autor.

### 1.4.3 - *The Missing Fundamental*

"The Missing Fundamental", ou a fundamental ausente, é um fenômeno psicoacústico que ocorre quando a organização espectral da energia sonora faz com que o ouvinte ouça uma frequência fundante, grave, que não está presente acusticamente.

"Se sons puros (ondas senoidais) de 220Hz, 330Hz, 440Hz, 550Hz, 660Hz, e daí por diante forem apresentadas a um ouvinte, elas serão ouvidas como uma nota lá de 110Hz, mesmo que a frequência de 110Hz não esteja presente.<sup>29</sup>" Stark (2005, p.53)

É um fenômeno que tem grande influência no trabalho de produção musical, pois possibilita que o espectro de frequências resultante dos processamentos executados durante a mixagem seja reduzido sem que ocorra o desaparecimento das frequências mais graves, ou que, ao menos perceptivamente, elas continuem presentes. É essa também a razão de ser possível escutar música em aparelhos nos

28 Tradução do autor.

29 Tradução do autor.

quais as frequências mais graves não sejam reproduzidas e ainda assim continuar a ter a sensação de ouvi-las.

Cabe ressaltar que, apesar de a organização do espectro de um som harmônico em relação às fundamentais ausentes permitir que a percepção da nota seja mantida mesmo sem a presença acústica das primeiras parciais, essa ausência se reflete no modo como o som interage com o ambiente. Isso posto, não podemos de forma alguma afirmar que a restrição do espectro não tenha consequências para a percepção do ouvinte, pois a percepção de um som envolve muitas outras questões que vão além da percepção das notas musicais. Há, por exemplo, relatos que descrevem as impressões sensoriais que cada oitava do espectro sonoro deixam no ouvinte. Assim, espera-se que a ausência de uma das faixas de frequência vá ocasionar alterações perceptivas significativas. (ver figura 11 e tabela 6)

## 2 - Produzindo música: equipamentos, técnicas e ambientes

O processo de produção musical é longo. Desde a criação musical até a existência de um produto ocorrem etapas distintas e complementares. Produtos podem ser desde arquivos de áudio comprimidos (mp3; AAC; FLAC, wma etc.) para divulgação digital (via *streaming*<sup>30</sup> ou *download*), Discos de Vinil, CDs, DVDs, até áudio em alta definição para vídeo, cinema, jogos digitais. Neste capítulo são abordados temas referentes ao processo de produção musical. Parte considerável dos equipamentos e técnicas utilizados para a captação de sons graves estão aqui listados. As experiências profissionais do autor são fonte de dados importante para a consistência desse capítulo em especial, portanto algumas descrições de técnicas e a seleção dos equipamentos estão referenciadas em suas práticas e na pesquisa realizada em bibliografia especializada.

### 2.1 - A Captação: microfones, técnicas e conversores

A criação musical e a pré-produção (quase sempre) precedem a gravação, ou captação, que é onde entram em cena os microfones e seus posicionamentos, os conversores A/D (análogo/digitais) e os ambientes de gravação<sup>31</sup>. Vejamos como cada um desses fatores se relaciona com a captação de sons graves.

#### 2.1.1 - Microfones

Os microfones são classificados primeiramente pela tecnologia de transdução utilizada em sua construção. Por essa classificação dividem-se em dois grupos principais: os dinâmicos, que são aqueles construídos utilizando-se elementos eletromagnéticos (ímãs) e uma bobina como indutores de corrente; e os condensadores, ou capacitivos, que utilizam a indução em placas polarizadas,

---

30 *Streaming*, do termo em inglês que significa transmissão de dados *online*.

31 Os processamentos que poderiam fazer parte da cadeia, precedendo a conversão A/D, foram suprimidos por opção metodológica, uma vez que, a partir da era digital, podem ser aplicados em etapa posterior. Cabe ressaltar que tais procedimentos alterariam a conformação espectral do sinal analisado, uma vez que quaisquer modificações na dimensão temporal geram modificações também na dimensão espectral. A isso equivale afirmar que compressores alteram o equilíbrio espectral do sinal.

alimentadas externamente para a captação das alterações de pressão. Os dinâmicos são, em geral, microfones mais pesados e de impedância<sup>32</sup> mais elevada. Funcionam de forma passiva, pois não requerem alimentação de energia. Já os capacitivos são microfones ativos, pois necessitam alimentação externa<sup>33</sup>. A membrana de sua cápsula é muitas vezes mais leve que a de um microfone dinâmico, por isso sua resposta a transientes é mais rápida, sendo indicado para situações onde uma maior definição dos agudos seja importante ou em casos de pouca projeção sonora.

Em princípio, para situações onde há alta pressão sonora, utilizam-se microfones dinâmicos de cápsula grande para captação dos sons mais graves. Modelos mais recentes adicionaram ao microfone dinâmico uma nova cápsula capacitiva que suporta altas pressões sonoras, de maior sensibilidade aos agudos e introduziram um circuito que mistura os 2 sinais, entregando apenas um sinal, já misturado, na saída. Dessa forma, nos momentos da dinâmica *forte*<sup>34</sup>, tanto a energia concentrada na porção grave do espectro é captada quanto os ataques, que possuem transientes menos potentes e muito rápidos comparativamente. Este novo equipamento promete minimizar o procedimento de equalização posterior do sinal, muito usual em razão do posicionamento próximo ao instrumento (às vezes dentro). O sinal de um microfone colocado muito próximo ao instrumento pode apresentar-se distorcido em relação à perspectiva do ouvinte localizado na sala onde o som é produzido, posto que não há quem ouça um bumbo ou um surdo com a cabeça dentro do tambor.

Abaixo estão elencados microfones largamente utilizados para a captação de sons graves:

---

<sup>32</sup> Impedância é a grandeza que indica a oposição do circuito ao fluxo de corrente elétrica.

<sup>33</sup> A alimentação de microfones capacitivos é feita principalmente pelas mesas e interfaces de som, que enviam através de seus conectores de entrada um sinal de tensão contínua que pode ser de 9V a 48V, dependendo do modelo. Esse tipo de alimentação é denominada *phantom power*.

<sup>34</sup> *forte* aqui significa um momento de intensidade da dinâmica musical alta. Em uma escala de gradações médias estão o *piano* (*p*), o *mezzo* (*m*) e o *forte* (*f*).



<b>Transdutores para captação de sons graves</b>	
Marca: AKG	Marca: AKG
Modelo: D112	Modelo: D12E
Tipo: Dinâmico	Tipo: Dinâmico
Padrão Polar: Cardióide	Padrão Polar: Cardióide
Faixa de frequências (Hz): 20 - 17.000	Faixa de frequências (Hz): 40 - 15.000
Máxima pressão suportada <sup>35</sup> : não mensurável	Máxima pressão suportada: 128 dB SPL
	
Figura 31 - AKG D112. Fonte: <a href="http://www.akg.com/">http://www.akg.com/</a>	Figura 32 - AKG D12E. Fonte <a href="http://www.akg.com/">http://www.akg.com/</a>
Marca: AKG	Marca: Audix
Modelo: D12VR	Modelo: D6
Tipo: Dinâmico	Tipo: Dinâmico
Padrão Polar: Cardióide	Padrão Polar: Cardióide
Faixa de frequências (Hz): 17 - 17.000	Faixa de frequências (Hz): 30 - 15.000
Máxima pressão suportada: 164 dB SPL	Máxima pressão suportada: 144 dB SPL
	
Figura 33 - AKG D12VR. Fonte: <a href="http://www.akg.com/">http://www.akg.com/</a>	Figura 34 - Audix D6 - <a href="http://www.audixusa.com/">http://www.audixusa.com/</a>

<sup>35</sup>A máxima pressão suportada é uma medida que considera a quantidade de distorção harmônica total (THD, na sigla em inglês) e a impedância de entrada do pré-amplificador ao qual o microfone seja conectado. Não há um padrão de medida entre os fabricantes, o que cria a necessidade de uma pesquisa sobre os critérios utilizados antes de tirar conclusões. As referências encontradas são para THD igual a 0,5% ou 1%.

Marca: Shure	Marca: Shure
Modelo: Beta91	Modelo: Beta52A
Tipo: Condensador (eletreto)	Tipo: Dinâmico
Padrão Polar: Semi-cardióide	Padrão Polar: Supercardióide
Faixa de frequências (Hz): 20 - 20.000	Faixa de frequências (Hz): 20 - 10.000
Máxima pressão suportada: 151 dB SPL	Máxima pressão suportada: 174 db SPL
 <p>Figura 35 - Shure Beta91. Fonte: <a href="http://www.shure.com/">http://www.shure.com/</a></p>	 <p>Figura 36 - Shure Beta52A. Fonte: <a href="http://www.shure.com/">http://www.shure.com/</a></p>
Marca: Elettrovoice	Marca: Elettrovoice
Modelo: RE20	Modelo: N/D868
Tipo: Dinâmico	Tipo: Dinâmico
Padrão Polar: Cardióide	Padrão Polar: Cardióide
Faixa de frequências (Hz): 45 - 18.000	Faixa de frequências (Hz): 20 - 10.000
Máxima pressão suportada: imune a saturação	Máxima pressão suportada: 144 dB SPL
 <p>Figura 37 - Elettrovoice RE20. Fonte: <a href="http://www.electro-voice.com/">http://www.electro-voice.com/</a></p>	 <p>Figura 38 - Elettrovoice N/D868. Fonte: <a href="http://www.electro-voice.com/">http://www.electro-voice.com/</a></p>

Marca: Beyerdynamic	Marca: Beyerdynamic
Modelo: M88TG	Modelo: M380
Tipo: Dinâmico	Tipo: Dinâmico
Padrão Polar: Hipercardióide	Padrão Polar: Figura 8
Faixa de frequências (Hz): 30 - 20.000	Faixa de frequências (Hz): 15 - 20.000
Máxima pressão suportada: não informada	Máxima pressão suportada: 140 dB SPL
 <p>Figura 39 - Beyerdynamic M88TG Fonte: <a href="http://north-america.beyerdynamic.com/">http://north-america.beyerdynamic.com/</a></p>	 <p>Figura 40 - Beyerdynamic M380 - Fonte: <a href="http://recordinghacks.com/microphones/beyerdynamic/M380">http://recordinghacks.com/microphones/beyerdynamic/M380</a></p>
Marca: Audio-Technica	
Modelo: AE2500	
Tipo: Condensador e dinâmico (2 cápsulas)	
Padrão Polar: Cardióide	
Faixa de frequências (Hz): 20 - 17.000	
Máxima pressão suportada: 148 dB SPL	
 <p>Figura 41 - Audio-Technica AE2500 - Fonte: <a href="http://www.audio-technica.com/">http://www.audio-technica.com/</a></p>	 <p>Figura 42 - Audio-Technica AE2500 (aberto) - Fonte: <a href="http://www.audio-technica.com/">http://www.audio-technica.com</a></p>

Marca: Yamaha	
Modelo: SKRM-100	
Tipo: Dinâmico	
Padrão Polar: Figura 8	
<b>Faixa de frequências: 100 - 2.000</b>	
Máxima pressão suportada: não informada	
	
<p>Figura 43 - Yamaha SKRM100 - Fonte: <a href="http://usa.yamaha.com/">http://usa.yamaha.com/</a></p>	<p>Figura 44 - Yamaha SKRM100 (sem membrana frontal) - Fonte: <a href="http://usa.yamaha.com/">http://usa.yamaha.com/</a></p>

Quadro 2 - Transdutores para captação de sons graves. Fonte: Construção do autor.

Apesar de serem utilizados para captar instrumentos graves, esse não pode ser considerado seu uso exclusivo. Não se tratam de equipamentos especiais, mas sim de uma combinação de características de sua construção que os fizeram (por uso ou por projeto) adequados àquele fim.

Microfones capacitivos também são utilizados, e por sua construção, como citado anteriormente, são mais sensíveis aos transientes de ataque. O posicionamento desses deve levar em conta o limite de sua capacidade dinâmica, ou seja, a máxima pressão suportada pela cápsula. Podem ocorrer distorções nos ataques, onde os transientes, que ocupam a porção superior do espectro nesse momento inicial, tem maior energia média. Os microfones capacitivos são mais utilizados para a captação de nuances delicadas do que para grandes amplitudes dinâmicas, no entanto, alguns modelos suportam pressões consideravelmente elevadas sem qualquer distorção.

### 2.1.2 - Técnicas e ambientes de gravação

As técnicas de captação de sons graves seguem as mesmas diretrizes daquelas utilizadas para os demais sons. A escolha do local adequado, do microfone e de seu correto posicionamento são os pontos principais a serem considerados. É preciso ter clareza sobre o resultado estético desejado. Como vimos no item 1.3.2, a direcionalidade da projeção sonora é variável ao longo do espectro, por isso, dependendo da faixa de frequências que se queira enfatizar com a captação, se faz necessária uma pesquisa para encontrar a posição correta para a captação. Considerando que tenhamos condições ideais para a produção musical, é importante que, antes de iniciar a captação do som de qualquer instrumento, se busquem espaços, ambientes, onde as características de ressonância sejam propícias à performance e que, ao mesmo tempo, estejam de acordo com o conceito estético-musical do projeto. Isso significa escolher desde estúdios e salas de concerto até os materiais que vão estar próximos, interagindo com o ambiente de gravação. Uma cortina fechada, um espelho ou um tambor esquecido no local podem alterar a sonoridade do instrumento sobremaneira. Em síntese, na busca pela melhor captação é preciso considerar as seguintes questões principais:

- a escolha do local;
- a escolha do microfone;
- uma pesquisa sobre a projeção sonora, para que se localize, no espaço ao redor do instrumento, o(s) melhor(es) ponto(s) para a captação;
- estética sonora pertinente, adequada ao projeto.

Ainda sobre a escolha dos locais de gravação, ou da locação, volto a reforçar a afirmação de que cada instrumento (e seu instrumentista) tem suas particularidades. Seus movimentos próprios (compressão/distensão/ressonância, gestos de performance) atuam em conjunto com o ambiente onde estão inseridos. Seja uma sala, um teatro, um hall, uma igreja ou um ginásio, a interação é inevitável. Interações podem ser harmônicas ou não, desejáveis ou não, e seus resultados são também pouco previsíveis. Em algumas situações podem ocorrer eventos como a sustentação prolongada<sup>36</sup> de notas (especialmente as graves) específicas ou o cancelamento de

---

36 Caso típico de ressonância. A sala interage com a perturbação causada pelo instrumento e realça certa frequência em maior proporção. As dimensões da sala nesses casos têm alguma relação geométrica com os comprimentos de onda da energia sonora a

certas frequências. Cabe sempre, portanto, uma avaliação criteriosa dos ambientes em relação com as sonoridades que são pretendidas para o registro a ser realizado.

A respeito do proceder, é seguro afirmar que toda técnica de microfonação proposta tem seu fundamento na experiência de quem as propõe. A adequação desta ou daquela técnica a um caso específico não surge de elucubrações intelectuais, mas da experimentação constante, pois as situações são infinitas e os objetivos estão sempre subordinados ao fazer artístico. Em seu livro *The Recording Engineers Handbook*, Bobby Owsinski faz uma introdução e dá um alerta a respeito das técnicas de captação que virão em seguida em seu texto.

"Aqui está uma variedade de orientações para a microfonação de instrumentos que coletei nos últimos 25 anos junto a outros engenheiros, produtores, mestres, representantes dos fabricantes e músicos. Todas elas funcionam até certo ponto. O que vai funcionar para você depende do projeto, da música, do músico, da sala e do fluxo do sinal (*signal chain*). Como cada situação é única, use estas orientações como meros pontos de partida. Experimente, use o que funcionar e deixe o resto de lado." Owsinski (2005, p.95)

Para este trabalho, selecionamos alguns trechos da bibliografia especializada que trata do objeto aqui estudado. Os relatos sobre a captação de alguns instrumentos que emitem sons graves foram compilados e estão apresentados abaixo.

### **Contrabaixo acústico (também válido para violoncelo)**

As frequências graves do contrabaixo se dissipam principalmente próximo ao chão, em todas as direções. O posicionamento que valoriza mais essas frequências é o demonstrado a seguir, onde um microfone de condensador é colocado entre o cavalete e o estandarte a uma distância aproximada de 30cm do corpo do instrumento.

---

excitá-la. Consequentemente ocorre a realimentação desse sistema, pois o instrumento também reage à resposta do ambiente ao seu estímulo primário e replica.



Figura 45 - Microfone de condensador colocado entre o cavalete e o estandarte a uma distância aproximada de 30cm. Fonte: Owsinski (2005, p.100). Trad. do autor.

Uma variação desse mesmo posicionamento é colocar um microfone bem próximo ao *f* (recorte no tampo superior na forma dessa letra). Na minha experiência, esse posicionamento enfatiza os graves em excesso, e em especial algumas notas, o que acaba por determinar o uso de equalização pós-captação e a consequente perda de definição do sinal devido ao processamento.

Na figura abaixo, um mini-microfone de condensador é colocado abaixo do cavalete, junto ao corpo do instrumento. O anteparo absorvedor mostrado serve para evitar a captação de outras fontes sonoras que estejam sendo executadas simultaneamente. Esse posicionamento ajuda na consistência sonora, pois o microfone fica na mesma posição em relação ao instrumento qualquer que seja a movimentação que o músico realize. Há algumas desvantagens, pois o microfone fica muito distante do espelho (escala) e, portanto, não capta bem o ataque dos dedos nas cordas. A sonoridade nesse ponto não é muito parecida com a que o ouvinte está acostumado, sendo necessária equalização após a captação. Para gravações ao vivo, essa opção alcança bons resultados, pois a aumenta a relação entre o sinal do contrabaixo e quaisquer vazamentos que possam vir de outros instrumentos. Para essa configuração, recomendo a utilização de dois modelos que utilizei e obtive bons resultados:

- DPA 4099

- Audio-Technica ATM350



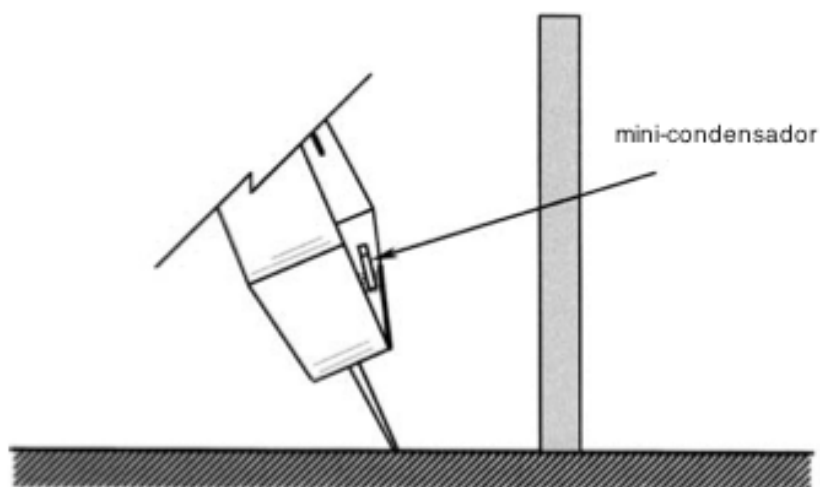


Figura 46 - Microfone mini-condensador omnidirecional colocado abaixo do cavalete, junto ao corpo do instrumento. O anteparo absorvedor mostrado serve para evitar a captação de outras fontes sonoras que estejam sendo executadas simultaneamente. Eargle (2005, p.227). Trad. do autor.

Uma alternativa parecida com a descrita acima se vê na figura abaixo:

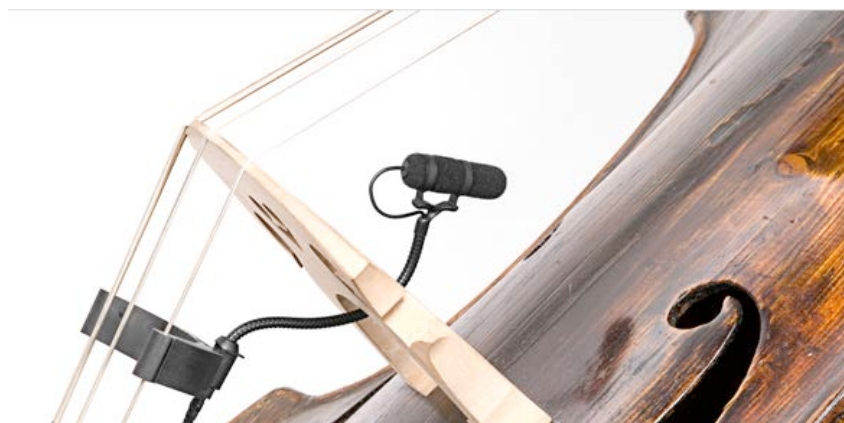


Figura 47 - Microfone DPA 4099 colocado embaixo do cavalete apontando para o corpo do instrumento. Fonte: <http://www.dpamicrophones.com/>

Para um som equilibrado, contendo tanto os graves quanto o ataque dos dedos nas cordas, coloque um microfone condensador a 60cm do corpo do instrumento, apontando para o ponto onde o espelho termina. Se ainda assim faltar corpo ao instrumento, coloque um outro microfone próximo ao cavalete. Em minha experiência, esse microfone deve ser omnidirecional, o que evita que as frequências graves sejam reforçadas com exagero. Caso, nessa nova conformação, falte vida ao



instrumento, afaste o microfone superior até que o som fique mais equilibrado entre som direto e refletido.

### **Contrabaixo elétrico**

Em virtude da urgência com que as produções são realizadas atualmente, são raras as ocasiões em que o som do contrabaixo elétrico é captado por um microfone colocado de frente para o alto-falante do amplificador. Na grande maioria das ocasiões utiliza-se apenas um *direct box*<sup>37</sup> para captar o sinal, que vai diretamente do instrumento para a entrada da interface de áudio. Tal técnica se explica mais pela praticidade do que pela qualidade do resultado, pois o sinal do instrumento tem características distintas das que são observadas no sinal captado por um microfone posicionado em frente ao amplificador. O som proveniente do amplificador é aquele que estamos acostumados a ouvir, posto que o contrabaixo elétrico não produz qualquer som audível, mas um sinal elétrico que é processado e amplificado pelo amplificador. Para aproximar as características do sinal elétrico captado de forma direta àquelas desejáveis do sinal que sai do alto-falante de um amplificador, utilizam-se emuladores digitais, nos quais se pode escolher virtualmente diversos parâmetros como o tipo do amplificador, o tipo de caixa acústica, a posição e o tipo de microfones utilizados para a captação.

Abaixo estão orientações a respeito de gravação de baixo elétrico publicadas na revista *Sound on Sound* de Março de 1999, no artigo *The Low Down: recording bass guitar*:

"Se você quer realmente se dar bem com o som de um baixo, tente combinar um amplificador microfonado com uma das técnicas de *direct boxes* descritas anteriormente. Você pode inclusive utilizar um amplificador pequeno, já que o sinal direto vai lhe dar todo o grave de que necessita. Esta combinação é feita por muitos profissionais. A fase relativa entre o sinal microfonado e o direto tem um profundo efeito sobre o resultado, então pode ser necessário inverter a fase de uma das fontes para atingir o melhor resultado. Experimente também equalizar os sinais separadamente, assim como equilibrar seus níveis relativos, pois o efeito dos equalizadores não é o mesmo sobre o resultado do que quando escutamos as fontes isoladamente. Da mesma forma, alterar a distância do microfone em relação ao amplificador irá afetar a fase do sinal resultante, o que pode ser útil no ajuste fino." *Sound on Sound* (1999)

---

<sup>37</sup> *Direct box* ou *DI* (*direct injection*) é um equipamento que faz o casamento de impedância entre as saídas dos diferentes tipos de instrumento e as entradas das mesas de som ou interfaces de áudio. Ao mesmo tempo, este equipamento transforma um sinal não-balanceado em balanceado, tornando-o menos susceptível a interferências eletromagnéticas.

## Bumbo

Com relação à escolha do instrumento e do ambiente de gravação, Bobby Owsinski escreveu:

"Um bumbo grande demais pode produzir uma frequência fundamental mais grave do que a sala é capaz de ressoar, assim você acaba escutando oitavas dessa fundamental ao invés de ouvir a fundamental em si. Isso faz com que se escute uma nota mais aguda do que se ouviria caso o tambor fosse menor. Para se alcançar bons resultados com um bumbo de 24 polegadas ou mais, você realmente precisa de um espaço grande, com propriedades acústicas que irão soar bem com frequências ultrabaixas." Owsinski (2005, p.117)

Se o tambor (bumbo) não tiver a pele de resposta, coloque o microfone de 7 a 10 centímetros dentro do tambor, descentralizado em relação ao ponto de ataque do pirulito.



Figura 48 - Microfone posicionado dentro do bumbo, descentralizado em relação ao ponto de ataque do pirulito. Fonte: Owsinski (2005, p.119). Trad. do autor.

Sobre essa opção, o manual de uso da AKG para o microfone D112 traz algumas informações e variações interessantes:

"A maioria dos engenheiros concordam de que é proveitoso remover a pele de resposta para microfonar o bumbo. Um som de bumbo completo é obtido colocando o microfone do lado de fora, próximo ao limite do tambor. Quanto mais para dentro, mais seco e menos nebuloso, além de maior rejeição dos sons das outras peças do kit. Apontar o microfone em direção ao ponto onde o pirulito ataca a pele produz um som mais duro, com maior presença do "click" quando mais se aproxima o microfone. Apontando o microfone para longe desse ponto em direção ao aro do tambor vai fazer o som tornar-se mais macio." Fonte: [www.ake.com](http://www.ake.com)

A imagem abaixo ilustra uma abordagem pouco usual que será descrita a seguir:



Figura 49 - Encontrando a onda de choque. Fonte: Owsinski (2005, p.119). Trad. do autor.

"Coloque sua mão em frente ao bumbo enquanto o baterista toca semínimas. Se não houver buraco na pele frontal, você irá sentir uma onda de choque se projetando. Mova sua mão para longe até que a onda de choque quase desapareça. Coloque o microfone nesse ponto e centralizado em relação ao tambor." Owsinski (2005, p.119). Trad. do autor.

Desviar a parte frontal da cápsula do microfone do eixo da onda de choque provocada pelo bumbo ajuda a evitar sons explosivos que, quando captados em excesso, aumentam a quantidade de picos presentes no sinal e desequilibram o espectro sonoro, ou melhor, causam essa sensação. Para se evitar os transientes sem perder também a energia dos graves, basta angular o microfone na direção da parede ou aro do tambor.



Figura 50 - Microfone dinâmico Shure Beta52 apontando para a parede do tambor. Fonte: Owsinski (2005, p.119). Trad. do autor.

## **Fagote**

Assim como em toda a seção de madeiras<sup>38</sup>, a dispersão sonora do fagote é complexa de tal modo que um microfone sozinho não é capaz de captar sua sonoridade de forma completa. O fagote emite sons por toda a extensão do instrumento, através dos furos ao longo do tubo que o compõe e da campana. Para uma correta captação é necessário utilizar ao menos dois microfones: um próximo à campana, por onde são projetados os sons mais agudos e outro numa posição média em relação ao corpo do instrumento, pois as diferentes notas da escala são projetadas pelos furos ao longo de toda sua extensão. Um terceiro microfone pode ser adicionado à parte inferior do instrumento, pois ali se pode captar bem a porção mais grave da escala. Se por qualquer motivo houver apenas um microfone disponível para a captação do fagote, sugere-se que este seja posicionado em algum ponto acima e à frente do instrumento, a uma distância de aproximadamente 1 metro, em um ângulo de 45°, apontando para um ponto médio entre a campana e a parte extrema inferior.

