CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS DE AURALIZAÇÃO BINAURAL SOB ASPECTOS DA SENSORIALIDADE NEURAL

Rodrigo Sobrado Lopes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de mestre.

Orientador(a): Aline Gesualdi Manhães

Coorientador(a): Ana Lucia Ferreira de Barros

Rio de Janeiro
Dezembro – 2022

AVALIAÇÃO DAS TÉCNICAS DE AURALIZAÇÃO BINAURAL SOB ASPECTOS DA SENSORIALIDADE NEURAL

Dissertação apresentada ao Programa/Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título em mestre.

Rodrigo Sobrado Lopes

Banca Examinadora:

Presidente, Aline Gesualdi Manhães D.Sc. (CEFET/RJ) (Orientadora)

Ana Lucia Ferreira de Barros

Assinado de forma digital por Ana Lucia Ferreira de Barros
Dados: 2022.12.29 11:10:10 -03'00'

Ana Lucia Ferreira de Barros D.Sc. (CEFET/RJ) (Coorientadora)

Robert Mota Oliveira D.Sc. (UERJ)

Alessandro Rosa Lopes Zachi D.Sc. (CEFET/RJ)

Rio de Janeiro

Dezembro - 2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

L864 Lopes, Rodrigo Sobrado
Avaliação das técnicas de auralização binaural sob aspectos da sensorialidade neural / Rodrigo Sobrado Lopes. — 2022.
100f. + apêndice : il. color. , enc.

Dissertação (Mestrado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2022.
Bibliografia : f. 94-100
Orientadora: Aline Gesualdi Manhães
Coorientadora: Ana Lucia Ferreira de Barros

1. Som. 2. Sentidos (Órgãos). 3. Meditação. 4. Engenharia elétrica. I. Manhães, Aline Gesualdi (Orient.). II. Barros, Ana Lucia Ferreira de (Coorient.). III. Título.

CDD 621.38154

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar a Deus, que me deu forças e intuição em todos os momentos que precisei e me deu energia para sempre seguir em frente.

A minha mãe Elizabeth que sempre esteve ao meu lado em toda a minha educação e sempre me motivando e ajudando na certeza de que a educação é um grande pilar da sociedade e sempre os esforços e suor valerem muito a pena.

A Daniella que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos difíceis e ajudou-me e suportou-me em todos os momentos desta minha trajetória.

Ao meu grande amigo Fabio Marujo que devo bastante em todas as orientações e conselhos durante toda a minha linha de aprendizagem, mostrando um grande carinho em ensinar e em ajudar a qualquer horário ou dia.

A todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante este período, rindo, chorando, estudando, divertindo e fizeram esses momentos serem mais leves e prazerosos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Agradeço sempre a Deus por sempre intuir-me em todos os momentos e a guiar-me em todas as incertezas e intemperes da vida.

Aos meus orientadores Aline Gesualdi Manhães e Ana Lucia Ferreira de Barros, que mesmo entre suas inúmeras atividades e trabalhos conseguiram me atender sempre que era necessário, me apoiando e orientando em todos os momentos essenciais para a minha conclusão do curso, agradeço imensamente a eles por toda a ajuda e apoio.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica do CEFET/RJ, que passaram pela minha jornada acadêmica, sempre buscando ajudar no crescimento da minha vida profissional.

A todos da Secretaria da Pós-graduação, em especial a Sheila, Cecília, Fernando, Braulio e Ivan.

A todos os amigos e colegas de trabalho, que me ajudaram na divulgação da pesquisa entre parentes e amigos, onde foi possível realizar a análise dos dados para a dissertação.

EPÍGRAFE

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Este trabalho é sobre a Auralização Binaural com foco aplicado ao conteúdo para Meditação e terá como pilar do estudo as análises estatísticas para a sensorialidade dos participantes utilizando técnicas de síntese artificial. A tecnologia do som Binaural surge com o objetivo de criar uma imersão inédita para os praticantes de meditação com o auxílio de uma moderna ferramenta de síntese computacional aplicada. Entende-se que é a fusão entre duas áreas – bem-estar das pessoas e o processamento de sinais pela síntese artificial – pode beneficiar a sociedade que há muitos anos vem apresentando um grande nível de estresse, ansiedade, depressão, demandado por muitas horas diárias de trabalho laboral intenso e uma velocidade de informação nunca vista. Os sinais binaurais resultantes do processamento por programas como o FB360 (Facebook 360, 2017), produz resultados que relacionam esta pesquisa com a possibilidade no aumento da diminuição do estresse, ansiedades, buscando um aumento no bem-estar e melhorias no foco, concentração, criatividade e resiliência emocional, com métricas baseadas em escalas de ansiedades e estresses padronizadas para medição aos grupos da pesquisa, utilizando-se uma das principais escalas de métrica, a DASS-21 (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995).

Palavras-chave: binaural, auralização, ansiedade, bem-estar, síntese computacional.

ABSTRACT

This work is about Binaural Auralization with a focus applied to the content for Meditation. It will have as a pillar of the study the statistical analysis of the sensorially of the participants using techniques of artificial synthesis. Binaural sound technology aims to create an unprecedented immersion for meditation practitioners with the aid of a modern applied computational synthesis tool. It is understood that this fusion between two areas - people's well-being together with signal processing by artificial synthesis - can benefit society that for many years has been experiencing a high level of stress, anxiety, and depression, demanded for many hours a day. Of intense labor and a speed of information, I have never seen before the binaural signals resulting from processing by programs such as FB360, produce results that relate this research to the possibility of increasing the reduction of stress, and anxieties, seeking an increase in well-being and improvements in focus, concentration, creativity, and emotional resilience, with metrics based on standardized anxiety and stress scales to measure the research groups, using one of the main metric scales the DASS-21.

Keywords: binaural, auralization, anxiety, well-being.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema Monofônico. 15
Figura 2 – Sistema 5.1 e 7.1 pelas normas ITU. 16
Figura 3 – Configuração do áudio estéreo. 18
Figura 4 - Observador escutando áudios binaurais com fones de ouvido. 20
Figura 5 – Localização vertical do som. 22
Figura 6 - Batida binaural gerada no cérebro 23
Figura 7 - Substituição de formatos fonográficos vs vendas globais 1972 – 2012. 28
Figura 8 – Posicionamento do ouvinte para o áudio estéreo em relação as caixas acústicas. 31
Figura 9 – Microfone Ambisonics, modelo AMBEO VR. 33
Figura 10 - Sistema quadrifônico com quatro alto-falantes frente-trás. 34
Figura 11 – Técnica de Blumlein para captação estereofônica (MS). 35
Figura 12 - Extensão da técnica de Blumlein, permitindo o registro sonoro de um campo. 36
Figura 13 – Diferença dos modelos em reprodução do som tridimensional. 37
Figura 14 – Localização horizontal da ITD e ILD. 37
Figura 15 - Exemplo de uma onda sonora atingindo a cabeça de uma pessoa. 38
Figura 16 - Exemplo de ITD. 39
Figura 17 - Dummy Head para captação binaural. 40
Figura 18 - Circuito análogo à transmissão sonora na orelha. 42
Figura 19 - Medida com microfone em ponto genérico dentro da orelha externa. 44
Figura 20 - Os cineastas podem usar esta ferramenta Dolby Atmos para posicionar e direcionar objetos de áudio ao longo do espaço tridimensional. 45
Figura 21- Diagrama padrão para sistema de áudio em 22.2, com as três camadas principais no formato NHK. 46
Figura 22 – Layout em *dolby atmos* no cinema ilustrando a percepção da reprodução dos sons em diferentes caixas acústicas. 47
Figura 23 - Alto-falantes superiores, laterais e frontais do *soundbar* para reprodução em *Dolby Atmos*. 48
Figura 24 - O som do Surround Virtualizer dá ao ouvinte uma sensação de amplitude auditiva. 49

Figura 25 – Esquema de processamento de áudio para o fluxo de produção em MPEG-H. 50
Figura 26 – A impressão geral qualidade de som em uma escala Mushra de 0 a 100 em relação a uma referência 22.2 com o aumento do número de canais de reprodução de som. Fonte: (HERRE, 2015). 51
Figura 27 – Exemplo de uma transmissão de futebol americano. 52
Figura 28 - Elementos de tecnologia do padrão de áudio MPEG-H 3D. 53
Figura 29 – Gráfico da Lei de Yerkes-Dodson. 55
Figura 30 – Grupo de controle que não possui áudio binaural (placebo) e grupo experimental com aplicação do binaural. 56
Figura 31- Estação de trabalho de áudio digital com plugin FB360. 61
Figura 32- Metodologia aplicada para o experimento. 62
Figura 33 - – Escala Visual Analógica de Dor 64
Figura 34- Análise da escala DASS-21, importados pelo grupo de trabalho, trazendo a hipótese do experimento. 65
Figura 35 – Tipos de riscos aos seres humanos. 67
Figura 36 – Analogia com processamento de sinais contínuos no tempo por sistemas discretos no tempo para os estágios de captação e reprodução binaural. 68
Figura 37 - Diagrama de um sistema de processamento de áudio. 71
Figura 38 – Etapas do processamento espacial utilizando os plugins como ferramentas dimensionais. 73
Figura 39 – Plugin Audio 360 Spatialiser. 75
Figura 40 - O sistema de coordenadas centralizado na cabeça, usado no simulador de áudio 3D (WICKERT, 2019). 76
Figura 41 – Comparação entre os áudios originais e o binaural na forma de amplitude. 78
Figura 42 – Comparação entre os áudios originais e sintetizados, na forma de dB. 79
Figura 43 - Comparação entre os áudios originais e sintetizados, no domínio da frequência atendendo as faixas entre 0Hz -100Hz. 79
Figura 44 - Comparação entre os áudios originais e sintetizados, no domínio da frequência atendendo as faixas entre 1kHz -10kHz. 80
Figura 45 – Plugin Audio 360 Meter. 81
Figura 46 - Correlação entre sinal no domínio do tempo e da frequência. 82
Figura 47 – Wavelet Passa-baixa. 83
Figura 48 - Wavelet Passa-Alta. 84

Figura 49 – Histograma de densidade para os níveis se(A) Estresse, (B) Ansiedade e (C) Depressão. 89
Figura 50 - Escala EVA para o grupo de controle. 90
Figura 51 – Escala EVA para o grupo experimental. 90
Figura 52 – Certificado de apresentação na publicação de artigo. 93

SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução **15**
1.2 Justificativa 20
1.3 Objetivo 25
1.4 Objetivo Específico 26
2 - Fundamentação Teórica **27**
2.1 O Conceitos básicos sobre Áudio 27
2.2 Tipos de Processamentos de Áudio 30
2.2.1 Estéreo 30
2.2.2 Ambisonics 31
2.2.3 Binaural 36
2.3 Estado da Arte 45
2.3.1 Processamento em SoundBars Dolby Atmos 45
2.3.2 Processamento em MPEG-H Audio - 3D 49
2.3.3 Processamento de Áudio x Estudo de Casos 54
3 - Materiais e Métodos **60**
3.1 Análise de Dados 60
3.2 Ética 66
3.3 Riscos 66
4 - Implementação do Processamento de Sinais **68**
4.1 Processamento espacial com filtros digitais 71
4.1.1 Processamento espacial do áudio e simulação 3D 74
4.1.2 Processamento dos níveis de áudio 80
4.1.3 Processamento *Wavelets* 81
5 - Resultados **85**
Conclusão **91**
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO **101**
APÊNDICE B – APROVAÇÃO PLATAFORMA BRASIL **103**
ANEXO A – Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - DASS-21 **104**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BBM	*Binaural Beat Music*
BYOD	*bring your own device*
CEP	Comitês de Ética em Pesquisa
CIPIC	*Center for Image Processing and Integrated Computing*
CNS	Conselho Nacional de Saúde
Conep	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
DASS- 21	Escalas de Depressão, Ansiedade e Estresse
DAW	Digital audio workstation
dB	Decibel
dBTP	dB *True Peak*
DFT	Transformada discreta de Fourier
DTS	Sistema de Teatro Digital
EBU	European Broadcasting Union
EVA	Escala Visual Analógica
FFT	Transformada rápida de Fourier
GPL	Licença Pública Geral GNU
HEVEC	*High Efficiency Video Codec*
HRIR	Resposta ao impulso relacionado a cabeça
HRTF	Funções de transferência relacionados à cabeça
Hz	hertz
ILD	Diferença intensidade interauditiva
INES	Instituto Nacional de Educação de Surdos
ITD	Diferença temporal interauditiva
ITU	*Intenational Telecommunication Union*
kHz	Kilohertz
LRA	*Loudness range*
LUFS	*Loudness Units Full Scale*
m/s	Metros por segundo
MHAT	*MPEG-H Authoring Tool*
MPF	*MPEG-H Production Format*

MS	*Mid e Side*
Mushra	Estímulos Múltiplos com Referência Oculta e Âncora
OR	*odds ratio* ou razões de chances
PAM	Pressão arterial média
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SDK	Kit para Desenvolvimento de Software
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TF	Transformada de Fourier
UHD	Ultra Alta Definição
VR	Realidade Virtual

Capítulo 1 - Introdução

No início do século XX os engenheiros e técnicos de som mudaram a maneira dos áudios serem reproduzidos trazendo a tecnologia da estereofonia ou simplesmente estéreo. Através desta tecnologia são reproduzidos dois canais de áudio sendo um canal para cada caixa acústica, uma caixa para o canal esquerdo e outra para o direito, gerando-se, desta forma, a reprodução de um canal estéreo que possui duas faixas de áudio.

Até então o mercado audiovisual e os equipamentos de áudio eram majoritariamente monofônicos, ou seja, transmitiam qualquer faixa de áudio em apenas um canal reproduzido nas caixas acústicas, como mostrado na Figura 1 a sua configuração. °

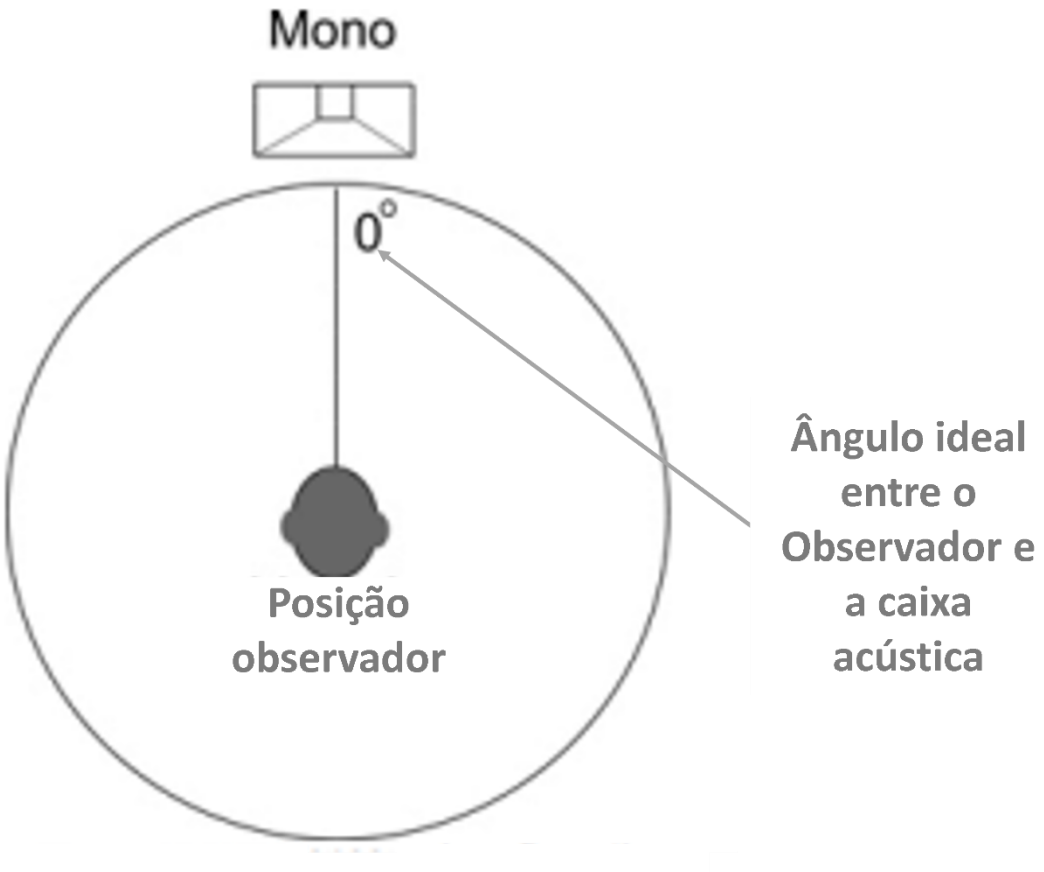


Figura 1 – Sistema Monofônico.
Fonte: (Sánchez Guzmán, 2019)

Com o avanço e a disseminação do áudio estéreo no mercado fonográfico, os

fabricantes de discos de vinil e de fitas magnéticas começaram a disponibilizar conteúdo em canais estéreo para os aficionados em áudio, o que resultou em uma grande popularização para a indústria do som (Faria R. R., 2005).

Entretanto para a indústria das gravadoras e dos fabricantes de equipamentos, de forma geral, o custo dessa tecnologia era considerado alto, pois era necessário para as gravadoras a utilização de mais microfones em sua captação e gravadores compatíveis para o áudio estéreo.

Este fato desacelerou um pouco o interesse e desenvolvimento massivo do mercado fonográfico profissional. Após algumas décadas, o custo dos equipamentos se tornou mais viável e acessível, tornando-se possível a difusão do áudio estéreo na indústria.

Este avanço trouxe novos desafios para a reprodução de canais, uma vez que engenheiros de som passaram a estudar mais a reprodução de multicanais em 5.1 e 7.1. para o segmento de cinema e shows de bandas.

Seguindo as recomendações técnicas desenvolvidas pela ITU (Internacional Telecommunication Union) no padrão ITU-R BS.775, temos os sistemas de reprodução nas configurações de 5.1 e 7.1 conforme ilustrações na Figura 2.

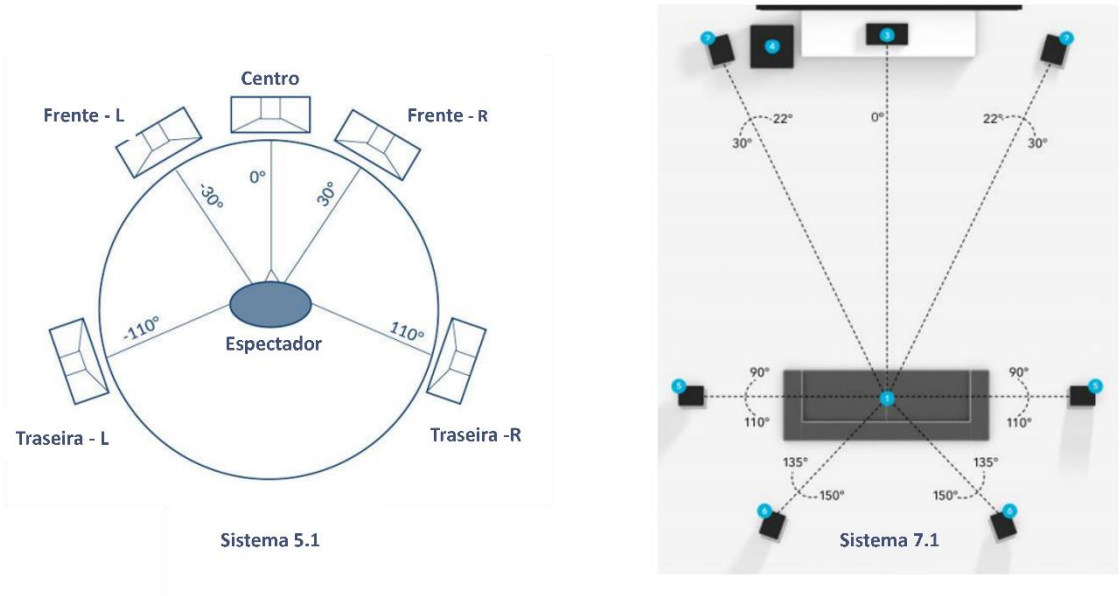


Figura 2 – Sistema 5.1 e 7.1 pelas normas ITU.
Fonte: (Sánchez Guzmán, 2019); (SOTO GONZÁLEZ, 2021).

Com o alastramento da tecnologia estéreo, desenvolveu-se o estudo da utilização dos multicanais, que consiste na reprodução de alguns canais de áudio específicos para cada caixa de som, diferenciando o seu conteúdo na reprodução.

Apesar disto, infelizmente o custo ainda é bem alto para utilização de sistemas *“Surround”* ou multicanais, sendo estes mais utilizados no campo do cinema e shows de música.

Para a propagação do som, nota-se que com apenas um alto-falante emitindo o som em um ambiente, podemos interpretar a sua irradiação espacial, como ocorre a sua captação e gravação em seu ambiente inicial.

A título de exemplo, podemos citar a captação do som em uma igreja, onde este propaga uma reverberação local devido às reflexões ambientes, trazendo uma espacialidade que quando reproduzida no alto-falante nota-se essa reverberação local, mas sem a identificação da direcionalidade vetorial mostrando a origem da fonte sonora.

Da mesma forma, acontece em situações como um teatro com tratamento acústico, túneis ou até em uma câmara anecoica.

Vale destacar também que na reprodução de instrumentos musicais, a relação de estéreo e monofônico é nítida, pois considerando um instrumento como piano, viola ou violino que cobre uma gama de espectro de frequência significativa, o som pode tornar-se mais encorpado e presente para uma música ao utilizar o estéreo.

No entanto, adotando-se apenas um alto-falante, sendo a reprodução em mono, não é tão transparente a relação de amplitudes e frequências para o instrumento, pois traz uma aparência de um som mais plano.

Quando reproduzimos um som em estéreo temos uma impressão de mais profundidade no áudio, notando um som mais brilhante e presente em nossos ouvidos.

Esse sistema é exemplificado na Figura 3, onde o observador se encontra no centro do espaço e com uma angulação de 30 graus entre as caixas esquerda e direita, estando na posição central do círculo.

Atualmente observa-se um considerável interesse na comercialização de novas plataformas em atendimento aos serviços de multimídia, trazendo uma tridimensionalidade do som com a implementação de sistemas multicanais produzindo novas codificações de áudio, compressões e formatos digitais de gravação e reprodução. (Faria R. R., 2005, p. 3).

Recentemente, as pesquisas em psicoacústica e realidade virtual (Faria R. R., 2005, p. 3) que investigam mecanismos e modelos de produção holográfica e tridimensional vêm colaborando significativamente para o desenvolvimento e de novas tecnologias.

Por exemplo, emulação de jogos de vídeo games virtuais, reprodução em cinemas 5D e estudos acadêmicos utilizando holografias e retornos de áudio para

pesquisas de trabalhos remotos. Esses estudos trazem novas janelas de conhecimento para diversos grupos, criando fóruns específicos para as pesquisas.

A produção de conteúdo para sons tridimensionais consegue suportar a sintetização em ambientes complexos e intercambiáveis nas plataformas do usuário para diferentes fabricantes comerciais existentes (Faria R. R., 2005, p. 3). Nelas os equipamentos são disponíveis em diversos *codecs* compatíveis com a simulação espacial, que são interpretados para os modelos específicos para cada aplicação ao cliente.

O áudio binaural espacial é o som no ambiente criando graus de percepção para o ouvinte e trazendo uma camada de tempo e espaço conjugados para que ocorra uma maior interação com o conteúdo artístico.

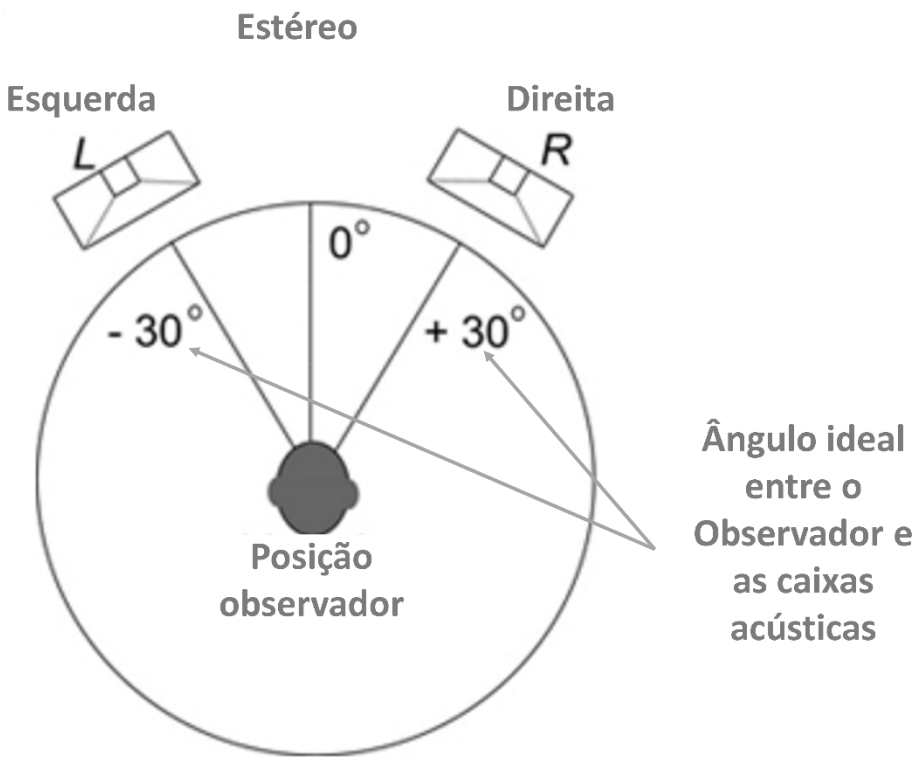


Figura 3 – Configuração do áudio estéreo.
Fonte: (Sánchez Guzmán, 2019).

No áudio manipulado e transformado em diferentes formatos temos o que chamamos de Auralização, que nada mais é, que uma técnica de criar arquivos de som audíveis com base em dados numéricos simulados, medidos ou sintetizados.

Isto é o conceito adotado nesta dissertação, pois através de poderosos algoritmos matemáticos são simulados os efeitos de espacialização do som em áudios

binaurais (COSTA, 2018).

Atualmente, o áudio binaural se tornou uma das inovações tecnológicas mais populares por seu hiper-realismo. Por isso, este tipo de áudio tem tido muita repercussão entre os profissionais do universo audiovisual e é cada vez mais utilizado como uma estratégia de interação com o público em diferentes mídias: televisão, vídeo games, cinema e plataformas *online* como o *YouTube*.

Essas tecnologias vêm trazendo uma forma do usuário final ter uma interação maior com o mundo, gerando valor para o conteúdo no entretenimento utilizando-se de áudios tridimensionais em suas aplicações. Com isto, as inovações tecnológicas do som de uma forma geral, em meio a tantos avanços, diante de um cenário em que tudo acontece muito rápido, nota-se cada vez mais a crescente busca por bem-estar e por uma atmosfera mais leve e prazerosa.

Algumas pesquisas utilizam músicas relaxantes com áudio 3D, buscando para os seus ouvintes tranquilidade e saúde mental (GREENBERG, 2021).

Nesse contexto, será mostrado o estudo de aplicações de processamento de sinais com o binaural na meditação. Hoje já existem estudos que associam técnicas de meditação a inúmeros benefícios para a saúde mental como calma, autocontrole emocional, equilíbrio, paz interior e concentração. O áudio binaural pode ser uma ferramenta inovadora por seu caráter mais realista, atrelado às técnicas de meditação tanto de forma presencial quanto de forma remota, podendo maximizar os benefícios da meditação.

O objetivo dessa pesquisa será avaliar estatisticamente de forma descritiva os efeitos da síntese de uma auralização binaural aplicada às técnicas de meditação correlacionando os efeitos e possíveis benefícios com os níveis de ansiedade dos participantes do grupo estudado.