## **Trombone**

A captação do trombone é razoavelmente simples, pois a quase totalidade do som se dissipa através campana, parte frontal do instrumento, em forma de corneta. O desafio aqui está em escolher o microfone, que deve suportar altas pressões. A escolha entre um microfone dinâmico ou um condensador deve ser feita com base na sonoridade que se queira para o projeto, levando-se em conta que o microfone condensador, se escolhido, deverá estar a uma distância maior do instrumento, o que determina a captação dos sons indiretos simultaneamente. Ou seja, o "som da sala" estará mais presente caso se escolha esse tipo de microfone.

"Trombones existem em diferentes tamanhos e formas. O mais usado é o tenor, cujas fundamentais vão desde 82 a 523Hz (do Mi<sub>2</sub> ao D<sub>65</sub>). Produzem uma série de parciais complexas que vão de 5kHz (*mezzoforte*) até 10kHz (*fortíssimo*). Sua dispersão sonora é bem regular. Frequências abaixo de 400Hz são distribuídas igualmente, enquanto o ângulo de dispersão aumenta para 45° a partir da campana para frequências iguais ou maiores que 2kHz. O trombone aparece mais frequentemente no jazz e na música clássica. (...) Esse gênero (clássico) obviamente direciona à captação espacializada, que é

---

<sup>38</sup> Madeiras é a denominação que se dá a uma seção específica do naipe de sopros da orquestra e que compreende os seguintes instrumentos, com suas variações: Clarinete, Oboé, Fagote, Saxofone e Flauta

realizada à distância em grandes auditórios ou estúdios. Por outro lado, o *jazz* pede captação próxima. De 5 a 30 centímetros de distância do instrumento, por exemplo. O instrumento deve ser tocado ligeiramente deslocado, paralelo em relação ao eixo do microfone para reduzir o risco de saturação por sopros mais fortes. Ao microfonar um naipe, um único microfone pode ser usado numa posição média entre dois trombonistas, combinando-os em um único canal." Huber (2010, p.151)

### 2.1.3 - Conversores A/D

A evolução das tecnologias de gravação de música se inicia com o fonógrafo de Thomas Edison em 1877. As diversas transformações porque passaram os equipamentos de gravação desde então nos trouxeram aos dias atuais, onde a energia elétrica é codificada em sequências de apenas dois numerais. Zero e um (0 e 1). É a linguagem das máquinas computadorizadas, a linguagem binária<sup>39</sup>.



Figura 51 - Símbolo esquemático de um conversor Analógico/Digital.

Fonte: [http://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital\\_converter](http://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter)

Conversores A/D (Analógico/Digital) são equipamentos eletrônicos que recebem sinais elétricos analógicos, que são variações de tensão (em Volts), e os convertem em sinais elétricos digitais, codificados em pacotes de sequências de zeros e uns. Cada pacote carrega certa quantidade de bits (zeros e uns). A quantidade de pacotes que são produzidos por segundo dá a definição temporal da conversão, ou *sample rate* (em kHz). *Sample rate* é a taxa com que pacotes de informação são produzidos. Quanto maior o *sample rate*, mais informação por segundo, maior definição temporal.

O que significam, então, os X bits que cada pacote contém? Por exemplo, um pacote de 16 bits é composto por um único número de 16 algarismos (0 ou 1). A nomenclatura técnica correta para esse número é *word*. E para o tamanho do número é *wordlength*. Uma *wordlength* de 16 bits tem possibilidade de representar uma gama de 65.536 valores diferentes, o que significa dizer que a variação do sinal elétrico

---

<sup>39</sup> A escolha pela linguagem binária não foi uma decisão puramente matemática, de lógica booleana. Trata-se da forma mais simples de se estabelecer a comunicação de dados entre equipamentos eletrônicos, pois exige apenas dois estados energéticos: o desligado, onde a energia não flui, assume o valor zero (0); e o ligado, onde o circuito se fecha, a energia flui, assume o valor um (1).

poderia ser detectada em 65.536 pontos ao longo de uma escala de tensão. Um *wordlength* de 24bits pode representar 16.777.216 valores diferentes.

8-bit word = (nnnnnnnn) = 256 steps  
16-bit word = (nnnnnnnn nnnnnnnn) = 65,536 steps  
20-bit word = (nnnnnnnn nnnnnnnn nnnn) = 1,048,576 steps  
24-bit word = (nnnnnnnn nnnnnnnn nnnnnnnn) = 16,777,216 steps  
32-bit word = (nnnnnnnn nnnnnnnn nnnnnnnn nnnnnnnn) = 4,294,967,296 steps

where *n* = binary 0 or 1.

Figura 52 - *Wordlengths* e suas possíveis combinações. Fonte: Huber (2010, p.204).

O número de bits, ou *wordlength*, é a resolução de intensidades, ou gama dinâmica do sinal. É o quanto um sinal pode variar entre o mínimo e o máximo de suas intensidades. Quanto maior o número de bits, maior a gama dinâmica possível de ser representada. Abaixo está a relação entre a quantidade de bits e a gama dinâmica em dB:

8-bit word = 49.8 dB  
16-bit word = 97.8 dB  
20-bit word = 121.8 dB  
24-bit word = 145.8 dB  
32-bit word = 193.8 dB

Figura 53 - Relação entre o número de bits (*bit depth*) e a gama dinâmica em dB. Fonte: Huber (2010, p.208).

O limitador para essa gama de valores é a precisão do circuito que realiza a detecção. É nesse ponto que se diferenciam os conversores, pois circuitos de detecção precisos requerem componentes mais precisos, que são ao mesmo tempo mais caros.

Os conversores de áudio disponíveis no mercado atualmente têm sua máxima resolução temporal (*sample rate*) fixada em 192kHz e o maior *bit depth* em 24bits<sup>40</sup>. Segundo o teorema de Nyquist, precisaríamos de uma resolução temporal de apenas 40kHz para representar todo o espectro audível de frequências, pois este postula que a frequência de amostragem deve ser ao menos o dobro da maior frequência que se deseja descrever. 40kHz seriam suficientes para codificar frequências de até 20kHz,

---

<sup>40</sup> Ver [http://usa.stagetec.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=210&Itemid=20](http://usa.stagetec.com/index.php?option=com_content&view=article&id=210&Itemid=20)

que é o limite auditivo experimentalmente comprovado dos seres humanos. Porque então necessitamos de resoluções temporais tão extremas se pouco de nós somos capazes de ouvir acima dos 16kHz? Bob Katz, em seu livro "*Mastering Audio: the art and the science*" traz algumas informações para que entendamos melhor o que está por trás dessa questão:

"Eu acredito que a resposta para essa pergunta está no *design* dos filtros passa-baixas digitais[...]. Filtros digitais são usados na sobreposição de amostras<sup>41</sup> de conversores A/D e D/A. Filtros digitais empregam matemática complexa, que custa caro implementar, portanto, filtros mais baratos compensam essa dificuldade com perdas na qualidade.[...] Um dos maiores avanços na tecnologia do áudio digital veio no final dos anos 80, com a popularização da tecnologia de *oversampling* de Bob Adams, da DBX, que criou um conversor A/D de alta qualidade, com um *oversampling* de 18-bit e 128x.[...] Em outras palavras, para operação em 44,1kHz, a entrada de um conversor com *oversampling* opera a 5.644,8MHz! O *oversampling* pega o ruído da conversão, espalha ele ao largo de um espectro de frequências maior e dá contorno a ele, movendo grande parte do ruído para fora do espectro audível. Além disso, ao realizar a redução da amostragem de volta à original na saída do conversor, parte do ruído de alta frequência é filtrado, resultando em pelo menos 120dB de ganho na relação sinal/ruído dentro de uma largura de banda de 20kHz" Katz (2002, p.222)

Em linguagem menos técnica, as altas taxas de amostragem e a sobreposição de amostras ajudam a manter o ruído da conversão mais baixo, o que faz com que se tenha uma melhor relação sinal/ruído quando se reconverte o sinal para amostragens menores. Essa diminuição da taxa de amostragem (*downsampling*) para 44,1kHz é necessária por que a maioria dos equipamentos de áudio disponíveis no mercado ainda reproduz principalmente o formato do CD (44,1kHz-16bits). Algumas produções iniciaram a distribuição de áudio em alta-resolução (192kHz-24bits), mas a grande maioria ainda está voltada para o áudio com qualidade de CD. A título de informação, o sample rate do áudio de um CD de áudio é de 44,1kHz. De um DVD é 48kHz e de um *blu-ray* pode chegar a 192kHz.

## 2.2 - Processamento de sinais

---

<sup>41</sup> *Oversampling*. Tradução livre: sobreposição de amostragem. Tecnologia que permite sobrepor dados de várias amostras para definir uma única amostra com menor distorção causada pelos filtros implementados.

O processamento de sinais de áudio começa já no microfone, onde o sinal gerado pela cápsula é amplificado por um circuito. Muitos fabricantes incluem filtros nos microfones para moldar suas características sonoras antes mesmo de fornecer o sinal na saída. A partir daí, antes da conversão para o meio digital, ou da gravação em fita, há quem faça uso de equipamentos que processam os sinais, modificando seu conteúdo espectral e de amplitude. Qualquer modificação no sinal é um processamento. Neste capítulo faremos considerações a respeito de seu uso.

### 2.2.1 - Compressores

Compressores são equipamentos cuja função primordial é realizar o controle da faixa dinâmica do áudio. No entanto, sua utilização gera modificações no conteúdo espectral. Tais "efeitos colaterais" podem ser desejáveis ou não. Muitos compressores, especialmente os analógicos e valvulados, são utilizados justamente pelas características sonoras das "distorções" que produzem no sinal de áudio. Esse tipo de uso não será tema de nossa análise, que se limitará ao viés técnico, objetivo desses periféricos<sup>42</sup>.

A função primeira de um compressor é realizar um decréscimo na amplitude do sinal de saída a partir de um nível específico do sinal de entrada, o *threshold*. Quando o sinal de entrada atinge o *threshold*, o compressor atua reduzindo o sinal de saída numa proporção determinada, o *ratio*. Essa proporção pode variar de 1:1 (um para um - onde o compressor não está atuando) até 100:1 (cem para um - onde ele atua na função de um *limiter*).

---

<sup>42</sup> Equipamentos utilizados no fluxo do sinal e que não figuravam inicialmente nas mesas de som são chamados de periféricos. Com a tecnologia digital, a maioria desses processamentos passaram a estar entre os recursos incorporados às mesas, mas sua denominação não se alterou. Até mesmo *plug-ins* utilizados em softwares são, às vezes, chamados de periféricos.



Abaixo o gráfico com algumas curvas hipotéticas demonstrando o modo de atuação de um compressor:

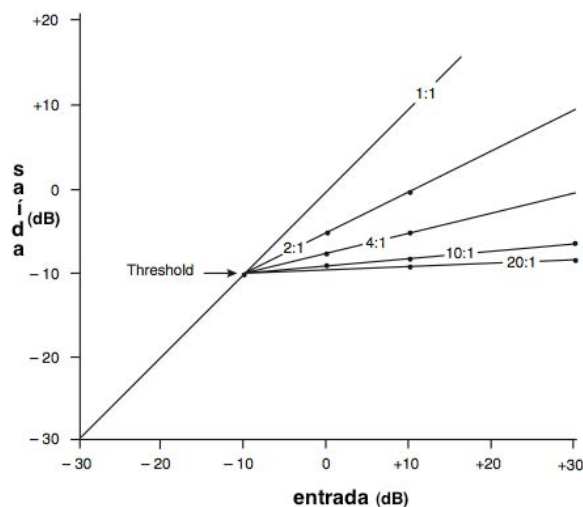


Figura 54 - Curvas de saída de um sinal comprimido em diversas proporções distintas. Fonte: Shea (2005, p.177). Adaptação do autor.

O princípio de funcionamento é um tanto quanto simples. À cima está a curva que ilustra a proporção de compressão de 4:1. O *threshold* está fixo em -10dB. De -30dB a -10dB o sinal não sofre qualquer alteração, mas a partir de -10dB, a cada incremento de 4dB no sinal de entrada, 1dB passa para o sinal de saída. O numerador da fração do *ratio* indica qual o incremento de amplitude necessário ao sinal de entrada que resultará em 1dB de incremento no sinal de saída. Essa mesma lógica vale para quaisquer *ratio* ou *threshold*.

Uma maneira interessante de compreender o trabalho realizado pelo compressor é visualizar sua atuação no envelope do sinal processado:

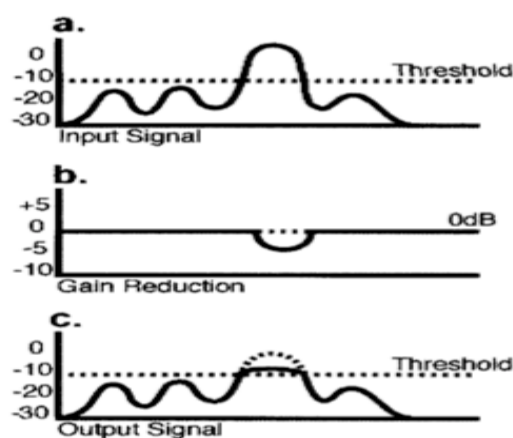


Figura 55 - Atuação do compressor na curva dinâmica. Em a temos o envelope do sinal de entrada, com o *threshold* indicado pela linha pontilhada. Em b, temos o sinal retido pelo compressor. Em c temos o envelope do sinal de saída. Fonte: Owsinski (2005, p.48)

Compressores com *ratios* maiores que 10:1 são geralmente chamados de limitadores<sup>43</sup> (*limiters*) devido ao efeito de efetivamente limitar o nível de saída do sinal. Existem vários tipos de compressor. Alguns tem *threshold* e *ratio* fixos, restando ao operador definir um ganho de entrada e outro de saída, outros tem seus parâmetros completamente ajustáveis.

Alguns parâmetros são comuns a vários compressores, outros são específicos de determinado modelo ou marca. Citaremos abaixo aqueles parâmetros mais relevantes para o escopo deste trabalho:

- **Threshold:** é o ponto do sinal de entrada a partir do qual o compressor atua
- **Ataque:** o ataque de um compressor determina a rapidez com que este começa a atuar no sinal de entrada a partir do momento em que atinge o *threshold*.
- **Release:** determina a velocidade que o sinal volta à amplitude original depois de ser reduzido.
- **Ratio:** é a proporção de redução a partir do *threshold*.

O compressor altera a forma de onda dos sinais processados por ele. Esse processamento ocorre no tempo, de acordo com os ajustes que o operador defina. O fato de realizar alterações no domínio do tempo, determina, necessariamente, que além de modificar a amplitude do sinal, os compressores tenham interferência direta no conteúdo espectral. Por exemplo, o tempo de ataque de um compressor, além de definir a velocidade com que este entra em funcionamento, acaba por definir quais faixas de frequência serão comprimidas. Se o ataque é lento, os transientes de ataque não sofrerão qualquer decréscimo, pois ocorrem com muita rapidez no momento inicial de todo som. Os transientes são compostos principalmente por frequências agudas. Nesse caso, o compressor comprimiria apenas a porção grave do som, que leva mais tempo para atingir seus valores máximos de intensidade.

---

<sup>43</sup> O valor de *ratio* a partir do qual se considera o uso do compressor como limiter varia nas publicações pesquisadas. Há considerações sobre essa questão em

A respeito dos usos e efeitos do compressor sobre os materiais sonoros e musicais, vejamos alguns relatos de profissionais experientes:

Owsinski explica um de seus procedimentos para a compressão de baixo elétrico:

"Utilizando um dbx 160X, use uma taxa de menos infinito:1 (o mais alta possível). Use um *threshold* que resulte numa redução de 3 ou 4 dB. Isso vai manter o baixo firme e robusto em toda a *mix*." Owsinski (2005, p.57)

Huber, dentre outras orientações sobre compressão, destaca:

"O **baixo elétrico** é um instrumento base na música pop e rock. Devido a variações no nível das notas de parte a parte, um compressor pode ser usado para nivelar as notas e dar um pouco mais de presença e/ou peso ao instrumento. Por ter um ataque mais lento, é sempre boa ideia começar uma ataque, *ratio* (4:1) e *threshold* médios, juntamente com um release lento. Compressões mais severas, de até 10:1 com redução de ganho de 5 a 10dB podem também gerar bons resultados.

[...]

**Metais:** O uso de ataque rápido (1 a 5ms) com *ratios* de 6:1 a 15:1 a redução de ganho de média a alta pode ajudar os metais a se manterem consistentes.

[...]

Para o **bumbo**, um *ratio* de 4:1 com ataque de 10ms ou mais lento pode ajudar a enfatizar o ataque inicial, ao mesmo tempo que dá mais profundidade e presença." Huber (2010, p.496)

#### 2.2.1.1 - Compressor multibanda e sistemas de som ao vivo

Os compressores multibanda são equipamentos relativamente recentes, e funcionam a partir de processamento digital. O espectro é dividido por filtros passa banda e a compressão é aplicada a cada uma das bandas em separado. Os controles são individualizados, assim, uma diferente taxa e *threshold* pode ser atribuída a cada faixa de frequências. As diferentes bandas grave; médio-grave; médio aguda e aguda do espectro audível são processadas e recombinaadas em um só fluxo (por canal).

A utilização inicial e costumeira desse tipo de compressão toma lugar na Masterização, onde é feita a "compressão de programa"<sup>44</sup>, mas vem crescendo o seu uso em elementos chave da *mixagem*, como é o caso dos instrumentos que possuem

---

<sup>44</sup> Compressão de programa é a tradução do termo em inglês *bus compression*. Tal processamento é aplicado em estéreo sobre uma mistura de canais. A *bus compression* pode ser um processo intermediário, sendo aplicado na mistura da bateria, ou final, durante a Masterização.

muita energia em uma faixa de frequências específica. Os instrumentos graves podem se beneficiar desse processamento, uma vez que é preciso processar suas faixas de frequências de formas distintas. Com o aumento vertiginoso da capacidade e velocidade de processamento de áudio (DSP<sup>45</sup>) das mesas de som digitais, compressores multibanda estão sendo incluídos entre os processadores disponíveis para utilização em sistemas de som ao vivo, especialmente nos de grande porte, onde a amplificação das faixas de frequência é feita de forma independente. Na realidade, o conceito de compressão multibanda surgiu da necessidade de se processar separadamente as faixas de frequência que eram destinados a serem amplificados com ganhos distintos para cobrir extensas áreas com som para audiências gigantescas. Como já vimos anteriormente, os graves necessitam de muito mais potência para soarem equilibrados em relação ao restante do espectro. Isso, em sistemas de som, se traduz em uma amplificação algumas vezes mais forte. O controle dinâmico das faixas de frequência em separado, torna mais eficiente o trabalho executado pelos amplificadores, além de permitir que cada parte do sistema seja adequada às características próprias do material sonoro, já que o comportamento físico das ondas se altera ao longo do espectro<sup>46</sup>.

### 2.2.2 - Equalizadores

Equalizadores são circuitos ou programas criados com o fim de realizar alterações no conteúdo espectral dos sinais. Seus principais usos na produção musical são:

- **corretivo**, quando o que se busca é o equilíbrio espectral de sons ou de sistemas;
- **estético**, quando se escolhe a porção do espectro que se deseja enfatizar em função de um colorido específico.

Há diversos tipos de equalizadores, cada qual sendo mais adequado a tarefas específicas: os principais são os equalizadores gráficos, paramétricos,

---

<sup>45</sup> DSP, na sigla em inglês (*Digital Signal Processing*).

<sup>46</sup> As características físicas e os comportamentos das ondas sonoras ao longo do espectro não são abordadas nesse trabalho, mas podem ser consultadas a partir da bibliografia utilizada, especialmente nas publicações a respeito de acústica.

semi-paramétricos, de corte ou reforço, de frequência selecionável ou ajustável, passa-altas e passa-baixas. Há ainda outros menos utilizados e alguns de características únicas, construídos especificamente para determinado fim. Não nos atermos aos usos ou características de cada um deles, pois esta informação está disponível em diversas publicações de forma detalhada. Cabe, no entanto, ressaltar sua utilização nos casos pertinentes a este trabalho. Para tanto, quero apresentar informações trazidas da bibliografia consultada que podem enriquecer o repertório de informações sobre a utilização desses equipamentos.

No livro *Live Sound Reinforcement*, Scott Hunter Stark faz algumas considerações sobre as qualidades subjetivas de várias faixas de frequência. Selecionamos as referentes aos graves.

"Um material musical típico contém pouca ou nenhuma energia entre 20 e 32Hz. Geralmente esta faixa é necessária apenas aos efeitos especiais. É extremamente difícil para a maioria dos alto-falantes reproduzi-la em níveis substanciais, especialmente em apresentações ao vivo.

Se há energia demais entre 40-100Hz: escuro, confuso, ou entre 80 e 100Hz, embolado.

Se há pouca energia entre 40-100Hz: bumbo falta peso e baixo sem profundidade ou pegada nas notas mais graves." Stark (2005, p.127)

Outra situação corriqueira:

"Muitos instrumentos têm frequências que se sobrepõem, e mesmo que não estejam tocando a mesma linha podem ocasionalmente tocar a mesma nota ao mesmo tempo, e isso irá fazer com que se mascarem. Isto é muito comum entre baixo e bumbo." Shea (2005, p.156)

Em casos onde ocorra um desequilíbrio momentâneo causado por uma nota específica de um instrumento tal qual um piano, vale a pena ter em mãos uma tabela que indique a frequência correspondente à fundamental daquela nota, assim fica mais simples procurar o ponto onde há energia em excesso. Quando se procura o excesso de energia na fundamental e isso não se verifica é provável que o exagero esteja localizado em múltiplos inteiros dessa frequência.

A (0)	27.5	E	164.81	B	987.77
B (0)	30.868	F	174.61	C (6)	1,046.5
C (1)	32.703	G	196	D	1,174.7
D	36.708	A	220	E	1,318.5
E	41.203	B	246.94	F	1,396.9
F	43.654	Middle C (4)	261.63	G	1,568
G	49	D	293.66	A	1,760
A	55	E	329.63	B	1,975.5
B	61.735	F	349.23	C (7)	2,093
C (2)	65.406	G	392	D	2,349.3
D	73.416	A	440	E	2,637
E	82.407	B	493.88	F	2,793.8
F	87.307	C (5)	523.25	G	3,136
G	98	D	587.33	A	3,520
A	110	E	659.26	B	3,951.1
B	123.47	F	698.46	C (8)	4,186
C (3)	130.81	G	783.99		
D	146.83	A	880		

Figura 56 - Notas musicais e suas frequências fundamentais. Shea (2005, p.170)

David Miles Huber traz uma tabela com regiões importantes de cada instrumento e as características subjetivas a elas relacionadas. Essa abordagem é bastante interessante, pois são características dos instrumentos relacionadas às frequências.

Tabela 8 - Regiões importantes para a equalização de instrumentos graves

<b>Bumbo</b>	profundidade dos graves em 60-80Hz, ataque em 2,5kHz
<b>Surdo</b>	corpo em 80-120Hz, ataque em 5kHz
<b>Baixo</b>	graves em 60-80Hz, ataque do <i>pizzicato</i> em 700-1000Hz, ruído da corda em 2,5kHz
<b>Violão</b>	graves em 80-120Hz, corpo em 240Hz, clareza em 2,5-5kHz
<b>Piano</b>	graves em 80-120Hz, presença em 2,5-5kHz, ataque áspero em 10kHz, <i>honky-tonk</i> em 2,5kHz

Fonte: Huber (2010, p.485). Trad. e adaptação do autor.

Como já foi discutido anteriormente, os dados ora apresentados não servem mais do que como orientações. Tais valores são referências subjetivas. Como comparação, vejamos a tabela apresentada por Owsinski no item 1.3.3. Além de parâmetros como frequência central do filtro e ganho, presentes em vários tipos, equalizadores paramétricos possuem ainda um controle da largura de banda do filtro,

o "Q". Em muitos casos somente as duas bandas centrais possuem a possibilidade de se escolher a largura do filtro, já que as demais (graves e agudos) são filtro do tipo *shelving* (em forma de prateleira). Alguns poucos equalizadores, na maioria digitais, possuem todos os seus parâmetros variáveis.

#### 2.2.2.1 - A compressão e a equalização antes da gravação

A compressão e a equalização antes da gravação são utilizadas por engenheiros mais experientes ou mais ousados. As vantagens de se processar um sinal antes de registrá-lo são duas: adiantar um processamento que seja sabidamente necessário ou otimizar a utilização da gama dinâmica disponível. No primeiro caso, a utilização se dá com o intuito de tornar o fluxo de trabalho mais eficiente. No segundo, o objetivo é adaptar a gama dinâmica da performance àquela disponível eletricamente na entrada do sistema gravação. As desvantagens são importantes, pois um processamento mal feito não pode ser desfeito e, portanto, caso não seja considerado proveitoso, ou perde-se o trabalho feito ou arca-se com as consequências, caso a primeira opção seja inviável. Com o advento da conversão A/D em 24bits, foi reduzida a necessidade da utilização de processamento antes da conversão, pois a gama dinâmica aumentou consideráveis 49dB em relação aos 96dB disponíveis em 16bits.

### **3 - Experimento e entrevistas**

Neste capítulo estão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a construção do trabalho, os fundamentos norteadores da elaboração do experimento realizado, assim como alguns resultados.

#### **3.1 - Procedimentos metodológicos**

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi construído um referencial teórico para análise dos dados centrados nas temáticas relativas aos equipamentos, ao contexto e à própria captação de sons graves (apresentado nos capítulos iniciais). Ao lado disso, também realizamos uma abordagem quantitativa, baseada em entrevistas, questionários e um experimento de *mixagem* (referenciado no texto como teste 1).

Inicialmente foi aplicado um questionário voltado para a caracterização dos perfis dos sujeitos da pesquisa, cujos resultados estão apresentados e discutidos no item 3.2. Posteriormente foi realizado, junto a profissionais selecionados, uma entrevista com o objetivo de colher dos mesmos contribuições para o equacionamento da questão central desta investigação. Os materiais sonoros do teste foram também apresentados aos participantes das entrevistas para que os mesmos se deparassem com uma situação problema que fosse comum a todos.

Parte da investigação foi, portanto, qualitativa, e buscou identificar profissionais que pudessem contribuir com a elucidação da questão central desta investigação - a captação e o processamento de sons graves - a partir dos relatos daqueles profissionais a respeito de suas práticas. A delimitação dos sujeitos da pesquisa foi feita a partir da identificação de profissionais que atendessem aos seguintes critérios:

- Tivessem o trabalho com o áudio como única atividade profissional.
- Tivessem experiência em lidar com categoria específica de materiais sonoros, qual seja a dos sons graves.
- Demonstrassem algum conhecimento a respeito dessa categoria.

O instrumento utilizado para a seleção dos sujeitos participantes foi um questionário e o aprofundamento das questões iniciais contidas nesse questionário foi realizada através de entrevistas individuais semiestruturadas.



Na parte experimental da investigação foram analisados, quantitativamente, dados obtidos a partir de um experimento controlado. A gravação de uma peça musical composta especificamente para o estudo e formada de múltiplos instrumentos foi utilizada de maneira que podemos discriminar e analisar cada canal em relação aos demais e ao conjunto da soma de todos ou de parte deles. Os resultados e as discussões pertinentes foram apresentados ao longo de cada item de acordo com a necessidade informar sobre os dados de forma mais coerente com o fluxo do trabalho. Os detalhes dos procedimentos utilizados nas entrevistas estão devidamente explicitados na próxima seção.

### **3.2 - Entrevistas**

Trinta e seis (36) profissionais foram convidados a participar da pesquisa e a eles foram enviados, por e-mail, os questionários. Houve muita dificuldade em obter as respostas e foi necessário solicitar a devolução dos mesmos em duas oportunidades. Recebemos quinze (15) questionários preenchidos, o que corresponde a aproximadamente 42 % do total de questionários enviados.

Dentre os quinze profissionais que responderam ao questionário, cinco (5), ou 33 %, foram selecionados para a entrevista. A seleção foi feita com base nas respostas às questões 2.4; 3.1; 3.2 e 3.2.1 do questionário. (vide apêndice 1). Em uma primeira fase selecionamos os profissionais cuja única atividade remunerada fosse o trabalho com o áudio (questão 2.4). Em seguida selecionamos aqueles que responderam positivamente às questões 3.1 e 3.2 e, por último aqueles que, na justificativa à resposta dada em 3.2, tocaram em pontos relacionados ao referencial teórico construído no primeiro capítulo do trabalho, ainda que de forma coloquial. Foram então realizadas as entrevistas com quatro dos cinco selecionados, pois um deles devolveu o questionário após o prazo estipulado e já não havia mais tempo hábil para sua participação. Com elas buscou-se o aprofundamento das questões mais centrais da pesquisa, quais sejam a formação dos sujeitos e suas abordagens, procedimentos e conhecimentos adquiridos para a captação de instrumentos graves. Trechos dos depoimentos mais relevantes estão aqui transcritos. Para preservar a identidade dos entrevistados, atribuímos um número a cada um deles e tais números correspondem aos da planilha onde figuram as respostas objetivas de cada sujeito da pesquisa ao

questionário. Os relatos foram divididos em citações e organizados em tópicos temáticos com o intuito de agrupar informações sobre um mesmo assunto, mas diversas citações poderiam figurar em mais de um dos tópicos.

### **Formação musical e profissional:**

#### **-----Sujeito 7-----**

"[...] domingo de manhã, todo mundo acordava mais tarde e eu, com o fone de ouvido, escondido, porque meu pai não deixava, eu era o caçula de 4 irmãos, mas comecei fuçando sempre em função da música. A saída de fone do cassete era melhor, mais alta, então eu ouvia mais as fitas que eu mesmo gravava dos vinis."

"[...] aí veio o violão, com 10 anos eu escutava o disco do Caetano Veloso e o violão da minha irmã e comparava "esse violão aqui é legal, esse outro não é - escutava as músicas dos Beatles e percebia que aquele violão era bom, o outro não."

"[...] depois veio a banda de rock aos 14 anos, e como eu era quem conhecia mais sobre essas coisas técnicas, eu que ficava ali tentando fazer o som melhorar, na posição de técnico... ajudava no som do baixista..."

"[...] quando isso começou a acontecer cada um trouxe uma coisa, um amplificador, uma mesa e aí a gente começou a fazer aluguel de som pras festas, eu e meu amigo do teclado. Isso com 16 anos de idade, porque na época não tinha muita gente que tinha, quem tinha som era aquele *somzão* mesmo e o nosso era um som pequeno. Aos poucos fomos melhorando. A gente comprava mais um microfone, um cabo..."

"[...] a primeira guitarra que eu tive fui eu que fiz. Eu medi o braço do violão da minha irmã, e como meu pai trabalhava na construção civil ele tinha as ferramentas e tinha também muito gosto pela carpintaria, essa parte de madeira eu acabei aprendendo alguma coisa com ele."

"[...] aí comecei a fazer uns pedais a partir de revistas de eletrônica, tudo muito na tentativa, às vezes dava certo. - E se a gente usar um capacitor de 500 ao invés de um de 250? não é que a gente quisesse fazer diferente, é que às vezes na loja só tinha o de 500 e o outro só ia chegar daí a 20 dias. Tudo na prática, se queimasse a gente fazia outro."

"[...] eu comecei no metal e tô no metal até hoje, mas eu hoje trabalho com todo tipo de música, mas no metal é onde se tem mais a necessidade de equilibrar tudo, é mais difícil, porque tá tudo no limite da energia, 1 dB faz diferença!"

"[...] eu não tive muito acesso a coisas escritas, foi tudo mesmo na prática. A primeira coisa que eu li foi um manual do Protools, porque era uma relação nova com o computador, que era uma tecnologia que eu não usava antes. Mas eu já trabalhava antes disso. Gravava tudo em rolo, em 8 canais, depois em 24, e depois vieram os ADATs, que foi quando surgiram muitos estúdios, porque era muito mais barato."

"[...] Depois, na era da internet, eu li bastante coisa, inicialmente não, mas de uns 10 anos pra cá eu me divirto muito pesquisando. Eu assinei a revista MIX durante muito tempo, que é uma revista que eu considero que tem muita informação técnica legal. Então hoje eu tenho uma bagagem teórica em função desse acesso à informação."

#### -----Sujeito 12-----

"[...]eu pesquiso principalmente na internet. Em 1992 importei uma coleção em VHS sobre áudio que me ajudou a compreender os fundamentos. Leio livros também, em PDF. Aquele *Recording Engineer Handbook*... Aquela revista MIX eu assinei muito tempo. A impressa. E agora assino a do iPad. Ela é mais barata que a do papel... eu continuo procurando bibliografia... e sempre converso com os profissionais que vem aqui gravar. Assuntos técnicos variados... cada um tem um assunto que acha importante... eu gosto de captar informação... informal assim, opiniões..."

-----Sujeito 14-----

"[...] Amigos que viveram as mesmas situações, que construíram a vida em situações parecidas com a minha. Na falta de academia. Mas são amigos que viveram e vivem dentro de estúdio há muitos anos. Tem horas que a gente fala de muitas coisas."

"[...] O uso do *side-chain*, por exemplo. Lembro de ter conversado isso num grupo e para um amigo isso foi de uma utilidade tremenda. Pra mim nem tanto, mas para ele sim. Em uma outra conversa sobre *subwoofer*, consegui aprender muita... Isso sempre nasce na área de café, conversando sobre algum espetáculo, sobre a vontade de fazer alguma coisa ou sobre a composição de uma música. Sobre um processamento de *delay* que ajudou a elaborar procedimentos criativos originais. É sempre na roda, na troca que a gente consegue tirar proveito."

"[...] Em todos esse encontros a gente traz alguma coisa ou várias muitas preciosas. Fiz vários workshops, gravei como músico e isso trouxe muita experiência de como funcionava o processo."

-----Sujeito 15-----

"[...] Não acho que tenha buscado informações com outros colegas. Não muito. Mas sempre tem esses bate-papos. Perguntar prum colega como que ele faria, se ele já fez algo parecido? Pode ter tido, mas não foi muito por aí não. No grave especificamente, não. Eu não estava muito interessado em saber muito mais sobre áudio não. Principalmente sobre essas questões técnicas... meu *métier* não é esse. Isso é só uma ferramenta. Com a experiência que eu tenho em áudio eu acho que dá pra fazer. Mas também porque aqui em BH não conheço nenhum curso livre assim do meu nível, e pra buscar isso fora eu acho que não vale a pena..."

## O trabalho como profissional de áudio e música:

### -----Sujeito 7-----

"[...] essa relação minha com a música não mudou nada, ontem mesmo eu tava aqui fazendo uma mixagem de uma banda de *rock'n roll*, com baixo batera guitarra e vocal e em nenhum momento eu avalio que tipo de recurso técnico eu vou usar, se eu vou comprimir, se eu vou botar *reverb*, eu escuto a música e digo assim: esse som parece com a banda tal que eu vi e que era legal, aí eu fico tentando achar uma referência musical. Aí eu falo esse bumbo desse cara era "gravão", aí eu ligo o equalizador e acho o grave que precisa, mas sem falar assim: olha aqui é 200... Se você olhar minhas curvas você vê que não tem nem uma frequência exata, eu vou mexendo com o negócio e de repente eu ôpa! ficou bom aqui... quem é?! não interessa pra mim, eu confio na minha sala, eu confio na minha referência, se eu escutei, tá bom e o *analyzer* me garante que não tem excesso nenhum ali, eu vou ali..."

"[...] agora na parte de gravação, uma vez que você decide que vai trabalhar com isso, você tem que melhorar na parte de conhecimento.... com 20 anos (em 1990) eu comecei a gravar no porão da minha casa, aqui mesmo... em 1995 eu já trabalhava em estúdio... aí me preocupava muito com o resultado das gravações, porque eu gravava uma banda que parecia *Iron Maiden* e o resultado não ficava igual ao *Iron Maiden*, eu me perguntava: bicho! porque que essa guitarra não parece com aquela?! Aí eu comecei a pesquisar muito, experimentar muita posição, distância dos microfones... bater cabeça mesmo, porque em 90 e poucos não tinha tanta coisa pra gente pesquisar como tem hoje."

"[...] mixar com mais alguém é complicado quando você tem um cara do seu lado pedindo que você faça coisas como aumentar um pouquinho o bumbo, você acaba fazendo, mas lá na frente, quando você vai masterizar você fala, esse bumbo tá alto... então eu mixo aqui e já mostro algo mais pronto, pré-masterizado pra ele vir com uma listinha de mágoas..."

"[...] tem trabalhos que eu faço aqui que a sonoridade tá toda baseada no processamento do software, mas tem outros que, se eu desligar tudo aqui, mesmo assim eu tenho um disco."

"[...] os caras foram ali e tocaram, ao vivo... eu tento fazer isso acontecer sempre, de a gravação ser um momento legal, de a coisa já sair musical."

-----**Sujeito 14**-----

"[...] Existe uma transposição do que você faz, porque às vezes você faz essa parte criativa em um local e depois leva prum auditório. É preciso você estar nos dois lugares. O lugar onde você construiu esse som e o lugar onde você vai aplicar ele, porque às vezes você precisa regular. Regular a intensidade disso porque se sobrar demais "f..."e se faltar não existe. Você precisa conferir, ajustar no lugar. Checar o som no lugar onde vai ser feito é super necessário. Se for num auditório onde pode ter muita coisa que vai vibrar..."

-----**Sujeito 15**-----

"[...] Você precisa estar em contato com essas pessoas que você tá gravando... Ficar junto...Geralmente eu moro junto com essas pessoas durante algumas semanas. Você tem também que trabalhar durante muitos anos com esses mesmos grupos. Você tem que ter essa aproximação pra você resolver grande parte desses problemas já na captação. Claro que não é só por isso né? Mas inclusive por isso. Pra você conseguir entrar com o microfone no melhor posicionamento. Pra você já prever o que vai acontecer, quem vai cantar, que hora que vai começar. Pra você entender isso você tem que trabalhar durante muito tempo com essas pessoas. Pra ficar esperto, pra estar no lugar certo, na hora certa... tanto pra não perder nenhuma tomada, quanto durante uma mesma tomada, você ficar tentando prestar atenção na música o tempo todo pra saber o que vai acontecer, pra onde você vai, qual é a movimentação, onde é melhor você ficar... Tem que escolher bem o equipamento... e não fazer mudanças muito bruscas pra não mudar a imagem estéreo."

"[...] A solução melhor que eu cheguei para reinado foi ficarem duas pessoas, uma na frente, pegando o capitão e o pessoal ali da frente e outra lá no fundo. O grupo é muito grande e pra pegar tudo você tem que captar de mais de um ponto."

## Procedimentos técnicos e estéticos

### -----Sujeito 7-----

"[...] em momento nenhum meu pensamento é técnico, é sempre musical, eu procuro *linkar* aquela música a uma boa referência... se é uma música de uma banda de samba, eu procuro saber com o que parece. E se eu acho que é com o Paulinho da Viola, eu adoro Paulinho da Viola! Aí eu já sei como é, eu nem vou escutar pra ver como é, então eu aproximo o violão de um com o outro..."

"[...] Aí eu escuto uma banda de jazz, eu relaciono com Duke Ellington, eu gosto muito de Paul Ankar! Ray Coniff eu escutei exaustivamente quando eu era pequeno, então, big band... eu gravei muito isso na memória..."

"[...] eu descobri que muitas das questões tem a ver até com a escolha dos instrumentos e com a forma que você coloca eles na música... então, no caso dos arranjos, trabalhando com vários compositores que fazem arranjo escrito, esses caras que escrevem pra mais de um elemento, muitas vezes eles não tem o conhecimento do resultado daquilo gravado, eles sabem como eles querem que soe, mas quando você insere a física no processo, que vêm os harmônicos, às vezes o cara não tem esse conhecimento e muitas vezes o cara escreve pra piano, baixo acústico, cello e violão de nylon... isso não funciona! algum desses elementos vai ter que sofrer demais na sua naturalidade, senão você não vai ter clareza... até hoje eu fico tentando explicar isso pra quem vem gravar, que se você criou isso aqui na hora da gravação, na hora de mixar você vai ter que criar uma solução... as vezes você sola um violão e ele tá lindo, mas na hora de misturar você tem que deixar ele magrelo pra ele soar no conjunto...então eu explico isso pro cara..."

"[...] então, se eu identificar bem qual é o trabalho do cliente e conseguir achar referências boas, eu me dou bem, mas as vezes não, porque às vezes você se engana... isso acontece, mas no processo de gravação, você já vai puxando a língua do pessoal..."

"[...] quando eu tô gravando, eu levo um tempo tentando entender o que tá acontecendo, eu coloco o microfone lá na posição e venho aqui ouvir... depois eu me dou apenas mais uma chance pra tentar melhorar aquele posicionamento... porque senão você entra numa

loucura, e aquele é um processo muito inicial, onde você tem poucos elementos pra avaliar com precisão, tem tanta coisa pra acontecer dali pra frente que você não tem como garantir que a melhor captação é aquela, mas por experiência eu já fiz aquilo e funcionou. O que eu tento garantir é a integridade do sinal, mas sem querer fechar o som naquele primeiro momento."

"[...] Eu identifiquei que muitas vezes é preciso sacrificar um pouco o instrumento para conseguir uma resultante boa lá na frente. Mas isso é difícil de explicar pro instrumentista. É ingrato. Porque quando "solado" o instrumento soa mal, mas quando põe junto na mistura ele fica mais agradável. É ingrato, porque ninguém quer ouvir seu instrumento soando mal. Isso de você condicionar a mixagem a um equilíbrio, às vezes você tem que sacrificar o som do instrumento. O baixo sofre bem."

"[...] Quando eu gravei o *José*, e eu gravei os 5 discos da carreira dele, eu percebi que tinha muito elemento grave, muito tambor, a própria voz dele é muito grave. Aí eu olhando o analisador de espectro eu falei pra ele: cara, essa música tá faltando alguma coisa nessa região aqui ó, você vai ter que gravar um violão de aço aqui, ou um reco-reco, ou faz uma dobra de algum instrumento agudo. Eu vou pedindo pra ele fazer algumas coisas que tão faltando no espectro."

"[...]Eu sempre gravo *flat*. Eu gravei uma vez equalizando e tomei uma bomba enorme! Hoje eu só equalizo quando eu percebo que tem um desequilíbrio no instrumento. Só corretivo. e com muita sutileza."

"[...] Eu falo que tenho um apartamento com dois quartos, L e R, se você trazer 20 pessoas pra morar nesses dois quartos, os dois quartos são os mesmos. Sacou?! Então, se você me trazer essa alfaia com esse "sonzão" todo, eu vou ter que sacrificar os outros elementos."

"[...] Uma coisa que eu vi que me ajudou demais foi o filtro (passa-altas). Principalmente no som ao vivo. Eu uso em 90% dos canais. Especialmente nos grupos grandes. Corto tudo em 250Hz. Porque eu conto que os graves vão vir do palco. No PA não pode ter. Porque o palco eu não tenho controle sobre ele, mas o PA eu tenho controle. Eu comecei com isso no estúdio. Eu não tinha muita experiência então eu aplicava em tudo. Aos



poucos eu fui vendo que nem tudo era necessário. Às vezes eu podia usar um outro tipo de filtro menos drástico, mais localizado. Mas no PA as coisas são menos sensíveis às alterações. No PA não tem isso de 2 dBzinhos, você já tira 8 db! Se for demais, você volta. Então, o *Hi-pass* é o primeiro que entra no jogo."

"[...] Hoje eu já sei que tudo depende da formação, no caso de grandes grupos que tem sopro, veja: sax eu corto em 180Hz, trompete eu corto em 250Hz, trombone eu corto em 200Hz, porque o trombone já é grave e eu sei que o grave já vai vir do palco, o baixo acústico só no PA fica aquela coisa horrível, médio puro. Porque vai ter ainda o som do ampli e o que vaza nos microfones do palco. Aí fica bom."

#### -----Sujeito 14-----

"[...] E também acredito muito naquilo... e isso tem muito a ver com cinema... não existe o "sem som", você tem que gravar o silêncio. Conseguir uma sala hermeticamente fechada e gravar aquilo. Pra gravar o silêncio você precisa também de um pré muito limpo pra você não ficar pegando só ruído dos próprios equipamentos. É preciso você botar o som do silêncio para evitar da cena ficar sem som. Por isso essa faixa grave..."

"[...] A compressão ajuda a trazer o que está no fundo, pra não ter que dar muito ganho no pré. Cada vez mais eu tento me satisfazer com o som que está sendo gravado na hora."

"[...] Gravar o som do silêncio da sala. Ou, utilizar um ruído rosa ou branco e trabalhar a velocidade dele com o *elastic audio*."

"[...] É importante tomar cuidado com o ruído produzido pelos próprios equipamentos. Tem a ver com o fluxo do sinal como um todo. Desde o cabo até por onde passa o sinal. O ar condicionado é perigoso..."

#### -----Sujeito 15-----

"[...] As coisas que eu finalizei era fazer a captação, depois a edição, mas nessa finalização tem equalização, compressão, limitação. Eu quase sempre equalizo pra tirar algum ruído, um compressor... eu sempre uso um analisador de espectro. Claro que você vai no ouvido, mas usa as duas coisas ao mesmo tempo. Você vê: ôpa! tem um problema aqui. Não tem aquilo de ter que ficar procurando, você olha no analisador e tá lá. Um compressor sempre tem, nada assim muito forte, mas sempre tem."

"[...] Eu uso um microfone estéreo polivalente, mas é pra externa. É o mesmo microfone que eu uso pra um monte de coisa, mas claro que eu pensei nas características dele na hora de escolher. É um microfone robusto, porque tem que aguentar poeira, sereno e mudanças de temperatura. Ele tem que aguentar muita pressão de som. ele não pode ter muito ruído próprio, porque não é uma sala controlada, já tem ruído do ambiente, por isso tem que ser de cápsula pequena, e também tem que ser leve, então cápsula grande não ia dar mesmo. E tem que ter uma curva bonita né? Tem que ter um som bonito."

#### **Experiências significativas para a formação do profissional de áudio:**

#### -----Sujeito 7-----

"[...] eu era *office-boy*, eu chegava em casa e tinha que sair rápido pra ir pra escola, então eu ouvia música enquanto comia, antes de sair pra escola... eu tinha pouco tempo, mas eu gostava muito... "

"[...] quando eu escuto um solo de guitarra eu lembro de um *delay* que eu ouvia quando eu tinha 15 anos... um solo de um disco do *Scorpions* que tem a ver... eu não me preocupava com o que o cara tava usando de *delay*, mas o resultado que aquilo me proporcionava eu fixava... hoje a coisa é bem visual, você vê ali o analisador de espectro, se o bumbo tá ok, mas naquela época era muito musical mesmo..."

"[...] com o tempo você vai fazendo muita coisa e é claro que você vai desenvolvendo padrões e esses padrões são muito técnicos, porque você já descobriu por experimentações que aquilo ali funciona e aquilo ali não... é um padrão de acertos..."

"[...] Então aconteceu de eu ir fazer o *show* do *Augusto* em *Mossoró* e o sub tava fora de fase. Tava rolando um troço esquisito, porque eu ia lá pra frente do palco, a uns 5 metros, e o som tava bom. Quando eu ia pra mesa, o som tava bom também, mas tava esquisito. Aí vem a coisa da experiência que eu não tenho pra shows com grandes volumes assim. Eu faço mais PA em teatro, em shows menores... Então eu chamei o cara da empresa, que faz muito show de axé e tem muita experiência nessa situações de shows grandes. Era um sujeito muito humilde, *sem nenhuma formação*, que tinha aprendido tudo na base do monta-desmonta. Aí mostrei pra ele o que tava acontecendo. Que perto do palco tava legal e no meio da pista tava estranho. E perguntei: o que tá acontecendo? Ele sacou na hora: perai... Ele foi lá atrás e mexeu nas potências e nas conexões. E perguntou: e agora? O som tava lindo! Aí eu perguntei: mas o que foi que aconteceu? E ele: o sub tava fora de fase... Veja você que faz 20 anos que eu faço PA e só agora eu fui entender como é quando isso acontece. Eu pensei: quantas vezes eu já não passei por isso na minha vida e nunca pude entender. Eu já sabia sobre isso de fase de bumbo, de surdo, mas eu nunca tinha vivenciado. O subs estavam se cancelando em certo ponto da plateia porque tavam funcionando em estéreo. Sub tem que ser mono."

"[...] Certa vez eu tava fazendo o som da *big band* de *Cumuruchatiba* e tinha dois baixistas. Um deles foi lá na frente pra ouvir como é que tava soando o baixo. Ele me pediu: "sola" o baixo aí pra mim. Como isso era mais complicado, eu pedi pra desligar o amplificador no palco. Sobrou só o som do baixo no PA. Ele perguntou: é sério isso?!? Ficou aquele som só de médios, sabe? Agora liga o ampli! Já melhorou um pouquinho. Aí eu falei: quer ver? E abri os microfones dos sopros um a um. Taí o som do seu baixo. O que tá faltando do som do baixo aqui na frente é esse som feio que você não gostou. É isso que não tá vindo do palco. Eu preciso complementar o que não tem."

-----Sujeito 15-----

"[...] Eu tive, durante o curso de graduação, tipo um ateliê, mais livre, mas ele deu um curso de áudio pra gente. Eu fiquei trabalhando no estúdio. Eu gravei muita gente, muito concerto, recital, disco... Mas pouca edição. E depois foi prático. Fazendo os trabalhos. Ir pensando. Consultando sites, textos, manual dos equipamentos, pesquisando na internet. E conversando com os colegas também. Sérgio Freire foi meu professor de áudio, por assim dizer. Eu não consulto muita coisa técnica. Minha formação foi mesmo ateliê e prática, pouca leitura. Alguma coisa de acústica...Eu tenho até alguns livros de áudio, mas não sei nem o nome dos autores."

**Questões teóricas:**

-----Sujeito 7-----

"[...] Eu li uma vez uma matéria de um japonês da *Yamaha*. Eu tava procurando sobre uma coisa que eu tinha visto num show do *Judas Priest*, que era um captador colocado na frente do bumbo chamado de *Subkick*. A matéria nem falava disso, mas foi assim que eu achei esse texto. Ele dizia nessa matéria que o grave não existe, que ele é a resposta do ambiente a uma provocação. Então o grave é a resposta de ressonância do ambiente. Os médios e os agudos não, seu ouvido é capaz de receber eles direto da fonte. Eu achei legal, porque ele diz que você tem que fazer é proporcionar um ambiente para o grave acontecer."

"[...] Meu acesso a outros estúdios é reduzida, mas no PA você tem outros técnicos. Quando eu comecei a fazer PA não havia Sub. As caixas eram *full range*. De repente começou a aparecer Subs. Aí, no uso, eu percebi que o posicionamento deles em relação às caixa é muito importante. Porque ele é muito lento em relação ao resto do PA."

#### -----Sujeito 15-----

"[...] O som de um tambor desse é grave, forte, denso, enfim... e tem pouca pausa, pouco *decay*... é muito ataque, então é muita pressão o tempo todo no grave."

#### **Sobre os graves:**

#### -----Sujeito 7-----

"[...] Eu comecei a fazer masterização há pouco tempo, de uns quatro anos pra cá. E eu percebi que quando eu "acelerava" aquela faixa ali dos 200Hz no material já misturado, isso criava uma poluição muito grande. Aquilo criava distorção, saturação. Mas quando eu "solava" instrumento por instrumento, aquilo não estava presente em nenhum deles, mas na soma aquilo atrapalhava muito. Aí eu comecei a eliminar as frequências que não existem nos instrumentos, o que me ajudou a conseguir um nível de master mais alto, sem essa saturação no final dos graves, ou início dos médio-graves."

"[...] Então como é que eu faço? Eu vou lá no baixo e perco um tempo descobrindo qual é o grave que ele precisa. O resto eu elimino mesmo! Eu sempre acelero com o "eq" no Q máximo e vou pesquisando aquelas frequências que eu sei que vão me dar problema. Quando a frequência começa a causar aquela distorção eu digo: essa aqui eu não quero! Aí eu tiro. Só que o baixo vai ficando magrelo, aí eu coloco um outro equalizador, de um outro fabricante, que me dá uma resposta diferente. Às vezes eu comprimo. E vejo também aquelas frequências que vão me ajudar, que vai ficar bonito e dou um "grauzinho" ali. Uns 2 dB... Depois eu vou no bumbo, no violão de nylon e faço a mesma coisa. Avaliando se isso está acontecendo bem, eu vou no analisador de espectro e confirmo se minha impressão está correta. Eu não dou o reset nele, que aí ele vai acumulando a leitura e depois de ouvir umas 3 vezes eu tenho certeza se está equilibrado. Mas você vê que na faixa dos médios, médio-agudo e agudo, isso pouco acontece. É mais nos graves que ocorrem esses problemas, essa confusão. Eu não entendo bem porque isso acontece, mas é possível ver que é nos graves que isso acontece. Nos agudos parece que a onda é muito rápida, a coisa acontece e já acaba, no grave não, aquilo vai acumulando. Você percebe que às vezes a gente não ouve a mudança de nota que o cara fez por causa disso, perde a

nitidez. Aí eu tenho conseguido melhorar os resultados com essa preocupação, de eliminar os elementos que poluem, que não fazem parte do instrumento."

"[...] Eu não posso te garantir que você consegue fazer soar os graves x ou y, mas você consegue equilibrar de uma forma que a função dele na música vai tá lá."

"[...] Eu tenho que pensar isso em função da música também. Por exemplo, eu tô agora terminando a mixagem do disco do *Rodolfo*. Você acha que o disco do *Rodolfo* vai tocar em *boite*? O *Rodolfo* vai tocar em PA? Ele deve tocar na rádio, no carro, em casa, no fone... então eu preciso me preocupar se este disco vai ter a pressão de um disco da *Rihanna*? Não! Então eu me relaciono diferente com os graves dele. "

"[...] A menina que veio gravar a percussão gravou uma caixa de folia que tem muitos graves, é o som do instrumento dela. Mas o objetivo dessa música é tocar num lugar que precise daquela sonoridade? Não. Então a caixa de folia dela vai virar outra coisa. Eu não preciso daquele "gravão", eu preciso do ritmo. O *Rodolfo* pode dizer que o som da alfaia não é assim, e eu vou dizer que o custo disso pra música dele é muito grande. Se a gente colocar essa alfaia aqui, o violão de nylon vai ter que ficar magrelo."

"[...] Eu tenho um sub aqui nessa sala, porque eu preciso ter. A *NS-10* não vai nos graves. Então é muito difícil eu convencer meu cliente de uma mixagem na *NS-10*. Eu mesmo não preciso do sub, mas quando eu ligo ele o cara fala: nóóó!!! O som desse bumbo tá "ducaralho" demais cara!!! - Aí eu vou e desligo o Sub. E o cara: o que que rolou?!? Eu falo: esse é o som do seu bumbo, mas se você tiver um sub desse você vai ouvir ele daquele jeito. O que eu tenho que garantir é que esse grave não vá estourar. Porque todo som tem aquele *boost* de grave, e quando o cara apertar aquele botãozinho lá vai distorcer tudo. Não pode!"

"[...] Aí que tá o negócio de identificar o grave de cada elemento. Serve pra você tentar fazer com que o som fundamental daquele instrumento fique preservado. Um baixo bem gravado, muitas vezes vai soar mais médio do que grave."

"[...] Se você deixar o bumbo muito grave ele dá uma moleza na música."