No experimento dessa dissertação os participantes estarão munidos de seus próprios fones de ouvidos, através dos quais serão ouvidas amostras de áudio processadas e sintetizadas para meditação, visto na Figura 4.



Figura 4 - Observador escutando áudios binaurais com fones de ouvido.
Fonte: (Rios & Glanzmann, 2016)

A ideia a ser apresentada é elaborar uma auralização inovadora, que agregue esses dois segmentos ao mesmo tempo, auralização binaural concorrendo com os benefícios da meditação e os ganhos absorvidos na saúde pessoal.

Esse recurso pode ser utilizado em qualquer lugar e em qualquer dispositivo, tendo os aparatos necessários. Esta é a mesma concepção do *bring your own device* (BYOD), dando uma maior possibilidade aos usuários para usufruir dos benefícios do áudio binaural, utilizando apenas fones de ouvido em seu dispositivo de reprodução.

1.2 Justificativa

De acordo com a ideia do binaural, a sua tecnologia proporciona aos ouvintes uma audição muito mais real e imersiva. Através desse tipo de áudio é possível perceber a direção do som, como por exemplo quando uma pessoa caminha ao seu lado esquerdo, o cérebro interpreta o som passando do lobo occipital (traz de nossa cabeça) para o lobo frontal (vista de frente) ouvindo apenas pelo lado esquerdo.

O áudio binaural pode ser criado facilmente através de uma captação de sons ambientes, objetos, voz ou um áudio artificial que será entendido pelo ouvido humano. Essa captação normalmente é realizada por microfones específicos para essa aplicação ou na simulação artificial computacional, como será adotado na pesquisa dessa

dissertação.

Com a abertura de novas possibilidades nos mercados audiovisuais, foram desenvolvidas novas formas de criação de sons binaurais emulando o jeito que um áudio pode ser reproduzido. Por exemplo temos a utilização em músicas de relaxamento, vídeos no *Youtube*, ou em diversos conteúdos no *Spotify*, *Podcasts* trazendo mais realidade ao telespectador através do uso de um fone de ouvido apenas.

Por isso, dá-se a necessidade da discussão sobre como o nosso cérebro funciona, de que maneira os áudios binaurais podem estimular as nossas ondas cerebrais e como se comporta o seu funcionamento em nossas redes neurais. Acerca do funcionamento do cérebro humano e seus limites de capacidade, diversas pesquisas cientificas encontradas no mundo acadêmico confirmam o quanto ele é flexível para aprender novos sentidos e absorver novos conhecimentos.

Em relação à interpretação do som no sistema cerebral, vimos que ele se utiliza de comparações com os sinais recebidos em cada ouvido para distinguir e detectar os sons a sua volta, bem como sua direcionalidade e posição no espaço. A fim de identificar a origem sonora de uma fonte, os sons são ouvidos pelo nosso sistema auditivo e enviados até o cérebro, onde são decodificados.

O cérebro interpreta esses sinais sonoros, pela diferença de intensidade e do tempo, como também pela fase dos sinais que chegam a cada ouvido (SETTI, 2015). O nosso ouvido externo possui curvas sinuosas que ajudam nas interpretações das fontes sonoras. As reflexões das ondas sonoras e o som direto possuem um atraso no tempo entre eles, de acordo com a movimentação da fonte sonora verticalmente.O nosso ouvido externo possui curvas sinuosas que ajudam nas interpretações das fontes sonoras. As reflexões das ondas sonoras e o som direto possuem um atraso no tempo entre eles, de acordo com a movimentação da fonte sonora verticalmente.

Diante do exposto, para entendermos de forma correta como o som chega em nossos ouvidos e é interpretado pelo cérebro, precisamos entender os princípios do som. O som é transportado pelas moléculas do ar, tornando-se mais densas ou rarefeitas, onde havendo essa alteração surge o som.

Os ciclos de compressão e descompressão das moléculas do ar são caracterizados pela frequência – mensurada em hertz (Hz). Então, o som se caracteriza pela movimentação das ondas pelas moléculas do ar, onde o ar tem uma velocidade de 340 m/s (SETTI, 2015).

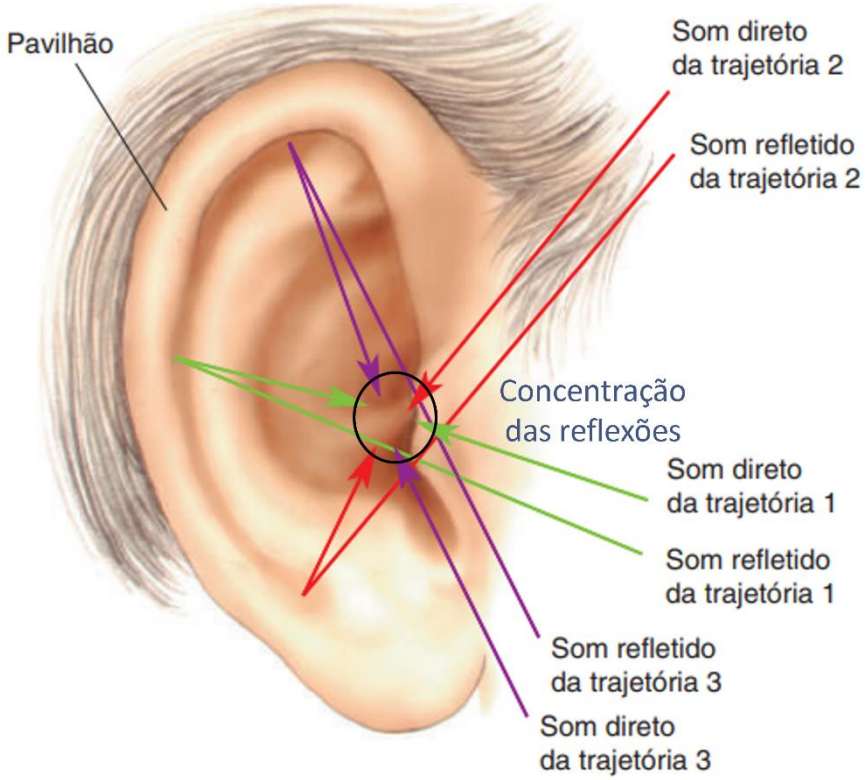


Figura 5 – Localização vertical do som.
Fonte: Adaptado Bear et al, (BEAR, CONNORS, & PARADISO, 2008)

O sistema auditivo é dividido em três segmentos para a sua captação, sendo eles, o ouvido externo que é o responsável pela recepção do som. O ouvido médio que é formado pela membrana timpânica e ossículos, que convertem as vibrações em movimentos mecânicos e o ouvido interno que é responsável por codificar os movimentos e vibrações mecânicas dos ossículos e transmitir para os neurônios sensoriais (SETTI, 2015).

A simplicidade do nosso sistema auditivo sendo composto por dois ouvidos cria uma audição estereofônica, onde o nosso ouvido esquerdo e direito interpretam pelo distanciamento e posição do som o seu surgimento e a sua diferenciação, visto na Figura 5 os sons refletidos nas suas trajetórias.

O nervo auditivo é responsável pela decodificação do som no cérebro composto por intensidade, frequência e origem, e cada neurônio tem uma frequência especifica característica em seus lóbulos neurais. O cérebro utiliza duas indicações para identificar a localização do som, sendo pelo plano horizontal – retardo temporal interaural, chamado de ITD e diferença de intensidade interaural, chamada de ILD.

Para a interpretação do plano vertical, os neurônios utilizam das reflexões do som e o som direto para a interpretação das coordenadas e decodificação (SETTI, 2015).

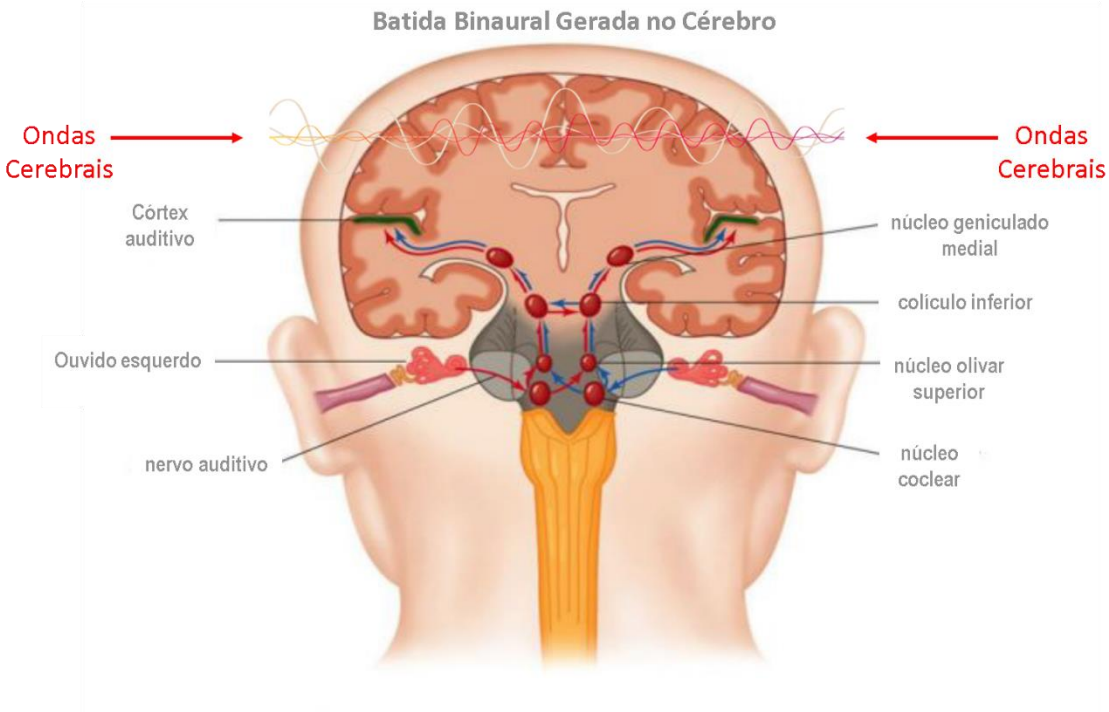


Figura 6 - Batida binaural gerada no cérebro
Fonte: Adaptado pelo Autor (Rios & Glanzmann, 2016)

Na Figura 6, exemplifica-se o mecanismo auditivo até o cérebro, demonstrando as ondas binaurais em suas redes neurais.

De acordo com OLIVEIRA, (2018), as estruturas envolvidas no processamento binaural do som são: os núcleos cocleares, complexo olivar superior, núcleos do lemnisco lateral, mesencéfalo, tálamo e córtex auditivo. Os núcleos cocleares recebem os impulsos da orelha contralateral ao som, o núcleo olivar superior é o primeiro ponto de confluência de dados binaurais, os núcleos do lemnisco lateral que ficam entre o coliculo inferior e o complexo olivar superior recebem impulsos do tronco encefálico.

O mesencéfalo abrange o coliculo inferior e o coliculo superior, que são as grandes bases para a audição. A utilização das técnicas binaurais atrelada aos conceitos da meditação pode maximizar os benefícios de bem-estar para a sociedade, tais como alívio de estresse, depressão, ansiedades e frustrações muito comuns na sociedade atual.

Um crescente corpo de pesquisas sugere que a meditação pode melhorar várias funções cognitivas, incluindo a atenção, aprimoramentos na conscientização, memórias e regulação afetiva, e que afeta positivamente a função cerebral, diminuindo os estados

mentais negativos e aumentando os estados positivos resultando em sensações de alegria, tranquilidade, afeição e benevolência.

Em trabalhos como o de Varginha e Moreira (Varginha & Moreira, 2020) comentam em sua pesquisa os benefícios da meditação atrelados à saúde das pessoas. Definindo a Meditação como um grupo de práticas mentais que atua na cognição, emoção, eventos mentais e somáticos pela direcionalidade da atenção e conscientização de um indivíduo. Definindo a Meditação como um grupo de práticas mentais que atua na cognição, emoção, eventos mentais e somáticos pela direcionalidade da atenção e conscientização de um indivíduo.

As pessoas vêm procurando como alternativa a prática da meditação para o tratamento de estresses e condições da saúde delas. Alguns estudos demostram que mediações baseadas em prática corpo-mente, como a meditação, recuperam desordens físicas e mentais associadas ao estresse, hipertensões, cardiopatias e diversos outros distúrbios de saúde (Varginha & Moreira, 2020).

Esses benefícios são defendidos, uma vez que a prática da meditação reduz a atividade simpática ao mesmo tempo que aumenta a parassimpática relacionadas com o controle cardíaco e respiratório (Varginha & Moreira, 2020).

Os estudos comprovam que o exercício da meditação libera neurotransmissores de serotonina, histamina e dopamina que ajudam no processo de diminuição de estresse e um melhor funcionamento cognitivo do corpo (Varginha & Moreira, 2020).

O objetivo desta dissertação busca analisar os resultados dessa experiência de forma a contribuir com o bem-estar da sociedade. Com o embasamento das análises estatísticas com os dados das métricas de escalas de Depressão, Ansiedade e Estresse - DASS-21, adaptada e validada para a língua portuguesa por (VIGNOLA & TUCCI, Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese, 2014).

DASS-21 foi criada por Lovibond e Lovibond (1995) com o objetivo de avaliar e distinguir, ao máximo, os sintomas de ansiedade e depressão.

A escala é baseada em três estruturas básicas em que os sintomas de ansiedade e depressão se agrupam:

(a) definida pela existência do afeto negativo, como humor deprimido, insônia, desconforto, e irritabilidade, que são sintomas inespecíficos e estão dentro da depressão como na ansiedade; a segunda compreende;

(b) elementos que englobam sintomas específicos para depressão (anedonia, ausência de afeto positivo);

(c) e finalmente a última estrutura trata que os sintomas específicos de ansiedade (tensão somática e hiperatividade) (WATSON, 1995) (PATIAS, 2016).

Inicialmente, a DASS foi formulada em 42 itens que retratam sintomas emocionais negativos. Os resultados iniciais durante o seu desenvolvimento apontaram que os principais ofensores da ansiedade incluem excitação fisiológica (mãos suadas, tremores, aumento do batimento cardíaco), como também a consciência subjetiva do afeto ansioso e predisposição de fuga ou evitação (PATIAS, 2016).

Os sintomas de depressão são vistos como: baixo afeto positivo, desesperança, desvalorização da vida, depreciação e inércia (PATIAS, 2016). Diversos pesquisadores têm confirmado que o DASS, tanto a sua versão original de 42 itens quanto em sua versão menor de 21 itens, é uma métrica confiável de depressão, ansiedade e tensão/estresse para as populações e etnias (PATIAS, 2016). Diversos pesquisadores têm confirmado que o DASS, tanto a sua versão original de 42 itens quanto em sua versão menor de 21 itens, é uma métrica confiável de depressão, ansiedade e tensão/estresse para as populações e etnias (PATIAS, 2016).

A estrutura fatorial da DASS-21 é estável e possui confiabilidade compatível e discriminante aceitáveis (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995).

1.3 Objetivo

O foco do trabalho é demonstrar como o processamento de sinais do áudio Binaural sintetizado em um sistema computacional de alta performance sendo aplicado à prática da meditação pode maximizar os ganhos e benefícios para a sociedade, gerando para o telespectador uma imersão audível inédita.

A partir de uma análise após o processamento de sinal via software, temos o grupo de controle e grupo de estudo (experimental). O grupo de controle não recebe o áudio binaural e o grupo de estudo recebe; são compartilhados os áudios simulados computacionalmente sendo analisados por uma escala de qualidade DASS-21, no qual são concatenados os dados computados em tabelas para análises estatísticas.

Ainda serão realizados estudos de análise para:

- Promover um monitoramento e simulação computacional via hardware e software de alta complexibilidade para o áudio binaural;
- Possibilitar a entrega em diversos formatos de áudios binaurais, após o pós-produzido;
- Acompanhar o grupo de estudo e controle para métricas de escala de

qualidade em suas análises, sendo adotada o método DASS-21 e EVA (escala visual analógica);

- Desenvolver uma análise estatística dos dados computados para área científica, mostrando insumos que corroborem para futuros trabalhos e discussões.

1.4 Objetivo Específico

O objetivo principal deste trabalho é utilizar os áudios aplicados na meditação, sendo simulados computacionalmente para uma imersão aos usuários por meio de estimulação subjetiva da sensorialidade neural, onde os voluntários vão responder a pesquisa através de formulários.

Os estímulos cerebrais provocados pela auralização binaural tendo como conteúdo as meditações, proporcionam alívios de estresse, depressão, ansiedades e frustrações (Goleman, 1999).

A sensação de batimento binaural é frequentemente descrita como uma impressão de posição localizada "dentro" da cabeça e é interpretada como modulada no nível do tronco cerebral nos núcleos olivares superiores, dando uma sensação de percepção em um conjunto complexo de sensações (Chaieb, 2017).

Outro fator existente é de pesquisas que corroboram com os benefícios da prática da meditação, nas quais houve avaliações de comparações entre praticantes de meditação e pessoas que são adeptas da prática.

Nota-se uma diferença de espessura da massa encefálica entre os dois grupos, e hipoteticamente que a prática rotineira da meditação pode reduzir a perda de massa cortical, causado pelo envelhecimento, especialmente no lobo frontal (Varginha & Moreira, 2020).

Diante do exposto, a temática deste trabalho são os aspectos e benefícios verificados nas escalas de medição das ansiedades do grupo de estudo, criando métricas para avaliações e ponderações dos dados coletados na pesquisa (Chaieb, 2017).

Os resultados coletados serão analisados por uma escala de qualidade, visando uma melhor veracidade e curadoria dos dados manipulados na pesquisa.

2 - Fundamentação Teórica

2.1 O Conceitos básicos sobre Áudio

A história nos mostra que ao passar dos anos e décadas os avanços tecnológicos estão ocorrendo cada vez mais rápido, em comparação ao início de nossa jornada. O século XX foi marcante pelo surgimento de novos percursores para evolução do áudio estéreo e atualmente no século XXI, temos percebido uma intensa busca por novas soluções ágeis de tecnologia, bem como uma evolução em pesquisas cientificas na área da engenharia.

Ainda convém lembrar que na origem das discussões e trabalhos com o padrão de áudio em estéreo, criou-se um grande ápice para o mercado fonográfico, pois abriu muitas portas e oportunidades para a indústria de áudio. O mercado audiovisual começou a se estruturar para a recém-chegada do padrão estéreo, trazendo uma pressão para os fabricantes na construção de aparelhos que possibilitassem a gravação de dois canais, como também para equipamentos de reprodução.

Dessa forma, os técnicos de captação e mixadores da época foram capazes de realizar uma captação em estéreo ou simplesmente em mono, mas com uma vantagem de se conseguir mixar os áudios em um formato estéreo, contribuindo para uma melhor qualidade e expressão para o som.

Em consequência disso, o comércio da música trouxe novidades com bandas famosas da época, adicionando em suas músicas para o estilo em estéreo, dando bastante fama e sucesso aos discos de vinis e para as fitas magnéticas. Logo após vimos esse padrão ser difundido em shows de músicas e para dentro das casas de ouvintes.

Com o aquecimento do mercado para as indústrias, vimos uma substituição dos nossos famosos discos de vinis para soluções de novas mídias, onde fomos inseridos com arquivos digitais.

Entre 1970 e o início do século XXI, ocorre gradativamente a substituição dos formatos fonográficos e os entusiasmos aos comércios musicais para formatos digitais de comercialização, como mostrado na Figura 7.

A popularização do padrão estéreo, propagado mundialmente, aguçou o interesse de muitas empresas e cientistas em conseguir ampliar as suas funcionalidades e avançar com a tecnologia. Com isto, vimos surgir sistemas multicanais, que consistem em adicionar mais caixas acústicas no método e o nascimento de modernos microfones de captação, que conseguem gravar espacialmente os objetos do ambiente com mais de

dois canais.

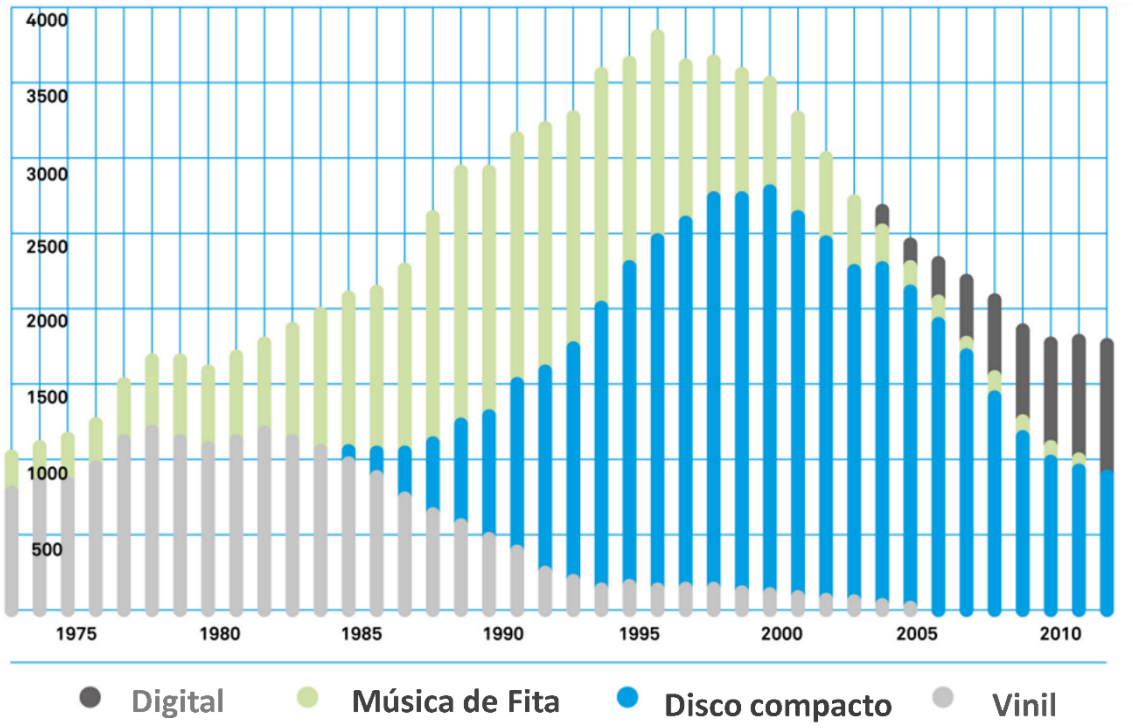


Figura 7 - Substituição de formatos fonográficos vs vendas globais 1972 – 2012.
Fonte: (NAVES, 2014).

Dado o exposto sobre a disseminação dos novos padrões conhecidos como multicanais ou sistemas *Surround* 5.1 e 7.1, é importante ratificar que eles mudaram radicalmente o cenário estagnado da época.

Nos dias atuais nota-se uma grande tendência mundial para o mercado tecnológico em propagar os temas baseados em sistemas multicanais de áudio, influenciando toda a malha de consumo multimidia. Existem alguns grupos de interesse em trazer ideias inovadoras para os serviços multimidias, com uma maior aderência ao público, e para isso pesquisas acerca desse tema passaram a ser prioridade no mercado audiovisual.

Os sistemas multicanais trouxeram um outro nível de formas de armazenamento do conteúdo, com isto, novas compressões de arquivos, tipos de formatos de captação e elevação na qualidade de níveis e amostragem e distribuição de áudio (Faria R. R., 2005).

Com os avanços na área computacional, da microeletrônica e do processamento dos sinais digitais (Faria R. R., 2005), juntamente com os novos formatos de digitalização, e diferentes meios de armazenamento, como exemplo os meios ópticos (CD`s), as iniciativas em inovações tecnológicas para os áudios multicanais foram novamente

consideradas.

O mercado consumidor, de outra parte, também pressionou pela evolução dos novos sistemas, para uma disputa de criativas soluções que oferecesse uma maior qualidade na experiencia de áudio (Faria R. R., 2005). Este mercado vem exigindo experiências inéditas e mais realistas para o seu consumo de serviços de entretenimento. O mercado consumidor vem exigindo experiências inéditas e mais realistas para o seu consumo de serviços de entretenimento.

Na indústria vem respondendo de forma ágil para as diversas demandas, oferendo no meio televisivo a exploração da estereoscopia dando uma visão tridimensional ao telespectador e como também inéditos tipos de formatos de áudio como o DTS (Sistema de Teatro Digital) e Dolby. Nestes formatos digitais surgem no início do século XXI a sua popularização e a diminuição das mídias de vinis e formatos de discos e fitas, como é visto na Figura 7. Cada vez mais a desaceleração na compra de mídias físicas, sendo substituídas pelo meio digital.

Existe um grande entusiasmo em sistemas de telecomunicações capazes de integrar no meio audiovisual pessoas trabalhando remotamente em localizações diferentes. A carência do público em ter mais qualidade e realismo na visualização de imagens, bem como com os sons, traz uma pressão para a indústria em viabilizar soluções tecnológicas eficazes e de baixo custo ao consumidor final.

As pesquisas em psicoacústicas e da realidade virtual que operam mecanismos e modelagens para a produção holográfica, estereoscópica e tridimensionais contribuem para o desenvolvimento em novas ciências (Faria R. R., 2005).

Levando-se em conta o que foi explicado, a presente dissertação vem trazer um olhar para as diferentes inovações discutidas na área acadêmica e científica, conjecturando novas bases sólidas de trabalho na área de sonorização, tão importantes para a manutenção e evolução das tecnologias emergentes.

Vale ressaltar a importância do trabalho e estudo em compreender as tendências tecnológicas para o áudio tridimensional à luz das descobertas e da investigação. Conforme é dito por FARIA, (2005, pg 4), é importante a avaliação de qual tecnologia seria mais promissora para avançarmos considerando todos os fatores relevantes ao estudo, para atingir com êxito a melhor escolha para o grupo.

As pesquisas com as atividades de cunho em aplicações imersivas contém uma maior chance de sucesso e potencialidade, pela enorme repercussão no mundo audiovisual.

2.2 Tipos de Processamentos de Áudio

2.2.1 Estéreo

Como já explicitado anteriormente, o áudio estéreo é um sistema de reprodução de áudio que utiliza dois canais de som sendo que para cada canal há uma caixa acústica. Com a evolução das tecnologias nos sistemas estéreo, originaram-se alguns experimentos com os áudios binaurais, que estão sendo testados desde 1881 (Faria R. R., 2005).

Apesar disto, a forma de captar em dois canais simplificou a matriz de reprodução e gravação dos sons, popularizando os sistemas da época com apenas os fones de ouvido. O sistema estéreo foi polemizado por volta de 1930, por seus pesquisadores que perceberam que mudando a técnica de captação e posicionamento dos microfones, poder-se-ia criar um efeito na sua gravação, descobrindo as características de uma reprodução de um áudio central, com efeitos estereofônicos (Faria R. R., 2005).

O efeito estudado mostrou interpretações diferentes de reverberações, atrasos temporais de reflexões, para criação de um efeito fantasma, que é percebido nos ouvidos humanos, pela diferença em cada um deles pela interpretação cerebral.

A melhor posição para o ouvinte é ilustrada na Figura 8, considerando a angulação entre as caixas acústicas e a sua distância, de acordo com as normas técnicas da ITU-R BS.775-1. Uma aposta adotada na época era simular os microfones como se fossem ouvidos humanos, tentando respeitar a mesma distância da cabeça entre os elementos, com isto, permitindo uma criação de áudios binaurais para sua captação (Faria R. R., 2005).

De acordo com as técnicas praticadas no início da experimentação das microfonações em ambientes de gravação, os sonoplastas conseguiram manipular os objetos das cenas, diferenciando os mesmos em uma reprodução sendo da esquerda ou da direita. Seriam exemplos dessa microfonação uma banda onde o violonista está posicionado a esquerda do grupo e o som do violão sempre vir na caixa esquerda, e o restante dos instrumentos pelas duas caixas, dando uma mistura de sensações.