## -----Sujeito 12-----

"[...] tem plug-in que faz isso... você determina aonde que tá o material fonte e aonde você quer que ele crie os harmônicos... então você pode pegar um bumbo que tá lá nos 40Hz e criar material nos 100Hz, se você quer que toque em *falantezinho* de laptop, por exemplo.[...] Eu uso o *maxbass*, não fui atrás de outros não. E eu acho que independente de criar harmônico pra cima, as frequências interagem. Mesmo que você esteja tocando num equipamento que não vai passar aquele 40Hz, ele, com certeza influencia pra cima, pra baixo... daí essa questão toda sobre vinil, CD, só que o oposto, pra cima... pra lá dos agudos da importância de ter os agudos que a gente não ouve, porque eles vão influenciar pra baixo, da mesma maneira os graves influenciam pra cima..."

"[...] pra mim o mais difícil é fazer o grave na medida certa e de forma que não soe embolado, que a gente perceba ele de uma maneira limpa. Ter força no grave, mas sem ficar aquela coisa (uuummuuummm) sem definição. É achar o lugar dele. E também, principalmente, até 160Hz não, mas de 80Hz pra baixo acertar na quantidade. Muitas vezes você tem um sub-grave que tá encobrindo o resto. Eu, quando estou trabalhando com masterização, corto de 20Hz pra baixo. Aquilo vai ocupar espaço e ninguém vai reproduzir. As caixas não vão reproduzir... quase nenhuma."

"[...] para processar os graves eu uso compressão e equalização. Para captar uso filtros *Hi-pass* dos prês de microfone ou dos equalizadores. Prefiro não usar os dos microfones, pois são fixos. Prefiro os dos prês."

"[...] A interferência de fase nos graves é o que mais importa."

"[...] Não tem muito padrão, tem que avaliar cada caso. Sempre corto as frequências para baixo de 20Hz."

-----Sujeito 14-----

"[...]Sim, eu acredito que é possível fazer ouvir esse material (graves iniciais). Ainda mais quando você tem os outros elementos que são audíveis junto com esse não audível. Se você tirar esse inaudível, você modifica o que é audível. Eu acredito."

"[...] Naturalmente, se você tirar essa região muito baixa que você não percebe, a gente vai estar limpando um pouquinho o que a gente percebe. Isso aí com certeza. Existe uma atmosfera, existe um "ar", existe uma leitura do microfone."

"[...] eu já trabalhei muito com essa faixa dos 40Hz, pra criar tensão em teatro. Criar atmosferas... Você consegue ver o movimento do alto-falante e consegue fazer com que aquela sala tenha uma tensão assim, tem um "ar" diferente. As pessoas não ouvem, mas elas sentem. Os trailers de cinema todos tem esse exagero de baixos. São atmosferas."

"[...]As vezes que eu fiz, eu fiz em estúdio, porque em estúdio dá pra você construir mais essa sensação sonora, essa vibração, essa falta de som, essa energia."

"[...] A faixa grave influencia nas faixas superiores, pois se você tira essa faixa grave, o restante se altera, se modifica. Essa faixa grave ajuda na percepção do espaço. O silêncio de uma sala tem energia nessa faixa."

-----Sujeito 15-----

"[...] Já gravei tambores de 1m de diâmetro e 80cm de profundidade, talvez eu esteja exagerando, mas é muito grave..."

"[...] Quando é material para publicação, como que você vai finalizar isso? Qual a referência que você vai utilizar para trabalhar esse material. Porque você trabalha no estúdio com fone, com monitor de referência e quem vai tocar isso é cada vez mais, sem nenhuma nostalgia, mas de uns 20 anos pra cá, é só sonzinho "porquêra". O sujeito vai escutar em computador, ou no carro. Não passa grave, mas não só os graves, não sai um monte de coisa... Você vai fazer um grave bonito, desenhar ali, equalizar tudo ou você



vai tentar trabalhar mais os harmônicos um pouco mais agudos que vão reconstituir um pouco os graves, mas que não vão ter frequências muito graves porque, pensando nos equipamentos onde vai ser tocado isso... Essa é uma das questões, um dos problemas. Agora, eu sempre acabo fazendo o grave que eu acho bonito e tudo, e quem tiver som ruim que... pena pra eles."

"[...]Eu usei aquele *multimaximizer*, o L3, porque eu podia comprimir e já ir equalizando ali. Foi interessante, porque aí eu usei uma taxa de compressão diferente pros graves. Dá uma dinâmica interessante na master, você ganha uns dBs. E tem coisa que não precisa comprimir tudo do mesmo jeito. E é um limitador potente também. Eu já passei casos que valia a pena regular cada faixa de forma diferente. E você escolhe o ponto de crossover também. Depois eu passei pro Linux e não gostei de um chamado *jasmin* e o que tenho agora é um conjunto de *plug-ins*."

### **3.2.1 - Análise e discussão dos questionários**

Seguem abaixo as análises consideradas mais significativas dos dados coletados a partir dos questionários na ordem em que as questões foram apresentadas aos sujeitos desta investigação.

A primeira questão requisitava aos entrevistados enumerar, em ordem de importância, seus três primeiros contatos com práticas ligadas à música. Os resultados ilustrados no Gráfico 1 demonstram que para 34% dos entrevistados o primeiro contato foi proporcionado pela utilização de instrumentos musicais de familiares; seguido por 20% que identificaram a organização de acervo musical da família como fator mais forte; na terceira maior influência houve um empate entre 3 outras experiências, todos com 13% das respostas: participação de atividades musicais na escola, em bandas ou grupos na infância, assim como outros.

É importante salientar o quão importante se mostrou a influência da família (somando um total de 54%) bem como exposições proporcionadas nos anos iniciais (infância e escola somando 26%) como fatores primários de contato dos atuais profissionais de áudio com práticas ligadas à música.

**Primeiro aspecto que influenciou o contato dos profissionais de áudio com práticas ligadas à música**

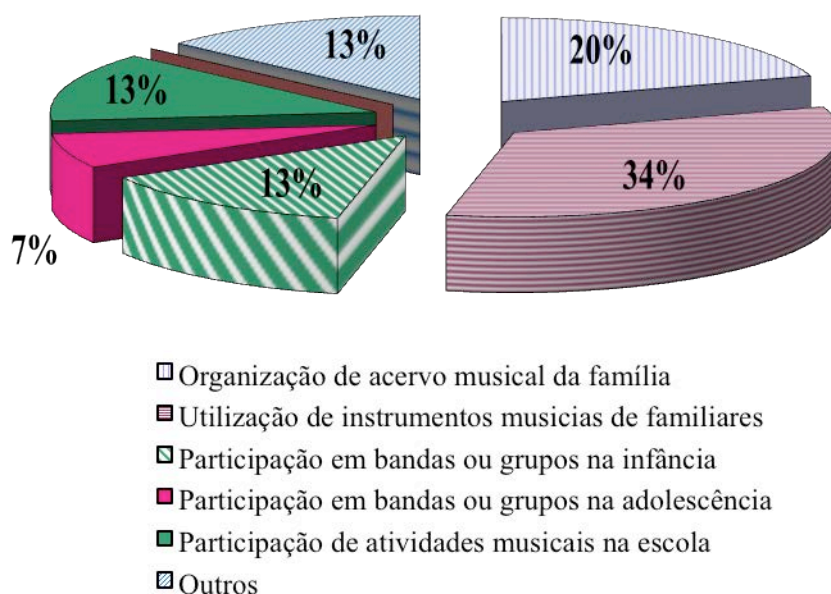


Gráfico 1 - Primeiro fator que mais influenciou o contato dos profissionais de áudio com práticas ligadas à música.

O fato de as experiências em grupos e bandas ter aparecido como fator predominante secundário e terciário torna complexa a determinação dos três fatores mais influentes para o profissional de áudio. Para tornar esta tarefa mais simples, optou-se por conferir pesos diferentes ao fator primário (50%), secundário (33%) e terciário (17%). Esta nova análise gerou o Gráfico 2, abaixo. De acordo com o gráfico, os três fatores mais influentes são a participação em bandas ou grupos na adolescência (25%), seguido por utilização de instrumentos musicais de familiares (24%) e a organização de acervo musical da família (13%). É interessante salientar a forte influência familiar, que soma 37% do resultado e das experiências na adolescência (25%).

**Análise ponderada de fatores que influenciaram o contato do profissional de áudio com práticas ligadas a música**

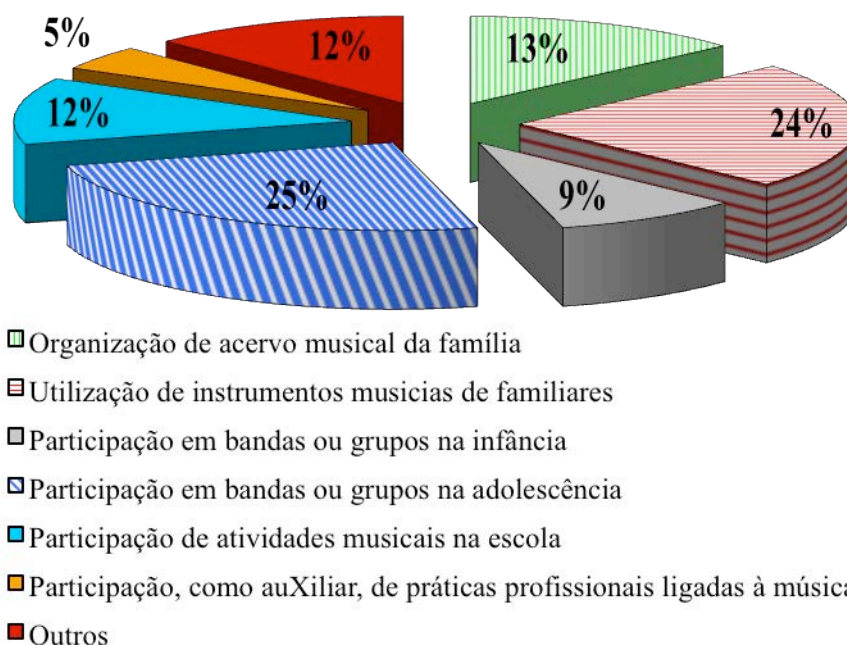


Gráfico 2 - Análise ponderada de fatores que influenciaram o contato dos profissionais de áudio com práticas ligadas à música.

A segunda questão pedia aos entrevistados que indicassem, também em ordem de importância, dentre as pessoas de suas convivência imediata, aquelas que eram ou são ligadas às práticas musicais. Os resultados, ilustrados no Gráfico 3 demonstram que, para 28% dos entrevistados, as pessoas mais importantes são os pais; seguidos pelos irmãos, com 22% e pelos primos e amigos da escola, com 17% cada.

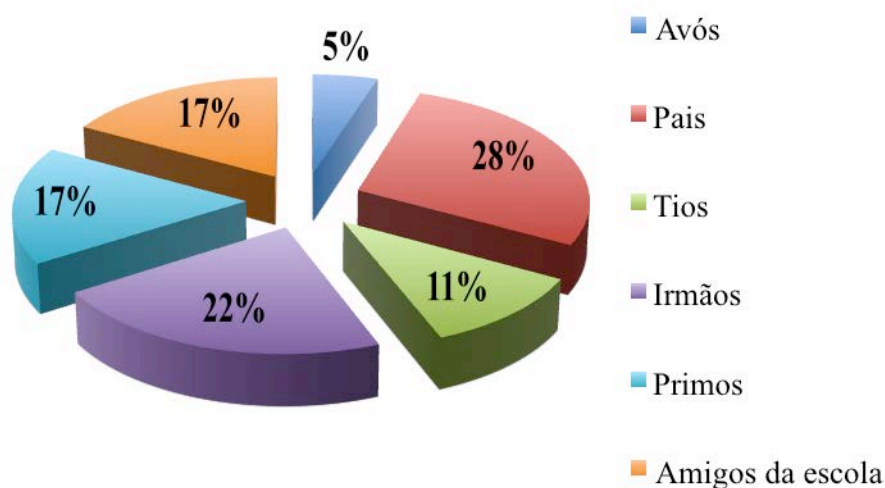


Gráfico 3 - Pessoas mais importantes ligadas à música dentre as da convivência imediata.

Quando analisamos a importância dos convivas sem ponderar sua importância, aparecem com muita clareza, como demonstra o Gráfico 4, os amigos da escola como pessoas importantes ligadas à música, com 27%.

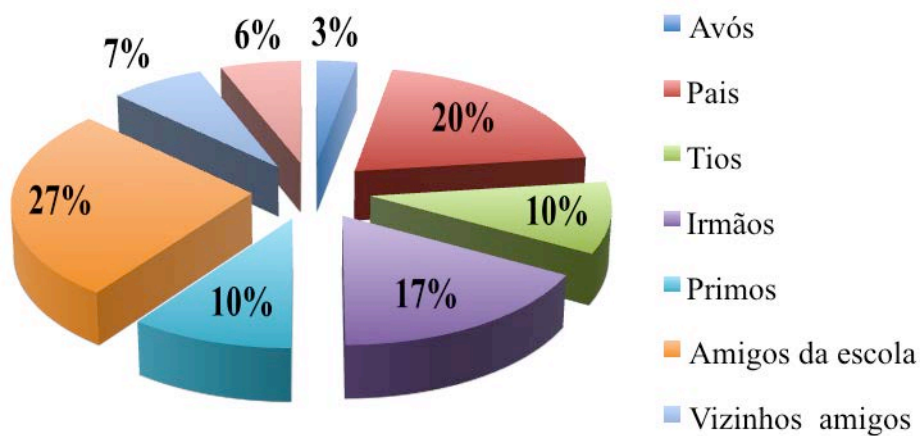


Gráfico 4 - Pessoas ligadas à música dentre as da convivência imediata.

A terceira questão pedia aos entrevistados que indicassem quais as suas principais atividades no campo do áudio. Os resultados expostos no Gráfico 5

demonstram que a grande maioria dos entrevistados trabalha principalmente com gravação (33%), em seguida vem a *mixagem* com 19% e o *design* sonoro com 11%.

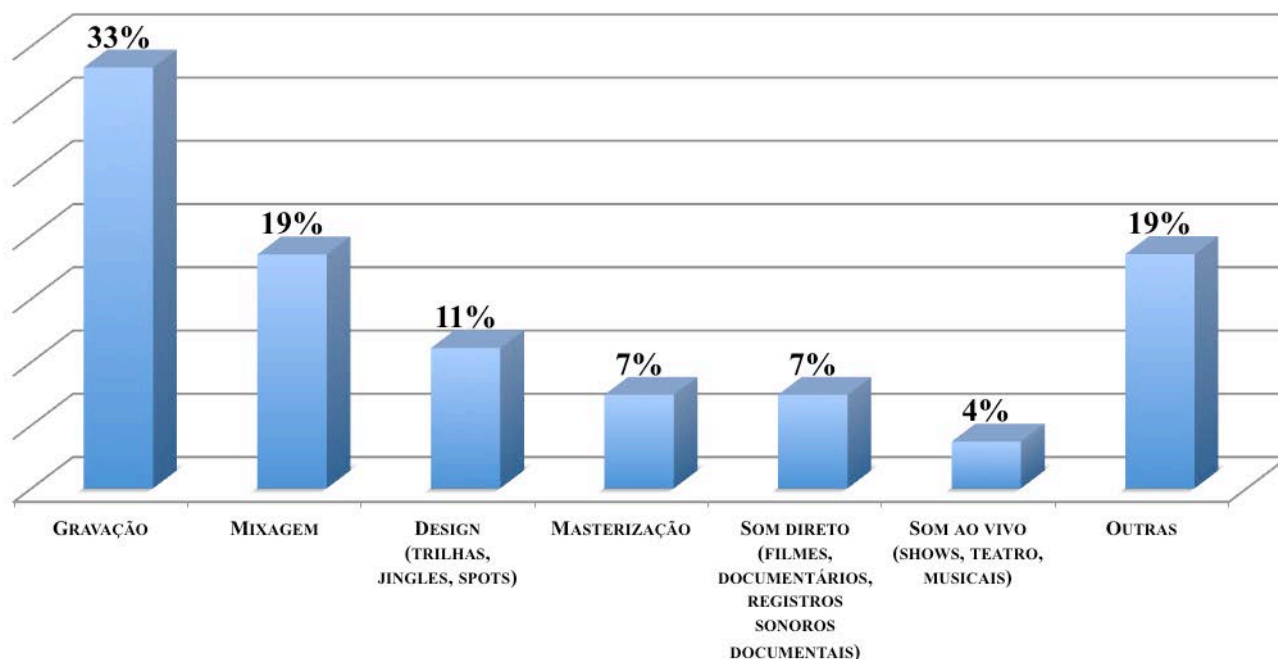


Gráfico 5 - Principais atividades dos entrevistados no campo do áudio.

A quarta questão é de grande importância para se avaliar a qualidade da amostragem, pois solicitou aos entrevistados que indicassem a participação de sua principal atividade de áudio na composição de seu orçamento pessoal.

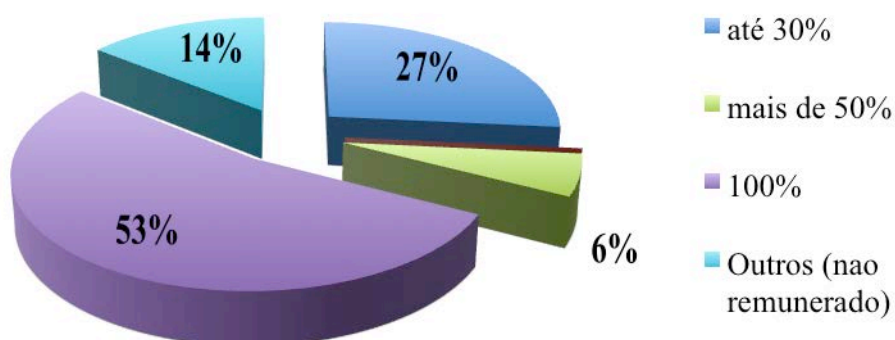


Gráfico 6 - Participação da atividade com o áudio na composição do orçamento pessoal dos entrevistados.

Como se vê no gráfico acima, mais de 50% dos entrevistados tem o trabalho com o áudio como única fonte de renda.

A sexta questão foi utilizada na seleção dos participantes da entrevista e perguntou aos entrevistados se em alguma oportunidade eles tiveram que lidar com materiais que continham energia ou que necessitassem de qualquer processamento nas três primeiras oitavas da faixa auditiva (20Hz a 160Hz). A utilização dessa questão na seleção dos que viriam a ser entrevistados faz sentido na medida em que toca num dos pontos principais do trabalho, que é a captação e manipulação de sons graves. Apenas um dos quinze entrevistados responderam negativamente à questão.

A sétima pergunta questionou os entrevistados sobre a possibilidade de se fazer soar os sons graves, como os citados na pergunta anterior, ainda que parte considerável dos equipamentos comerciais de reprodução sonora não reproduzam bem, ou que simplesmente não a reproduzam essa faixa de frequências. Três (20%) dos entrevistados responderam negativamente e 12 (80%) positivamente.

Ainda sobre o tema dos graves, a questão seguinte procurou saber qual a proporção dos entrevistados já havia tido acesso a qualquer material publicado sobre o tema (sons graves). Mais da metade, 8 entrevistados, nunca havia lido qualquer material. Aos que responderam positivamente (7), foi pedido que descrevessem quais materiais foram esses, em que tipo de mídia foram publicados, em que língua e quais poderiam ser indicados para o aprofundamento dos conhecimentos sobre os sons graves. As respostas a essas questões foram compiladas e estão apresentadas abaixo.

Materiais consultados e indicados pelos entrevistados:

- EVEREST, Alton. Master handbook of acoustics
- VALE, Solon. Manual prático de Acústica
- ROSSING, Thomas. The Science of Sound
- HENRIQUE, Luis. Acústica Musical
- KATZ, Bob. Mastering Audio: The Art and the Science
- HUBER, David; RUNSTEIN, Robert. Modern Recording Techniques
- OWSINSKI, Bobby. Mixing Engineers Handbook
- COSTA, Dênio. Curso de Áudio intermediário
- Materiais didáticos oferecidos pelo professor Elói Fritsch (UFRGS)
- SCHAEFFER, Pierre. Tratado dos objetos musicais

- CHION, Michel. La audiovisión
- Revista Áudio, Música e Tecnologia
- Revista MIX
- Revista Sound for Picture
- Computer Music journal

Dentre os sete (7) entrevistados que responderam às questões citadas, quantificamos aqueles que classificaram os materiais entre meio e idioma de publicação. Assim:

Livros	Revistas	Internet	Apostila	Inglês	Português	Francês	Espanhol
5	3	2	1	6	3	1	1

Quadro 3 - Mídia e idioma de publicação dos materiais consultados.

Na última questão do questionário foi solicitado aos entrevistados que enumerassem, em ordem crescente de importância, os procedimentos utilizados por eles para manipular os materiais que continham energia ou que necessitassem de qualquer processamento nas três primeiras oitavas do espectro (20Hz a 160Hz). As opções disponibilizadas foram: a escolha do microfone, o posicionamento do microfone, a equalização durante e pós captação, a compressão durante e pós-captção e outros à escolha. O gráfico a seguir demonstra quais foram as escolhas, levando-se em conta que foram dados pesos de 6 a 1, da mais importante à menos importante das opções enumeradas.



### Análise ponderada das técnicas para captação de sons entre 20Hz e 160Hz

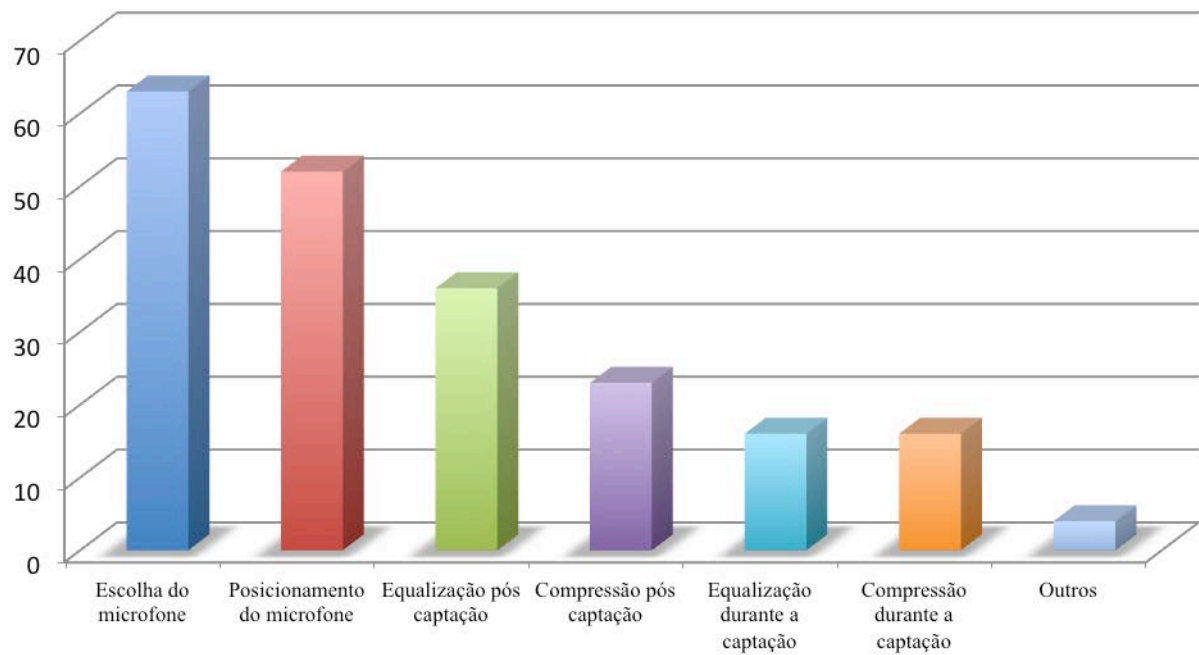


Figura 57 - Análise ponderada das técnicas de captação de sons entre 20Hz e 160Hz.

### 3.3 - Experimento

O experimento realizado foi concebido como um meio de se obter diferentes informações sobre o processo de mixagem de um trecho musical contendo energia significativa no registro grave. Para isto, foram realizadas etapas sucessivas de gravação, mixagem e análise de um trecho musical com a seguinte instrumentação: Bateria, Contrabaixo elétrico e 4 Guitarras.

Analisando os dados do áudio captado, pode-se avaliar o quanto cada peça em separado contribuiu para os contornos dinâmicos e espectrais do material quando *mixado*. A projeção sonora de cada instrumento preenche o espectro de forma peculiar. A somatória dessas peculiaridades resulta num movimento dinâmico complexo, onde cada componente contribui para o resultado de forma distinta. Assim, analisar o elemento individualmente e em contraste com a somatória da qual faz parte nos permite levantar questões acerca do modo como a energia de cada um influi no contorno resultante.

As gravações foram realizadas no auditório Fernando Mello Vianna, na Escola de Música da UFMG em três etapas. A primeira no dia 21 de fevereiro de 2013, quando foi gravada a bateria; a segunda no dia 4 de abril, quando foram gravados contrabaixo elétrico e uma das linhas de guitarra (simultaneamente); e a última no dia 5 de junho, quando foram gravadas as 3 guitarras complementares.

Bateria e Contrabaixo - Marcelo Ricardo

Guitarras e *Mixagem* - Fernando Braga Campos

Foi realizada uma mixagem piloto de todo o material, que permitiu comparar as alterações feitas em cada instrumento (em relação à gravação inicial) em diferentes etapa do processo: bateria solo, bateria com contrabaixo, e *tutti*. As mixagens feitas por profissionais convidados são comparadas através da distribuição de energia em três grandes faixas do espectro, de modo a ressaltar diferentes opções estéticas.

### 3.3.1 - *Setup experimental*

Uma breve descrição da instrumentação utilizada:

- A bateria é formada por um grupo de instrumentos cuja projeção sonora abrange praticamente toda a extensão dinâmica e faixa de frequências audíveis aos seres humanos. De interesse especial ao estudo são os tambores de dimensões maiores, que produzem sons que concentram grande parte de sua energia na porção grave do espectro sonoro.
- O contrabaixo elétrico possui a maior parte de sua energia na parte inferior do espectro, e suas notas fundamentais estão entre 30Hz e 246Hz.
- A guitarra pode ser considerada um instrumento médio-agudo, pois suas frequências fundamentais estão entre 82,4Hz e 880Hz.

#### 3.3.1.1 - Procedimentos:

- Foi montada uma barreira lateral em forma de semicírculo ao redor da bateria para evitar reflexões, notadamente excessivas no auditório.
- As peças de maior interesse foram microfonadas separadamente. O interesse foi determinado pela predominância dos graves no espectro sonoro emitido.
- O trecho foi inicialmente tocado de forma convencional, todas as peças da bateria num mesmo *take*. Em seguida, ouvindo o trecho gravado, o músico executou cada peça em separado, de modo que não há vazamento do som de cada peça nos demais microfones. O resultado da *mixagem* é, portanto, a soma dos canais que contém o material das peças gravadas separadamente. O sinal gravado pelos microfones *Over* representa os tom-tons e os pratos de ataque e condução simultaneamente. O chimbau foi gravado com microfone individual e separadamente.
- Todas as gravações e *mixagens* foram feitas em 24bits de faixa dinâmica e 48kHz de taxa de amostragem.
- As *mixagens* foram realizadas e *renderizadas* em mono para maior precisão das análises de intensidades e de espectro sonoro.

- Os níveis de cada microfone foram ajustados de modo a aproveitar toda a faixa dinâmica disponível sem picos de saturação durante todo o teste. O trecho escolhido para análise contém as variações dinâmicas intrínsecas ao material musical.
- As guitarras e o baixo foram gravados conectados por cabos diretamente às entradas de instrumento da interface de áudio.

### 3.3.1.2 - Equipamentos:

- Bateria RMV Road 2002, formada por 1 bumbo (22"); 1 caixa (14"); 1 chimbau; 2 tom-tons (10" e 12"); 1 surdo (14"); 1 prato de condução e 2 pratos de ataque.
- Baquetas de madeira Vic Firth - Peter Erskine.
- Contrabaixo elétrico de 5 cordas Yamaha RBX-375.
- Guitarra elétrica Gibson Les Paul Studio.
- Interface de áudio RME UFX.
- Microfone condensador Neumann KM184.
- Microfone condensador AKG C460B.
- Microfone dinâmico Shure SM57.
- Microfone dinâmico Sennheiser MD441.
- Microfone dinâmico Shure Beta52.
- Microfone condensador Oktava Mk102-cápsula cardioide.
- Cabo de instrumento TRS de 1/4" Monster Cable Studio Pro 1000.
- Notebook Apple Macbook Pro 15" 2,66 GHz Intel Core i7 8GB RAM.
- Software DAW Protools 10.
- *Plugins* Waves Mercury Bundle.
- Software de análise sonora Praat 5.
- Software de design sonoro MAX MSP 5.

Abaixo imagens que demonstram o posicionamento da bateria no auditório e a posição de cada microfone em relação às peças:



Figura 58 - Bateria montada ao centro com microfones já posicionados. Barreira lateral em semicírculo montada com peças do tablado (caixas de madeira encarpetadas). A escolha se deve a experimentações anteriores que demonstraram ser essa uma alternativa para evitar excessivas reflexões.



Figura 59 - Posicionamento da bateria no auditório.



Figura 60 - Microfonação dupla do Bumbo. Mic1 Shure Beta52 (interno). Mic2 Oktava MK102 com *pad* atenuador de -10dB.



Figura 61 - Microfones colocados na posição Over. Neumann KM184.

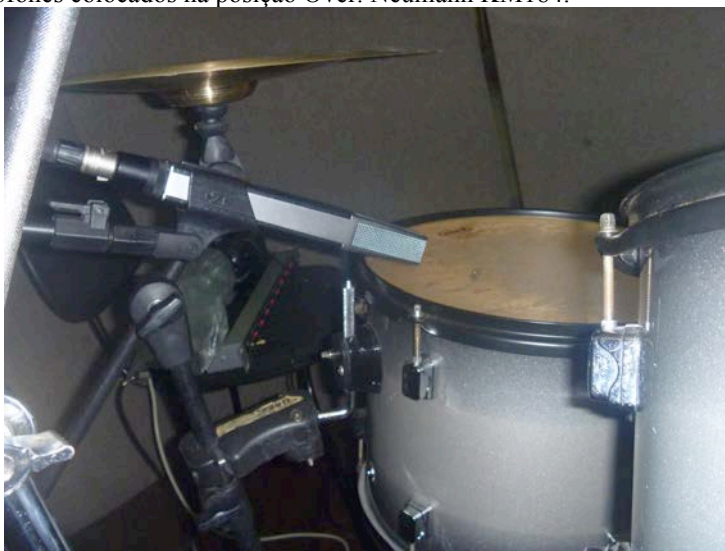


Figura 62 - Microfone no Surdo. Sennheiser MD441.





Figura 63 - Microfone por baixo do chimbal. AKG C460B. Filtro posicionado na posição sem cortes de frequência ou atenuação de sinal (*flat* 0dB).

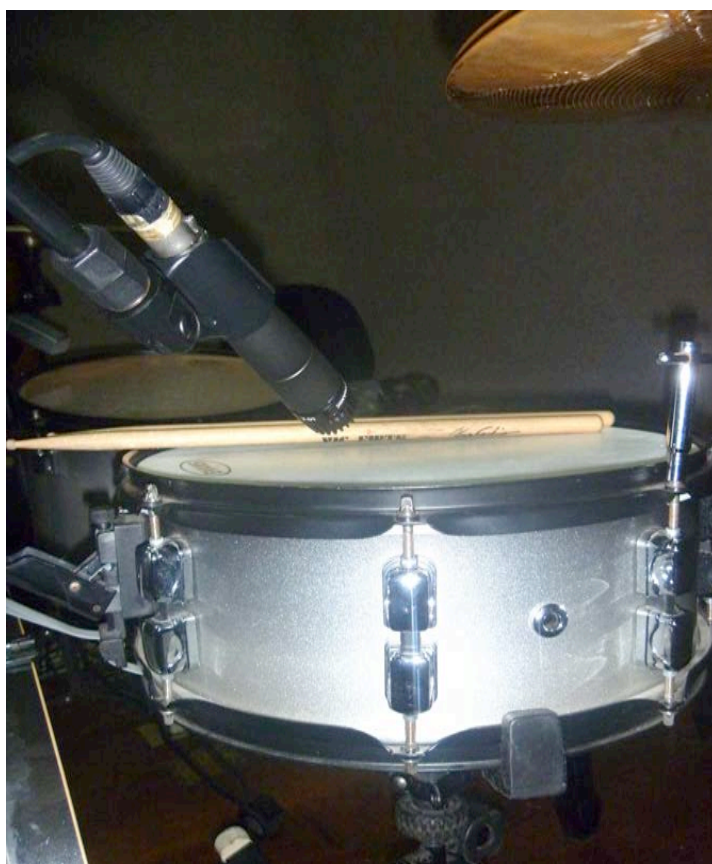


Figura 64 - Microfone acima da caixa. Shure SM57.

A figura a seguir é a imagem (*screenshot*) da janela de edição do *software* Protools e representa o excerto selecionado para as análises que se seguem.

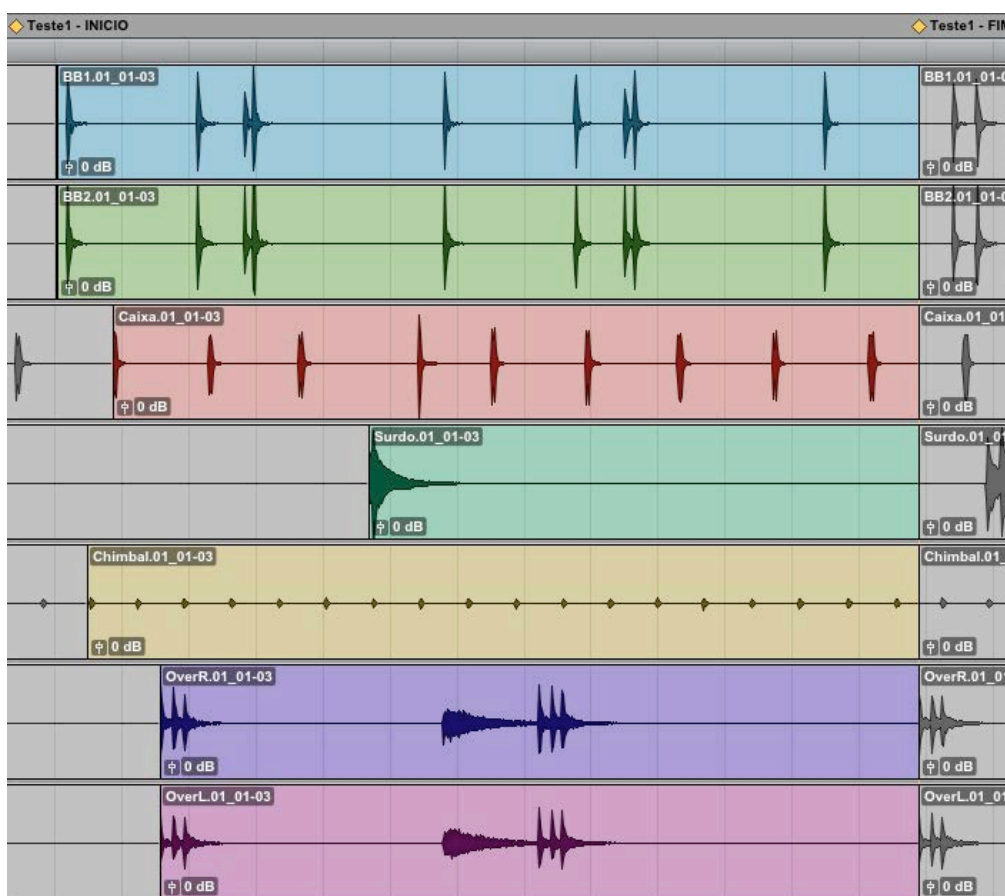


Figura 65 - Imagem do trecho utilizado para o teste que mostra os canais da bateria. Figura retirada da sessão de gravação do *software* Protools. Cada faixa colorida representa o sinal captado por um único microfone. As áreas em cor cinza representam partes do áudio que não estão sendo aproveitadas para a mistura, ou seja, tem volume nulo, pois estão *mutadas*.

As faixas coloridas representam a visualização das formas de onda captadas pelos microfones do canal específico. As curvas de cada visualização representam o nível de sinal captado (em dB). As duas primeiras linhas (BB1, azul e BB2, verde claro) representam os dois microfones colocados no bumbo (fig.60); a linha vermelha representa o microfone da caixa (fig.64); em seguida o surdo, verde escuro (fig.62); o chimal, amarelo (fig.63) e os dois últimos representam os microfones posicionados em Over, roxo e lilás (fig.61).



### Partitura da bateria no trecho selecionado para análise:



Figura 66 - Transcrição da bateria no trecho selecionado para a análise. Notas grafadas na linha suplementar inferior são notas de bumbo. Notas em X no espaço suplementar inferior são de chimbal. Notas no terceiro espaço são de caixa. Notas na quarta linha e no quarto espaço são surdo e tom-tom, respectivamente. A nota grafada como um losango são pratos de ataque.

A seguir, mais uma imagem (*screenshot*) da janela de edição do *software* Protools, representando os canais do baixo e guitarras.

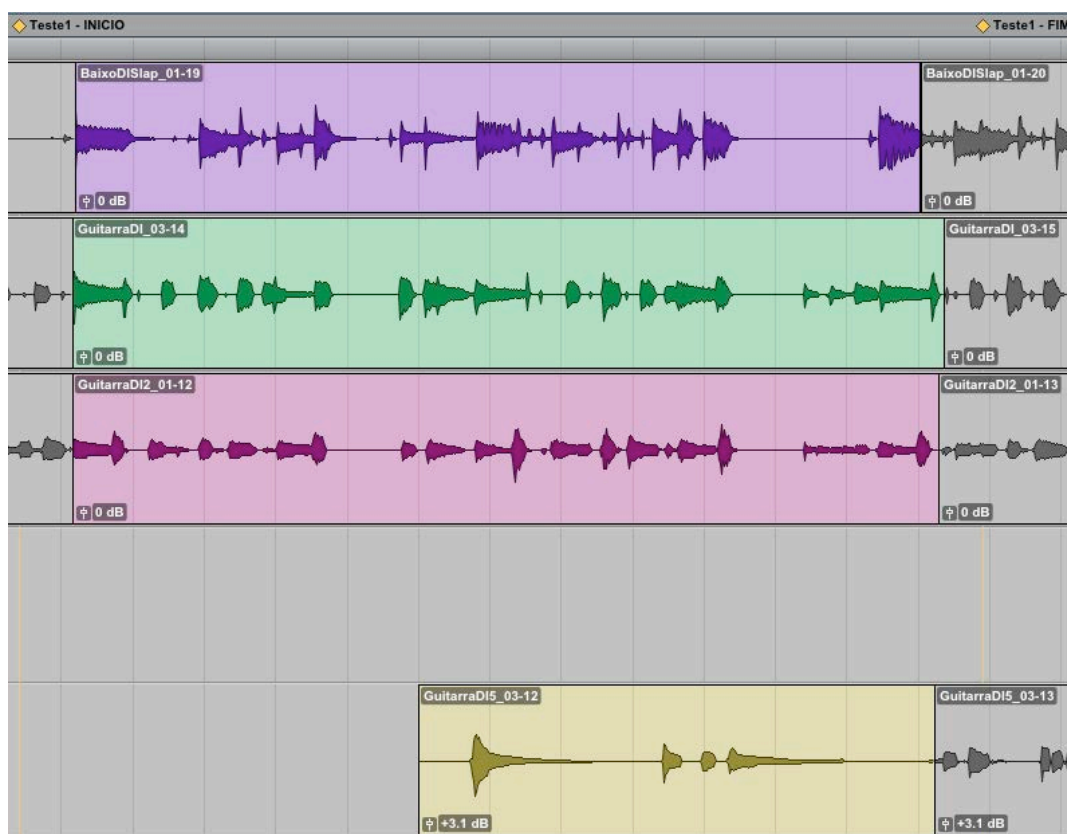


Figura 67 - Imagem do trecho utilizado para o teste que mostra os canais do baixo e das guitarras 1, 2, 3 e 4. Figura retirada da sessão de gravação do software Protools. Cada faixa colorida representa o sinal de um instrumento. As áreas em cor cinza representam partes do áudio que não estão sendo aproveitadas para a mistura.

### 3.3.2 - *Mixagem Piloto*

Antes de solicitar a mixagem do trecho escolhido aos sujeitos participantes da pesquisa, realizamos uma mixagem piloto, a fim de analisar os materiais sonoros antes e após a *mixagem*. Como explicitado anteriormente, o foco das análises é a contribuição dos elementos graves para o contorno do material final. Para isso, os mesmos materiais foram analisados em seu espectro de frequências e em seu nível dinâmico antes e após os processamentos. A contraposição dos dados nos dá uma compreensão mais ampla da composição objetiva da mistura. Apesar de o foco estar nos instrumentos graves, a introdução das guitarras e de peças não-graves da bateria se justifica pela aproximação do teste de uma situação real, onde os elementos não-graves ocupam seu espaço no conteúdo espectral e dinâmico, sendo portanto, partes indispensáveis no processo de mistura.

#### 3.3.2.1 - Bateria solo

Os dados abaixo referem-se à análise espectrográfica e de intensidades dos sinais do excerto, de aproximadamente 13,5 segundos, selecionado do trecho gravado. O excerto foi selecionado de forma a conter todos os elementos da *mixagem* a serem analisados.

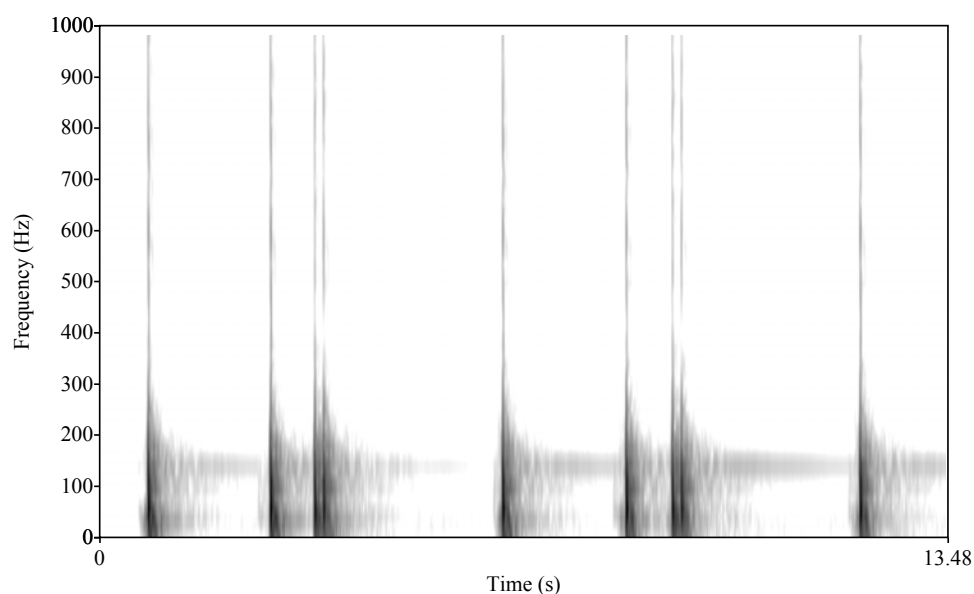


Figura 68 - Espectrograma dos (2) sinais de bumbo somados e processados.

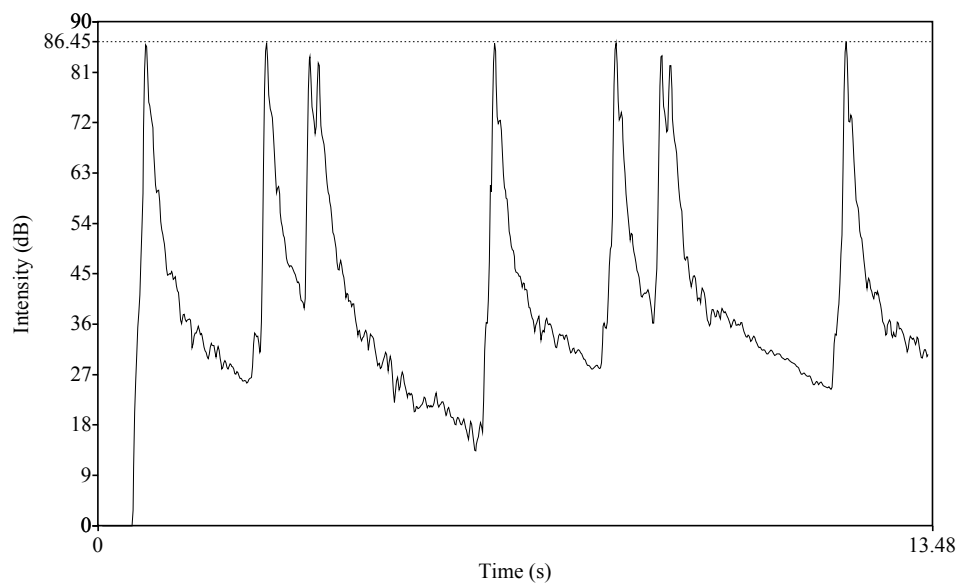


Figura 69 - Intensidade dos sinais de bumbo somados e processados.

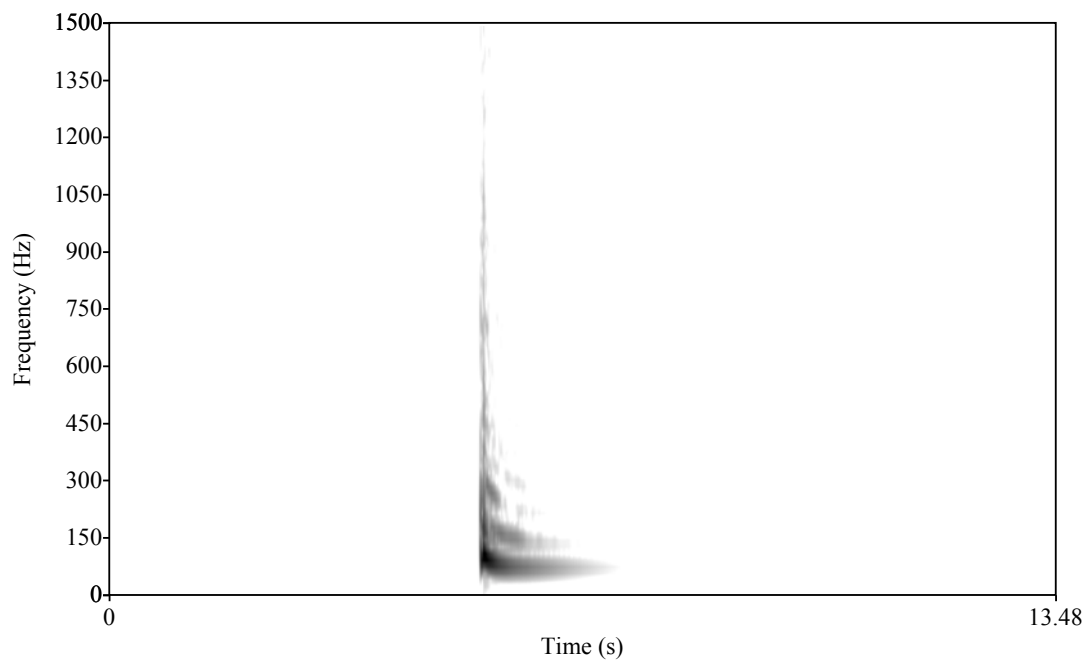


Figura 70 - Espectrograma do sinal do surdo.

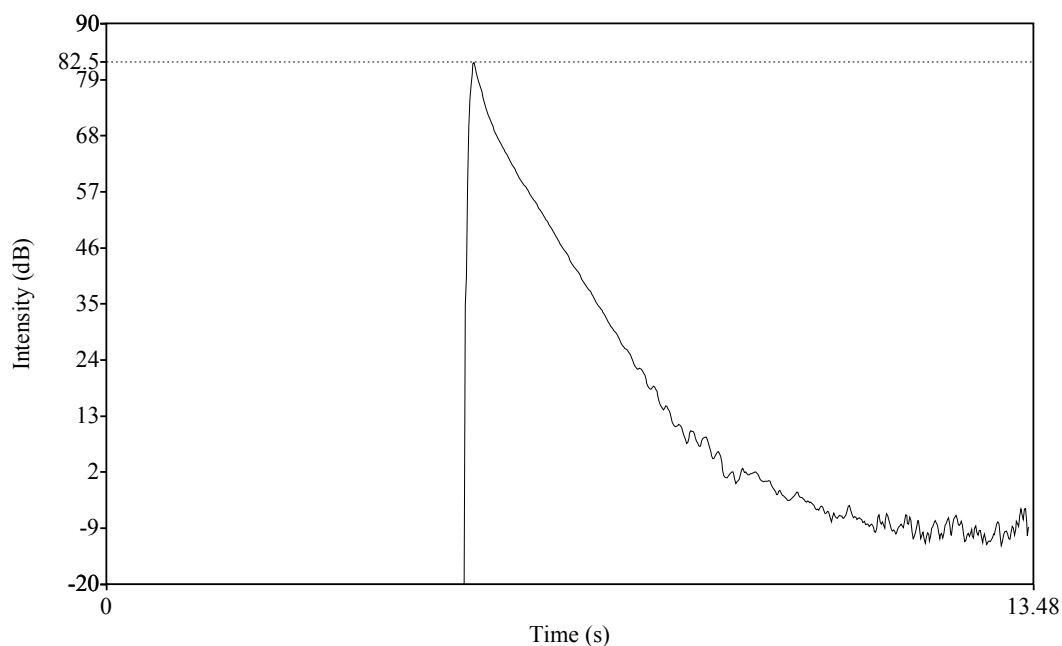


Figura 71 - Intensidade do sinal do surdo.

As quatro imagens acima tornam clara a visualização do espectro predominantemente grave dos maiores tambores do conjunto da bateria, quais sejam o bumbo e o surdo. No espectrograma, a concentração de energia em determinada frequência se reflete na intensidade dos tons de cinza. Considerando essa leitura dos gráficos, a partir de uma análise rápida das figuras 68 e 70 pode-se inferir que a quase totalidade da energia do surdo esteja concentrada na região grave, até os 300Hz, enquanto que a energia do sinal dos bumbos somados está quase totalmente concentrada na faixa que vai até os 200Hz<sup>47</sup>. Com relação à distribuição espectral, nenhum dos demais componentes da bateria tem tanta energia nas três primeiras oitavas do espectro, sendo também o bumbo o componente que causa a onda de impacto mais intensa em valores absolutos de energia RMS. Passemos então a uma análise desses dois componentes graves em contraste com o componente agudo mais presente no conjunto da bateria, o chimbau. O processamento de *mixagem* a que foram submetidos foi inicialmente realizado apenas com os componentes da bateria. Dados da *mixagem* completa, com baixo e guitarras serão apresentados logo em seguida. Por ora, vamos comparar os componentes da bateria individualmente e em seu próprio conjunto.

<sup>47</sup> A somatória dos dois sinais de bumbo se faz necessária para que tenhamos um som mais equilibrado, pois cada um dos (dois) microfones utilizados privilegia uma parte do espectro, como veremos nas discussões mais à frente nesse mesmo experimento.

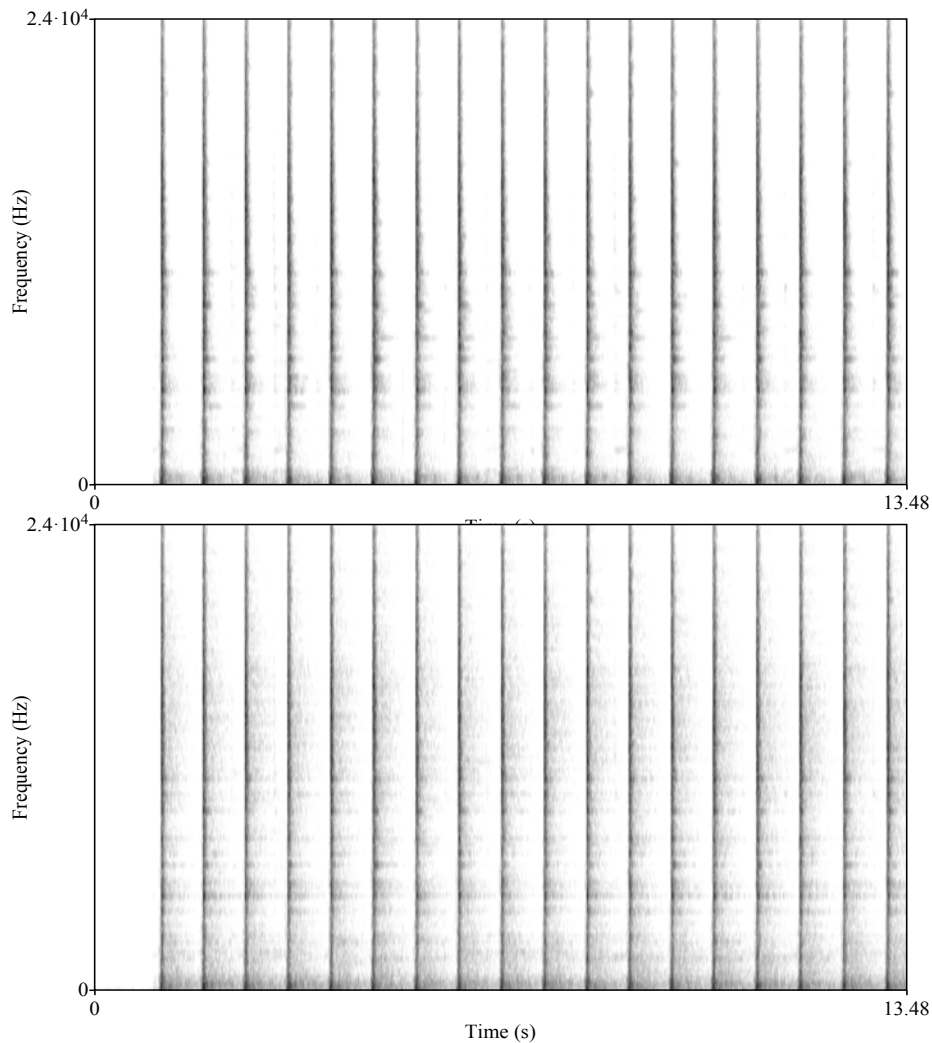


Figura 72 - Espectrogramas dos sinais do chimal antes (acima) e depois da *mixagem*.

No caso do chimal, interessa observar a diminuição da intensidade dos harmônicos inferiores (graves) após a *mixagem*. Isso deve-se principalmente à filtragem por equalização (filtro passa-altas), já que a sonoridade característica e desejada do chimal é a sibilância e não os componentes graves do seu espectro, que embora estejam presentes no som original, só podem ser percebidos a curtíssimas distâncias, não influenciando, portanto, na resultante sonora do conjunto. A intensidade do sinal ao longo do espectro também é alterada para que o resultado seja equilibrado do ponto de vista perceptivo em relação ao conjunto. verifique essa diminuição nos níveis da mesa de *mixagem* da bateria solo na figura 73. Percebe-se também no gráfico do chimal *mixado* uma maior homogeneidade na distribuição da energia ao longo do espectro.



Figura 73 - Mesa de *mixagem* da bateria solo.

Para analisar em separado os sinais captados pelos microfones 1 e 2, ambos posicionados no bumbo, foi realizada uma filtragem que dividiu os sinais desses microfones entre as 3 primeiras oitavas do espectro auditivo (20 a 160Hz) e as 7 oitavas seguintes (160 a 20480Hz). Os espectrogramas abaixo demonstram o conteúdo espectral dos sinais resultantes da filtragem.