O ouvinte preferencialmente precisa estar posicionado na área central entre as duas caixas acústicas, com uma angulação perfeita pois caso ele se desloque da posição perderá a sensação estereofônica e não terá mais a impressão do áudio direcional aos

seus ouvidos, a sensação do áudio ‘fantasma” não é percebido (Faria R. R., 2005).

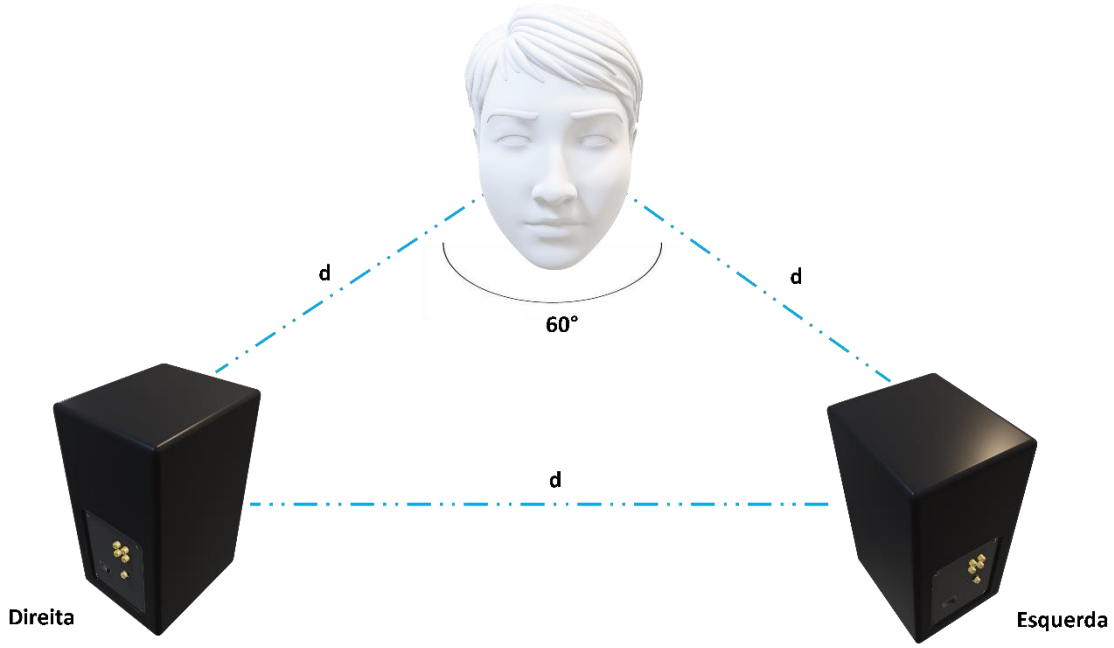


Figura 8 – Posicionamento do ouvinte para o áudio estéreo em relação as caixas acústicas.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Essa nova modelagem do som passou a ser convenientes parater muitos fãs diante da diferente maneira de se ouvir as músicas e sons de ambientes, pois tornou-se possível uma maior criatividade e qualidade na reprodução, abrindo uma diversidade de opções para os músicos em suas produções (Faria R. R., 2005).

Ao longo dos anos, os músicos, técnicos de som e engenheiros conseguiram manipular de uma forma ilusionista melhor os objetos que compõem a cena, brincando com os efeitos tridimensionais e explorando o som de diferentes maneiras.

As fontes sonoras não mais ficavam fixas e engessadas para um elemento espacial, e sim, abrindo portas para efeitos em estéreo inéditos. Um exemplo de um álbum foi o The Wall do Pink Floyd na década de 1970, que experimentou bastante esses recursos e foram grandes percussores do período (Faria R. R., 2005).

2.2.2 Ambisonics

Muito discute-se nas linhas acadêmicas e profissionais há existência de novas formas de captação otimizando e comprimindo os arquivos em formatos mais amigáveis, para entrarem na esteira das produtoras. Com isto, vimos o surgimento de novos formatos

e técnicas que chamamos de Ambisonics (SETTI, 2015).

Além disso, para os entusiastas de áudio, o ambisonics no formato B, foi uma nova forma de processamento digital, que facilita a sua manipulação posterior em pós-produções ou gravadoras, tornando o campo sonoro no mais habitual escolhido para as gravações. O Ambisonics resume uma variedade de técnicas de gravação e reprodução para um específico campo sonoro de um ambiente.

A base de seu estudo é o registro do maior número possível de dados que possa ser captado em um determinado campo sonoro e reproduzido posteriormente em um grupo de alto-falantes, simulando a sua origem o mais fielmente possível (Santos, 2012) O microfone *AMBEO VR MIC* da *Sennheiser* consegue capturar o áudio espacialmente com imersão do ambiente, ideal para aplicações em VR (Realidade Virtual), utiliza quatro cápsulas cardioides KE 14 compatíveis em formato tetraédrico. O microfone *AMBEO VR MIC* da *Sennheiser* consegue capturar o áudio espacialmente com imersão do ambiente, ideal para aplicações em VR, utiliza quatro cápsulas cardioides KE 14 compatíveis em formato tetraédrico.

Demostramos esse modelo de microfone como forma de explicar a facilidade de captação de áudios ambisonics, ideal para diversos locais e com uma boa resistência aos ambientes adversos, mas no mercado audiovisual existem diversos outros exemplos e modelos de microfones compatíveis com a tecnologia.

A técnica de microfonação é desenvolvida para captar um som circundante, ele sendo um áudio espacial em 360° de um único ponto no ambiente. O resultado é um som ambisonics integralmente esférico e ilustrado abaixo o modelo comentado.

Essa tecnologia desenvolvida por Michal Gerzon (Mathematical Institute, Oxford) e pelo Peter Fellgett (University of Reading) (GERZON, 1974) no começo da década de 1970 foi propagada em jornais da sociedade de engenharia e apresentadas em congresso, o que facilitou sua disseminação para o mundo. Em paralelo ao sistema, existia também a técnica *quadraphonic* (GERZON, 1974), que nada mais é que quatro alto-falantes em cada vértice de um quadrado, mostrado na Figura 10.

Esta também veio a ser mencionado na mesma década, mas sem muita popularidade. Alguns anos após, os engenheiros de som pesquisam outras formas de se reproduzir nas caixas, trazendo sistemas de alto-falantes em 5.1.



Figura 9 – Microfone Ambisonics, modelo AMBEO VR.
Fonte: (Sennheiser, s.d.).

Ao se fazer uma análise das duas tecnologias, quadraphonic e ambisonic, vimos que o primeiro necessita para a sua reprodução gravar cada canal discreto, canal por canal, e transmitir individualmente cada um. Já o sistema ambisonics é mais simples, pois não necessita que os áudios sejam gravados discretamente e sim manipulados posteriormente de acordo com o interesse do responsável pela produção e conforme comentando anteriormente, pode-se captar os canais ao mesmo tempo com um único microfone.

Percebe-se que em sistemas como o quadraphonic ou 5.1, sua modelagem se faz discretamente, fixando a sua captação nos elementos dos canais, já no ambisonics, o primordial é a gravação dos campos sonoros, não existindo nenhuma limitação técnica (GERZON, 1974) e (Santos, 2012).

A forma de identificar um som geograficamente depende principalmente dos dados ITD e ILD, que são responsáveis pela série de frequências do som. No tema discutido, ele apenas se utiliza do ILD, que opera a diferença de amplitude de cada canal para ter a definição da posição.

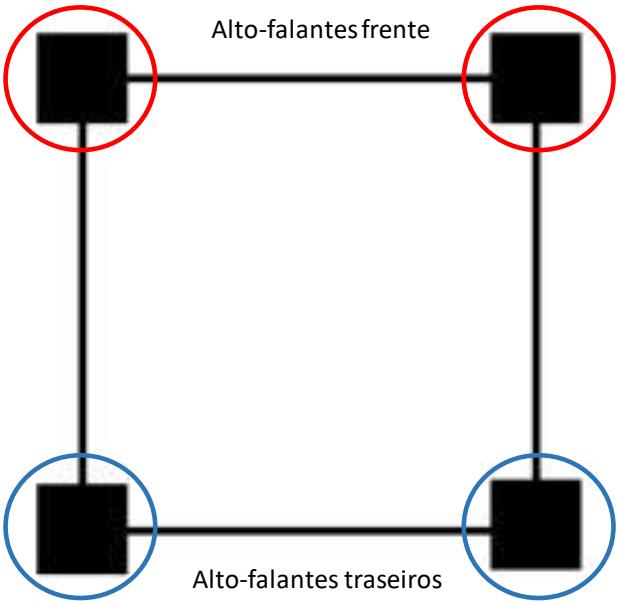


Figura 10 - Sistema quadrifônico com quatro alto-falantes frente-trás.
Fonte: (Santos, 2012)

De acordo com as normas técnicas das empresas e fabricantes, a melhor forma de se trabalhar em angulação com os alto-falantes é de 60 graus. Utilizando-se a angulação de 90 graus, conforme proposto anteriormente, não se adequa para a melhor área de percepção do ouvinte, trazendo perdas e menor qualidade sonora para a configuração em quadrifônico.

Por esta razão a Dolby padronizou uma caixa central em frente ao ouvinte, priorizando o som direto e centralizando o posicionamento do espectador. Adicionando-se uma caixa para o *subwoofer* que opera nas baixas frequências, deixando o áudio mais encorpado e dando um peso ao som.

Com isto, vimos o início dos sistemas em 5.1 no comércio de audiovisual com a nova padronização Dolby. Dado o tema descrito, as características do áudio ambisonics não necessita de tal performance para o seu funcionamento, sendo uma modelagem mais simples em se operar. O ambisonics não necessita fixar a posição da caixa acústica em se reproduzir, tendo a vantagem em se trabalhar com as coordenadas em altura, que possibilita nas gerações de sons espaciais, de maneira oposta ao 5.1 (GELFAND, 2017) e (Santos, 2012).

Nota-se que sistemas de processamentos digitais e otimizados trazem um ganho na cadeia de fluxo de operações, simplificando os métodos adotados e de muito menos infraestrutura para a sua implantação, essas são algumas vantagens que encontramos no estudo e no apoio para os avanços tecnológicos.

Alguns artifícios são utilizados para a captação do som Ambisonics, como a técnica de Blumlei para gravação em estéreo, é uma solução criativa para especializar um som no ambiente (JOT & WALSH, 2006) e (Faria R. R., 2005).

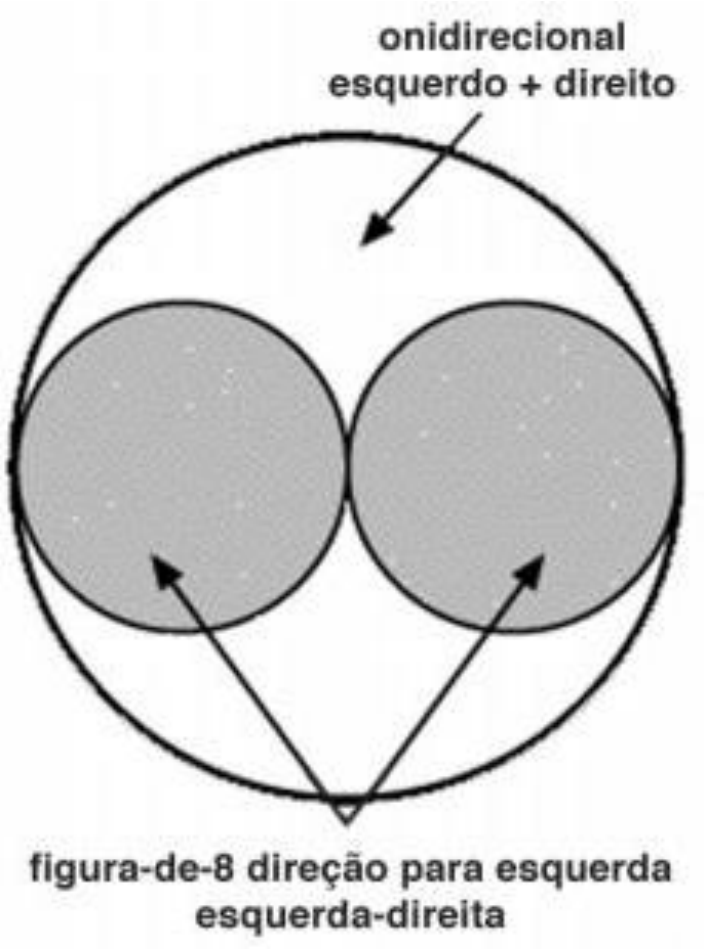


Figura 11 – Técnica de Blumlein para captação estereofônica (MS).
Fonte: (Faria R. R., 2005)

O engenheiro alemão Alan Blumlein foi um grande pioneiro no início das décadas do século XX, desenvolvendo algumas soluções para a estereofonia e som *surround*. Blumlein criou uma técnica conhecida como MS (mid e side), onde o microfone Mid pode ter características omnidirecionais ou cardioide, Figura 8 (Faria R. R., 2005).

O posicionamento do segundo microfone *Side* em uma angulação de noventa graus e dever ser com a Figura 8, mostrado na Figura 11 (Faria R. R., 2005). Nesta captação os eixos L-R podem ser manipulados posteriormente e tem uma amplitude de captação no ambiente sonoro (DOOLEY & STREICHER, 1982) e (Faria R. R., 2005).

Esta técnica oferece a possibilidade de criarmos sons tridimensionais,

adicionando no método de quatro capsulas de captação, utilizando a polaridade *omini,* Figura 8, formando um diagrama esférico polar para o sistema ambisonics, como pode ser visto na Figura 12 (Faria R. R., 2005).

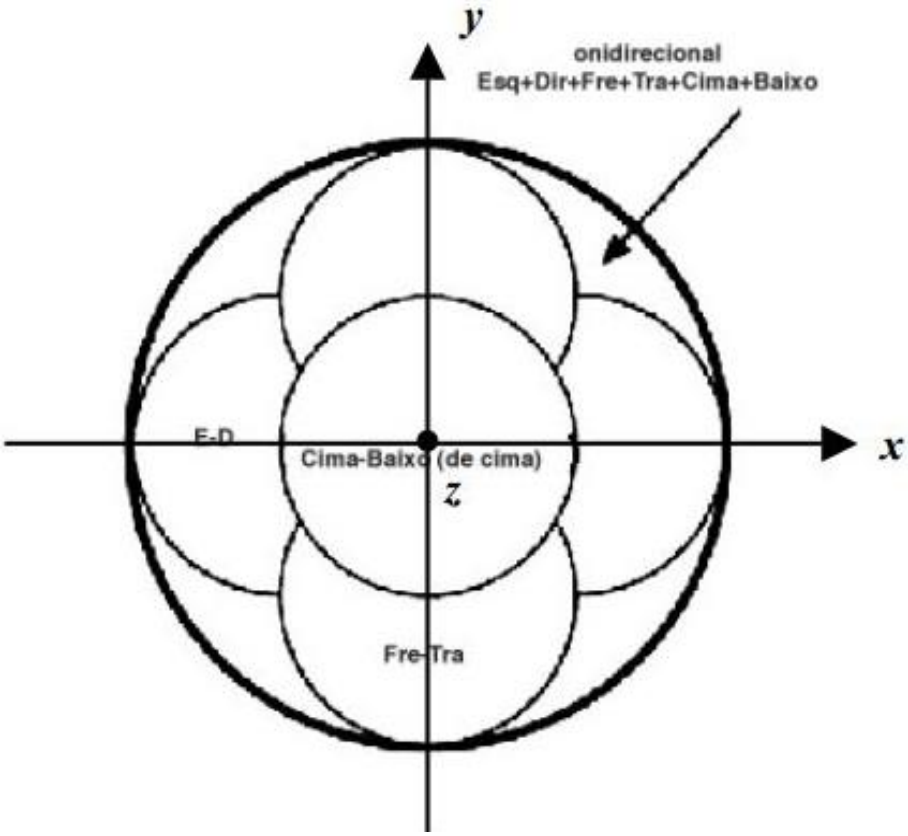


Figura 12 - Extensão da técnica de Blumlein, permitindo o registro sonoro de um campo.
Fonte: (Faria R. R., 2005)

2.2.3 Binaural

Os áudios binaurais são produzidos através de campos sonoros tridimensionais e permitem que o sistema auditivo compreenda instintivamente tratar-se de um espaço acústico tridimensional, uma vez que traz elementos temporais e espaciais (Faria R. R., 2005).

Através dos áudios binaurais são gerados dois canais de som, um para cada ouvido. Os indicadores espaciais auditivos são absorvidos em volta da cabeça, torso e ouvido externo e têm sido descritos como função da posição tridimensional dos objetos sonoros considerando a cabeça (Faria R. R., 2005).

Quando se utiliza os sinais binaurais sendo reproduzidos por alto-falantes, a técnica é chamada de transaural. Na Figura 13 é ilustrado a diferença entre os exemplos de reprodução entre os três sistemas de som: biaural, multicanal e transaural.

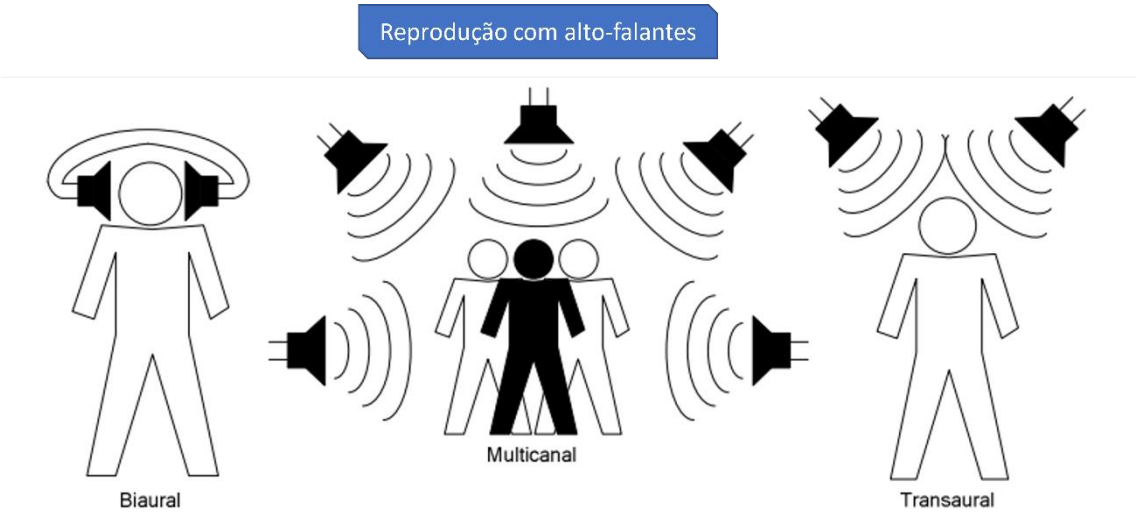


Figura 13 – Diferença dos modelos em reprodução do som tridimensional.
Fonte: (SORIA, p. 14)

Os dois indicadores espaciais auditivos mais relevantes são ITD e ILD e demonstram as diferenças de tempo e intensidade, em que os sons chegam em um ouvido em relação ao outro, exemplificado na Figura 14 (Faria R. R., 2005).

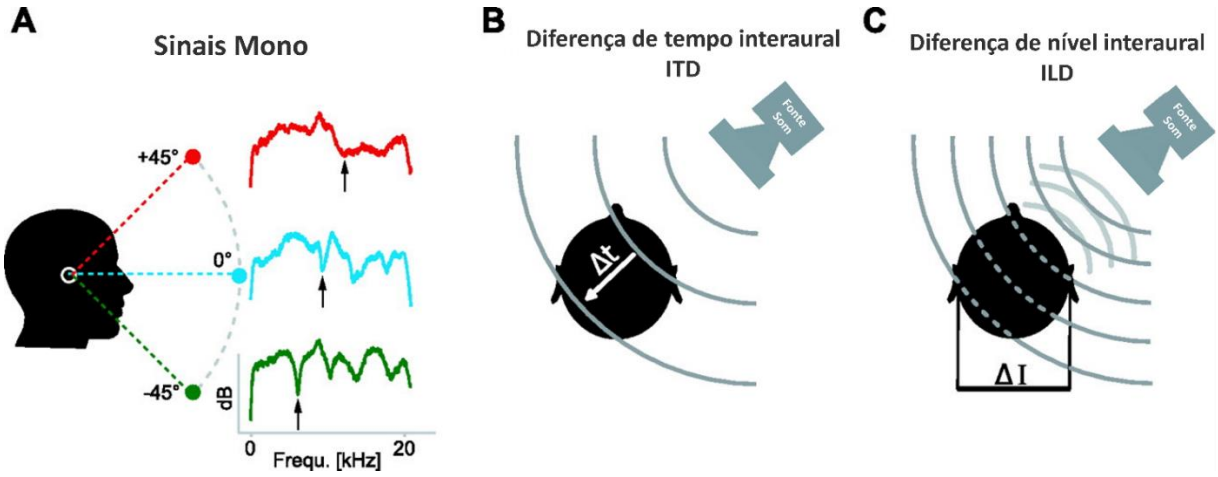


Figura 14 – Localização horizontal da ITD e ILD.
Fonte: (ABAWI, 2016).

Estudos realizados por Bear (BEAR, CONNORS, & PARADISO, 2008) mostram-que existem duas principais indicações que o nosso cérebro interpreta para identificar a localização do som no plano horizontal: ITD e ILD.

Com apenas um dos ouvidos esquerda ou direita, as pessoas são capazes de distinguir a origem do som no plano vertical, mas não no plano horizontal onde precisam diferenciar os estímulos dos sons entre os dois ouvidos, conforme indicado na Figura 14 (BEAR, CONNORS, & PARADISO, 2008).

Em resumo, o ITD compara os tempos de chegada de percepção de um ouvido para o outro e é mais utilizado para sons de baixa frequência, enquanto o ILD baseia-se nas diferenças de intensidade percebida de um som entre um ouvido e o outro e é mais adequado para sons de alta frequência (Faria R. R., 2005).

Nas baixas frequências o ITD é mais aplicado em razão do comprimento de onda ser maior que a distância entre os dois ouvidos, identifica-se de forma tranquila uma diferença de fase entre os dois (Santos, 2012). Nas altas frequências, os comprimentos de onda são menores que a distância entre os dois ouvidos, prevalecendo o indicador amplitude, desta forma utiliza-se mais o ILD. Nas altas frequências, os comprimentos de onda são menores que a distância entre os dois ouvidos, prevalecendo o indicador amplitude, desta forma utiliza-se mais o ILD.

No entanto, como os sons, de forma geral, possuem muitos componentes do espectro audível, a combinação dos indicadores espaciais auditivos permite uma melhor localização do som (Santos, 2012), (GELFAND, 2017).

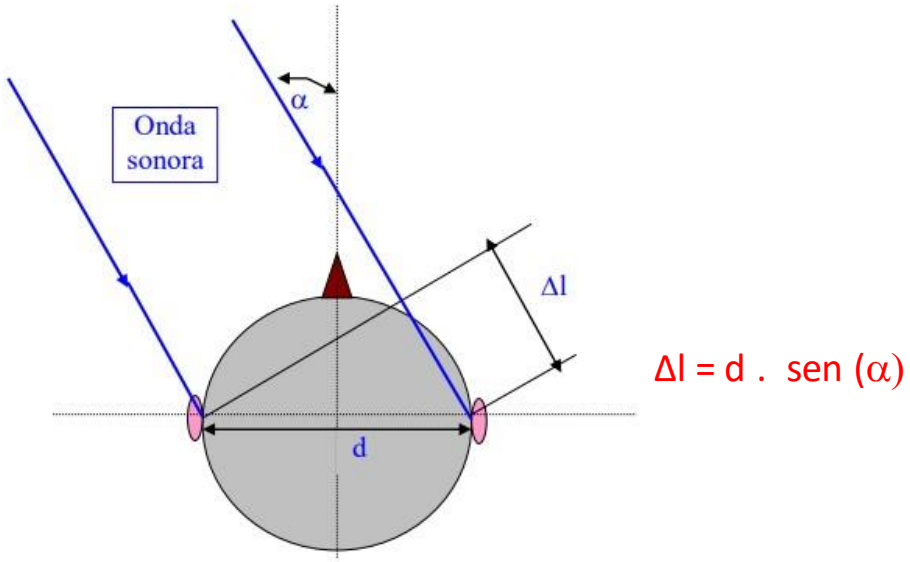


Figura 15 - Exemplo de uma onda sonora atingindo a cabeça de uma pessoa.
Fonte: Adaptador pelo Autor (FERNANDES, 2002)

A distância do ouvinte, bem como a posição da fonte emissora do som interferem diretamente na maneira como esse som será recebido pelo ouvinte. O ouvido que está mais próximo da fonte irá receber o som mais rápido e com maior amplitude. Já o outro ouvido receberá o som mais tarde e com menor amplitude, em razão da distância e porque é atenuado pela cabeça e torso (Santos, 2012).

Estas diferenças exemplificam os indicadores espaciais auditivos mencionados anteriormente, ITD e ILD.

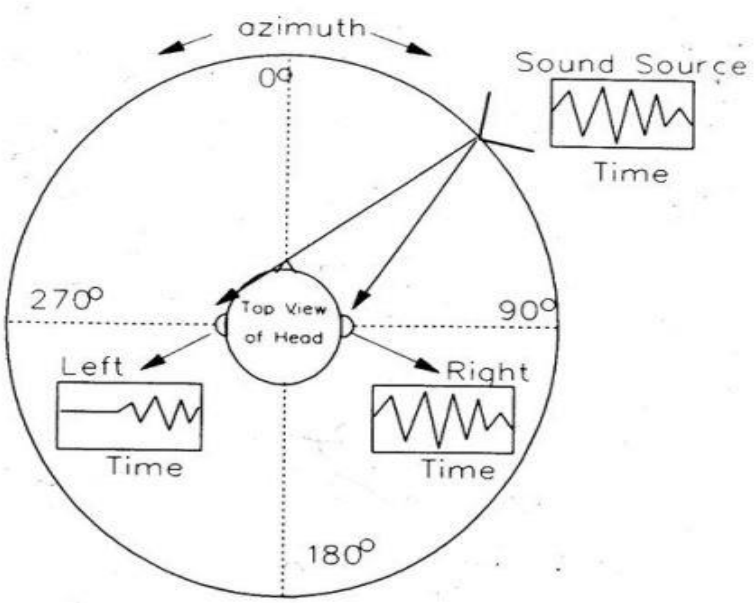


Figura 16 - Exemplo de ITD.
Fonte: (Santos, 2012)

A Figura 16 demonstra um sinal emitido mais próximo do ouvido direito e os sinais que chegam a cada um dos ouvidos na mesma janela temporal, ficando clara a diferença temporal entre os dois.

A ITD e ILD são importantes e reconhecidos indicadores espaciais auditivos relacionados à localização do som, mas existem outros indicativos considerados pelo cérebro como distinguir se um som é proveniente da parte de trás ou da frente e estimar sua elevação (Santos, 2012). Esta capacidade ocorre em decorrência do formato do pavilhão auricular, que gera ressonâncias no som relacionadas a sua direção de proveniência. O cérebro consegue, desta forma, associar o som a determinada posição/elevação. Esta capacidade ocorre em decorrência do formato do pavilhão auricular, que gera ressonâncias no som relacionadas a sua direção de proveniência. O cérebro consegue, desta forma, associar o som a determinada posição/elevação.

Além disso, são também usadas as reflexões no nosso tronco, em especial os ombros, para verificar a elevação (Santos, 2012), (ALGAZI, DUDA, & THOMPSON, 2002). Para que a auralização possa ocorrer, o trajeto do som considerando a origem de sua emissão e os ouvidos do ouvinte é sintetizado por meio de funções de transferência relativas à cabeça (HRTF) e os canais de som são repassados em regra através de fones de ouvido para o ouvinte. Para que a auralização possa ocorrer, o trajeto do som considerando a origem de sua emissão e os ouvidos do ouvinte é sintetizado por meio (HRTF) e os canais de som são repassados em regra através de fones de ouvido para o

ouvinte.