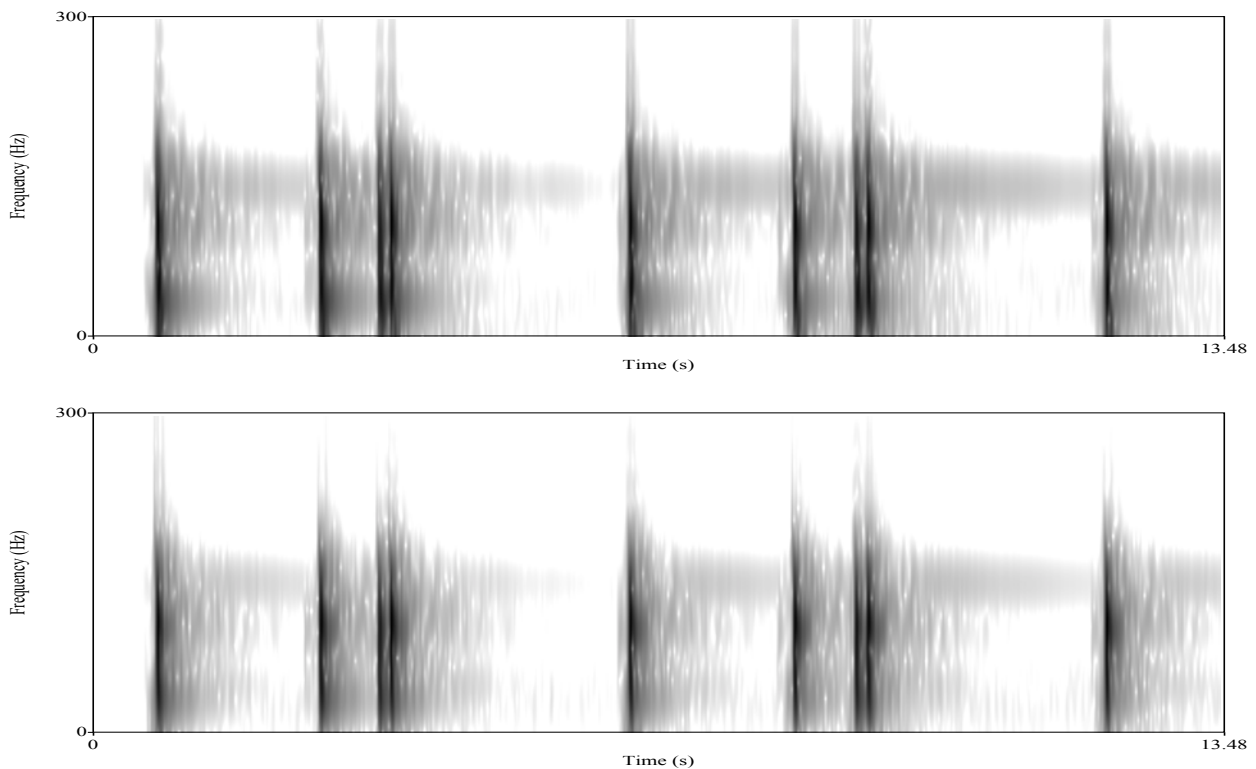


Figura 74 - Espectrograma dos sinais dos microfones 1, Shure Beta52 (acima), e 2, Oktava MK102 (abaixo), filtrados por filtro passa-baixas, que corta as frequências acima de 160Hz.

Na figura acima percebe-se a tonalidade mais escura do espectrograma referente ao sinal do primeiro microfone. Isso denota maior energia na captação deste em relação ao microfone 2. Analisando esses dados em conjunto com a resposta de

frequências dos microfones em questão (abaixo), é possível compreender o porque dessa discrepância:

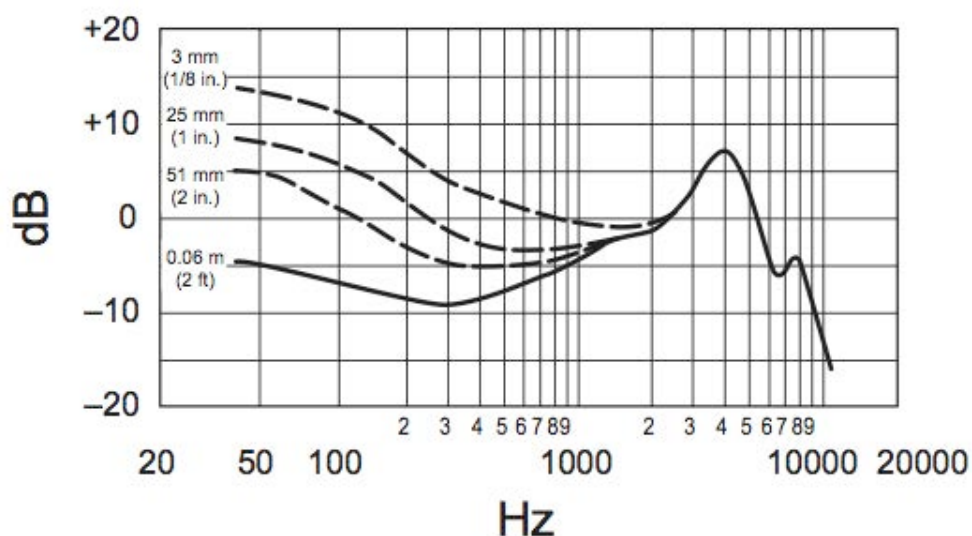


Figura 75 - Resposta de frequências do microfone 1 (Shure Beta52). Graves mostrados em função da distância do microfone à fonte sonora.

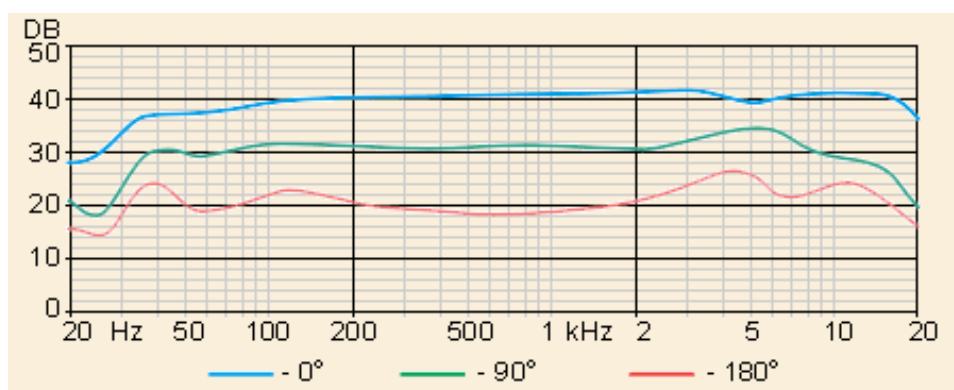


Figura 76 - Resposta de Frequências do microfone 2 (Oktava MK102). Considerar apenas a curva em cor azul, já que o microfone estava posicionado apontando diretamente ao instrumento, ou seja, num ângulo de 0°.

A figura 75 mostra que a resposta do microfone 1 a sons de espectro grave varia significativamente com a distância em relação à fonte. Se observarmos a figura 60, que demonstra o posicionamento dos microfones 1 e 2 em relação ao instrumento, perceberemos uma maior proximidade do primeiro.

Uma comparação entre as intensidades captadas pelo microfone 1 e 2 não nos trariam dados objetivamente analisáveis justamente por estarem posicionados a distâncias diferentes em relação ao instrumento. No entanto, ao analisarmos a discrepância da intensidade máxima entre os componentes grave e agudo de um

mesmo microfone (aproximadamente 20dB), é possível perceber que a energia sonora projetada pelo instrumento é bastante deslocada na direção do espectro grave.

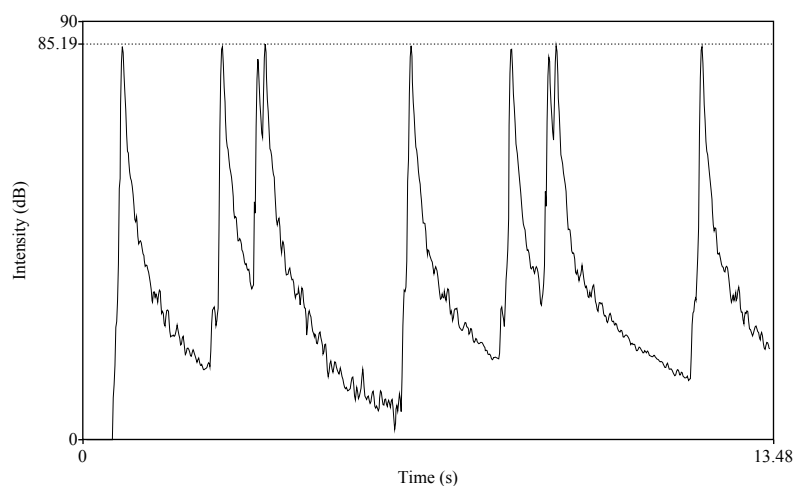


Figura 77 - Intensidade do sinal do microfone 2 filtrado por filtro passa-baixas com corte das frequências acima de 160Hz.

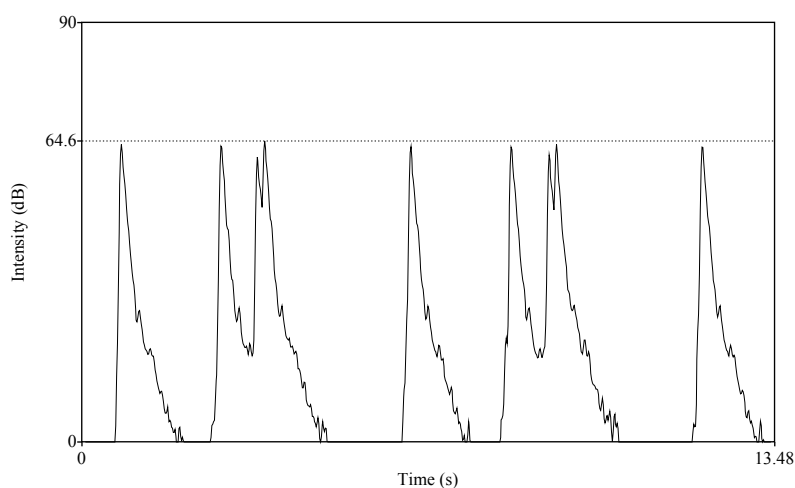


Figura 78 - Intensidade do sinal do microfone 2 filtrado por filtro passa-altas com corte das frequências abaixo de 160Hz.

Ainda em relação ao conteúdo harmônico captado pelos diferentes microfones, vejamos a figura abaixo, que representa os espectrogramas dos sinais dos microfones filtrados com corte das frequências graves abaixo de 160Hz.



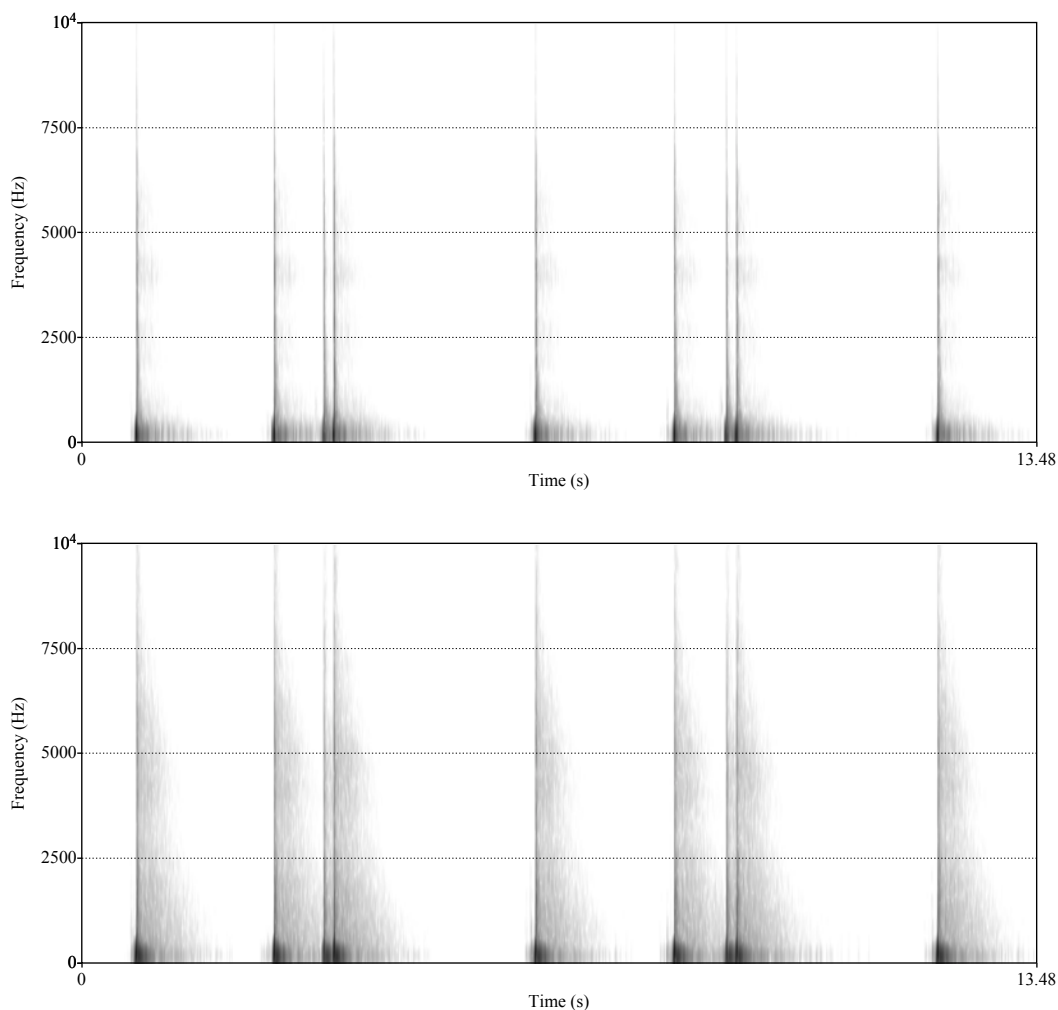


Figura 79 - Espectrograma dos sinais dos microfones filtrados com corte das frequências graves abaixo de 160Hz. Mic 1 (acima), Mic 2 (abaixo).

Nota-se que o microfone 2 capta mais intensamente as frequências agudas. Isso se deve à sua construção. Por ser um microfone capacitivo, ele é capaz de um maior detalhamento das alterações de pressão ocorridas em menores intervalos de tempo. Tal característica foi explicada com mais detalhes no item 2.1.1.

Em uma primeira análise auditiva, foram percebidas combinações diversas entre as partes filtradas em conjunto com a *mixagem* já realizada. Em nenhuma das audições as partes filtradas em separado, graves ou agudas, foram consideradas representações sonoras adequadas do instrumento em questão e nem resultaram em misturas desejáveis. Quando somadas, não foi possível distinguir auditivamente entre o material filtrado e o material original. Infere-se daí que os componentes graves e agudos são igualmente importantes para a representação do objeto sonoro e pode-se

concluir também que a filtragem não distorceu a composição harmônica dos sons originais. Abaixo, o que resultou o processamento do sinal do conjunto da bateria:

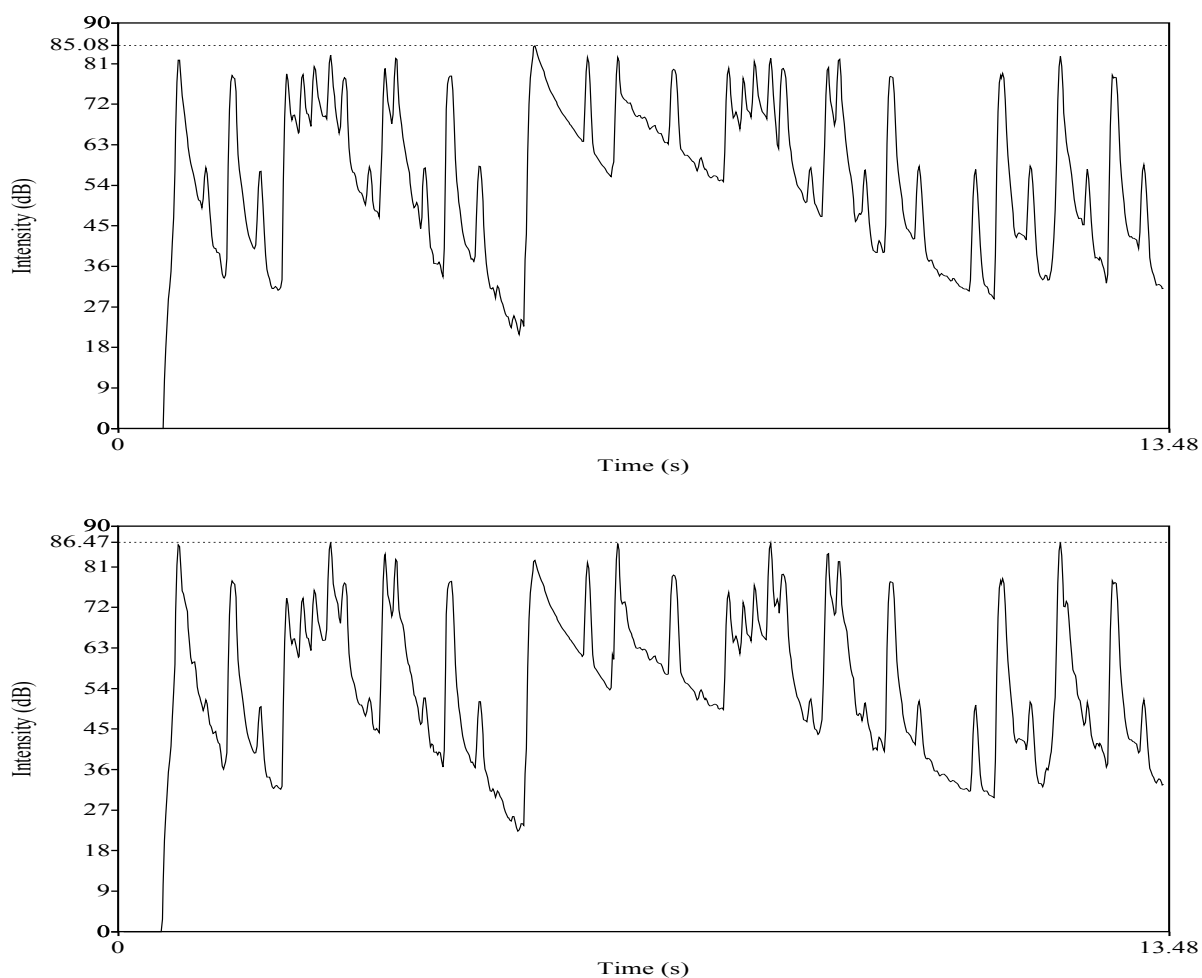


Figura 80 - Intensidade dos sinais de todos os canais da bateria somados antes e após a *mixagem* da bateria solo.

Vê-se que os níveis de intensidade pouco se alteram entre o material bruto e o material *mixado*. Vale observar, no entanto, que os pontos onde estão os picos máximos são distintos entre os materiais. Isso significa que instrumentos que inicialmente se achavam em um patamar mais elevado antes da *mixagem*, passam a ter seus picos menos salientes em seguida, evidenciando as escolhas feitas pelo profissional quanto aos instrumentos que devem ter os níveis mais elevados no material final.

Um tipo de gráfico que traz informações interessantes para a análise das transformações pré/pós-*mixagem* é o cocleograma. Trata-se de uma impressão das intensidades de excitação que determinado som causa na membrana basilar (item 1.4.1). Grafando as intensidades percebidas pela membrana basilar, o cocleograma já

traduz as grandezas objetivas de pressão sonora em intensidade percebida, utilizando para tanto as curvas de *loudness* sobre as quais discorremos anteriormente (item 1.2). O teste de *mixagem* que será descrito no próximo subitem nos forneceu os dados para a comparação a seguir. Abaixo estão os cocleogramas para o os sinais do *tutti* antes e após a *mixagem*:

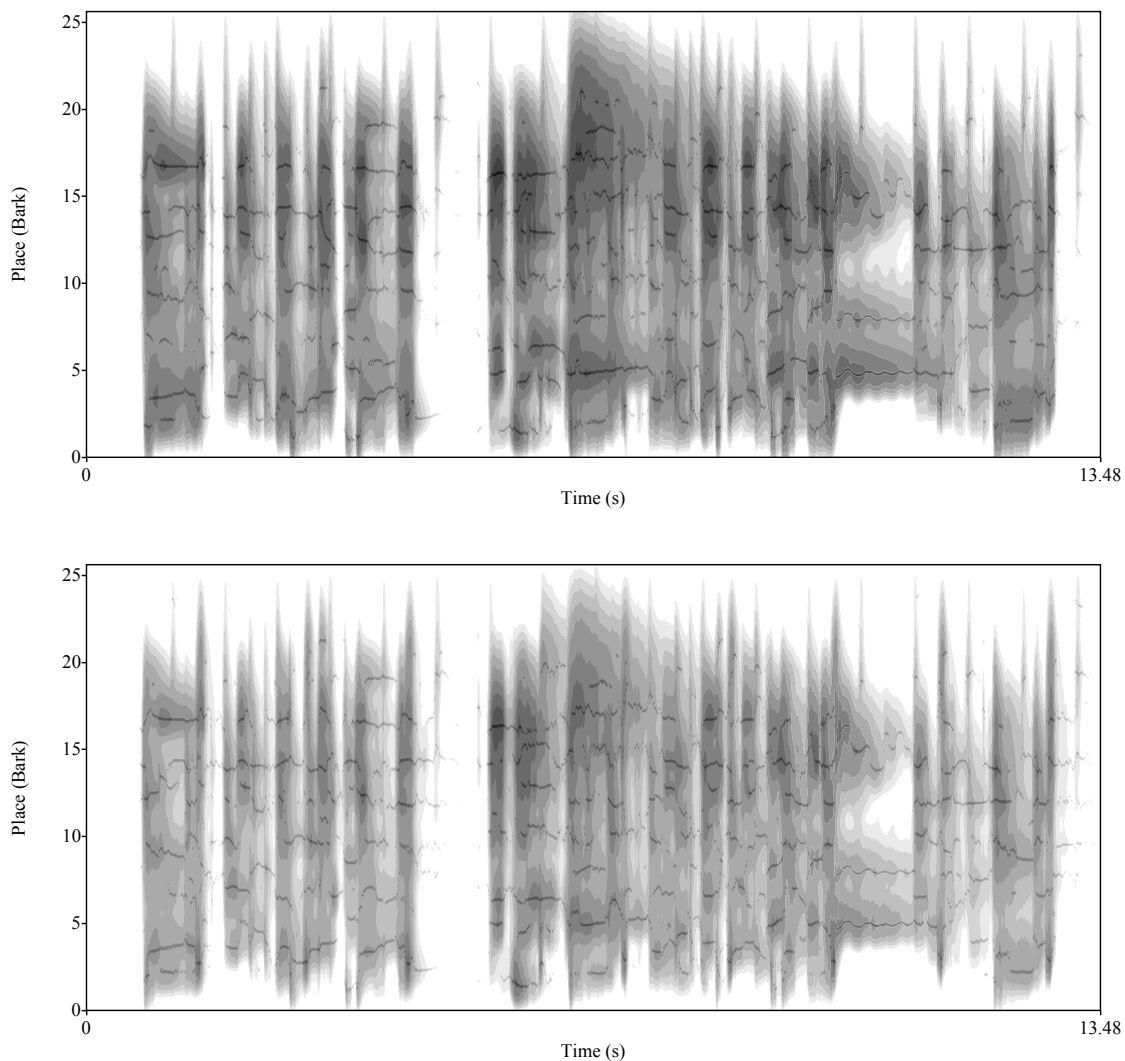


Figura 81 - Cocleogramas do *tutti* antes e depois da *mixagem*.

A escala utilizada é Bark, uma medida que considera a membrana basilar como um conjunto de segmentos denominados bandas críticas. (item 1.4.1). Os cocleogramas confirmam a sensação de uma maior homogeneidade do material *mixado* em relação ao não-*mixado*.

### 3.3.2.2 - Mixagem completa

Passemos agora à outra parte do experimento, onde analisaremos a influência dos componentes em uma mistura mais condizente com uma situação usual de *mixagem*, onde vários instrumentos (bateria, baixo e guitarras) compartilham a gama dinâmica e o espectro de frequências disponível. Estão expostos abaixo, nas figuras 82 a 84, os gráficos de intensidade da bateria *mixada*; baixo e bateria; e *tutti* (bateria, baixo e guitarras). A escolha por essa sequência tem fundamento na forma como é realizado o processo da *mixagem*. Embora haja muitas formas de se proceder uma *mixagem* (nenhuma delas incorreta, é bom que se diga), é usual que o instrumento com a maior presença de graves seja a primeira peça a ser trabalhada. Tal escolha se justifica também do ponto de vista da gama dinâmica disponível. Se são os graves a ocupar a maior parte da gama dinâmica, como pudemos ver ao longo deste trabalho, nada mais sensato que iniciar o processo determinando a dimensão deles em relação ao conjunto. Por isso considero relevante a visualização da progressão das intensidades à medida que se somam esses elementos à *mix* progressivamente. Sobre o processo de construção da *mix*, entendo ser relevante citar nesse momento um relato do Engenheiro Benny Faccone em entrevista a Owsinski:

"É muito parecido com construir uma casa. Você tem que fazer a fundação de baixo e bateria e a partir daí, junto com o que houver de mais importante na música, como o vocalista, e tem que construir em volta disso. Eu coloco o baixo primeiro, quase como a fundação. Então o bumbo em combinação com o baixo, para ter o grave. Porque às vezes você pode ter um bumbo bem magrinho sozinho, mas quando você coloca o baixo junto, parece haver grave o suficiente, porque o baixo tem um grave mais profundo. Aí eu ponho a bateria por cima disso." Owsinski (1999, p.106)

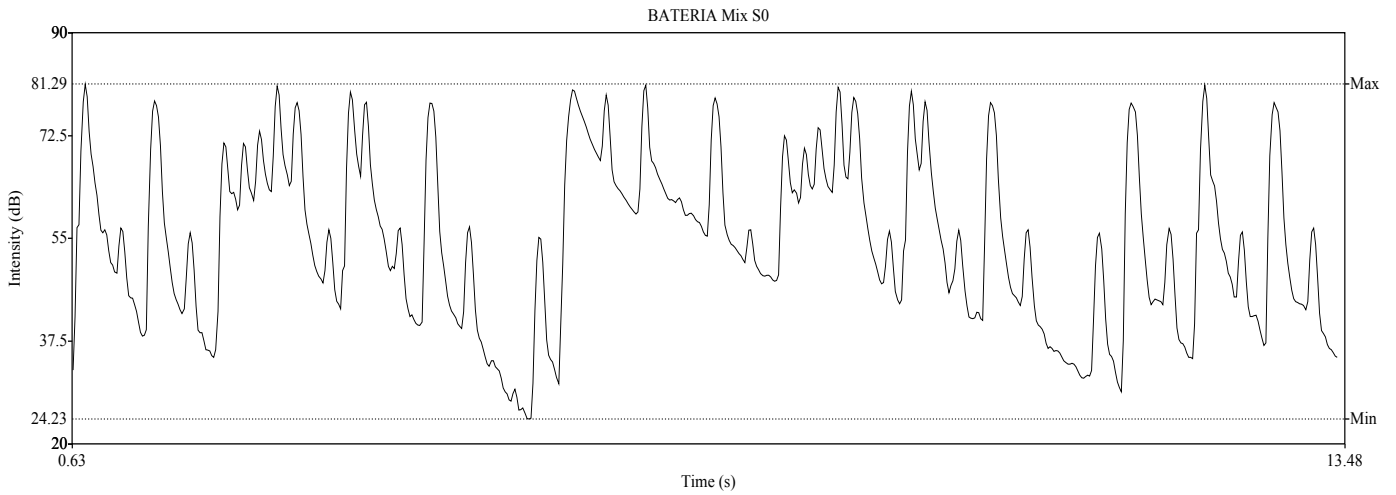


Figura 82 - Intensidade do sinal da bateria já mixada, porém isolado dos demais.

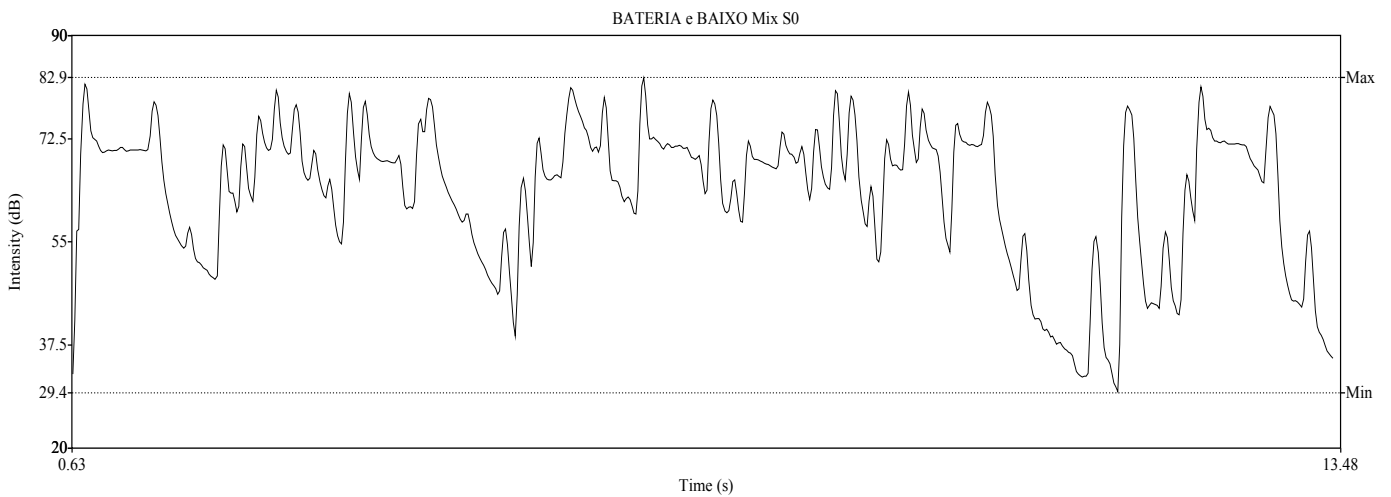


Figura 83 - Intensidade do sinal da mistura de bateria e baixo.

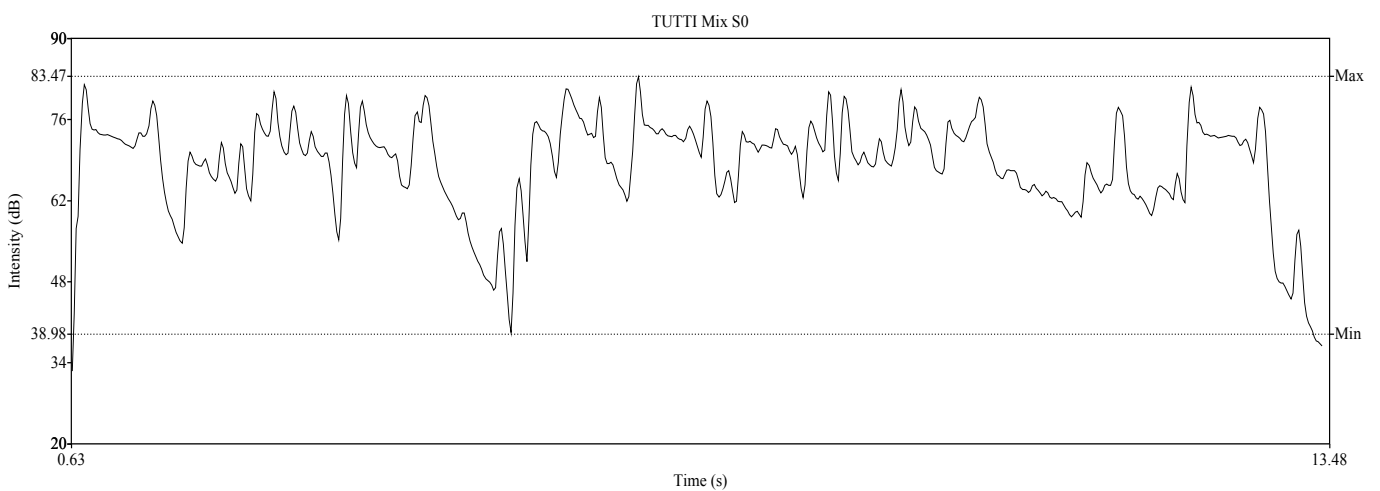


Figura 84 - Intensidade do sinal de todos os instrumentos mixados.

À medida que os elementos vão sendo adicionados ao conjunto, tanto os pontos culminantes quanto os mínimos vão crescendo em intensidade pouco a pouco. Mas talvez não sejam esses os pontos mais relevantes, já que picos não contribuem muito para a energia média a não ser que sejam sustentados por algum tempo. Abaixo estão as mesmas curvas mostradas nas três figuras anteriores, mas dessa vez sobrepostas:

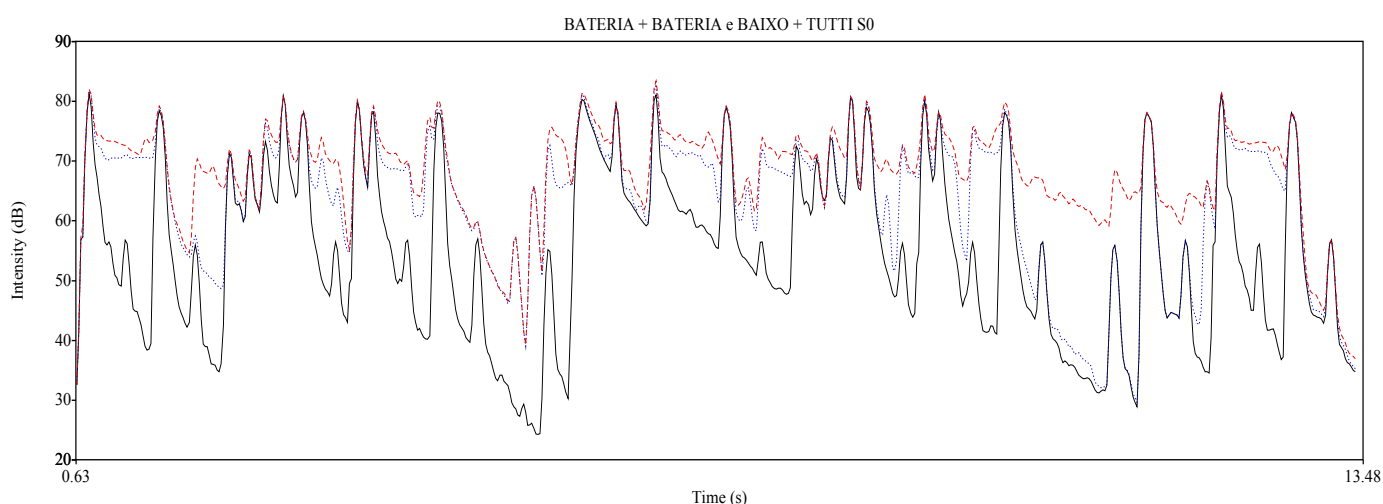


Figura 85 - Intensidade da Bateria (linha sólida) + intensidade de Bateria e Baixo somados (linha pontilhada azul) + intensidade do tutti (linha tracejada vermelha).

Em alguns pontos, a variação de energia chega a 30dB. Segundo a tabela 3, do item 1.2.3, para um acréscimo de sinal dessa magnitude, teríamos que o sinal adicionado estaria contribuindo com aproximadamente 95% da energia total. A interpretação correta, no entanto, é a de que os elementos que foram sobrepostos estão acrescentando energia a pontos onde quase não havia sinal. Para explicar essa interação, precisaríamos lançar mão de uma análise do Arranjo, mas não é esse o objeto do nosso estudo.

Analisando a composição espectral do material mixando utilizando a sua decomposição em três faixas de frequência, assim como fizemos anteriormente (item 1.2.4), temos as seguintes curvas para os momentos pré e pós *mixagem*:

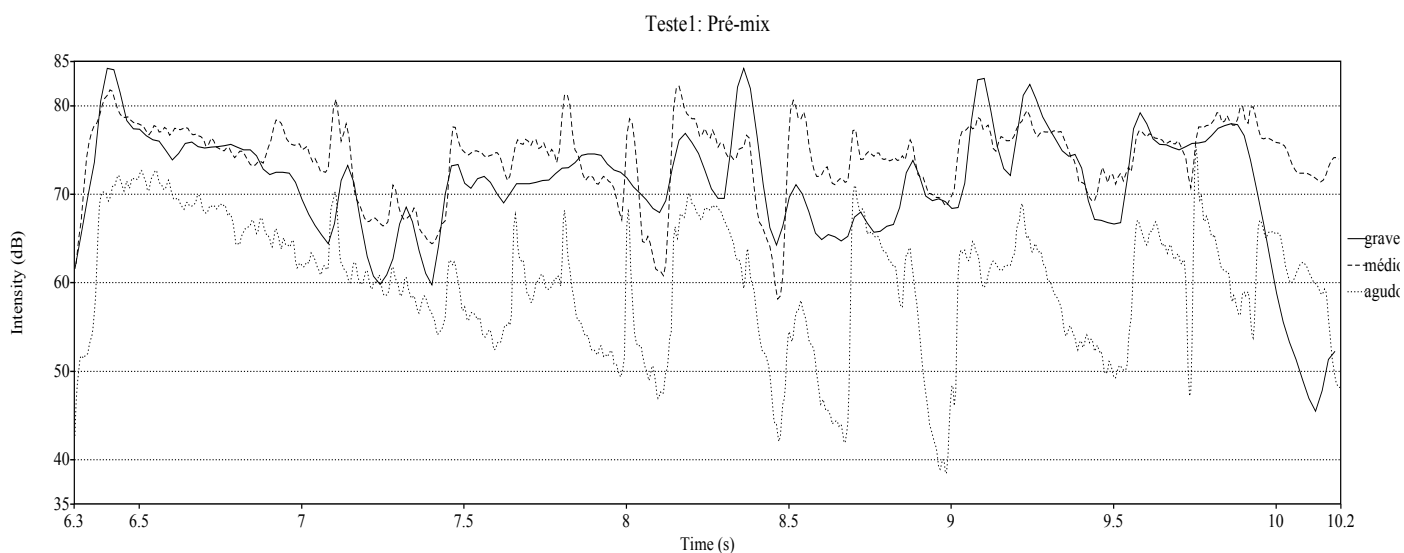


Figura 86 - Intensidade do sinal completo (*tutti*) dividido em faixas de frequência pré-mix. Linha sólida (graves), linha tracejada (médios) e linha pontilhada (agudos).

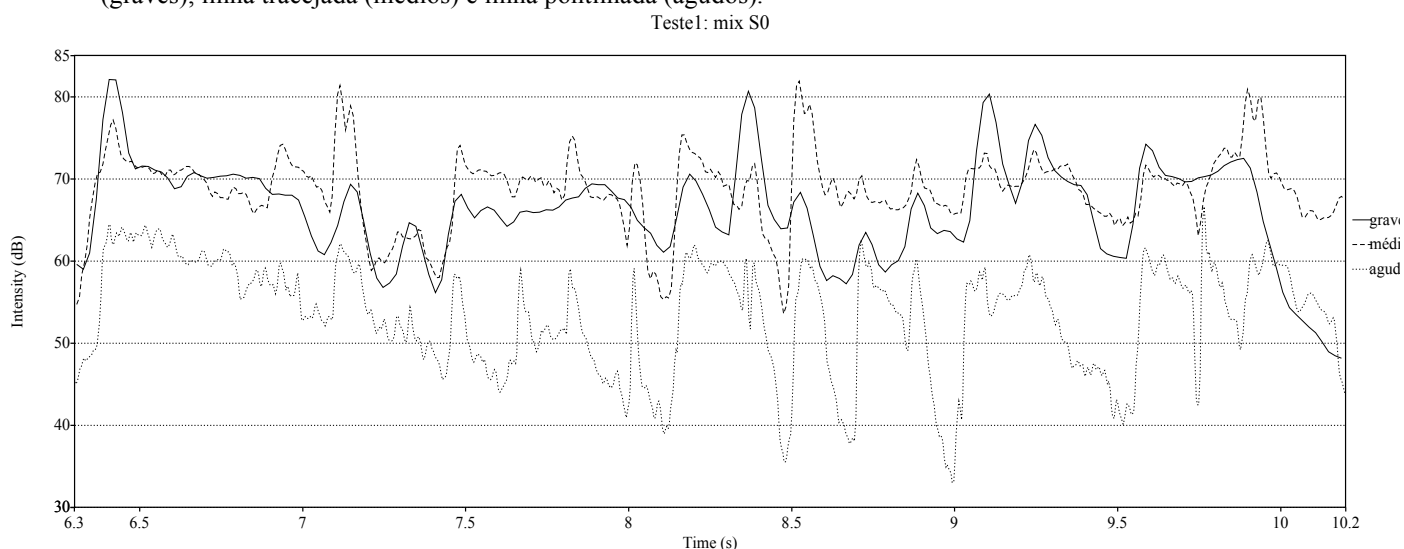


Figura 87 - Intensidade do sinal completo (*tutti*) dividido em faixas de frequência pós-mix. Linha sólida (graves), linha tracejada (médios) e linha pontilhada (agudos).

Analisando as curvas dos gráficos juntamente com uma análise auditiva dos materiais (CD anexo), podemos perceber que os momentos de maior intensidade são mais equilibrados no material *mixado* do que no *não-mixado*. A sensação de intensidade causada pelo material *não-mixado* é nitidamente maior e em certos momentos chega a causar estranhamento. Percebe-se também que os médios e graves têm energia média parecida, e que alternam picos entre si, enquanto os agudos tem muito menos energia. Poderíamos então duvidar do que vimos até aqui afirmando e buscando comprovar: que o grave precisaria ter mais energia, comparativamente, para fazer um som parecer equilibrado. Mas não sem antes levantar também uma outra questão: essa equivalência entre graves e médios não estaria ligada mesmo à escolha

da instrumentação? Se analisarmos, veremos que o trecho musical é composto, predominantemente, de instrumentos médios, uma vez que são quatro guitarras, baixo e bateria. O gênero musical e o estilo de *mixagem*, também são importantes fatores que precisam ser considerados num questionamento dessa abrangência. E nesse sentido, buscando analisar o quão distintos ou similares são os procedimentos técnicos e as escolhas estéticas feitas por cada profissional de *mixagem*, um mesmo material pré-gravado foi apresentado aos sujeitos da pesquisa para que realizassem uma *mixagem* (mono) cada.

### 3.3.3 Análise de 4 *mixagens*

Os materiais manipulados por cada um dos sujeitos está indicado por uma letra S seguida de um número, no topo do gráfico. Os gráficos das análises de intensidade de cada faixa de frequências e também do contorno energético total estão nas figs. 88 a 91:

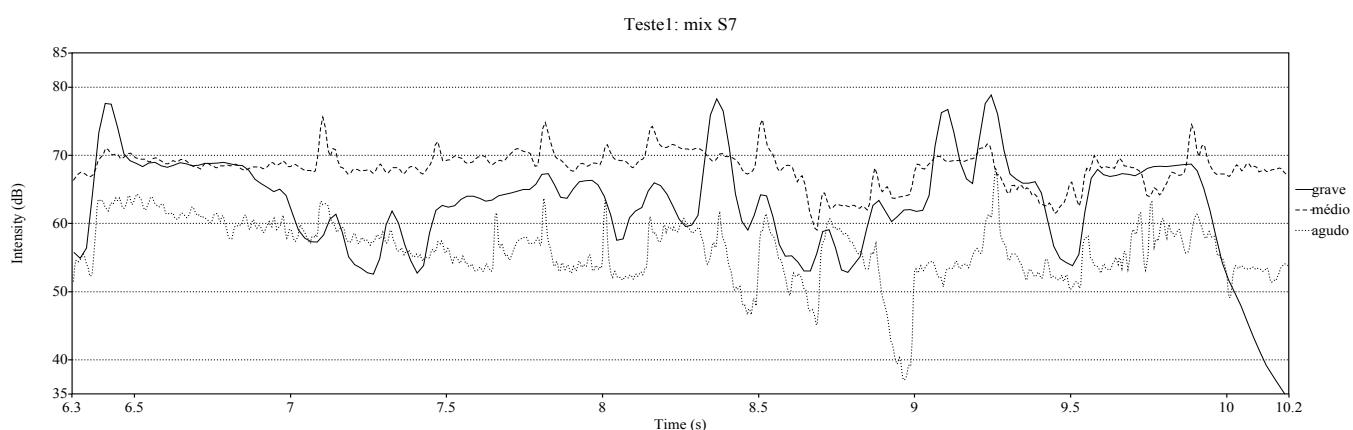


Figura 88 - Mix teste 1 Sujeito 7.

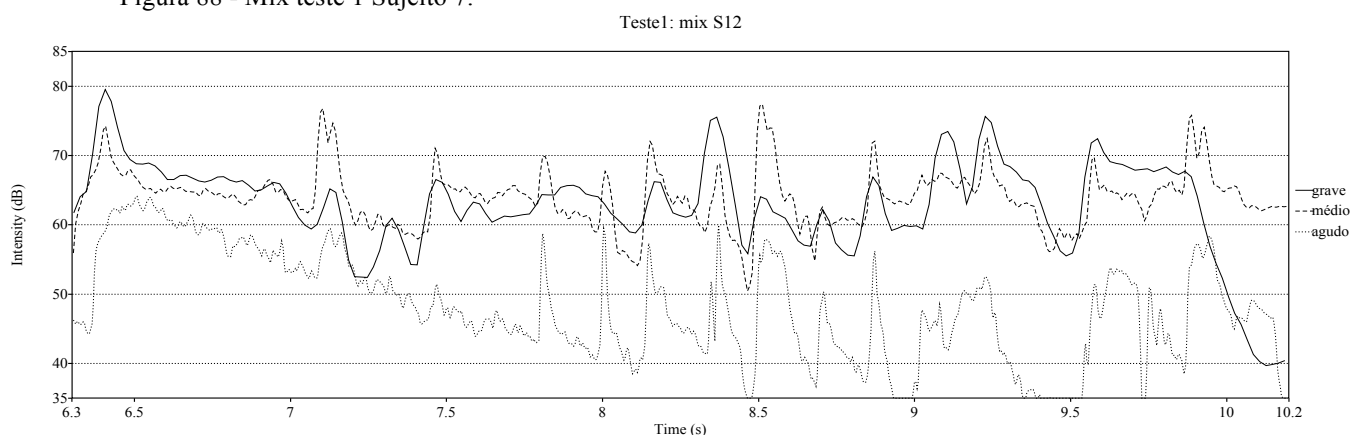


Figura 89 - Mix teste 1 Sujeito 12.



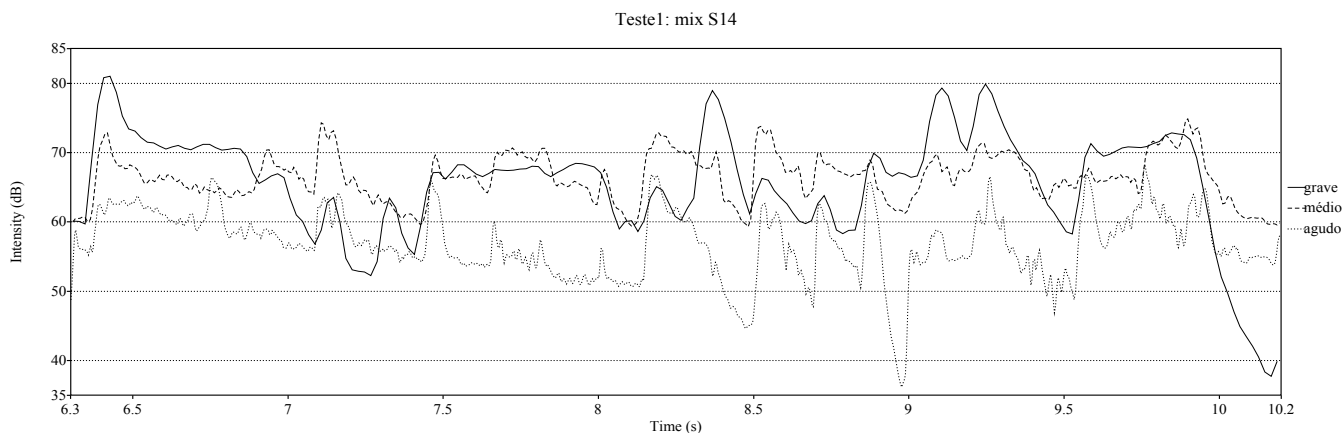


Figura 90 - Mix teste 1 Sujeito 14.

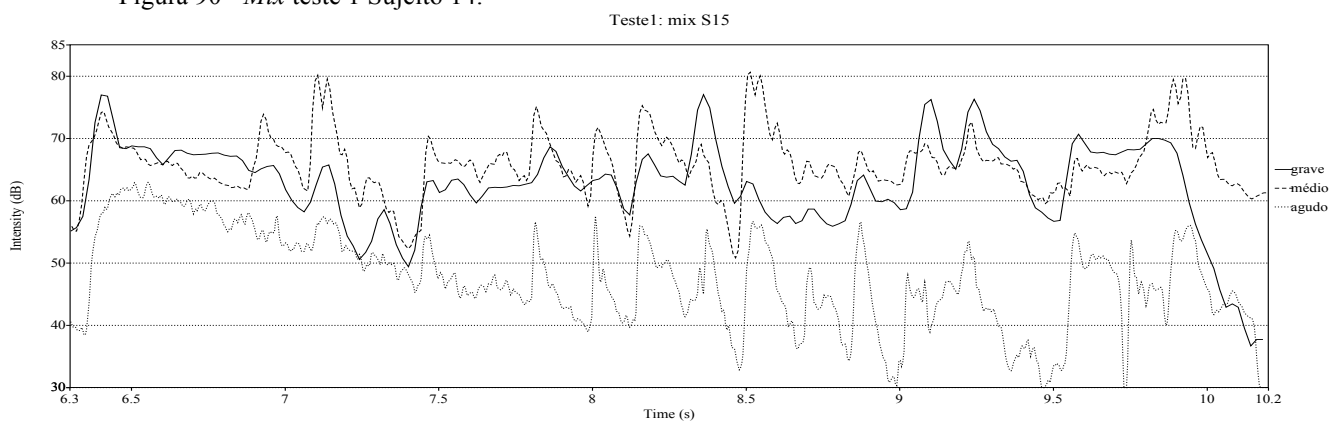


Figura 91 - Mix teste 1 Sujeito 15.

A partir da leitura destes gráficos e das impressões auditivas dos respectivos trechos (CD anexo) pode-se perceber que o tratamento dado aos graves dá a estes um papel de destaque sobre as demais regiões em todas as mixagens do teste. É possível perceber que a proporção entre os graves e as demais faixas varia consideravelmente, embora o contorno das curvas graves não seja tão alterado quanto o das demais. Sobre esses contornos, vale notar o quanto são distintas as abordagens sobre os agudos. Nesse sentido nota-se uma similaridade entre as mixagens das figs. 88 e 90 e entre aquelas das figs. 89 e 91. Nas primeiras as curvas dos agudos se encontram mais "achatadas", possivelmente devido a uma maior compressão aplicada ao material, enquanto nas demais o que se percebe é um contorno mais oscilante. O resultado sonoro dessa última abordagem pode ser descrito como mais "escuro", com "menos brilho". Da comparação entre as mixagens pode-se extrair que, apesar de tratarem de um mesmo material gravado original, de um mesmo gênero musical e de uma mesma instrumentação, o resultado sonoro é único para cada uma das abordagens. Tal constatação nos leva a inferir que, para além do conceito de gênero, que é fruto de um

consenso coletivo, a concepção estética do profissional influencia diretamente o resultado sonoro da *mixagem* por ele produzida. Os materiais soam claramente distintos entre si por uma série de parâmetros, desde dados objetivos transformados nos gráficos (acima) a descrições subjetivas, com categorias sinestésicas (textura, peso, cor) que se possa tecer. A diversidade de estilos de *mixagem* existentes e a interferência destes nas características sonoras dos produtos fonográficos musicais é ainda uma pesquisa a ser elaborada, ainda assim são sólidas as evidências que apontam para um papel de destaque dos profissionais envolvidos em funções tidas como “técnicas” na conformação estética da produção fonográfica.

## **4 – Considerações finais**

A partir das práticas e conhecimentos relatados pelos participantes ao longo da pesquisa, pudemos constatar que, mesmo trabalhando em um contexto socioespacial comum, as opções estéticas e também as técnicas foram individualmente construídas. Essas opções definem as identidades profissionais dos sujeitos, seus estilos. Em vista da maneira como foram desenvolvidos, entendemos que não poderia ser diferente, uma vez demonstrado que a formação dos profissionais é composta por processos individualizados, característicos dos percursos formativos de cada um.

Até onde foi possível empreender uma pesquisa bibliográfica, constatamos a carência de títulos dedicados à produção musical publicados em língua portuguesa e disponíveis para compra ou consulta. Essa deficiência demonstrou que o conhecimento de outros idiomas, em especial o inglês, ainda é importante para o aprofundamento dos conhecimentos técnicos. Tal afirmação pode ser verificada nos resultados apresentados pelos questionários, onde é clara a predominância das referências à bibliografia em língua estrangeira. No entanto, apesar do escasso acesso a conteúdos sistematizados, surpreende a capacidade de elaboração de conceitos dos indivíduos entrevistados. Grande parte deles discorre com propriedade sobre questões complexas a respeito do comportamento dos sons e de sua percepção. Em princípio, o acesso a tais conhecimentos presumiria estudos sistemáticos, o que não se verificou. Apesar de as elaborações escritas e verbalizadas demonstrem que os referidos conceitos foram corretamente apropriados, não foi possível definir quais teriam sido as experiências concretas que levaram à essa apropriação.

Analisando os dados e as discussões levantadas, é pertinente concluir que houve avanços na construção de relações entre conhecimentos de diferentes áreas para a compreensão dos processos que envolvem a captação e o processamento de sons graves. As entrevistas desempenharam papel fundamental nesse sentido, pois trazem informações valiosas acerca da prática de profissionais atuantes, ao passo que na bibliografia consultada as informações se mostraram dispersas e pouco centradas no tema. Em que pese a necessária complementaridade do recorte dessa pesquisa com o de outras que venham a ser realizadas, entendemos como natural a ampliação do

enfoque ao restante do espectro, na procura por uma compreensão mais objetiva a respeito das diferentes faixas de frequência e suas interrelações.