Podem ser utilizados também alto-falantes posicionados de forma correta com relação à cabeça do ouvinte através de técnicas dipolo estéreo. A modulação de som espacial utiliza, desta forma, técnicas de filtragem lineares para impor pares (estéreo) de funções de transferência (uma para o falante esquerdo do fone, outra para o direito) das quais as respostas em amplitude e atraso estão em consonância com os indicadores auditivos conhecidos (FARIA, 2005).

Através do áudio binaural também é possível alcançar um conteúdo sonoro por meio de uma *Dummy Head,* cabeça de boneco, utilizando dois microfones com a cápsula na posição dos tímpanos, como pode-se observar na Figura 17. A reprodução do áudio binaural é realizada através de fones de ouvido, tendo para cada ouvido o mesmo canal de gravação no registro sonoro. A experiência, neste caso, é bastante real, no entanto só é possível através de fones de ouvido, sendo necessário processamento eletrônico.



Figura 17 - Dummy Head para captação binaural.
Fonte: (SAMPAIO, 2012).

Não é de fácil percepção também a diferenciação entre sons à frente e atrás do ouvinte, além do fato de que as orelhas artificiais utilizadas na *Dummy Head* devem ter a mesma forma das orelhas do ouvinte (SAMPAIO, 2012), (STREICHER & EVEREST, 2006).

É comum, do ponto de vista acústico, relacionar as pistas interaurais e timbrais em cada plano do sistema de referência com o local de emissão do evento auditivo. No entanto, seria mais factível analisar as respostas impulsivas binaural (HRIR) e seus espectros de frequências denominados de HRTF (JUNIOR & LOPES, 2005), (BLAUERT, 1997).

Tendo um ouvinte na posição referencial centralizada no espaço de sua cabeça, disporemos das seguintes funções de transferência de campo livre para pressão:

$$P_4(\omega)/P_1(\omega) = \frac{\text{pressão sonora no tímpano}}{\text{pressão sonora no centro da cabeça com o ouvinte ausente}} \quad (1)$$

$$P_3(\omega)/P_1(\omega) = \frac{\text{pressão sonora na entrada do canal auditivo}}{\text{pressão sonora no centro da cabeça com o ouvinte ausente}} \quad (2)$$

$$P_2(\omega)/P_1(\omega) = \frac{\text{pressão sonora na entrada do canal bloqueado}}{\text{pressão sonora no centro da cabeça com o ouvinte ausente}} \quad (3)$$

A equação (3) considera um ponto de medida para a entrada do canal auditivo, caso este esteja bloqueado.

A pressão é comparada à de um “circuito aberto” com relação às demais pressões $P_3(\omega)$ e $P_4(\omega)$ por intermédio de um circuito elétrico análogo como demonstrado na Figura 18 (JUNIOR & LOPES, 2005).

Sendo as variáveis em letras maiúsculas pertence às funções espectrais e as letras minúsculas às funções do tempo.

As impedâncias são: impedância na entrada do canal ($Z_{radiação}$), impedância da entrada para o interior deste ($Z_{canal\ Auditivo}$) impedância do tímpano ($Z_{tímpano}$), visto na Figura 18.

Pode se afirmar que essa analogia elétrica é válida para uma escala de faixa de frequências, obedecendo um comprimento de onda maior que o diâmetro do canal auditivo d_{canal} = 8mm (JUNIOR & LOPES, 2005).

Os argumentos das funções das pressões na Figura 18 não serão detalhados, para simplificação da explicação.

$$\frac{P_3(\omega)}{P_2(\omega)} = \frac{Z_{\text{canal Auditivo}}}{Z_{\text{canal Auditivo}} + Z_{radiação}} \quad (4)$$

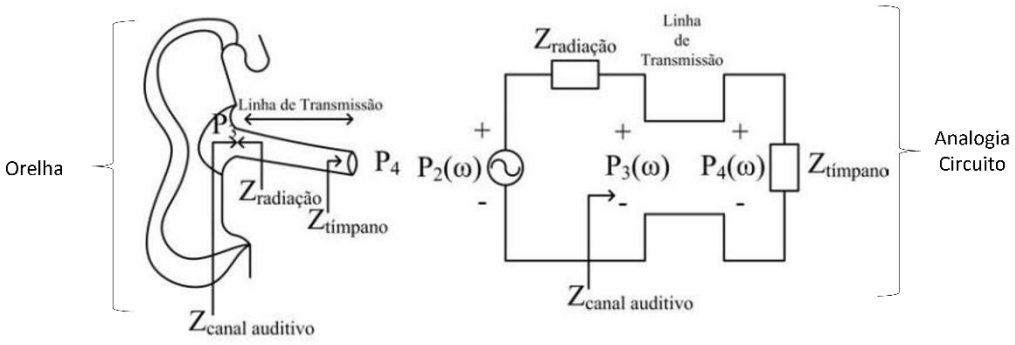


Figura 18 - Circuito análogo à transmissão sonora na orelha.
Fonte: (JUNIOR & LOPES, 2005)

Para a análise de medidas de HRTF, o sinal da fonte no ponto de referência $P_1(\omega)$ não pode ser analisado diante das outras pressões tomadas ao longo do conduto auditivo, já que $P_1(\omega)$ está relacionada à posição do centro da cabeça.

No entanto, as funções de transferência definidas anteriormente podem ser avaliadas por intermédio da função de transferência do alto-falante definida abaixo (JUNIOR & LOPES, 2005)

$$\frac{P_1(\omega)}{E_{altofalante}(\omega)} \tag{5}$$

O $E_{altofalante}(\omega)$ é a transformada de Fourier de e(t), o sinal elétrico nos terminais do alto-falante. Desta forma, temos o HRTF, onde o índice i é o ponto de coleta da pressão, ponto referencial a seguir (JUNIOR & LOPES, 2005).

$$\frac{P_i(\omega)}{P_1(\omega)} = \frac{\left[P_i(\omega)/E_{altofalante}(\omega)\right]}{\left[P_1(\omega)/E_{altofalante}(\omega)\right]} \tag{6}$$

As HRIR são capazes de decifrar as informações codificadas pelo torso, cabeça e orelhas através do sinal recebido pelo ouvinte. Cada sinal binaural deve ser apresentado à sua orelha de origem. Diante deste cenário, o uso de fones de ouvido se torna quase que imprescindível (JUNIOR & LOPES, 2005).

Temos que Z_{fone} é a impedância na entrada do canal auditivo para fora. Novamente as funções de transferência são determinadas a seguir (JUNIOR & LOPES, 2005):

$$P_7(\omega)/E_{fone}(\omega) = \frac{\text{pressão sonora no tímpano}}{tensão\ nos\ terminais\ do\ fone\ de\ ouvido} \quad (7)$$

$$P_6(\omega)/E_{fone}(\omega) = \frac{\text{pressão sonora na entrada do canal auditivo}}{\text{tensão nos terminais do fone de ouvido}} \quad (8)$$

$$P_5(\omega)/E_{fone}(\omega) = \frac{\text{pressão sonora na entrada do canal bloqueado}}{\text{tensão nos terminais do fone de ouvido}} \quad (9)$$

A medida destas funções de transferência é imediata já que todas elas possuem como entrada o sinal elétrico do fone (JUNIOR & LOPES, 2005). Os dois casos de absorção com ou sem fones de ouvido possuem detalhes que são interessantes para uma posterior equalização dos fones de ouvido para a reprodução.

Dentro do canal auditivo a passagem do som da entrada do canal até o tímpano se dá sem a interferência da posição da fonte sonora. Isto significa que $[P_7(\omega)] / [P_6(\omega)] = [P_4(\omega)] / [P_3(\omega)]$, ou seja, a propagação no canal depende somente deste e da sua impedância de carga $Z_{tímpano}$ (JUNIOR & LOPES, 2005).

Com a mesma análise da pressão de "circuito aberto" ($P_5(\omega)$), tem-se uma relação similar a encontrada para $[P_3(\omega)] / [P_2(\omega)]$ (JUNIOR & LOPES, 2005).

$$\frac{P_6(\omega)}{P_5(\omega)} = \frac{\mathrm{Z}_{canal\ auditivo}}{\mathrm{Z}_{canal\ auditivo} + Z_{fone}} \quad (10)$$

Tendo em conta a calibração necessária dos fones de ouvido para o áudio binaural, é importante avaliar as duas relações para "circuito aberto" (JUNIOR & LOPES, 2005):

$$\frac{[P_3(\omega)/P_2(\omega)]}{[P_6(\omega)/P_5(\omega)]} = \frac{\mathrm{Z}_{canal\ auditivo} + Z_{fone}}{\mathrm{Z}_{canal\ auditivo} + Z_{radiação}} \quad (11)$$

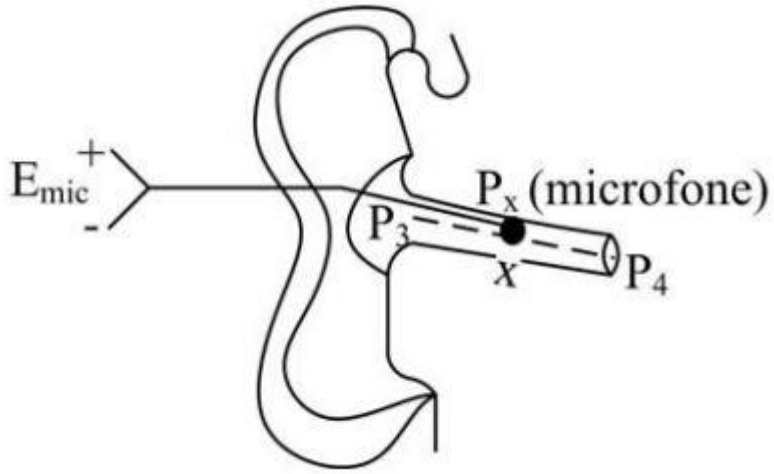


Figura 19 - Medida com microfone em ponto genérico dentro da orelha externa.
Fonte: (JUNIOR & LOPES, 2005).

Conclui-se que os pontos de referência podem ser utilizados de três formas para se executar medidas de HRTF ou gravações binaurais. Busca-se através de todas elas a reprodução principalmente com fones de ouvido e para tanto é necessário realizar a equalização referente à cadeia de dispositivos elétricos percorrida pelo áudio binaural.

Em cada ponto de referência onde o sinal binaural é captado deve haver uma calibração, levantamento de sua função de transferência, para que as pressões estejam devidamente equalizadas durante a reprodução (JUNIOR & LOPES, 2005), (MØLLER H. , 1992). Torna-se mais adequado e efetivo realizar a calibração dos fones de ouvido com o mesmo microfone usado na absorção dos sinais binaurais, uma vez que dessa maneira as compensações para diferenças de respostas não precisam ser feitas (JUNIOR & LOPES, 2005).Torna-se mais adequado e efetivo realizar a calibração dos fones de ouvido com o mesmo microfone usado na absorção dos sinais binaurais, uma vez que dessa maneira as compensações para diferenças de respostas não precisam ser feitas (JUNIOR & LOPES, 2005).

As medidas realizadas em cabeças reais na entrada do canal bloqueado não interferem no campo sonoro medido desde que o microfone possua dimensões em conformidade e esteja embutido no plug que veda o canal. Neste trabalho as medidas realizadas são feitas sem calibração dos fones de ouvido, sem uso de microfones para captação, utilizando somente programas de processamento de sinais de áudio para a composição dos sinais binaurais.

2.3 Estado da Arte

2.3.1 Processamento em SoundBars Dolby Atmos

O sistema Dolby Atmos passou a ser utilizado nos cinemas em 2012 e foi um marco de sucesso, uma vez que agradou muito o público do cinema e entretenimento. O conceito abordado pela técnica era convencionar qualquer objeto na cena, para qualquer ponto do espaço, sendo representado por uma caixa ou um grupo de alto-falantes.

Isso traz uma liberdade espacial para se propagar em qualquer ponto do ambiente, criando uma imersão aos seus telespectadores mais realistas (LABORATORIES, 2021). Com os avanços nos estudos do som tridimensional, sendo propagado em cadeias de alto-falantes para trazer um maior realismo ao sistema, surge e começa a ser discutido o modelo em *Dolby Atmos*

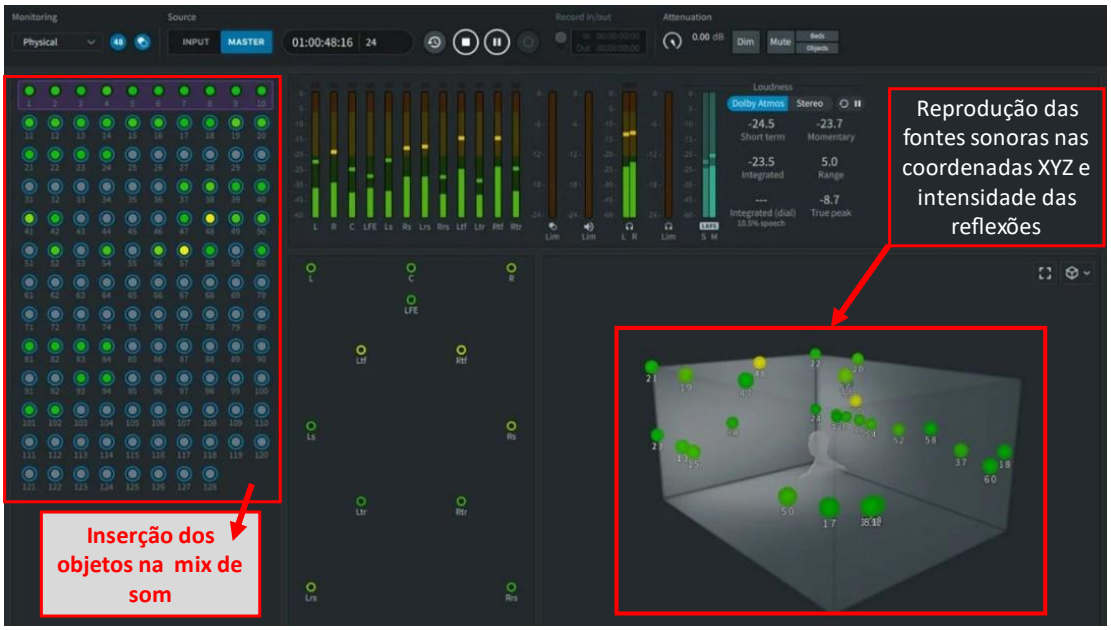


Figura 20 - Os cineastas podem usar esta ferramenta Dolby Atmos para posicionar e direcionar objetos de áudio ao longo do espaço tridimensional.
Fonte: (LABORATORIES, 2021).

Este modelo trabalha em forma de camas sonoras, o que significa trazer camadas inferiores, centrais e superiores para dentro de uma sala de cinema, criando zonas de reflexões para os sons propagados como é possível observar na Figura 20.

Usando ferramentas computacionais e processamento de sinais, foi possível

fabricar objetos de áudios tridimensionais, que são aplicados nas camas do campo sonoro. Cada alvo de uma cena, como por exemplo, um som de um mar, uma cigarra, um avião voando pelo ar, pode ser representado como um ponto ou alguns pontos em um espaço acima, abaixo ou entorno do ouvinte, criando uma sensação de *surround* ao ambiente.

De acordo com Paul James (Power, 2016), quando trabalhamos com sistemas de áudio com alturas estamos falando de sistema NHK 22.2, sistema esse que tem sido bastante discutido em pesquisas. Este formato utiliza 10 canais de áudio na altura do ouvido humano, 9 canais de áudio acima do telespectador e 3 canais frontais na parte inferior somando com 2 *subwoofers*, como visto na Figura 21.

Esta configuração de caixas e distribuição foi idealizada para uso comercial, como em apresentações de cinema. O modelo da NHK 22.2 tem sido bastante estudado pelos pesquisadores e profissionais do mundo audiovisual, sendo trabalhado em conjunto com vídeos em altas resoluções (Power, 2016).

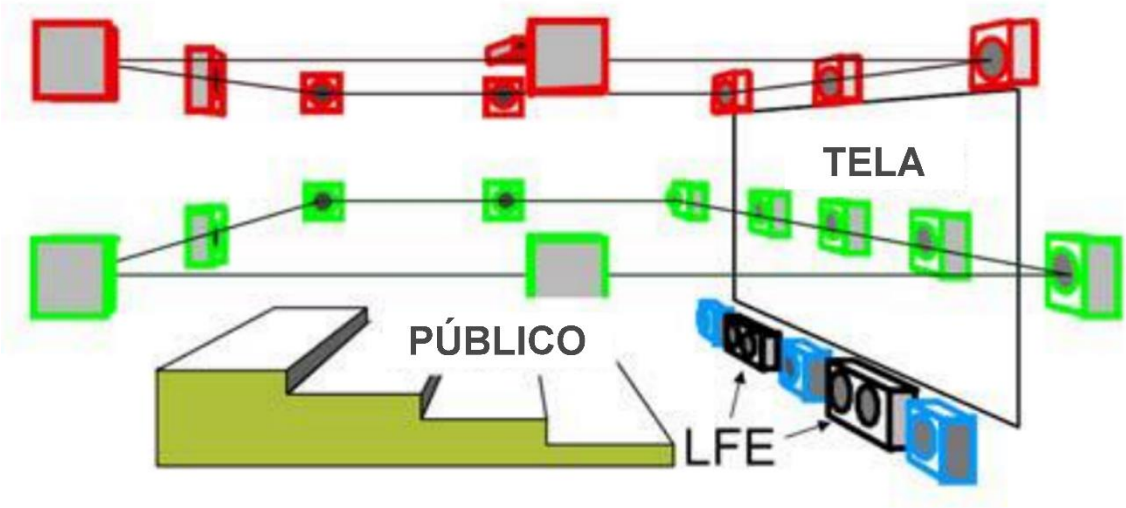


Figura 21- Diagrama padrão para sistema de áudio em 22.2, com as três camadas principais no formato NHK.
Fonte: (Power, 2016).

Alguns estudos demonstram que o grande quantitativo de canais frontais e aéreos ajudam na percepção do conteúdo reproduzido.

A localização dos artefatos dos áudios compostos nas cenas gera uma maior área de audição e uma profundidade melhor em comparação com os sistemas de áudio em 5.1 (Power, 2016). Nestas camas sonoras os objetos das cenas são simulados computacionalmente, e pode-se brincar com os elementos tridimensionais em uma mistura cinematográfica ao ambiente, trazendo um som espacial ao ouvinte e uma

percepção dos áudios mais vivos. Nestas camas sonoras os objetos das cenas são simulados computacionalmente, e pode-se brincar com os elementos tridimensionais em uma mistura cinematográfica ao ambiente, trazendo um som espacial ao ouvinte e uma percepção dos áudios mais vivos.

O sistema de reprodução em uma sala de cinema e no entretenimento doméstico são formados por equipamentos já homologados pela *Dolby*, que são compatíveis com os seus sistemas em *Atmos.* Estes sistemas possibilitam uma decodificação dos áudios renderizados anteriormente e reproduzindo fielmente a espacialidade do som tridimensional sincronicamente no ambiente, sem termos perdas de qualidade ou falta de realismo, como ilustrado na Figura 22.

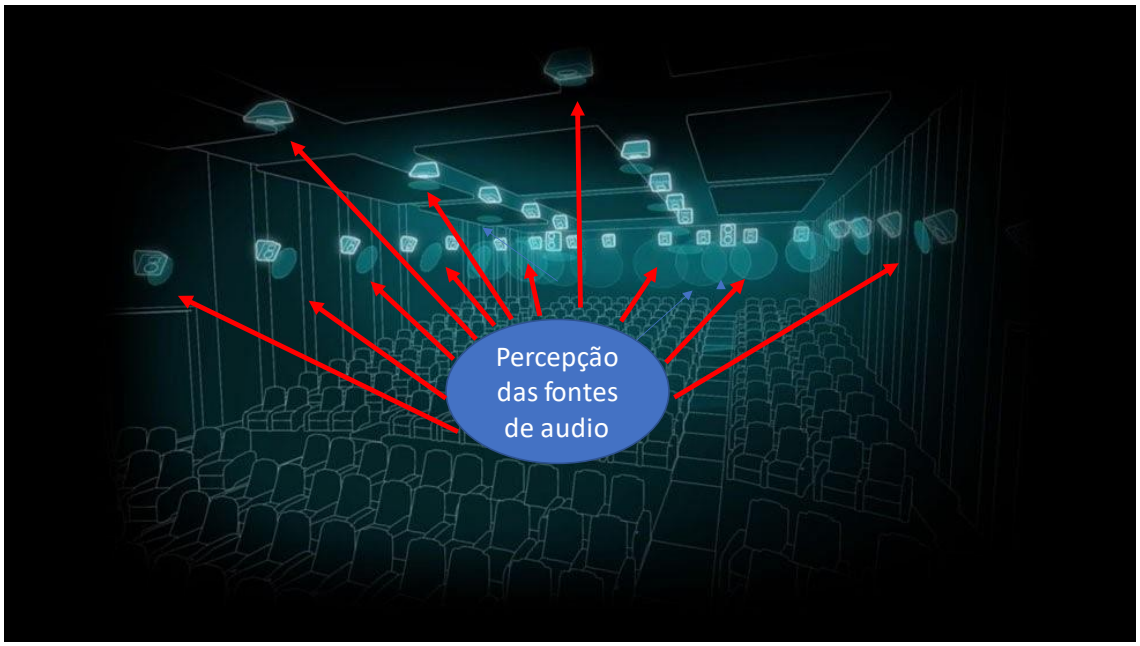


Figura 22 – Layout em *dolby atmos* no cinema ilustrando a percepção da reprodução dos sons em diferentes caixas acústicas.
Fonte: Adaptado pelo Autor (LABORATORIES, 2021).

A melhoria das resoluções das televisões em alta definição para as telas domésticas provocou também um avanço dos sistemas de áudio, inovando com os novos produtos *Soundbars* como uma resposta aos telespectadores, buscando novas atrações e entretenimentos.

Nesse contexto houve mudanças com relação à existência de televisores enormes e pesados nas casas das pessoas, como também em relação aos alto-falantes por toda parte da sala, com diversos fios espalhados, alterou-se a perspectiva para soluções mais minimalistas, tendo telas mais finas e leves e apenas um aparelho de som sendo o

Soundbar.

Com a diversificação dos aparelhos *soundbar*, como descrito na Figura 23, e a popularização deles no comércio audiovisual, os preços tornaram-se mais atraentes e acessíveis ao consumidor, estimulando os espectadores para uma maior qualidade de som e adicionando novos entretenimentos em nossas salas.

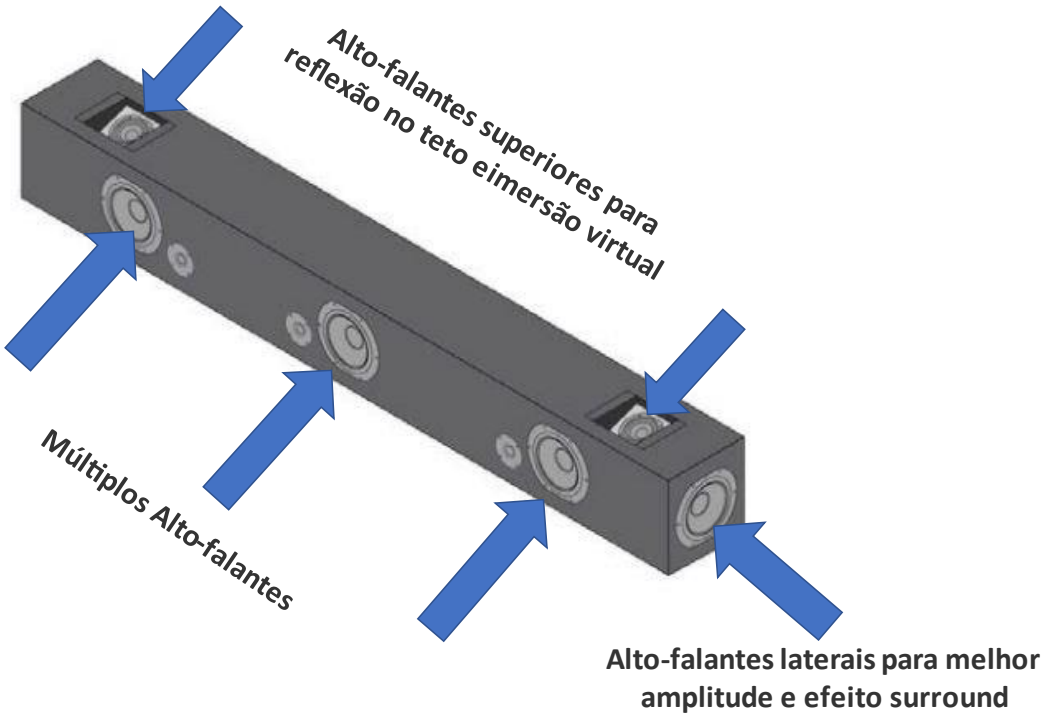


Figura 23 - Alto-falantes superiores, laterais e frontais do *soundbar* para reprodução em *Dolby Atmos*.
Fonte: Adaptado pelo autor (LABORATORIES, 2021).

Através dos novos formatos e *codecs* de áudio, como o *Dolby Atmos*, foi possível que os produtos em *soundbar*, decodifiquem os sinais de áudio tridimensionais e reproduzam em seus alto-falantes. Os *soundbars* conseguem propagar pela área de audição e utilizar as reverberações ambientes tanto do teto, como dos objetos em sua volta, para reproduzir um áudio com maior grau de realidade.

Os HRTF são utilizados no *surrond virtualizer* para que os ouvintes tenham uma sensação dos sons, como se fossem reproduzidos de múltiplos alto-falantes, visto na Figura 24 (LABORATORIES, 2021). Desta forma é possível criar um aumento da amplitude auditiva ao observador (LABORATORIES, 2021).

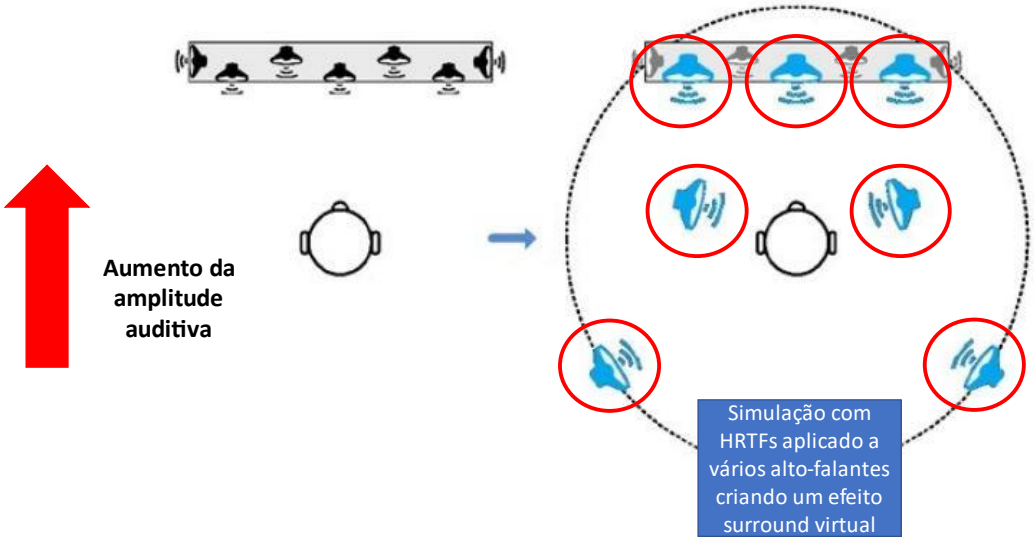


Figura 24 - O som do Surround Virtualizer dá ao ouvinte uma sensação de amplitude auditiva.
Fonte: Adaptado pelo Autor (LABORATORIES, 2021).

2.3.2 Processamento em MPEG-H Audio - 3D

O sistema MPEG-H Audio 3D (Fraunhofer, s.d.), foi padronizado internacionalmente como um padrão na área de tratamento de processamento de áudio e manipulação dos objetos de som tridimensionalmente inseridos nos conteúdos assistidos. Com isto, vem sendo adotado por muitos engenheiros de som e comercializado pelos fabricantes, esse padrão de codificação MPEG-H.

O MPEG-H de áudio foi incluído no padrão da TV 2.5 e tem como característica a possibilidade de carregar áudios tridimensionais e pode reproduzir até 22.2 canais disponíveis. Ele suporta codificações de áudio, objetos, ou *ambisonics* de ordem superior, chamado HOA. A próxima geração da TV 3.0 será obrigatória o *codec* de áudio sendo o MPEG-H, para o sistema de transmissão de TV brasileiro, sendo regulamentado no Fórum Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD) (Fraunhofer, s.d.).

O Grupo Rede Amazônica se antecipou na aplicação desta nova tecnologia, onde ela coopera em projetos com a Fraunhofer para lançar Áudio MPEG-H em seu canal de transmissão *Amazon* Sat. A operação existe por 24 horas por dia e 7 dias por semana em seus canais de transmissão terrestre, um grande passo para o amadurecimento da tecnologia no Brasil e mais uma tecnologia tridimensional sendo utilizado em diferentes aplicações (Fraunhofer, s.d.).

Em um modelo de pós-produção pode-se adotar um esquema de processamento

de áudio conforme abaixo, para fluxos de trabalho totalmente baseados em arquivos. A autoração das cenas de áudio em MPEG-H e os metadados são produzidos por ferramentas independentes ou por plug-ins para estações de trabalho de áudio digital (DAW).

Após o fechamento da autoração, os metadados são exportados em conjunto com os áudios e são entregues em diferentes *deliveries* (Fraunhofer, s.d.).

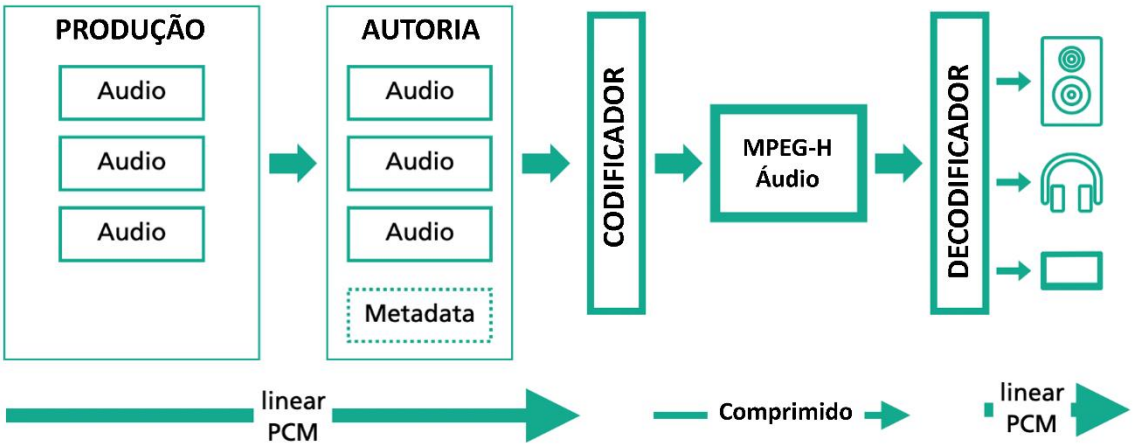


Figura 25 – Esquema de processamento de áudio para o fluxo de produção em MPEG-H.
Fonte: Adaptado pelo Autor (Fraunhofer, s.d.).

A Codificação MPEG-H, que veio a ser discutida em conjunto com as novas tecnologias da época, como os televisores UHD (ultra alta definição) estreando no início de 2011, fundamentou como recente padrão de áudio para as tecnologias. Somando-se a codificação MPEG-H às telas em 4K ou 8K de resolução e trazendo melhores *pixels* em sua visualização, tornou-se possível que o telespectador esteja mais próximo aos *displays*, tendo um campo de visão bem maior.

Desta forma, a tecnologia tridimensional com o MPEG-H ofertou melhores imersões aos observadores criando sensações únicas de diversão para os conteúdos assistidos (HERRE, 2015).

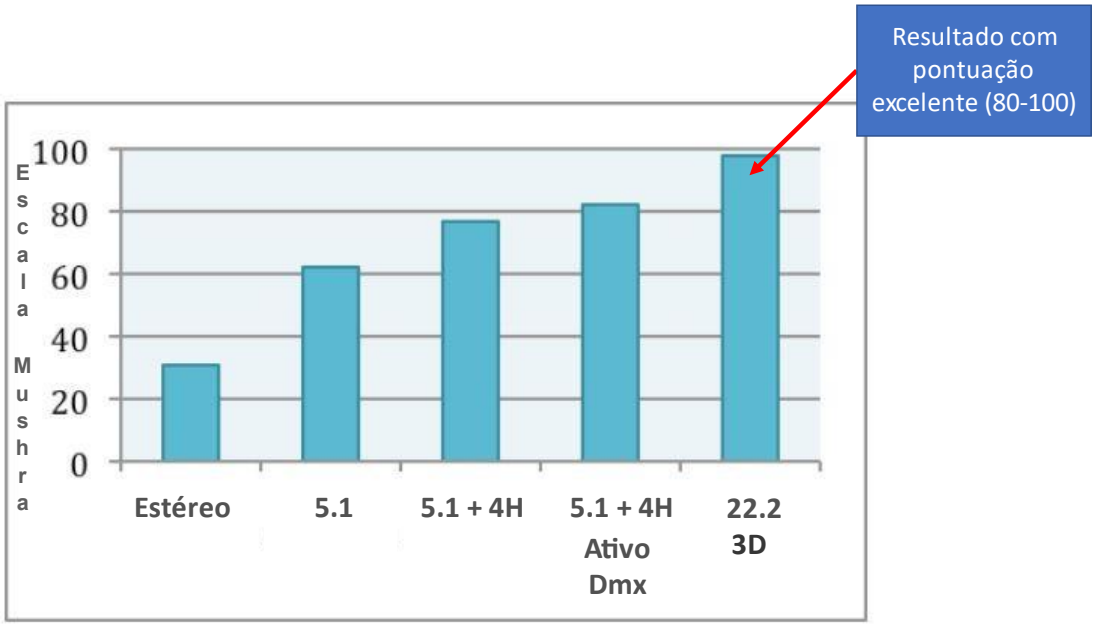


Figura 26 – A impressão geral qualidade de som em uma escala Mushra de 0 a 100 em relação a uma referência 22.2 com o aumento do número de canais de reprodução de som. Fonte: (HERRE, 2015).

A Figura 26 mostra os resultados de um teste subjetivo que compara a qualidade do som global obtido a partir de sistemas 3D em comparação com estéreo de hoje, 5.1e áudio imersivo.

A escala utilizada compreendendo de 0 a 100, foi a Mushra (Estímulos Múltiplos com Referência Oculta e Âncora) para análise comparativa das tecnologias (HERRE, 2015). Os tradicionais formatos de áudio 5.1 ou 7.1 + 4H vêm sendo substituídos por novas técnicas na indústria audiovisual, por sistemas com imersões 3D. Os tradicionais formatos de áudio 5.1 ou 7.1 + 4H vêm sendo substituídos por novas técnicas na indústria audiovisual, por sistemas com imersões 3D.

Essas ferramentas são o avanço na ciência para diferentes maneiras em se reproduzir nos cinemas, em musicais e para área broadcast, inovando com os padrões de vídeo em 8K e 4K para o comércio de nossos telespectadores. Para utilizarmos essa cadeia de transmissão tanto para o ao vivo ou pós-produzido, são necessárias ferramentas de autoria, para criação dos metadados dos arquivos de áudio.

A MPEG-H Authoring Tool (MHAT) é um recurso utilizado pelos pesquisadores e profissionais, que ajuda a criar metadados em MPEG-H. Essa ferramenta é um software para Mac ou Windows que manipula arquivos de áudio já mixados. O MHAT possibilita a criação rapidamente de um arquivo de áudio em MPEG-H sem a necessidade de uma DAW.

O software habilita em tempo real os parâmetros específicos do MPEG-H, para que possam ser ouvidos e exportados posteriormente em diversos formatos como: MPEG-H *Production Format* (MPF), MPEG-H BWF / ADM ou como modelo de exportação em um arquivo XML (Meltzer & Murtaza, 2014).

As normas técnicas do padrão MPEG-H evoluíram bastante no decorrer das pesquisas realizadas e consolidou-se diante de muitos desafios no mercado audiovisual. A tecnologia permite que os telespectadores possam escolher os objetos da cena que estão assistindo e manipular eles, personalizando no menu de configurações do controle.

Por exemplo em um jogo de futebol, é possível diminuir ou aumentar a voz do locutor, como também realçar o volume ambiente do estádio. Essa interação e personalização é demostrado na Figura 27 (HERRE, 2015). Além disso, os objetos da cena, como o som direto de algum conteúdo, podem ser controlados individualmente em todo seu alcance dinâmico da voz, ajudando assim na inteligibilidade do som e uma melhor percepção de qualidade aos ouvintes (HERRE, 2015).

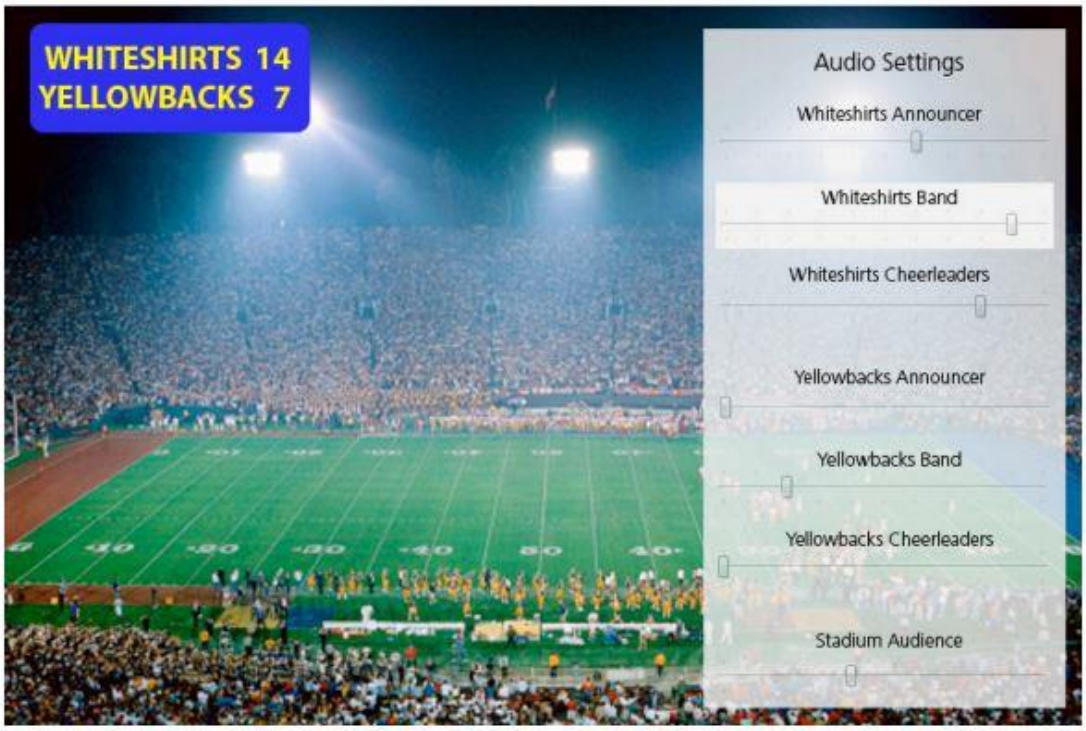


Figura 27 – Exemplo de uma transmissão de futebol americano.
Fonte: (HERRE, 2015).

O comércio audiovisual vem buscando em seus dispositivos eletrônicos modos mais fáceis de se reproduzir e trabalhar com os áudios, trazendo facilidades e descomplicação para os usuários. A técnica bastante difundida para o público é o processamento em áudio binaural, pois traz uma facilidade em compatibilidade, é

escalável e integra o protocolo MPEG-H sendo renderizado facilmente em suas produções.

De acordo com Meltzer, a eficiência do MPEG-H é resultado da alta efetividade de seu codec. A inteligência por trás do formato, é devido à complexidade das variações dos áudios, mixados por objetos individuas, diferenciando pela antiga modelagem em alto-falantes, criando uma realidade por sons tridimensionais e gerando uma imersão para a audição do ambiente mais realista (Meltzer S. a., 2014).

De acordo com os parâmetros técnicos descritos para o áudio em MPEG-H tridimensional, os conteúdos com até 22.2 canais opera com taxa de *bits* de 256Kbps a 1.2Mbps, oferecendo uma excelente qualidade e no passado para sistemas semelhantes ao *surround* 5.1, se trabalhava em 96 a 256Kbps.

Conclui-se que com quase a mesmas taxas, o codec MPEG-H pode ter a mesma qualidade e conter mais canais encapsulados ao som, trazendo eficiência e otimização ao processamento de sinais, onde é ilustrado com maiores detalhes na Figura 28.

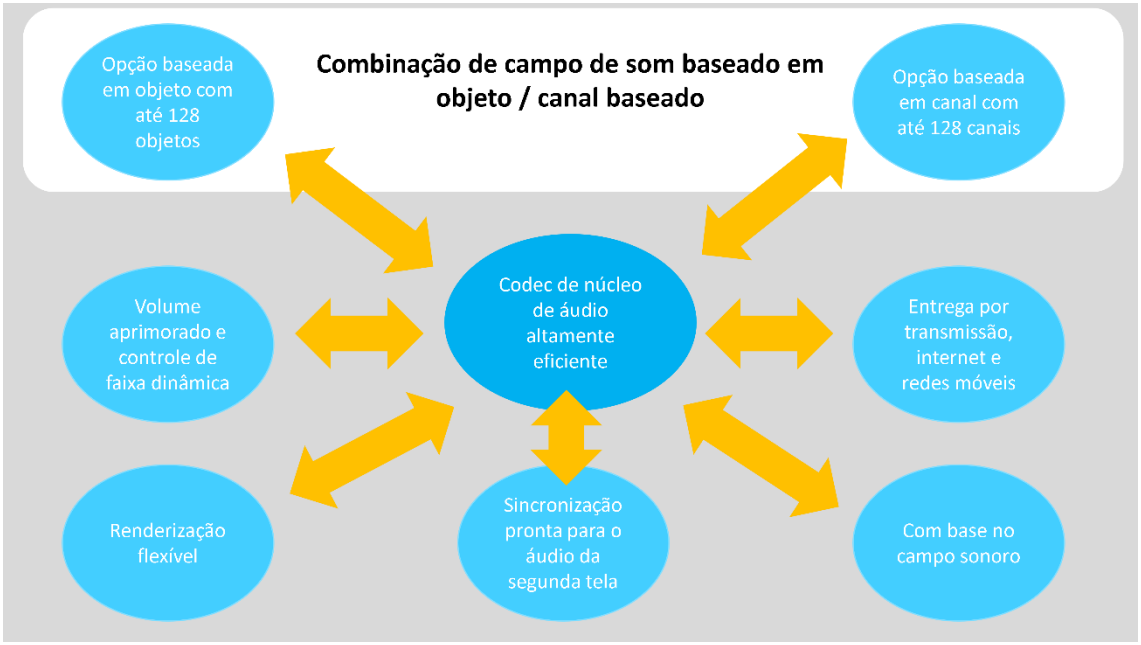


Figura 28 - Elementos de tecnologia do padrão de áudio MPEG-H 3D.
Fonte: (Meltzer S. a., 2014).

Em vista dos argumentos apresentados, o padrão de áudio MPEG-H demostra apresentar muita eficiência em seu *codec*, trazendo flexibilidade ao mercado audiovisual, para que diferentes tecnologias possam aderir a esse novo protocolo e agregar para ambientes mais imersivos e originais.

Este novo conceito de áudio, rompe barreiras para gerações mais atuais do

mercado e promete ser um complemento para o novo padrão de televisão, como falado para o novo padrão de TV 3.0 e assim complementando o recente *codec* de vídeo MPEG-H HEVEC para sistemas UHDTV (Neuendorf, 2014).

2.3.3 Processamento de Áudio x Estudo de Casos

Muito se debate, nos dias atuais sobre os efeitos do estresse na vida das pessoas, que pode causar uma diminuição da concentração nas atividades, perda da eficiência na memória, problemas cardíacos, aumento da pressão arterial, ganho de peso, envelhecimento precoce e ainda trazer ansiedade e depressão em alguns casos.

Com isto, muitos vem procurando alternativas não medicamentosas, para tratamentos de doenças (Wilot, 2019). O comportamento humano tem total relação com o meio externo e interno e isso pode gerar ansiedade e causar mudanças de humor. Quando estamos em momentos de tédio, fadiga e exaustão, o nosso desempenho cerebral é diminuído.

O que acontece é que os níveis de hormônios do estresse, fundamentais para manter o cérebro ativo, focado e desempenhando de forma satisfatória as atividades, devem estar de maneira equilibrada em nosso organismo e quando há situações de muito estresse pode haver alterações hormonais. Conforme análise do gráfico na Figura 29, conclui-se que é importante desempenhar tarefas e manter-se em movimento, mas que é preciso ter cautela quando o limite do estresse é alcançado para não gerar fadiga e exaustão. O equilíbrio é fundamental (Faria L. , 2016).

A Lei de Yerkes-Dodson também conhecida como a Lei do U-invertido, afirma que níveis inferiores de excitação são insuficientes para uma boa performance, em contrapartida níveis altos de excitação interferem desfavoravelmente na performance ocasionando diminuição da concentração, falhas de memória e intranquilidade ao corpo (ZANON, 2019).

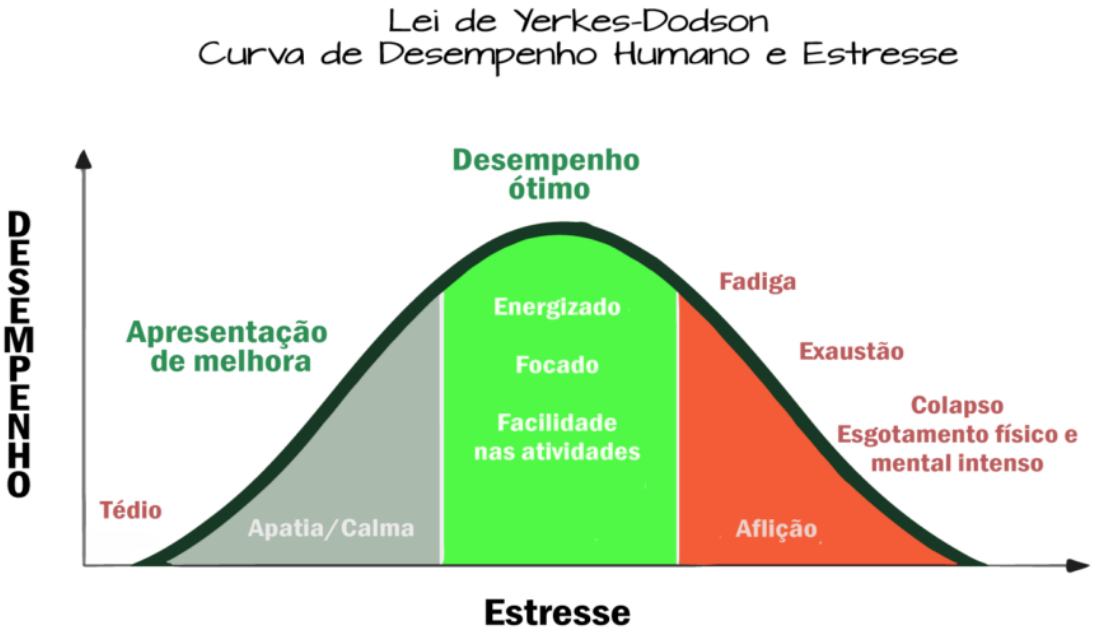


Figura 29 – Gráfico da Lei de Yerkes-Dodson.
Fonte: (Faria L. , 2016).

Em grande parte, as situações causadoras de estresse são divididas em dois tipos: (a) o estresse oriundo de manifestações físicas (calor, frio, sol, vento, umidade, etc.) e (b) o segundo tipo de origem emocional, provocado não por uma condição estressante externa, mas pelo estímulo eletroquímico do cérebro, gerado por exemplo por uma situação que será confrontada em um futuro imediato (palestrar em público, exposição da sua imagem, situações desagradáveis, etc.).

Nota-se, desta forma, que ambos os tipos de estresse geram no organismo uma reação fisiológica frente a acontecimentos que precisam de um ótimo desempenho de funções orgânicas e psíquicas, consequentemente, seria uma maneira do organismo se adaptar às situações diárias, positivas ou negativas (LIMA, FORMIGA, & DE MELO, 2018).

Com os constantes aumentos de estresse e ansiedade na sociedade, algumas alternativas estão sendo realizadas para ajudar nos tratamentos das doenças como a prática da meditação e relaxamento, onde estudos avaliam ser muito eficazes, pois eles não tratam a doença apenas, o foco é o paciente na terapia (Wilot, 2019).

A meditação inclusive tem sido recomendada clinicamente para tratamento de sintomas de ansiedades e estresses, além de produzir efeitos que podem impactar de forma positiva as funções cognitivas e afetivas (MENEZES & DELL'AGLIO, 2009).

Outra terapia alternativa que tem sido utilizada em hospitais até mesmo nos momentos de pré-operatório ou pós-operatório é a música. Esta é aplicada há muitos

anos desde a época dos egípcios como tratamento terapêutico.

A musicoterapia é uma técnica que vem evoluindo em diversas pesquisas como uma forma de tratamento aos pacientes, trazendo uma diminuição de fatores em enfermidades (NILSSON, 2003), (GAGNER-TJELLESEN, 2001) e (ROSHANI, 2019). Os estudos de resultados pós-operatórios utilizando músicas como intervenções não farmacológicas vem demonstrando boa eficácia, no sentido de reduzir os efeitos indesejáveis das fontes farmacológicas aplicadas aos pacientes (BINNS-TURNER, 2008).

Conforme dito por BINNS-TURNER (BINNS-TURNER, 2008), o objetivo do experimento da utilização de um musical no momento perioperatória (que se inicia desde a indicação da operação até a alta do paciente) é avaliar os efeitos benéficos que os pacientes podem ter nas doenças operatórias, como a pressão arterial media (PAM), mudança da frequência cardíaca e crises de ansiedade.

Para validação de sua pesquisa, BINNS-TURNER (BINNS-TURNER, 2008) utiliza a música com os pacientes no periodo perioperatoria.

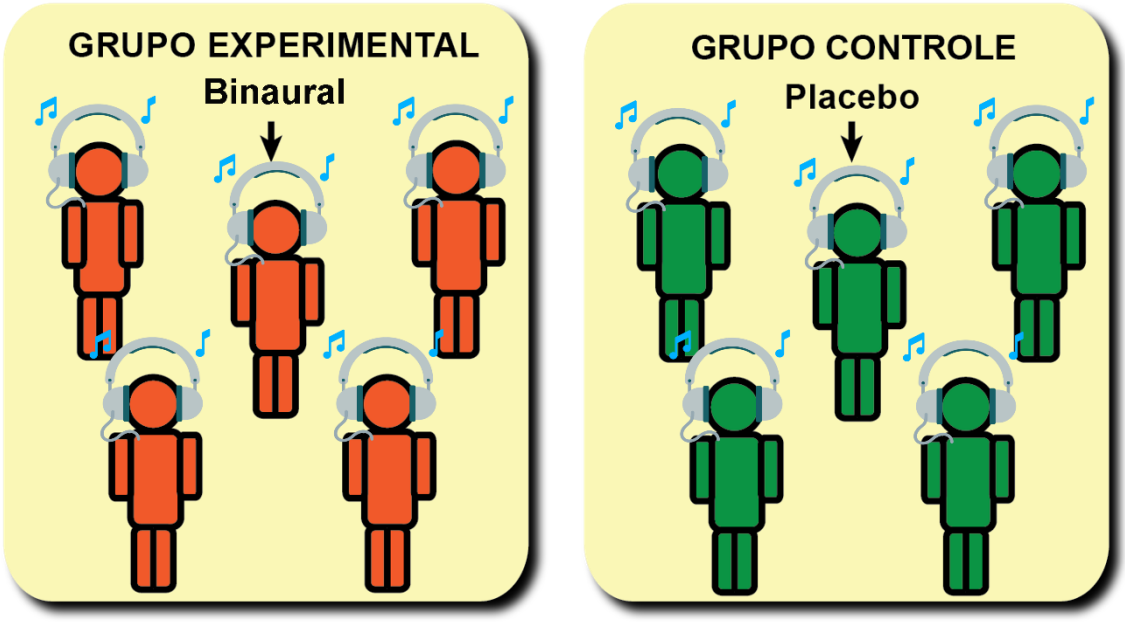


Figura 30 – Grupo de controle que não possui áudio binaural (placebo) e grupo experimental com aplicação do binaural.
Fonte: Adaptado pelo autor (CNEC, 2022).

Usou-se também o método de grupo de controle e experimental com os pacientes, onde convenciou utilizar uma amostragem de trinta pessoas (n=30) do sexo feminino que teriam câncer de mama e fariam o procedimento cirúrgico de mastectomia.

No grupo selecionado houve uma filtragem de exclusão, com critérios de corte avaliados pelos pesquisadores, para que os individuos tenham uma melhor assertividade para o experimento.

Nesta pesquisa de Binns o grupo de intervenção ou experimental participou no período perioperatório escutando música nestes intervalos operatórios. O restante das mulheres que também estavam sendo tratadas, recebeu um tratamento padrão sem nenhuma intervenção da música.

Os resultados mostraram que os níveis de PAM, ansiedade e dor foram significativamente reduzidos ou melhorados no pós-operatório para o grupo de intervenção em comparação com o grupo de controle (BINNS-TURNER, 2008). Concluiu-se neste estudo de Binns que houve uma diminuição da pressão arterial, bem como dos níveis de ansiedade das mulheres do grupo que receberam o tratamento com a música no período pré-operatório o que não aconteceu com as mulheres que fizeram parte do grupo de controle (BINNS-TURNER, 2008).

Em um ensaio clínico aleatório em 42 (quarente e dois) pacientes foram analisados os ganhos em se usar a música na incidência de vários sintomas sistêmicos e os resultados comprovaram uma redução significativa nos sintomas de ansiedade e dor. (Nilsson, 2008) e (Roshani, 2019).

A pesquisa de ROSHANI (2019) comenta os efeitos em se utilizar uma método de música conhecida como Binaural *Beat Music* (BBM), no momento da anestesia em enfermos submetidos a cirurgia ocular. O estudo foi realizado com pacientes do Hospital Universitário Imam Khomeini em Kermanshah de forma randômica e termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foram assinados e concedidos pelos participantes.

A amostra do grupo teve um total de 60 (sessenta) enfermos, sendo divididos em dois grupos, um utilizando o BBM e o segundo sendo um grupo convencional. Pacientes do grupo BBM, escutaram o áudio 5 (cinco) minutos antes da cirurgia e foram medidos todos os sinais vitais dos pacientes antes (Roshani, 2019).