Em função da riqueza dos relatos das entrevistas e das articulações que possam ainda surgir dos conhecimentos compilados neste trabalho, consideramos que a verticalização das análises ora apresentadas pode ser de grande valia em vários níveis. Acreditamos que o aumento da abrangência territorial, com o consequente aumento do número de entrevistados pode contribuir para o aprofundamento dos temas abordados. Pode ser importante também para se avaliar, discutir e aperfeiçoar meios de atingir uma maior profissionalização do mercado e de seus agentes. A formação dos profissionais de áudio se provou uma tarefa quase que exclusivamente auto gestada. Nenhum dos entrevistados foi formado sistematicamente para a atividade que exerce, o que de forma alguma quer dizer que não se formaram bem, mas denota uma clara ausência de instituições educacionais formais que cumpram esse papel. Essa ausência de instituições vai de encontro à realidade do mercado, posto que este faz parte de uma economia importante, contando com profissionais de alto grau de especialização. Essa pesquisa pode contribuir para uma necessária reflexão sobre os processos de formação dos profissionais de áudio e música, que promovam a otimização da curva de aprendizagem e estreitem as relações entre a formação em música e a formação em áudio. Gostaríamos ainda de apresentar algumas ideias que consideramos relevantes e podem contribuir para um aprimoramento da atuação dos profissionais de áudio.

#### **4.1 - Considerações adicionais**

##### **Eficiência e eficácia no trabalho do profissional de áudio**

A execução de uma tarefa qualquer durante uma sessão de gravação, mixagem, masterização ou mesmo durante uma passagem de som ou ensaio, por mais simples que seja, envolve lançar mão dos recursos que se tem. Se tais recursos foram adquiridos durante um curso extensivo formal ou pela observação direta, vivencial, para a discussão em questão, não vem ao caso. Importa, naquele momento, que a tarefa seja realizada. Ser capaz de realizar tarefas específicas é o que possibilita que o

profissional seja reconhecido como a pessoa indicada para um trabalho. Hipoteticamente, digamos que surja, durante um ensaio de um grupo instrumental qualquer, a demanda para que seja adicionado um *reverb* artificial ao sinal da flauta, para que sua performance ocorra mais confortavelmente. É que as paredes dos estúdios de ensaio, em geral, são demasiadamente absorvedoras de som. Isso torna o ambiente sonoro do ensaio um tanto distante da situação real onde ocorrerá a performance para a qual se está ensaiando. O próprio flautista, então, solicita ao responsável pela operação do equipamento, que adicione o *reverb*. O fato de ser ou não capaz de realizar essa tarefa é o que define sua competência para o trabalho aqui utilizado como exemplo. É o que determina sua eficácia no caso específico.

Ser eficaz é fazer um trabalho que atinja totalmente um resultado esperado. Em outras palavras, é a comparação entre o que se pretendia fazer e o que efetivamente se conseguiu. Pode-se definir a eficácia como o “fazer bem, as coisas certas” e, acrescentando mais um ponto: “no momento adequado”.  
Fonte: <http://blogassure.wordpress.com/2009/06/15/diferenca-entre-eficacia-e-eficiencia/>. Consultada em 25-09-2013

Voltando ao estúdio: após alguns minutos de espera e testes, o efeito é finalmente adicionado à flauta e o ensaio prossegue. Na música seguinte, o saxofonista, que até então não havia tocado, inicia um solo, mas o interrompendo logo em seguida. O instrumentista solicita que o mesmo *reverb* seja adicionado também ao saxofone. O técnico então informa que não será possível realizar o desejo do músico, pois o equipamento só tem um entrada, que já está sendo utilizada para a flauta. Insatisfeito com a resposta, o próprio saxofonista vai até a cabine de controle, refaz algumas conexões e pronto! Em instantes está realizada a operação e o *reverb* passa então a funcionar tanto para a flauta quanto para o saxofone. O técnico havia sido eficaz ao executar a primeira tarefa, mas não o foi na segunda. Ao utilizar a saída do canal da flauta para alimentar o efeito, não foi possível inserir no equipamento o sinal do saxofone. Havia, no entanto, outra opção, mais adequada à situação, qual seria utilizar uma saída auxiliar da mesa de som para alimentá-lo. Assim, tantos canais quantos fossem necessários poderiam ser somados através da saída auxiliar e enviados ao *reverb*. A mesa de som daquele estúdio possibilitava uma outra conexão com o aparelho, porém, os conhecimentos do operador não foram suficientes para que ele

vislumbrasse a solução. Por ter realizado a primeira operação de forma pouco eficiente, não lhe restaram opções logo em seguida.

A eficiência está relacionada à melhor utilização dos recursos para atingir um objetivo. A coerência dos meios em relação com os fins visados, e se traduz no emprego de esforços (meios) para a obtenção de um máximo de resultados (fins). Fonte: <http://blogassure.wordpress.com/2009/06/15/diferenca-entre-eficacia-e-eficiencia/>. Consultada em 25-09-2013

Está claro que estamos aqui utilizando, hipoteticamente, um exemplo de tarefa trivial. Tarefas extremamente mais complexas que essas precisam ser realizadas cotidianamente por aqueles que trabalham com o áudio. Contudo, a imagem nos serve de pretexto à clarificação dos conceitos de eficácia e eficiência. Serve ainda para suscitar reflexões acerca dos conhecimentos mobilizados e mobilizáveis no que se refere às tarefas demandadas. Não é possível prever com precisão quais são os conteúdos que nos serão úteis ao trabalho, até porque a gama de atuações do profissional de áudio é enorme. Ainda assim, podemos utilizar os conceitos de eficácia e eficiência para analisar as habilidades e competências dos profissionais de áudio e associá-los ao repertório de conhecimentos acumulados ao longo de suas vivências profissionais e formativas. Esses conceitos serão de grande valia para o entendimento de seus conhecimentos manifestados na realização das diversas tarefas.

Em relação à situação hipotética que utilizamos, podemos afirmar que, se o saxofonista foi capaz de resolver uma questão técnica, é porque sua experiência prévia lhe proporcionou os conhecimentos necessários para isso. No contexto da produção musical, não são raras as oportunidades em que pessoas não treinadas realizam tarefas de considerável complexidade pelo simples fato de já terem vivenciado situações análogas. A esse conhecimento se dá o nome de tácito e dele se valem os profissionais que aprenderam no fazer e nas trocas (interações) com parceiros de trabalho. O conhecimento sistemático, por sua vez, seria também de fácil aplicação no caso específico que levantamos, pois, imagine você, que em uma primeira leitura do manual de uso da mesa de som já seria possível conhecer as saídas de sinal existentes no equipamento.

## **Intenção**

A intencionalidade tem um papel importante durante a captação/criação de um objeto sonoro<sup>48</sup>. A transformação pela qual passa o som, entre a captação e a reprodução, busca alcançar a tradução dos eventos musicais a ambientes e contextos diversos. Pela essência estética da fruição artística, a liberdade criativa é grande. Talvez por isso a coexistência de tantos estilos (de música e também de mixagem). Ainda assim, o sucesso da produção musical requer que a experiência da fruição musical seja propiciada ao final no processo.

Para que a tradução seja bem sucedida, é necessário uma compreensão do contexto o mais ampla possível. Isso garante que a intervenção do profissional seja eficaz. Um repertório de experiências prévias enriquece o seu ferramental. Aquilo que se busca fazer soar requer pesquisa e observação. Requer também intenção e, portanto, direcionamento estético.

## **Educação e Cultura**

Não há ensino formal em nível superior nas principais Universidades Públicas a alimentar o mercado fonográfico com profissionais qualificados para a produção musical. A tarefa formativa é hoje desempenhada por instituições privadas criadas para suprir a necessidade de mão-de-obra especializada dos mercados. Não há, portanto, fomento público à formação desses profissionais, embora exista um mercado cultural bem desenvolvido, que faz circular produtos e serviços e que necessita de profissionais qualificados. O que parece uma contradição, talvez não sobreviva a uma segunda análise, pois tampouco existem no país políticas consistentes com a valorização da cultura. Educação e Cultura, não obstante, são atividades presentes em quaisquer sociedades. Se considerarmos o nível de qualificação necessário para a eficiente realização do trabalho de um engenheiro de som<sup>49</sup>, por exemplo, não podemos deixar de perceber o quão amplo é o espectro de conhecimentos necessários ao seu proceder. Esta sondagem inicial no contexto do

---

<sup>48</sup> Objeto sonoro, aqui, não é o mesmo conceito desenvolvido por Pierre Schaeffer, embora tenha relação com o mesmo, já que diz de uma unidade sonora que pode conter significados e comunicar.

<sup>49</sup> Engenheiro de som, nesse ponto é uma referência a uma profissão não regulamentada. Da tradução literal do inglês *Sound Engineer* é aquele profissional da cadeia produtiva da música que desenvolve atividades voltadas à Gravação, Mixagem, Masterização (profissões oficialmente inexistentes no Brasil).

mercado de trabalho da cidade de Belo Horizonte mostrou que poucas são as oportunidades de qualificação formal, embora existam alguns centros privados especializados em formar profissionais para determinadas funções. Se analisarmos a absorção dos profissionais de áudio pelo mercado, imagino que veremos o seguinte cenário: a cinematografia e o rádio são os principais empregadores, a publicidade, atividade essencialmente comunicativa e multimídia, absorve outra porção dos profissionais, e a indústria fonográfica, em franca decadência, não demanda mais que alguns poucos. As produções independentes são, atualmente, "o início o fim e o meio" da cartela de clientes de grande parte dos engenheiros de som, sendo as leis de incentivo fiscal a sua principal fonte de recursos financeiros.

### **O papel do profissional de áudio**

Para além da necessidade técnica de conhecer o funcionamento dos equipamentos, a tecnologia que esse profissional domina consiste em se utilizar desse conhecimento para atingir objetivos estéticos. Por esse ponto de vista, o profissional em questão desempenha papel criativo, razão pela qual se mostra míope a concepção do trabalho do produtor de áudio que considera apenas a capacidade técnica do profissional. A pesquisa e a observação acontece no momento do fazer, no contato com outros profissionais e nas experiências conjuntas entre eles. Por muitas vezes o profissional exerce diversas funções ao longo de um mesmo trabalho. Os limites entre as funções são determinados pelas responsabilidades, mas muitas vezes o trabalho de produção ou de direção que porventura tenha sido realizado acaba não sendo devidamente creditado no produto final. Essa é uma distorção que tem consequências para o currículo e para a carreira de quem pretende realizar uma trajetória na cadeia produtiva da música. A divisão clara das tarefas e o acordo de que funções irão ser creditadas é questão importante de ser definida previamente, para que não haja desencontros na finalização do produto, que é fruto do trabalho (interdependente) de vários profissionais.



## 5 – Conclusão

Pelos dados e análises críticas dos questionários pode-se constatar a ausência de instituições de formação oficial que estejam incumbidas de formar profissionais de áudio para o mercado de trabalho. Uma realidade, portanto, em descompasso com a importância da indústria e da economia que giram em torno da produção fonográfica. A atividade gera renda, impostos, emprega mão-de-obra, mas carece de regulamentação. Especialmente de uma regulamentação que dê conta da diversidade de áreas em que atuam esses profissionais, da especificidade de alguns trabalhos e das necessidades de todos. Seguindo a estruturação legal da atividade, os órgãos competentes precisam ser capazes de elaborar parâmetros curriculares de formação e de estabelecer normas para sua atuação no mercado, assim como piso remuneratório e tudo o que uma categoria necessita para estar inserida dignamente no mercado de trabalho.

Uma outra realidade que pode ser verificada tanto nos questionários quanto nas entrevistas é que a ligação com a música, seja como ouvinte, através de uma fruição ativa ou como *performer*, é presente na maioria absoluta dos relatos, o que indica que a proximidade com a música seja um diferencial no mercado ou nas próprias habilidades do profissional em si. Essa constatação aponta para a necessidade de se incluir o ensino de disciplinas da área de música, ou mesmo incluir uma formação musical básica nos currículos dos cursos de formação dos profissionais de áudio. Uma solução para essa questão seriam escolas de mídia e artes. Cursos profissionalizantes ou acadêmicos que mesquem a formação artística com a formação de engenharia aplicada a campos específicos. Assim seriam formados profissionais aptos a criar e manipular os materiais com respeito e atenção ao projeto artístico, à estética do produto.

A análise auditiva dos produtos das mixagens demonstra a diversidade de opções de sonoridade existentes em um grupo consideravelmente pequeno de profissionais. Poderia se esperar que o fato de atuarem em um mesmo contexto socioespacial viesse a aproximar suas escolhas estéticas, no entanto, o que se verifica é que cada um optou por um nicho de mercado e nele se especializou. Disso resulta que o mercado em que atuam esses profissionais é rico em alternativas para os usuários dos serviços.

A disponibilidade de material didático e de referência em língua portuguesa é exíguo e de difícil acesso. Para uma formação mais rica é necessário dominar ao menos uma língua estrangeira. Os títulos são numerosos tanto em língua inglesa, quanto na alemã, a primeira é a que predomina no vocabulário técnico.

A região grave do espectro sonoro deve seguir como um desafio para os profissionais de áudio. As informações compiladas nesse trabalho podem e devem auxiliar no aprofundamento do conhecimento sobre essa parte peculiar de nossa extensão auditiva. No entanto, somente a experiência sensorial sonora é capaz de confirmar qualquer elucubração teórica. No fim, os ouvidos são os juízes definitivos. E o aprendizado auditivo é condição para o desenvolvimento das habilidades necessárias ao ofício. Enquanto a arte for o fim, a técnica estará sempre subordinada ao impacto estético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAGLI, Sarita. Informação e conhecimento na inovação e no desenvolvimento local. *Ciência da Informação*, V. 33, n. 3 (2004) Disponível em: <http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/view/587/532>. Acesso em: 30 maio 2013.

BACKUS, John. *The Acoustical Foundations of Music*. New York: W.W. Norton & Company, 1977.

BETHONICO, Jalver; GARCIA, Rodrigo. *Mapa de Parâmetros Sonoros, Morfológicos, Sintáticos e Subjetivos*. Grupo de Pesquisa InterSignos. Escola de Belas Artes da Universidade Federal de Minas Gerais (Circulação interna).

BETTS, Andrew. *Big Bad Bass: a tutorial on low frequencies*. (2012). Disponível em: <http://www.squidoo.com/bigbadbass>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2012.

BREGMAN, Albert S. *Auditory scene analysis: the perceptual organization of sound*. Cambridge: MA MIT Press, 1990. (1994 Paperback).

CASE, Alexander U. *Sound FX: Unlocking the Potential of Recording Studio Effects*. Burlington: MA: Elsevier, 2007.

COOK, Perry R. (org.). *Music, Cognition and Computerized Sound: An Introduction to Psychoacoustics*. Cambridge: MA: MIT Press, 1999.

DAVIS, G.; JONES R. *Sound Reinforcement Handbook*. Buena Park, CA: Hal Leonard, 1990.

DELEUZE, Gilles; GUATTARI, Félix. *Mil Platôs*. 1ª edição. São Paulo: Editora 34, 1995.

DENNIS, Robert. (2000). *Equalization By The Octave*. 2012. Disponível em: <http://www.recordingeq.com/EQ/req0400/OctaveEQ.htm>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2012.

EARGLE, John. *The Microphone Book*. Burlington. MA: Focal Press-Elsevier, 2005.

FLETCHER, H.; MUNSON, W.A. Loudness, its definition, measurement and calculation. *Journal of the Acoustic Society of America* 5, 82-108 (1933).

FRANÇA, Júnia Lessa *et al.* *Manual para Normalização de publicações científicas*. 9ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013. 263p.

FRY, Duncan R. *Live Sound Mixing*. Victoria (Australia): Roztralia Productions, 2005.

GELFAND, Stanley A. *Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics*. 5th edition. New York: Informa Healthcare, 2009.

HOWARD, David M. *Acoustics and Psychoacoustics*. Burlington, MA: Focal Press, 2006.

HUBER, David Miles; RUNSTEIN, Robert E. *Modern Recording Techniques*. 7th edition. Burlington, MA: Focal Press-Elsevier, 2010.

KATZ, Robert A. *Mastering Audio: The Art and the Science*. Burlington, MA: Focal Press, 2002.

MEYER, Jurgen. *Acoustics and the performance of music*. 5th edition. New York, NY: Springer, 2009.

MOULTON, David. *Total Recording: The Complete Guide to Audio Production and Engineering*. Sherman Oaks (CA): KIQ Productions, 2000.

MOYLAN, William. *The Art of Recording: Understanding and Crafting the Mix*. Burlington, MA: Focal Press-Elsevier, 2002.

OWSINSKI, Bobby. *The Mixing Engineer's Handbook*. Vallejo (CA): Mix Books, 1999.

OWSINSKI, Bobby. *The Recording Engineer's Handbook*. Boston, (MA): Thomson Course Technology, 2005.

PADOVANI, J.; FREIRE, S. Explorando envoltórias espectrais em sistemas musicais interativos. *Anais do XVI Congresso da Anppom*. Brasília: p. 280-287, 2006.

RAVEL: Bolero. The Boston Pops Orquestra. Jerome Rosen. Universal Music, 2007 (Gravação).

ROBINSON, D.W.; DADSON, R.S. *A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones*. *Brit. J. Appl. Phys.* 7, 166–181 (1956)

ROSSING, Thomas D. *Springer Handbook of Acoustics*. New York (NY): Springer, 2007.

RUMSEY, Francis. *Spatial Audio*. Burlington (MA): Focal Press-Elsevier, 2001.

SHEA, Mike. *Studio Recording Procedures: how to record any instrument*. New York (NY): Mcgraw Hill, 2005.

STARK, Scott H. *Live Sound Reinforcement: Bestseller Edition*. Boston (MA): Thomson Course Technology PTR, 2005.

STRAVINSKY: *Le Sacre du Printemps*. London Symphony Orchestra. Claudio Abbado. Deutsche Grammophon, 1986.(Gravação)

ZWICKER. Hugo F. *Psychoacoustics: Facts and Models*. 3rd edition. New York (NY): Springer, 2007.

ZWICKER. Hugo F. Subdivision of the Audible Frequency Range into Critical Bands. *Journal of the Acoustic Society of America* 33, 248 (1961)

Artigo "The Low Down: recording bass guitar", publicado da revista Sound On Sound. Disponível em: <<http://www.soundonsound.com/sos/mar99/articles/recordingbass.htm>> Acesso em: 25 de agosto de 2012.

*Diferença entre eficácia e eficiência*. Disponível em <<http://blogassure.wordpress.com/2009/06/15/diferenca-entre-eficacia-e-eficiencia/>> Acesso em: 25 de agosto de 2013.

*Manual de utilização do microfone AKG D112*. Disponível em <[www.akg.com](http://www.akg.com)> ; <<http://www.dpamicrophones.com/>> Acesso em: 11 de novembro de 2013.

<<http://www.audixusa.com/>> Acesso em: 10 de novembro de 2013.

<<http://www.shure.com/>> Acesso em: 12 de novembro de 2013.

<<http://www.electro-voice.com/>> Acesso em: 10 de novembro de 2013.

<<http://recordinghacks.com/microphones/beyerdynamic/M380>> Acesso em: 09 de novembro de 2013.

<<http://north-america.beyerdynamic.com/>> Acesso em: 10 de novembro de 2013.

<<http://www.audio-technica.com>> Acesso em: 12 de novembro de 2013.

<<http://usa.yamaha.com/>> Acesso em: 11 de novembro de 2013.

<<http://members.optushome.com.au/scottsoftc/Chapter01/Chapter1f.htm>> Acesso em:  
14 de maio de 2012.

## APÊNDICES

### 1 - QUESTIONÁRIO

#### **Termo de consentimento:**

Prezado(a),

Esse questionário tem como objetivo organizar os perfis de profissionais que trabalham com o áudio em tipos específicos para posterior aprofundamento de uma investigação. Esta investigação busca entender as trajetórias de formação e a composição dos saberes manifestados pelos profissionais investigados. Pretende-se, com os resultados, contribuir para o entendimento dos processos de formação dos profissionais de áudio

Alguns dos profissionais aqui investigados poderão ser convidados a um aprofundamento posterior por meio de uma entrevista e da realização de um experimento.

Assumimos o compromisso de preservar, no relatório final, a identidade de todos que se dispuserem a contribuir o trabalho.

Caso concorde em contribuir com esta pesquisa, por favor, manifeste a seguir o seu consentimento.

Concordo em participar da referida pesquisa:

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

I - Dados pessoais:

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_ anos.

II - A música em suas atividades cotidianas e profissionais:

2.1 Enumere (1º, 2º 3º) os seus três primeiros contatos com práticas ligadas à música;

- Organização de acervo musical da família
- Utilização de instrumentos musicais de familiares
- Participação em bandas ou grupos na infância
- Participação em bandas ou grupos na adolescência
- Participação de atividades musicais na escola
- Participação, como auxiliar, de práticas profissionais ligadas à música
- Outros. Especifique: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.

2.2 Dentre as pessoas de sua convivência imediata, quais eram ou são ligados às práticas musicais? Assinale, dentro dos parênteses, as duas alternativas mais importantes (1º e 2º):

- avós
- pais
- tios
- irmãos
- primos
- amigos da escola
- vizinhos amigos
- colegas de trabalho
- outros. Especifique: \_\_\_\_\_

2.3 Marque qual a sua principal atividade no campo do áudio na atualidade:

- Gravação
  - Mixagem
  - Masterização
  - Som ao vivo (*shows*, teatro, musicais)
  - Design (trilhas, *jingles*, *spots*)
  - Som direto (filmes, documentários, registros sonoros documentais)
  - Outras.
- Especifique: \_\_\_\_\_

2.4 Marque qual a participação de sua principal atividade de áudio na composição de seu orçamento pessoal:

- até 30% de forma regular
- até 30% de forma ocasional
- de 31% à 50% de forma regular
- de 31% à 50% de forma ocasional
- mais de 50% de forma regular
- mais de 50% de forma ocasional
- de 100% de forma regular
- de 100% de forma ocasional
- Outros. Especifique: \_\_\_\_\_



2.5 Em relação à sua perspectiva profissional, você pretende:

- transformar sua atividade atual em única prática profissional
  - diversificar a sua atividade profissional no interior das práticas musiciais
  - excluir de suas atividades com a música a praticada na atualidade
  - Incluir em suas práticas outras atividades fora do campo da música
  - Outras. Especifique: \_\_\_\_\_
- 

III- Dados específicos sobre suas práticas com o áudio:

3.1 Em alguma oportunidade você teve que lidar com materiais que continham energia ou que necessitassem de qualquer processamento nas três primeiras oitavas da faixa auditiva (20Hz a 160Hz)?

Sim (  ) Não (  )

3.2 Parte considerável dos equipamentos comerciais de reprodução sonora não reproduz bem essa faixa de frequências ou, simplesmente, não a reproduz. Ainda assim, você considera possível fazer soar tais materiais nesses equipamentos?

Sim (  ) Não (  )

3.2.1 – Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---

3.3- Você já leu qualquer material publicado sobre esse tema?

Sim (  ) Não (  )

Em caso afirmativo, responda as questões de 4 a 7:

4- Em que tipo de mídia foi publicado o material? \_\_\_\_\_

5- Em que idioma? \_\_\_\_\_

6- Cite o título ou qualquer referência significativa para a identificação do/os material/is lido/s por você:

---

---

---

Sobre o assunto sugira:

a) Publicação(ões) que possam contribuir para o aprofundamento do entendimento sobre o mesmo:

---

---

---

b) Disciplinas ou outra forma de estudo e aprofundamento com os mesmos objetivos:

---

---

---

---

---

---

---

7- Enumere, em ordem crescente de importância, os procedimentos utilizados por você para para manipular materiais que continham energia ou que necessitassem de qualquer processamento nas três primeiras oitavas da faixa auditiva (20Hz a 160Hz)?

- ( ) Escolha do microfone
- ( ) Posicionamento do microfone
- ( ) Compressão durante a captação
- ( ) Equalização durante a captação
- ( ) Compressão pós captação
- ( ) Equalização pós captação
- ( ) Outros (cite):

---

## 2 - ENTREVISTA

**1-** No questionário respondido anteriormente, você afirmou ter experienciado a manipulação de materiais que continham energia ou que necessitassem de processamento nas 3 primeiras oitavas da faixa auditiva (20Hz a 160Hz). Cite os principais desafios que esse tipo de material traz ao trabalho que você executa?

---

---

---

---

---

---

---

---

**2-** Para a construção de conhecimentos necessários para manipular materiais que continham energia ou que necessitassem de qualquer processamento nas 3 primeiras oitavas da faixa auditiva (20Hz a 160Hz) você discutiu ou buscou informações com outros profissionais de áudio?

Sim ( ) Não( )

Se a resposta para a questão anterior for afirmativa reproduza, com detalhes, pelo menos duas dessas discussões:

---

---

---

---

---

---

---

---

**3-** Se a resposta para a questão de numero 2 for negativa explique porque você não entrou em contato com um colega para resolver os problemas colocados pela prática.

---

---

---

---

---

---

---

---

**4-** Selecione a seu gosto um dos materiais a que se referiu na questão 3.1 do questionário e dê uma descrição sucinta de suas características.

---

---

---

---

---

---

---

---

**5-** Para a captação ou produção desse som, que tipo de processamento(s) foi(ram) utilizado(s)? Liste-os.

---

---

---

---

---

---

---

Tente descrever sequencialmente os procedimentos executados ao manipular o material escolhido na questão anterior.

---

---

---

---

---

**6-** Há alguma justificativa para essa utilização que você queira dar?  
Sim ( ) Não( )

---

---

---

---

---

---

---

**7-** Descreva, se houver, procedimento padrão que você utiliza ao enfrentar a situação descrita na questão 3.1 do questionário. (captação, produção ou manipulação de sons graves)

---

---

---

---

---

---

---

**8-** É necessário algum cuidado especial com esse material durante a captação/produção/manipulação?  
Sim ( ) Não( )

**9-** Se afirmativo, qual(is) é(são) esse(s) cuidado(s)?

---

---

---

---



### 3 - PLANILHA

QUESTÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
2.1	1			2			1				3	1				
	2		2	1			2	1	1		1		1			
								2		1				1		
	3	2	3	3	2	1	3	3	2	2		3	2	3	2	
		1			1							2		3	2	
		3			3	2										
		1			3				3			2			1	
2.2									1							
	1			1	1			2		1	1					
					2		1						1			
						1	2	1						1	1	
	2	1	1	2		2						2	1	2		
													2		2	
	2														2	
2.3	X	X	X	X	X		X		X	X			X			
		X				X	X		X	X						
							X			X						
							X		X	X	X				X	
		X						X	X			X		X		
2.4											X					
	X		X	X												
													X			
					X	X	X		X	X		X				
		X							X					X	X	
2.5	X			X	X	X			X		X	X	X	X		
		X					X								X	
			X					X		X						
3.1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	X															
3.2	X		X		X	X	X	X	X		X	X	X	X		
	X			X						X						
3.3	X		X		X	X	X	X			X					
	X			X					X	X		X	X	X		
7	1		1		1	1	1	1	1	2	3		1	1		
	2		2		2	2	2		2	1			2	2	1	
					3	4			3				6	3		
					4				4	4			5		2	
					5	3	4	3	5		2		4			
			3		6		3	2	6	3	1		3	4	3	
3																

4 - CD

## **INDEX DE CONTEÚDOS**

- 01 - Peças Orquestrais Regiões Separadas
- 02 - Teste 1 Mix Regiões Separadas
- 03 - Teste 1 Mix S0
- 04 - Teste 1 Mix S7
- 05 - Teste 1 Mix S12
- 06 - Teste 1 Mix S14
- 07 - Teste 1 Mix S15
- 08 - Teste 1 NoMix
- 09 - Trechos Completos Mixados pelo Entrevistados
- 10 - Sujeito S0 - Screenshots
- 11 - Sujeito S7 - Screenshots
- 12 - Sujeito S12 - Screenshots
- 13 - Sujeito S14 - Screenshots
- 14 - Sujeito S15 – Screenshots

LINK PARA DOWNLOAD DOS CONTEÚDOS DO CD:

[https://www.dropbox.com/sh/aa75bwkfl1yy0h9v/AABkYELI\\_Gy8-7MiggJMQpYNa?dl=0](https://www.dropbox.com/sh/aa75bwkfl1yy0h9v/AABkYELI_Gy8-7MiggJMQpYNa?dl=0)