Com o estudo de Roshani, ficou claro que a música beat binaural reduz a ansiedade e a dor, ajuda no controle das alterações hemodinâmicas, além de promover maior satisfação dos pacientes submetidos à cirurgia ocular. Em um estudo de Wiwatwongwana et al. com 141 pacientes submetidos à cirurgia de catarata com anestesia local, os pacientes foram divididos aleatoriamente em três grupos: pacientes que receberam BBM, pacientes que receberam música simples como grupo de intervenção (MI) e um grupo de controle (com fone de ouvido sem música). A pressão

arterial e a frequência cardíaca foram medidas na admissão e 20 minutos de operação (Wiwatwongwana, 2016) (Roshani, 2019).

Neste estudo concluiu-se que os pacientes submetidos à música por meio de áudio simples e áudio binaural tiveram diminuição da ansiedade e da pressão sistólica. No entanto, os pacientes que escutaram o áudio binaural tiveram ainda redução da frequência cardíaca.

Deixa claro, que neste caso, a aplicação de música através de áudio binaural trouxe mais benefícios do que a aplicação do áudio simples. Em um estudo na China, examinado 64 pacientes selecionados aleatoriamente, que receberam 30 minutos de musicoterapia. Ansiedade, indicadores fisiológicos e comportamento dos pacientes durante o relaxamento em dois grupos foram registrados antes e depois do estudo (Roshani, 2019).

Como justificativa para o uso da sintetização dos áudios binaurais, mostra-se na pesquisa de Jason Obadiah o uso de sistemas binaurais aplicados na conservação da cultura da Indonésia tendo um grande impacto para o público local. Utilizou-se em sua pesquisa o plugin Facebook 360 Spatial Workstation, para animação de *Wayang Kulit*, saindo da tradicional forma de apresentação em público, mostrando os resultados com a inserção dos áudios binaurais (Obadiah, 2021).

Nesta pesquisa adotou-se a metodologia DASS-21, em vez de um EVA para medir o estado de ansiedade, conforme recomendações cientificas. Assim como aconteceu em alguns dos estudos descritos acima, a ideia da presente dissertação é criar dois grupos de trabalho para avaliação da pesquisa, sendo eles, grupo de controle e um grupo experimental.

O grupo de controle é aquele que será mantido em condições normais, ou seja, receberá o áudio original, e serve como base de comparação para o grupo que recebe o tratamento. Já o grupo experimental recebe um procedimento experimental, um áudio binaural sintetizado e participa do tratamento de teste real, que será posteriormente comparado com o grupo de controle, ilustrado na Figura 30.

A pesquisa abordará uma avaliação subjetiva de pessoas que serão convidadas a participar, sugerindo uma amostra de 30 (trinta) convidados. Para avaliação dos grupos de amostras com o método do Binaural aplicado na Meditação, usaremos como base dos dados as métricas de Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - DASS-21, versão reduzida para o português do Brasil e a escala EVA.

Os voluntários respondem cada pergunta com o grau com que vivenciaram na última semana cada um dos sintomas descritos em cada item, computando na escala

Likert de 4 pontos, avaliando a gravidade e frequência, escalando da seguinte forma: e 0 (não se aplica a mim) e 3 (aplica-se muito a mim, ou a maior parte do tempo).

Para a pontuação final, soma-se todos os 21 itens, para verificação do resultado. A escala DASS-21, tem uma grande solidez, confiabilidade, e vem se mantendo quanto a sua fidedignidade e validade convergente (cf. Patias, Machado, Bandeira, & Dell'Aglio, 2016), (FORMIGA, 2021).

No presente trabalho serão utilizados áudios de meditação para que sejam avaliados os níveis de estresse, depressão e ansiedade, tendo o mesmo conceito dos estudos descritos, aplicação de áudio para trazer benefícios referentes à saúde para os participantes.

3 - Materiais e Métodos

A pesquisa elaborada para esse projeto vem abordar uma avaliação das pessoas que serão convidadas a participar do estudo.

Serão convidados 30 (trinta) voluntários, via e-mail, por contatos sociais ou em pesquisas em faculdades, que terão a faixa etária entre 18 e 75 anos, podendo ser de qualquer gênero, que tenha fluência na língua Portuguesa e de qualquer localidade.

Teremos dois grupos, sendo eles, grupo de controle e grupo experimental, onde o grupo de controle é formado por sujeitos designados para o tratamento controle. Serve como base de comparação para o grupo que recebe o tratamento em teste; e o grupo experimental é o grupo designados ao tratamento em teste. É contrastado com o grupo controle para chegar a uma conclusão sobre um fator, condição ou tratamento.

3.1 Análise de Dados

Neste trabalho foram abordados 15 voluntários para serem do grupo de controle, os quais receberão um áudio sem nenhuma sintetização do Binaural e outros 15 convidados irão receber o áudio Binaural.

Os áudios de meditação terão em média duração de 5 (cinco) minutos. Ambos os grupos realizarão o preenchimento do formulário enviado para eles. Será utilizado um programa computacional por uma máquina de sistema operacional MacOS. Ao adicionar um *plugin* com sintetização digital conseguimos criar um ambiente tridimensional para a pesquisa conforme visto na Figura 31.

Uma vantagem na escolha do *software* a ser utilizado, é ser bem difundido no mercado audiovisual, ter baixo custo e de menos complexidade operacional, tendo melhores recursos dos que utilizados no mercado aberto.

Na Figura 32, ilustramos o fluxo de trabalho para o processamento, sintetização e mixagem do som com a entrega do conteúdo sendo dividido em três estágios principais. Para a fase do projeto é possível direcionar cada *fader* da pista de mixagem com um *plugin* de espacialização, contendo o áudio para a meditação.

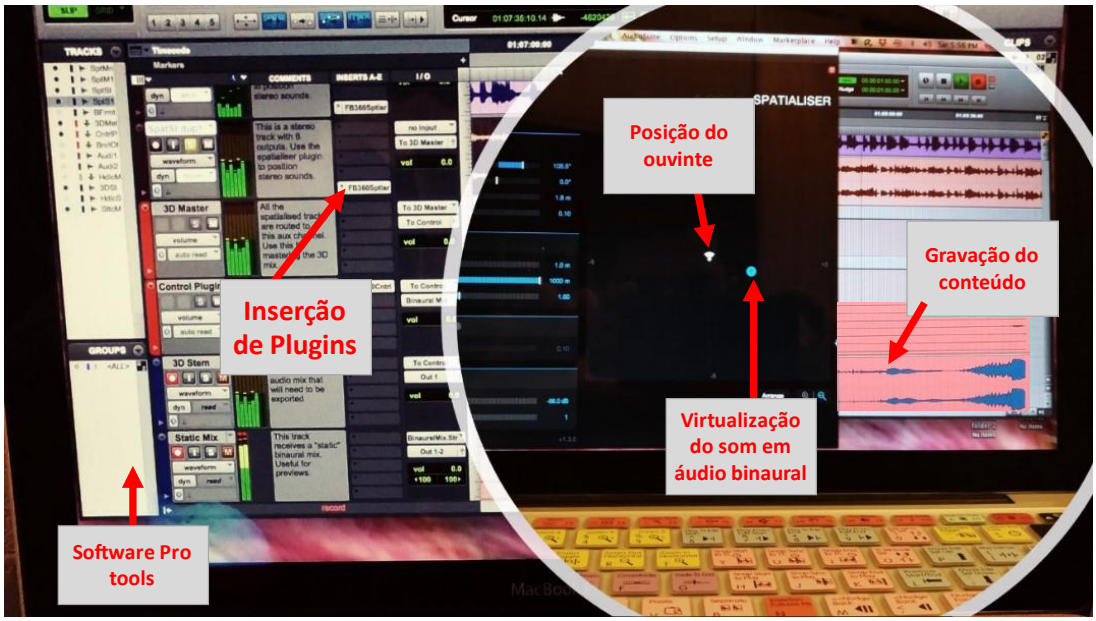


Figura 31- Estação de trabalho de áudio digital com plugin FB360.
Fonte: Produzida pelo autor.

Os mesmos sendo separados por pistas e com acréscimo de efeitos sonoros para complementar a imersão do áudio aplicado para a meditação, além de inserções de outros *plugins* como equalizadores e *reverb* nos canais para aumentar a inteligibilidade e presença na mixagem.

Desta forma, é utilizado um canal auxiliar na mesa de mixagem com o *plugin* de controle inserido para a auralização do áudio e controle dos parâmetros para modelagem das salas, criando assim os efeitos do áudio binaural. Após a mixagem de todo o conteúdo de áudio, passa-se para a fase de distribuição, onde a gravação dos canais de áudio manipulados pelo *plugin* serão exportados em formato *wav*, 24 *bits*, com taxa de amostragem de 48kHz.

Enfim, com o arquivo exportado em sua forma final, é possível que os voluntários possam através da utilização de fones de ouvido, participar da experiencia proposta.

O codificador FB360 transforma a mixagem da estação de trabalho de áudio em vários formatos de áudio espacial, dentre eles, formatos que podem ser traduzidos pelo Áudio *Engine*. A mixagem gerada na estação de trabalho de áudio é preparada binauralmente com rastreamento de cabeça. Em nosso fluxo de trabalho foi exportado um áudio com o efeito do binaural.

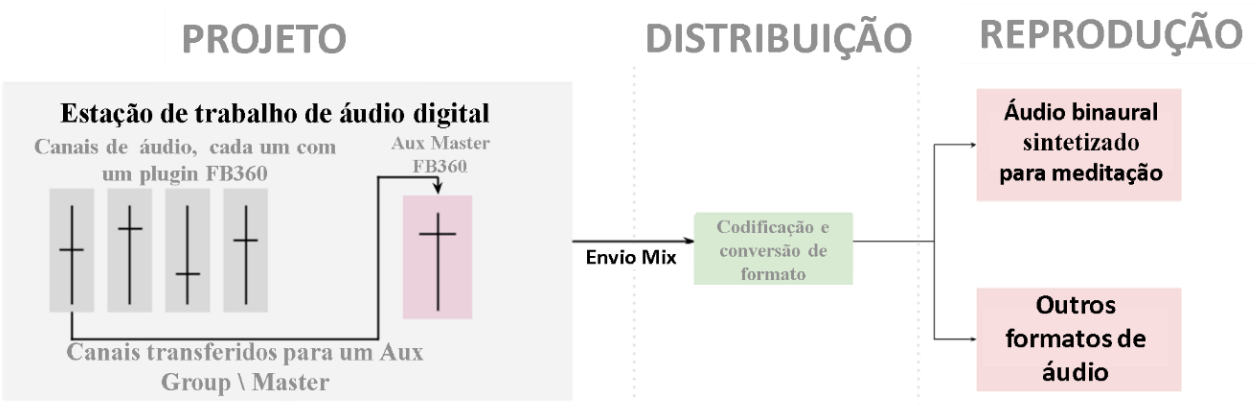


Figura 32- Metodologia aplicada para o experimento.
Fonte: (Facebook 360, 2017)

Para a diferenciação dos grupos controle e de intervenção (experimental), são analisados por uma escala de avaliação, para que os participantes com intervenção do áudio binaural e sem ele, possam ser analisados e comparados posteriormente.

A escala DASS utilizada em nosso estudo de caso para avaliação é uma escala de autorrelato, com três subescalas (depressão, ansiedade e estresse), desenvolvida pelo Lovibond e Lovibond (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995). Os autores criaram a escala contendo 42 itens que compõem três escalas de 14 itens. Os autores elaboraram uma escala reduzida, DASS-21, com 7 itens por escala, que tem a mesma estrutura da versão completa, utilizando apenas a metade do tempo para a sua execução. Os autores criaram a escala contendo 42 itens que compõem três escalas de 14 itens.

A Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - DASS-21 é utilizada, contendo 21 questões que são baseadas em um conjunto de três escalas de autorrelato destinadas a medir os estados emocionais de depressão, ansiedade e estresse e usam a escala tipo Likert de quatro pontos.

A nossa escala de aplicação para o experimento será uma escala Likert de 4 pontos, conforme citado acima, a qual é muito utilizada para pesquisa de opinião.

Serão descritos os seguintes níveis para preenchimento do questionário: Não se aplica a mim; aplicado a mim em algum grau, ou algumas vezes; aplicado a mim em um grau considerável, ou uma boa parte do tempo; aplica-se muito a mim, ou na maioria das vezes (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995). Cada uma das três escalas DASS-21 contém 7 itens em sua estrutura, divididos em subescalas com tópicos parecidos. Cada uma das três escalas DASS-21 contém 7 itens em sua estrutura, divididos em subescalas com tópicos parecidos.

Tabela 1 - Subescalas DASS e Sintomas Avaliados.
Fonte: (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995), (VIGNOLA, Escala de depressão, ansiedade e estresse (DASS) do Brasi, 2019).

Subescalas	Depressão	Ansiedade	Estresse
Sintomas	Inércia; Disforia; Desesperança; Autodepreciação; Anedonia; Desânimo;	Excitação do sistema nervoso autônomo; Efeitos músculo esqueléticos; Ansiedade Situacional; Experiências subjetivas de Ansiedade.	Dificuldade para Relaxar; Excitação Nervosa; Perturbação fácil; Agitação; Irritabilidade; Reação Exagerada; Impaciência.

A primeira escala de depressão avalia disforia, desesperança, desvalorização da vida, autodepreciação, desinteresse/envolvimento, anedonia e inércia. A segunda escala de ansiedade avalia a excitação autonômica, efeitos no músculo esquelético, ansiedade situacional e experiência subjetiva de afeto ansioso. A terceira escala de estresse é sensível a níveis de excitação crônica não específica. Avalia a dificuldade em relaxar, a excitação nervosa e ser facilmente perturbado/agitado, irritável/ hiper-reativo e impaciente.

As pontuações para depressão, ansiedade e estresse são calculadas pela soma das pontuações dos itens relevantes (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995) (VIGNOLA & TUCCI, Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese, 2014).

As perguntas 1, 6, 8, 11, 12, 14 e 18 formam a subescala de estresse. As perguntas 2, 4, 7, 9, 15,19, e 20 formam a subescala de ansiedade. As perguntas 3, 5, 10, 13, 16, 17 e 21 formam a subescala de depressão. Para a pontuação final, os valores de cada subescala foram somados e multiplicados por dois para corresponder à pontuação da escala original (DASS-42).

Tabela 2- Guia de Classificação – DASS-21.
Fonte: (LOVIBOND & LOVIBOND, 1995) (COELHO, 2018).

	Depressão	**Ansiedade**	**Estresse**
Normal	0-9	0-7	0-14
Suave	10-13	8-9	15-18
Moderado	14-20	10-14	19-25
Forte	21-27	15-19	26-33
Extremamente Grave	28+	20+	34+

A Escala EVA de dor é uma medida unidimensional de intensidade da dor, que é largamente difundida em diversas populações.

A EVA é uma escala contínua composta por uma linha horizontal, normalmente de 10 centímetros de comprimento e com pontos de 0 a 10, conforme ilustrado na Figura 33. A classificação da intensidade da dor, a escala pode ser apresentada por descritores verbais (por exemplo: leve, moderada e intensa).

A EVA é preenchida pelo voluntário e sua pontuação irá indicar a intensidade da dor (COELHO, 2018).

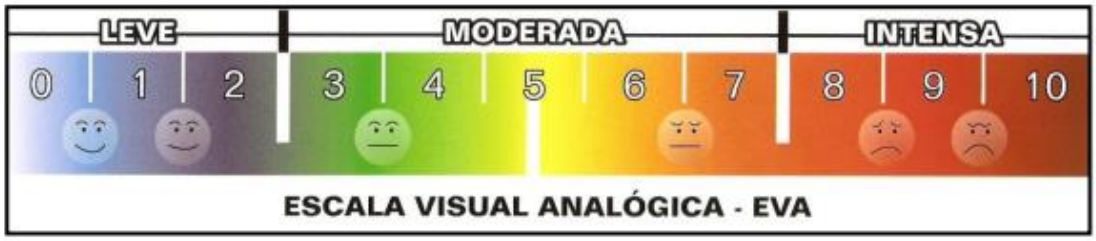


Figura 33 - – Escala Visual Analógica de Dor
Fonte: (COELHO, 2018).

Após realizar a atividade proposta, o grupo de pesquisa receberá um modelo de formulário via e-mail com 21 (vinte e uma) perguntas e uma questão de múltipla escolha para a escala EVA.

Sendo apontados as observações subjetivas, expondo a interpretação aos dados analisados na experiência e um TCLE, dando o consentimento e responsabilidades para a pesquisa. O questionário foi planejado para ser auto administrável, não tendo limite de tempo. O tempo médio para a completa realização da escala é de 15 (quinze) minutos.

Os participantes utilizarão seus próprios fones de ouvido, podendo ser de qualquer modelo de sua preferência, onde o importante é estar em perfeito estado de funcionamento e não existirá nenhum limite de tempo para o ouvinte escutar os áudios. É indicado que o participante esteja em um ambiente confortável para ele e que não tenha distrações ou ruídos excessivos ao seu redor.

Qualquer pessoa do grupo de trabalho selecionado poderá optar por não participar, por motivos de não ter recursos necessários para o experimento ou outra justificativa que impossibilite o estudo e nestes casos seus dados não serão computados para a análise gráfica desta pesquisa. Da mesma forma, usuários que se declararem com dificuldades auditivas, distúrbios neurológicos ou psiquiátricos, serão descartados os dados em nossa pesquisa e não serão computados para a análise gráfica deste estudo.

Todos os dados coletados serão de extremo sigilo e os participantes não terão qualquer tipo de prejuízo em razão da presente pesquisa.

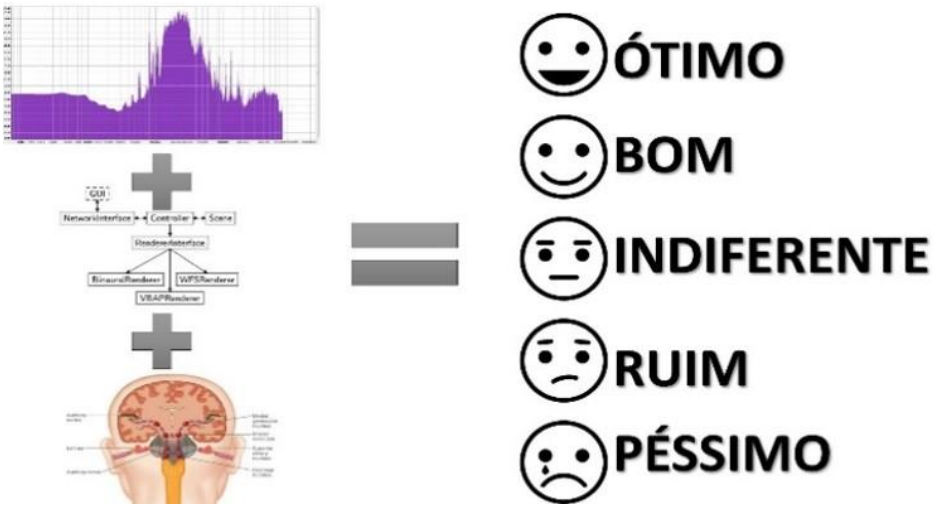


Figura 34- Análise da escala DASS-21, importados pelo grupo de trabalho, trazendo a hipótese do experimento.
Fonte: Produzida pelo Autor com base nos resultados.

Os dados analisados serão transformados em gráficos e infográficos para melhor visualização e comparação entre os grupos. Assim, os dados coletados vão ser cruzados e interpretados tanto em quantidade como em qualidade para melhor interpretação destes com relação à pesquisa proposta no modelo acadêmico.

Tais análises irão trazer métricas tangíveis para a sensibilidade e benefícios na utilização dos áudios binaurais em conjunto com a meditação e serão a base do trabalho proposto nesta dissertação. O observador irá apontar as suas sensações notadas durante o experimento e realizar de forma livre e espontânea as respostas na escala de Depressão, Ansiedade e Estresse- DASS-21, a partir do formulário criado, que será realizada de forma ilustrativa, conforme Figura 34.

3.2 Ética

A comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep), atua na regulação da ética em projetos de pesquisas que seres humanos participem e abrange todo o território nacional. O Conep é uma das 18 comissões do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

A Conep é um grupo de colegiado com abrangência nacional, responsável pela análise dos aspectos éticos das pesquisas envolvendo seres humanos e conta com a coordenação da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) no País (Brasil, s.d.). Os CEP são a autoridade local e porta de entrada para um projeto de pesquisa que envolva seres humanos (Brasil, s.d.).

A ferramenta de gestão do sistema CEP/Conep é a Plataforma Brasil, que é a base nacional de registros por meio eletrônico, dando transparência publica a sociedade (Brasil, s.d.). As etapas de processo para qualificação e aprovação do comitê passam pelo preenchimento da apresentação do projeto, objetivo da pesquisa proposta, avaliação dos riscos e benefícios da pesquisa, inserção de documentos obrigatórios para o projeto, como plano de estudo detalhado, TCLE e o cronograma.

Após o registro de todo o projeto de pesquisa na plataforma Brasil, é encaminhado para o parecer do colegiado, submetido para avaliação do CEP, aceitação do projeto, indicação de relatoria, aceitação da elaboração de relatoria, parecer do colegiado e relator e assim a aprovação do projeto. O presente trabalho foi submetido ao Comitê de Ética de Pesquisa na Plataforma Brasil, e o CEP direcionado para a pesquisa foi o Instituto Nacional de Educação de Surdos – INES, seguindo as normas éticas dos conselhos vigentes e foi aprovado no dia 20/10/2021, sob o número CAAE 51555621.2.0000.8137.

3.3 Riscos

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações variados. Dificilmente existe pesquisa sem riscos, pois existe a possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano em qualquer pesquisa e dela decorrente.

Riscos ponderáveis por desconfortos advindos de lembranças desagradáveis ou qualquer alteração ao estado de espírito do sujeito pode ser um exemplo de riscos.

Para a pesquisa proposta riscos mínimos são esperados neste estudo. O entrevistado poderá achar-se desconfortável ou constrangido para expressar sua sincera opinião frente ao que lhe for questionado e/ou manifestar informações ou experiências

pessoais. Sempre será enfatizado a possibilidade de o entrevistado interromper o teste a qualquer momento sem ter que oferecer explicações para a sua interrupção.

A Figura 35 demonstra de forma ilustrativa os sentimentos dos seres humanos confrontados aos riscos que possam ocorrer.



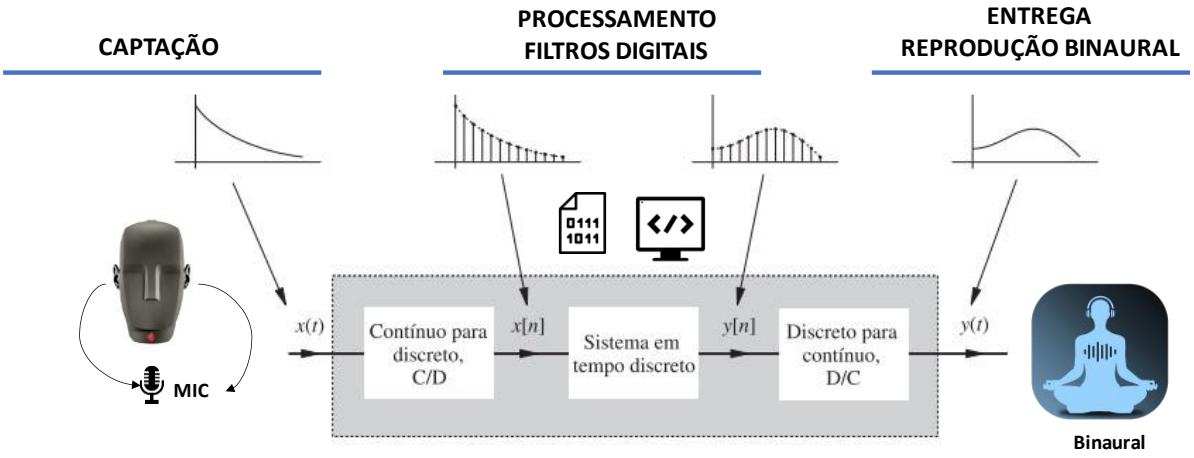
Figura 35 – Tipos de riscos aos seres humanos.
Fonte: Adaptado pelo Autor, (MARTINS & FARIA, 2012)

4 - Implementação do Processamento de Sinais

O processamento digital de sinais é utilizado no presente trabalho como uma forma de modulação e convoluções necessárias para a manipulação do áudio binaural aplicado na meditação, onde são usadas algumas funções de variáveis discretas e são descritas as fases usadas para o seu processamento.

A implementação dos processamentos de sinais é utilizada também em outras aplicações em nosso dia a dia, tais como, radares sonares, tomografia computadorizada, mineração de dados para inteligência artificial, dentre outras diversas aplicações na ciência.

Na Figura 36 mostra como é feito um processamento de sinais contínuos no tempo em sistemas discretos no tempo, onde é visto uma semelhança em como podem ser captados os áudios por microfones em sua forma analógica e posteriormente resultando em uma sintetização do áudio binaural, passando por todas as etapas de blocos descritos abaixo. Em seu estágio inicial existe um sinal contínuo no tempo x(t), representado com um *dummy head* que possui um microfone em cada orelha, ilustrando o estágio de captação; é primeiramente demonstrado para converter a um sinal discreto no tempo x[n].



Legenda:
x(t), y(t) - sinais contínuos no tempo
x[n], y[n] - sinais discretos no tempo
C/D - (contínuo para discreto)
D/C - (discreto para contínuo)

Figura 36 – Analogia com processamento de sinais contínuos no tempo por sistemas discretos no tempo para os estágios de captação e reprodução binaural.
Fonte: Adaptado pelo Autor, (LATHI, 2006).

Neste bloco, começa o processamento de filtros digitais, como os *plugins* utilizados na aplicação dos áudios binuarais, que são, então, processados por um sistema

discreto no tempo, resultando em uma saída y[n] em tempo discreto. O sinal em tempo contínuo y(t) é por fim produzido a partir de y[n]. Neste último bloco temos a entrega dos áudios binaurais aplicados na meditação (LATHI, 2006).

Para reprodução dos áudios com uma alta qualidade de amostragem, é necessário respeitar a teoria de amostragem que é a base matemática para alcançar um sinal x[n] de tempo discreto a partir de um sinal x(t) de tempo contínuo. Ao processar um sinal no tempo contínuo x(t), utilizando um sistema em tempo discreto, é necessário aplicar a equação (12) para convertê-lo (LATHI, 2006).

$$x[n] = x(nT) \tag{12}$$

Entretanto para termos a conversão dos elementos de tempo contínuo para discreto, abreviado acima como C/D e de forma inversa a conversão de tempo discreto para contínuo chamado de D/C, realiza-se uma interpolação entre os valores de amostra fornecidos. Com esses valores fornecidos como entrada, o conversor D/C produz um sinal de tempo contínuo y(t), que está ligado ao sinal de tempo discreto y[n] por (LATHI, 2006):

$$y[n] = y(nT) \tag{13}$$

Para se recuperar um sinal real amostrado, representando novamente no tempo contínuo, cujo espectro é limitado em faixa a B Hz ou com a notação f_{max}, é imprescindível que ele tenha características similares ao sinal original, utilizando-se o teorema de amostragem de *Nyquist* por onde o valor de amostragem do áudio binaural da pesquisa foi utilizado em 48kHz (LATHI, 2006):

$$f_s > 2\, f_{max}\ ou\ 2B \tag{14}$$

Esses processamentos podem ser relativamente caros computacionalmente, pela volumetria de dados a serem tratados em seus s*oftwares*. Na pesquisa foi utilizado um Macbook *pro dual core* de processamento.

Desta forma, o surgimento de algoritmos potentes para a manipulação rápida dos dados para soluções em suas pesquisas, como também o presente trabalho, que traz a utilização de *plugins* de sintetização binaural, para manipulação dos dados de forma rápida e eficaz para a operacionalização computacional dos áudios. Assim, o sinal de áudio que em sua natureza é uma grandeza analógica é possível ser medido em qualquer

espaço de tempo e por sua vez, os computadores são sistemas digitais trabalhando de forma binária, e armazenam quantidades finitas de valores.

Sinais discretos no tempo surgem frequentemente em diversas situações que são características em tempo discreto, tais como estudo populacional, índice semanal *Dow-Jones* da bolsa de valores, problemas de amortização, modelos de balança comercial e rastreamento por radar.

Eles podem ser verificados também como resultado da amostragem de sinais contínuos no tempo em sistemas de dados amostrados ou filtragem digital. A filtragem digital é uma ferramenta característica na qual sinais contínuos no tempo são processados por sistemas em tempo discreto, como ilustrado na Figura 36, no estágio processamento filtros digitais (LATHI, 2006).

É possível capturar a resposta em frequência de um sinal a partir do domínio do tempo e fazer também de forma inversa (pelo domínio do tempo o sinal). Para esse fim, utiliza-se formas matemáticas conhecidas como transformadas, das quais a transformada de Fourier é a mais apropriada para processamento de sinais de áudio (CALHEIRO, 2021).

A reprodução de um sinal no domínio do tempo está visível naturalmente em nosso dia a dia, e para uma interpretação fácil destas formas e esclarecer essas operações de uma maneira mais simples, trabalhamos elas no domínio da frequência, modelo esse amostrado pela transformada de Fourier (TF).

Funções periódicas são representadas por séries de Fourier e funções não-periódicas são demostradas por transformadas de Fourier, seguem abaixo as duas equações.

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{n\pi x}{L}\right) + b_n \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad (15)$$

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (16)$$

Para aplicações matemáticas e utilização em diversos algoritmos de áudio, comumente é utilizado a transformada rápida de Fourier (FFT), que calcula a transformada discreta de Fourier (DFT) e a sua inversa, é exemplificado a equação DFT conforme abaixo.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn}$$

(17)

Para entendermos melhor como um sinal é modulado e transformado de um meio analógico para o mundo digital, demonstra-se na Figura 37, como se inicia as fases da captação de um áudio até a sua reprodução, fazendo uma analogia para a pesquisa proposta.

Primeiramente o microfone é um dispositivo transdutor eletroacústico que sua função é converter ondas de pressão sonora em sinais elétricos. O meio de conversão entre os mundos analógicos e digitais se dá através da utilização do conversor ADC, que realiza a amostragem e quantização do sinal no meio analógico e o transforma em um sinal puramente digital.

Após o processamento do som pelo computador em sua forma binária, onde utiliza-se técnicas da sintetização para a transformação em áudios tridimensionais, através dos plugins *FB360*, *Spatialiser,* equalizadores e compressores. Sendo, após a sintetização é necessário converter novamente de digital para analógico, utilizando o DAC para que seja possível ouvirmos pelas caixas de alto-falantes (LATHI, 2006).

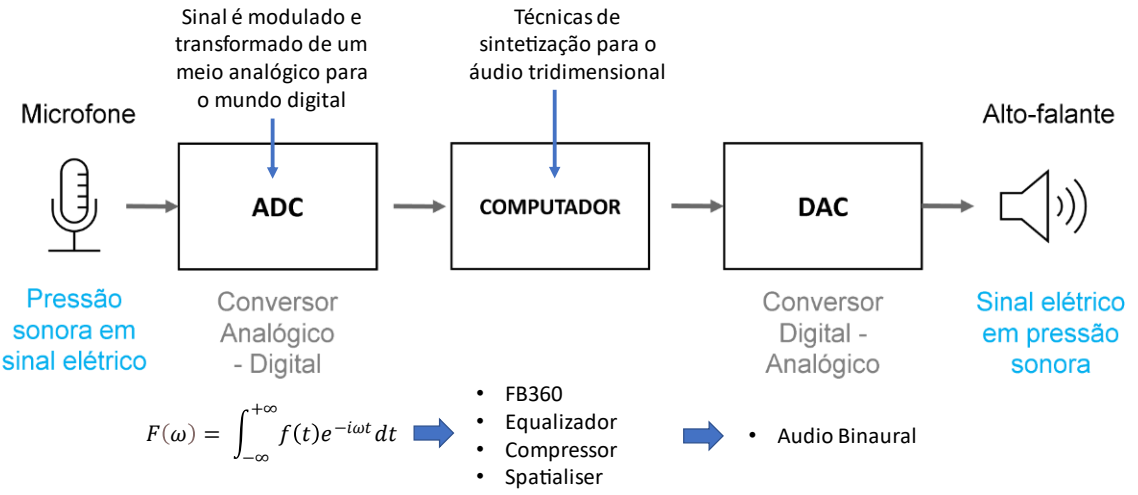


Figura 37 - Diagrama de um sistema de processamento de áudio.
Fonte: Adaptado pelo Autor (CALHEIRO, 2021).

4.1 Processamento espacial com filtros digitais

Nesta seção será explicado as ferramentas utilizadas para o processamento de sinais e os efeitos de áudio utilizado para a espacialização do som.

As técnicas de sintetização para o áudio tridimensional, que foram utilizados alguns *plugins* para a manipulação do áudio. De acordo com Da Silva (DA SILVA, 2019), podemos representar formalmente o conjunto de *plugins* de áudio como *S* pela equação abaixo, onde *R* é a quantidade de *plugins* utilizados na experiencia. Um *patch* υ consiste em uma relação de *M* instâncias de *plugins* de áudio (DA SILVA, 2019).

$$S = \{1, 2, 3, .., R\} \tag{17}$$

$$\upsilon = [\upsilon_1, \upsilon_2, \upsilon_3, \dots, \upsilon_M] \qquad \upsilon_i \in S \tag{18}$$

Para exemplificação nominal, pode-se representar a equação 18, contendo o fator S = {Compressor, Equalizador, Reverb, Audio360}, onde são descritos de forma mais clara a seguir. Um *patch* de tamanho *M* =3 é uma combinação (com repetição) de três *plugins* nos insertes de canais (DA SILVA, 2019).

- Compressor: Controla a amplitude dinâmica dos sinais de áudio para diminuir a flutuação, elevando os níveis de sons mais baixos diminuindo os níveis dos sons mais altos.
- Equalizador: Ele incrementa ou decrementa os ganhos das frequências de áudio, onde alteram a curva de resposta em frequência em kHz (quilohertz) do som.
- Reverb: Conhecido como reverberação do som, ele cria a reverberação artificial do som, simulando o efeito em forma digital, utilizando as reflexões do som para o efeito.
- Audio 360: Conjunto de *plugins* para criação do áudio binaural.

O Áudio 360 *Engine*, principal elemento para a filtragem do som, é composto por um SDK (Kit para Desenvolvimento de *Software*) que pode ser utilizado para reproduzir áudio espacial em diversas plataformas como Windows 7+, Mac OS 10.7+, Android 4.3+, iOS 9.0+.

Esta ferramenta consegue reproduzir e espacializar o áudio mono e estéreo para um áudio binaural. Desta forma, o presente trabalho conseguiu manipular o áudio aplicado na meditação, para que fosse possível a criação da binauralidade do som.

Na Figura 38 são demonstradas as etapas do processamento espacial, onde são

apresentadas as estruturas de formação dos disponíveis plugins para preparação dos áudios. As ferramentas utilizadas são comentadas nas equações acima descritas e seguindo como ilustração para melhor entendimento. A presente pesquisa trabalha cada pista de áudio somando com efeitos sonoros e o diálogo para meditação, equalizando os canais para uma melhor sonoridade e inteligibilidade do som, trazendo para um resultado final mais clareza em sua reprodução. Não serão descritas todas as etapas de criação e desenvolvimento para não se saturar com tantas informações.

Todas as etapas são descritas para um melhor entendimento do experimento desenvolvido na Figura 38. Em que sua primeira camada temos as pistas de áudio que são manipuladas para a nossa sintetização; na sua segunda camada a inserção dos *plugins* adicionais para o processando de sinais no áudio, como uma filtragem digital.

Na terceira camada temos o nosso *mixer* responsável pelo design e construção da espacialização do som, controlando os níveis de áudio, opção de controle aos parâmetros dos *plugins* e criação do *layout* para a sintetização dos áudios; e temos de pôr fim a exportação do arquivo final.

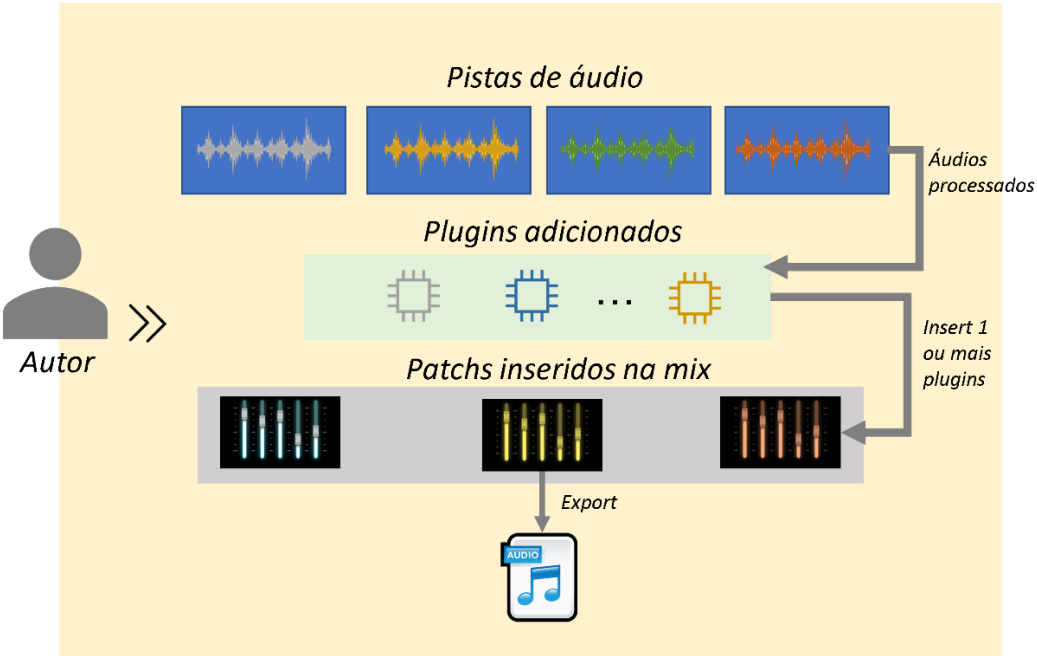


Figura 38 – Etapas do processamento espacial utilizando os plugins como ferramentas dimensionais.
Fonte: Próprio Autor.

4.1.1 Processamento espacial do áudio e simulação 3D

Para o modelo de audição binaural, em que as ondas sonoras chegam ao nosso tímpano, e ao canal auditivo, estas precisam passar por uma modulação no sinal de áudio, para existir a presença da auralização 3D.

A fim de que isso seja possível, trabalhamos o áudio em sua forma tridimensional, alterando as coordenadas azimute, elevação e distância radial da fonte sonora. Os HRTFs são necessários para qualquer técnica de síntese de áudio tridimensional a ser reproduzido por fones de ouvido.

Conforme (SETTI, p. 24) afirma, o autor testou e comparou diferentes tipos de HRTFs e concluiu-se na pesquisa que não existem diferenças significativas entre os modelos escolhidos para o experimento, dando resultados próximos (SETTI, 2015).

Com os resultados se comprova que indiferente da aplicação utilizada para a sintetização, a maior relevância é a escolha da utilização dos HRTFs para a espacialização do som (SETTI, 2015), (GUNZI, 2008).

Essa discussão é feita pela provocação que utilizando HRTFs individuais para cada pessoa, temos uma espacialização do som criada para a cabeça e tronco da pessoa e se utilizando HRTFs de banco de dados ou genéricos, são utilizados para qualquer pessoa. O *plugin* utiliza-se de HRTFs genéricos (ou funções de transferência relacionados à cabeça). Os HRTFs filtram o sinal de áudio de forma complexa para recriar as pistas, que ajudam os humanos a localizar os sons.

A estação de trabalho espacial possibilita que você posicione os sons em um ambiente tridimensional dentro da sua *DAW*, e exporte em finitas possibilidades de formatos para a sua mixagem (Facebook 360, 2017). De acordo com Mark Wickert (WICKERT, 2019), para produzir um campo sonoro 3D sintetizado, pode ser utilizado um banco de dados de HRIRs da University of California, Davis.De acordo com Mark Wickert (WICKERT, 2019), para produzir um campo sonoro 3D sintetizado, pode ser utilizado um banco de dados de HRIRs da University of California, Davis.

Originalmente no Center for Image Processing and Integrated Computing (CIPIC), onde o HRIR é medido da distância de uma fonte sonora em relação a cabeça do sujeito, considerando os azimutes e os ângulos de elevação (WICKERT, 2019).

Isso leva a necessidade da HRIR no domínio do tempo, ou com a HRTF no domínio da frequência. O software utiliza um banco de dados com as coordenadas relacionadas salvas, para que consiga manipular o áudio espacialmente em sua simulação (WICKERT, 2019).

Vale ressaltar que a obtenção de banco de dados HRTF é bastante complexa, por depender de ambientes apropriados como uma câmera anecoica em um laboratório. E também se faz necessário de microfones e alto-falantes adequados para a captação, por esse motivo o presente trabalho seguiu pela sintetização computacional para a pesquisa, trazendo um baixo custo para o projeto.

Um dado importante para justificar o uso dos plugins, foi que o seu algoritmo de modelagem do ambiente recria apenas os reflexos que são fundamentais para uma experiencia inédita com o áudio 3D. O algoritmo de modelagem aplicado cria as primeiras ordens de reflexões dentro de especificações de uma sala simples, que ajuda com a externalização de fontes de som e também melhora alguns problemas encontrados comuns na renderização binaural.

Dentre elas, a confusão frente/atrás e percepção de elevação, dispensando desta forma a obrigatoriedade do uso das HRTFs sendo criadas apenas pelas câmeras anecoicas (Facebook 360, 2017).

Na Figura 39 pode-se ver a operação e manipulação do *plugin* Audio 360 *Spatialiser* para manipulação da fonte sonora e os parâmetros alterados em tempo real pelo autor da pesquisa, reproduzindo o designer e mixagem para a criação da auralização do áudio.

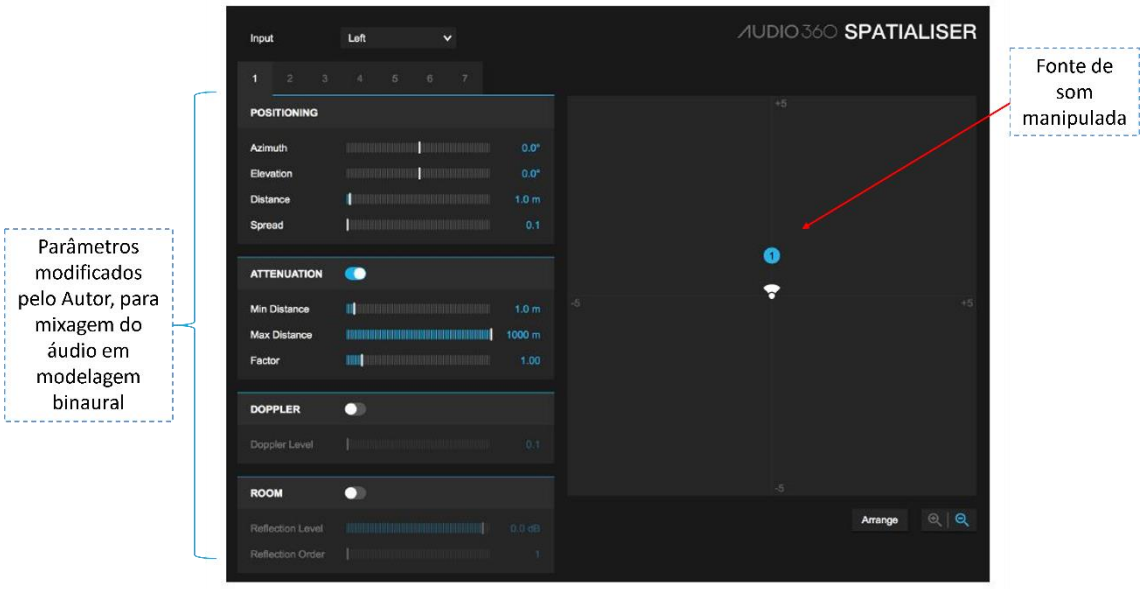


Figura 39 – Plugin Audio 360 Spatialiser.
Fonte: Adaptado pelo Autor, (Facebook 360, 2017).

Conforme M. Wickert (WICKERT, 2019), pode-se usar um modelo de cabeça esférica e seus HRTFs correspondentes, para definir a magnitude e a fase da pressão

sonora em qualquer local na superfície esfera.

Nesta superfície, a varredura de frequência de magnitude e fase é usada a transforma inversa de Fourier para obter os HRIR como visto na Equação (19).

$$f(t) = \mathcal{F}^{-1}\left(F(\omega)\right) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} F(\omega)e^{i\omega t}d\omega \qquad (19)$$

A Figura 40 demonstra a solução adotada pelo M. Wickert, para simulação de áudio 3D utilizando as coordenadas centralizado na cabeça primária e conjuntamente com o sistema secundário (WICKERT, 2019).

Para a simulação em áudios 3D, o *plugin* é inserido nas pistas de áudio, onde existe uma simulação via algoritmos binaurais para os posicionamentos dos espaços de áudio tridimensional. O *plugin* codifica o áudio em *ambisonics* com metadados que são empregados para criação de uma mixagem completa, onde cada canal possui dados de propriedades físicas do campo acústico, como a pressão ou a velocidade acústica (Arteaga, 2015), (Facebook 360, 2017).

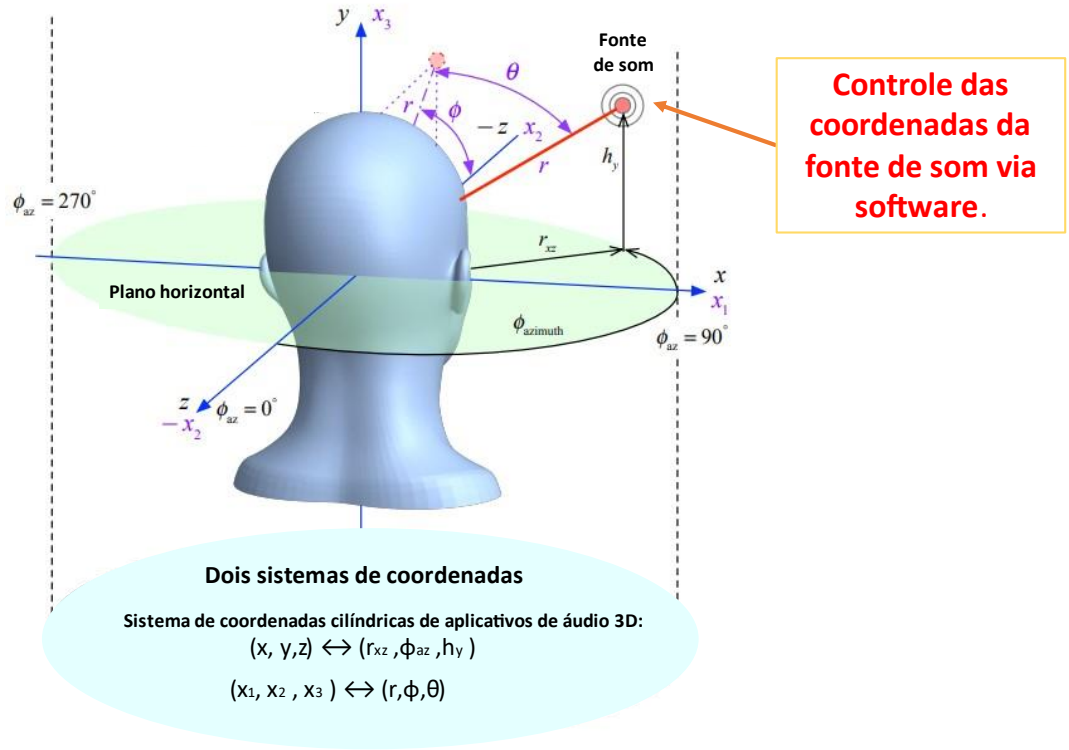


Figura 40 - O sistema de coordenadas centralizado na cabeça, usado no simulador de áudio 3D (WICKERT, 2019).
Fonte: Adaptado pelo Autor, (WICKERT, 2019).

Os áudios *ambisonics* são uma forma de explicar um campo sonoro 3D completo, onde se trabalha com um conjunto de eixos (X, Y, Z). A tecnologia utiliza várias faixas de áudio independentes, que decodificam em formatos como o Binaural e 5.1.

Os *plugins* aplicados via mixagem em *ambisonic* podem ser decodificados dinamicamente para incorporar a rotação da cabeça do ouvinte. Para um ouvinte no centro do campo, temos como coordenadas de eixos usada como: X – de trás para frente, Y – da direita para a esquerda e Z – de baixo para cima. Os canais *ambisonics* X, Y, Z carregam informações sobre o campo sonoro ao longo dos eixos. Ele trabalha similar à captação de um microfone em forma de oito e temos também o canal W que funciona como um canal omnidirecional.

O *ambisonic* de primeira ordem possui quatro canais de áudio e comumente chamado de formato B e o de segunda ordem 9 canais de áudio (Facebook 360, 2017). Os *plugins* utilizam a ciência dos formatos em *ambisonics* para a sua manipulação espacial do áudio, onde o *plugin* espacializador no modo formato B de primeira ordem, tem um aumento de ganho adicional aos canais XYZ do sinal de primeira ordem (Facebook 360, 2017).

Após o estudo sobre a teoria dos HRTF`s, e dos *plugins* utilizados nas ferramentas da espacialização do som, vamos descrever um pouco sobre as analogias dos sinais empregados na pesquisa, para um melhor entendimento dos casos.

Para o presente estudo, será analisado o processamento de sinais das saídas de sintetização binaural e realizar uma comparação entre o áudio original, onde não contém nenhuma sintetização por *plugins* ou filtros, e o áudio binaural que sofreu o efeito da auralização. Com isto, separamos algumas amostras dos áudios aplicados na pesquisa, em intervalos de tempos em média de 15 segundos e a seguir realizamos uma investigação dos seus resultados.

Utilizando o software da *audacity* versão 2.1.3 foi analisado o espectrograma na Figura 41, para visualização da implementação do processamento de sinais na forma espacial, englobando uma amostragem próxima de 10 segundos entre o áudio binaural e o original.

Os espectrogramas apresentados a seguir são plotados a partir da FFT dos dados, as amplitudes são normalizadas em um seno de 0 dB (tom puro) seja (aproximadamente) 0 dB no gráfico (Support, 2022).

Na escala vertical dos gráficos é exibida a amplitude ao mostrar a forma de onda, ou a frequência para os espectros plotados. A escala de amplitude mostrada à esquerda é a escala linear padrão, com 1,0 adotando o valor máximo de sinais positivos e -1,0 o

máximo de sinais negativos (Support, 2022).

Na Figura 41 se observa que para o áudio original temos um pico de amplitude com magnitude de 0,2 e para o áudio binaural o maior pico é de 0,68 de magnitude, tendo uma diferença de 0,48, essa variação pode explicar por que o áudio binaural se mostrou mais presente do que na forma original, que foi o resultado da sintetização computacional.

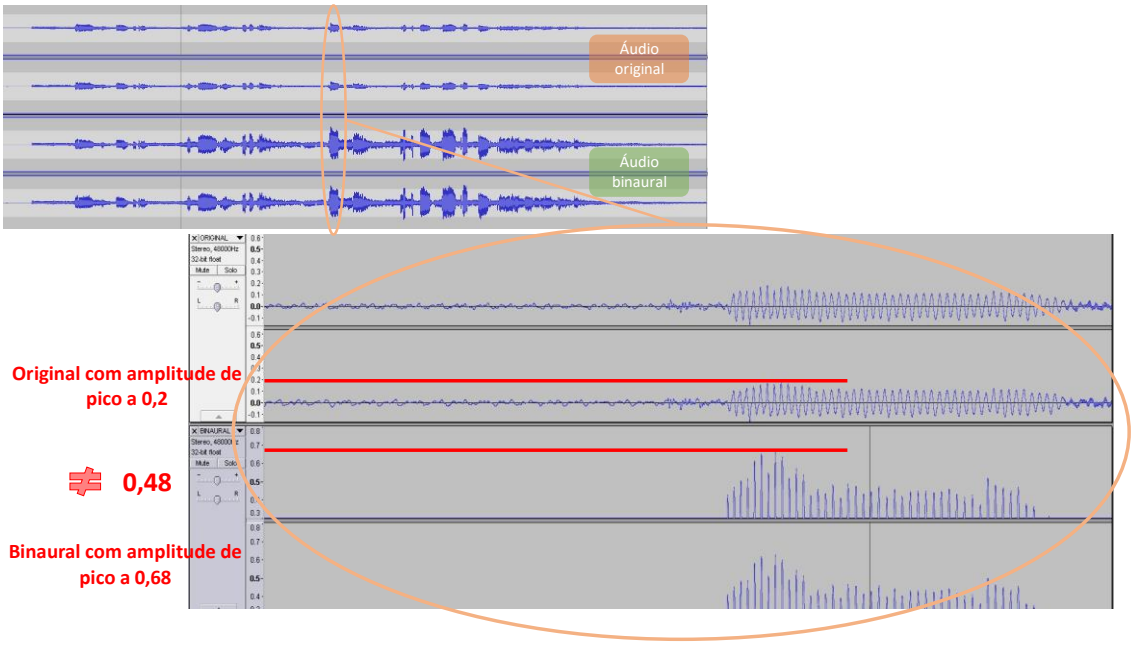


Figura 41 – Comparação entre os áudios originais e o binaural na forma de amplitude.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na Figura 42, o processamento de áudio na amostragem do áudio binaural destacada apresenta um ganho acima de 11dB em relação ao original para a amostra selecionada, sendo demostrado no formato em *waveform* em relação ao tempo. No estudo desta pesquisa, apurou-se uma diferenciação após a manipulação dos áudios pelo fluxo de trabalho apresentado na Figura 38, na qual nota-se para o resultado final do áudio binaural, uma maior clareza e inteligibilidade do som, refletindo uma melhor experiencia para o ouvinte do grupo experimental.

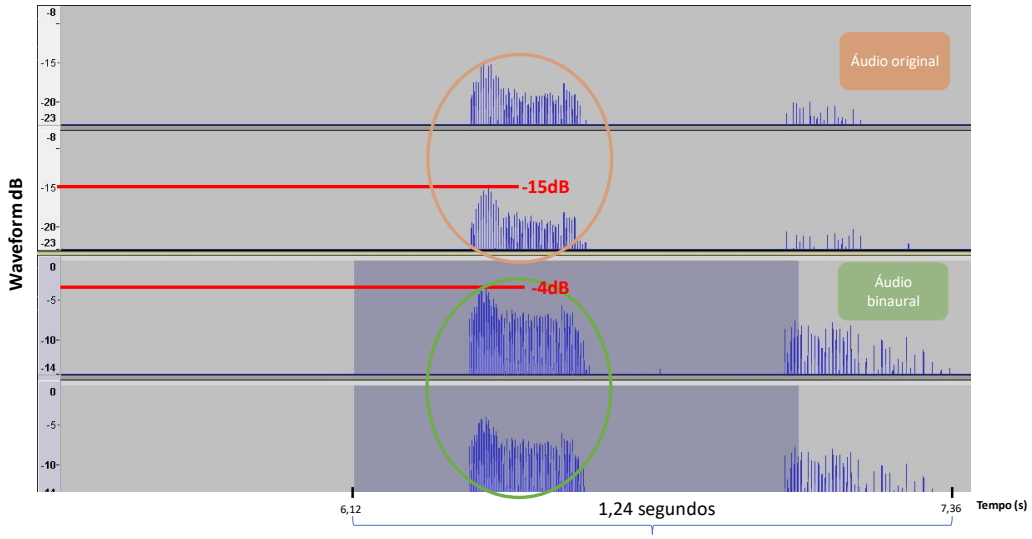


Figura 42 – Comparação entre os áudios originais e sintetizados, na forma de dB.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Observa-se na análise com espectrogramas, similar como um filtro passa baixa, apenas a consideração na frequência de amostragem para a faixa entre 0Hz e 100kHz, mostrado na Figura 43 abaixo.

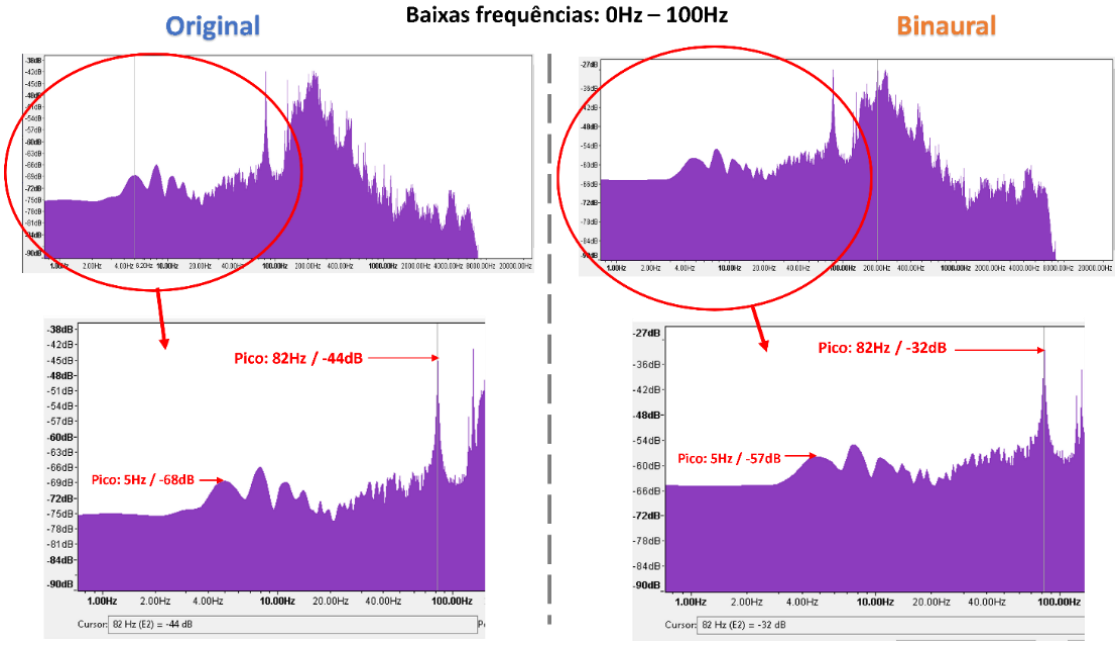


Figura 43 - Comparação entre os áudios originais e sintetizados, no domínio da frequência atendendo as faixas entre 0Hz -100Hz.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nota-se pelos gráficos uma maior intensidade para os sinais binaurais em baixas frequências, trazendo um maior peso para o som. Nas faixas de frequências entre 0Hz e 100Hz, apresentam-se alguns picos de diferença em suas amplitudes, para a frequência

de 82Hz tem-se uma diferença de 12dB e para o pico de 5Hz um ganho de 11dB para o áudio binaural.

Na análise do espectrograma para as médias e altas frequências observamos na Figura 44, no menor pico de frequência (3492Hz) um ganho de 13dB para o áudio binaural e nos demais picos uma menor diferença entre eles. O que é percebido nos gráficos é a homogeneidade de magnitude para o áudio binaural em toda a sua faixa, e não apenas nos picos, exibindo uma uniformidade de amplitude para toda faixa dos sons mais agudos e de média frequência resultando uma maior percepção em suas faixas amostrais.

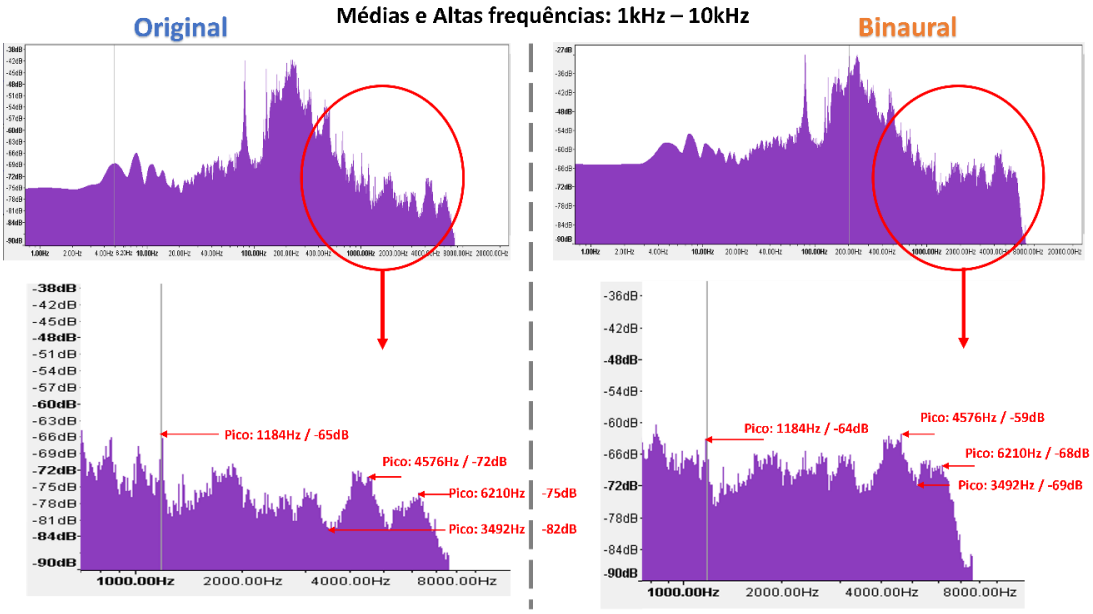


Figura 44 - Comparação entre os áudios originais e sintetizados, no domínio da frequência atendendo as faixas entre 1kHz -10kHz.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1.2 Processamento dos níveis de áudio

Para um melhor nivelamento do áudio aos ouvintes e para ter uma melhor experiência auditiva, seguimos com a inserção de um *plugin* de *Loudness*, que respeita os níveis aceitados para a sonoridade da intensidade do som, obedecendo as recomendações EBU-R128 que são baseadas na ITU-R BS.1770 (EBU, 2020).

No presente trabalho, foram adotados os seguintes parâmetros para os níveis de áudio: *Loudness Target* (Integrated) – 23,0 LUFS ±1,0 LU, *Loudness range* (LRA) 15 LU (máximo) e Máximo valor de pico (True Peak) - 3 dBTP (dB True Peak). Em que a escala LU significa *loudness units*, uma relação ao nível alvo e medido em dB; LUFS é a

abreviação de *Loudness Units Full Scale*, o volume integrado ao longo da duração de um programa - Nível de volume do programa é o valor (em LUFS) do volume do programa; LRA é distribuição de volume dentro de um programa, resumidamente ela é a diferença no nível de volume entre as partes suaves e altas; e o *True Peak* é o valor máximo da forma de onda do sinal de áudio de um programa no domínio de tempo contínuo demonstrado na Figura 45 (EBU, 2020), (SKOVENBORG, 2012).

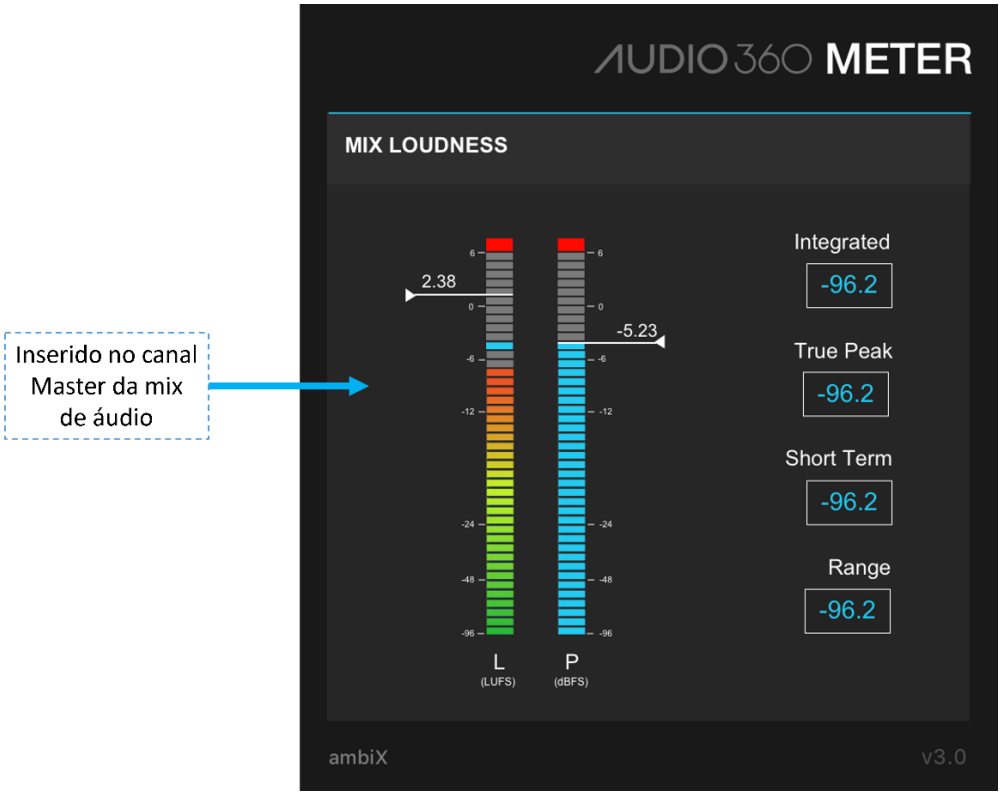


Figura 45 – Plugin Audio 360 Meter.
Fonte: Alterado pelo Autor, (Facebook 360, 2017).

4.1.3 Processamento *Wavelets*

Para uma análise completa no processamento de sinais, é estudado a comparação entre os áudios binaurais e sua forma original, por meio de amostras dos sinais. Com isto, vamos exemplificar com análises por meio de processamentos *Wavelets*, utilizando a linguagem computacional GNU Octave na versão 7.2, sendo um software livre sob os termos de licença GPL e aplicando um ensaio por meio de banco de filtros. Abaixo é demonstrado um pouco da sua teoria e os resultados das análises.

Conforme explicamos nos capítulos anteriores sobre a teoria de Fourier, que

basicamente é a transformada dos componentes senoidais em diferentes frequências, decompondo o sinal para uma forma matemática que muda a base tempo para base de frequência, ilustrado na Figura 46 (KOURO & MUSALEM, 2002).

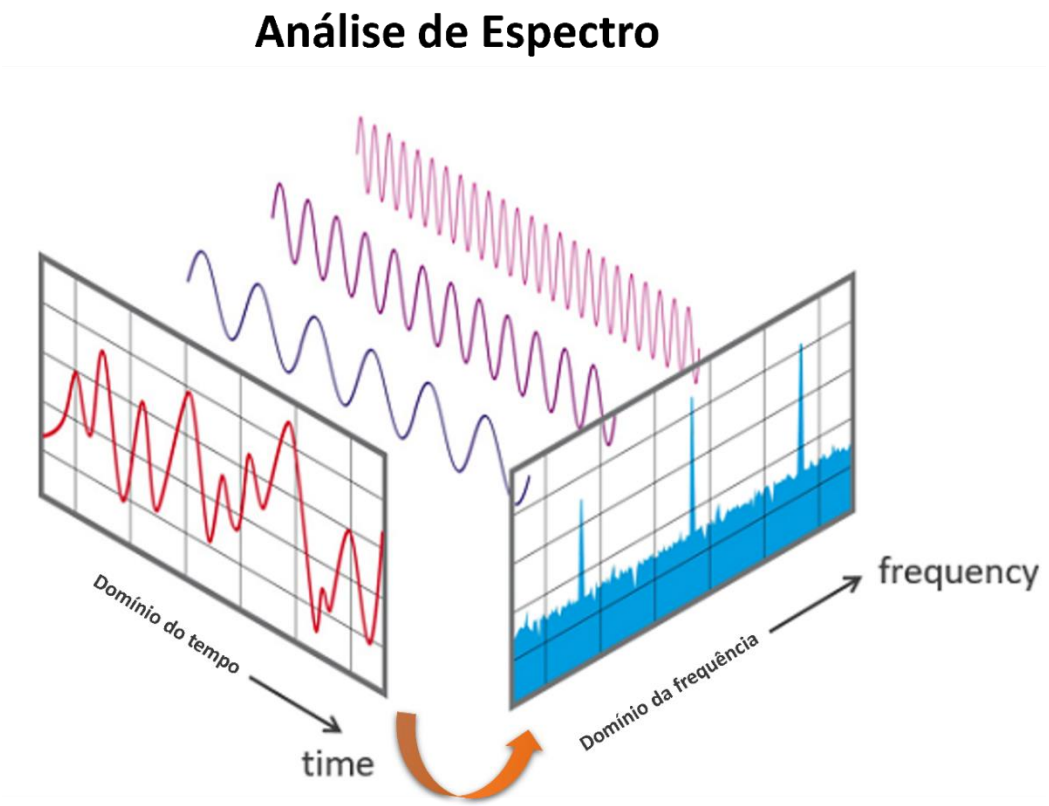


Figura 46 - Correlação entre sinal no domínio do tempo e da frequência.
Fonte: Adaptado pelo Autor ((AUDIO, s.d.).

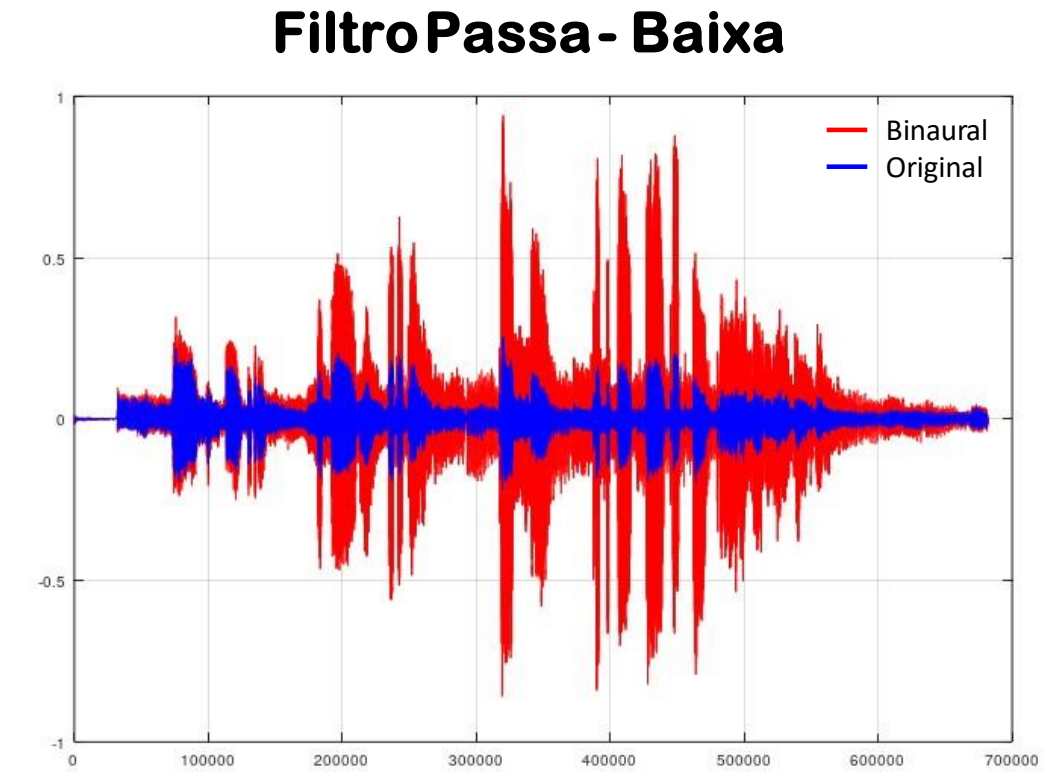
Como a transformada de Fourier trabalha em seu domínio da frequência, perdem-se as informações relativas ao tempo, não observando um dado evento ou quando uma frequência está presente, isto resulta na não detecção o ou análise desses sinais não estacionários pela transformada de Fourier. (KOURO & MUSALEM, 2002).

Para correção da deficiência apresentada anteriormente, Dennis Gabor em 1946, adaptou a transformada original de Fourier, para uma análise de sinais não estacionários, o qual o propósito era segmentar o sinal em intervalos de tempo (como meio de janelas) e com isto, conseguir analisar em cada segmento dos espectros, por meio então da transforma de Fourier em intervalos pequenos de tempo (Short time Fourier Transform – STFT) (KOURO & MUSALEM, 2002) (BARBOSA, 2008).

As STFT apenas usavam o mesmo tamanho da janela para análise do sinal inteiro, com a desvantagem de não ter opções de uma abordagem mais flexível, da forma que o tamanho da janela possa variar para termos uma melhor precisão do tempo ou a

frequência (BARBOSA, 2008) (KOURO & MUSALEM, 2002).

A técnica de janelas com regiões de tamanhos variados, que foi nomeada por Morlet de *Wavelets*. Em sua estrutura era um conjunto de funções criadas a partir de uma Gaussiana, com suportes no tempo e na frequência (BARBOSA, 2008) (KOURO & MUSALEM, 2002). Como ferramenta de análise foi utilizado o *Wavelets* como método de comparação entre espectrogramas pelas transformadas FFT, para um estudo de processamento de sinais para identificar singularidade, detecção e autossemelhança na separação dos componentes de sinais. Como ferramenta de análise foi utilizado o *Wavelets* como método de comparação entre espectrogramas pelas transformadas FFT, para um estudo de processamento de sinais para identificar singularidade, detecção e autossemelhança na separação dos componentes de sinais.



.

Figura 47 – Wavelet Passa-baixa.
Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para identificação dos sinais, foram utilizados os filtros da família *Daubechies wavelet* na ordem 4 para os filtros passa-baixa e filtros passa-alta.

A escolha do filtro foi apenas para comparação de semelhanças, mas poderiam ser utilizados outros filtros ou uma diferente modelagem para processamento de sinais; a presente utilização se justifica devido um filtro de ordem 4 ser suficiente na obtenção de

precisão nos áudios processados e ter baixo custo operacional computacional. Na Figura 47 é mostrado o gráfico *Wavelets* com filtro passa-baixa, em que o sinal vermelho se refere ao áudio binaural e o de cor azul o áudio original, utilizando a escala D4 para família *Daubechies*.

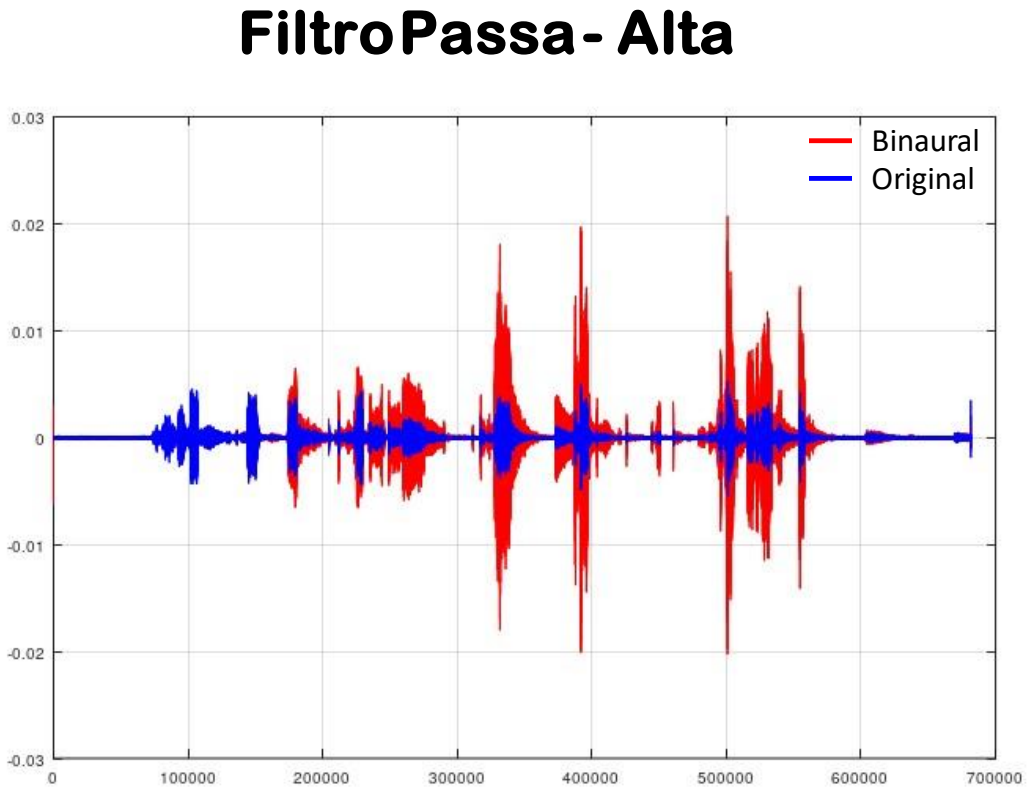


Figura 48 - Wavelet Passa-Alta.
Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Figura 48 demonstra-se o gráfico *Wavelets* com filtro passa-alta, em que o sinal vermelho se refere ao áudio binaural e o de cor azul o áudio original, utilizando a escala D4 para família *Daubechies*.

Os dois gráficos demostram a diferenciação de amplitude em relação ao número de amostras, em que o áudio Binaural tem uma característica com maior magnitude, de acordo com o esperado após o processamento do sinal.

5 - Resultados

Os resultados mostram a avaliação dos efeitos da exposição de áudios binaurais aplicados na meditação e a possibilidade de maximizar os benefícios dessa prática sob os aspectos da sensorialidade neural, através das análises das etapas no DASS-21. A Tabela 3 mostra os dados referentes à escala DASS-21. O nível médio de estresse para os participantes da pesquisa foi de 11,5 ± 8,6, variando entre 0 e 36 pontos.

Dentre o total analisado, 46,8% apresentavam sintomas normais, 33,3% sintomas leves, 13,3% sintomas moderados, 3,3% sintomas severos e 3,3% sintomas extremamente severos. O nível médio de ansiedade foi de 3,8 ± 3,91, variando entre 0 e 14 pontos. Do total analisado, 80% apresentavam sintomas normais, 10% sintomas leves, 10% sintomas moderado e ninguém apresentou sintomas severo ou extremamente severo.

O nível médio de depressão foi 7,6 ± 9,65, variando entre 0 e 34 pontos. Do total analisado, 73,3% apresentavam sintomas normais, 3,3% sintomas leves, 13,3% sintomas moderados, 3,3% sintomas severos e 6,8% sintomas extremamente severos.

Tabela 3 – Percentual quantitativo das variáveis de estresse, ansiedade e depressão pela escala DASS-21.
Fonte: Elaborado pelo Autor

	DASS-21 Estresse	DASS-21 Ansiedade	DASS-21 Depressão
Média ± DP	11,5 ± 8,6	3,8 ± 3,91	7,6 ± 9,65
Normal - n (%)	46,8	80	73,3
Leve - n (%)	33.3	10	3,3
Moderado - n (%)	13,3	10	13,3
Severo - n (%)	3.3	0	3,3
Extremamente severo - n (%)	3.3	0	6,8

Para a análise das variáveis de Ansiedade e Depressão houve um desvio padrão mais alto, indicando que os pontos dos dados foram mais espalhados pela gama de valores, demonstrando serem dados heterogêneos para a pesquisa, com uma menor precisão por escala.

A Tabela 4 mostra a comparação entre o grupo de controle (não binaural) e o

grupo experimental (com binaural) para os dados referentes a escala DASS-21.

O nível médio de estresse para os participantes da pesquisa do grupo de experimental foi de 14,3 ± 9,0, variando entre 0 e 36 pontos, com uma amplitude de 36; para o grupo de controle temos 8,67 ± 7,39, variando entre 0 e 22 pontos, com amplitude de 22.

O nível médio de ansiedade para o grupo de experimental foi de 2,67 ± 2,79, variando entre 0 e 10 pontos, com amplitude de 10; para o grupo de controle temos 4,93 ± 4,59, variando entre 0 e 14 pontos, com amplitude de 14.

O nível médio de depressão para o grupo de experimental foi 7,47 ± 8,83, variando entre 0 e 32 pontos, com amplitude de 32; para o grupo de controle temos 7,73 ± 10,7 variando entre 0 e 34 pontos, com amplitude de 34.

Tabela 4 – Estatística qualitativa descritiva com análise dos grupos de controle e experimental.
Fonte: Elaborado pelo Autor

Estatística Descritiva

	Binaural	ESTRESSE	ANSIEDADE	DEPRESSÃO
N	NÃO	15	15	15
	SIM	15	15	15
Média	NÃO	8,67	4,93	7,73
	SIM	14,3	2,67	7,47
Mediana	NÃO	8	6	4
	SIM	4	2	4
Desvio-padrão	NÃO	7,39	4,59	10,7
	SIM	9,04	2,79	8,83
Amplitude	NÃO	22	14	34
	SIM	36	10	32
Mínimo	NÃO	0	0	0
	SIM	0	0	0
Máximo	NÃO	22	14	34
	SIM	36	10	32

Nos estudos de risco os resultados encontrados são demonstrados na forma de razão de chances ou razão de possibilidades (em inglês: odds ratio; abreviatura O.R.).

O *OR* retrata o risco da ocorrência de um caso na sequência de uma exposição, em relação ao risco do mesmo caso ocorrer na ausência da exposição, comparando

sempre dois fatores para a análise (AGUIAR & NUNES, 2013).

Na

Tabela 5 são encontrados os dados de razões de chances (odds ratio) calculados para os sintomas de estresse, ansiedade e depressão para os participantes da pesquisa, considerando o grupo de controle e experimental.

Na análise para Odds Ratio (OR) sendo <1, temos uma probabilidade de exposição negativa ou menor ao fator de Estresse, Ansiedade e Depressão, que significa uma redução para esses níveis, e para valores superiores >1 de OR, temos uma exposição positiva dos parâmetros, significando um aumento dos sintomas e OR=1 não apresenta relação com os dados confrontados para a análise.

Em relação à escala de estresse, notou-se que nos sinais e sintomas de estresse utilizando o áudio Binaural houve uma diminuição de estresse se comparado ao grupo de controle para o:

- Gênero feminino tendo 40% menos chances (OR= 0,4; IC95%= 0,047 - 3,42);
- Nas variáveis idade de 18-34 anos com 25% menos chances (OR= 0,25; IC95%= 0,017 - 3,77);
- Idade superior à ≥35 anos com 16% menos chances (OR= 0,16; IC95%= 0,023 – 1,23), também apresentaram uma diminuição ao estresse se comparado ao grupo de controle.

Com relação aos sinais e sintomas de Ansiedade, notou-se que para o grupo experimental:

- Para as variáveis do gênero masculino apresentou uma diminuição da ansiedade com 62,5% menos chances (OR=0,625; OC95%= 0,031 - 12,41);
- Para o gênero feminino uma redução de 20% chances (OR=0,20; IC95%= 0,017 - 2,52);
- Com idade entre 18-34 anos tendo 33% menos chances (OR=0,33; IC95%= 0,014 - 8,18);
- Escolaridade de nível superior com 13% menos chances (OR=0,13; IC95%= 0,011 - 1,61);
- Escolaridade nos demais níveis com 75% menor (OR=0,75; IC95%= 0,039 - 14,58);
- Gravidade para os sintomas leves apresentando 23% menor (OR=0,23; IC95%= 0,022 - 2,64);

- Sintomas moderados com 35% (OR=0,35; IC95%= 0,028 - 4,5)
- Acima de severos com 71% menos chances (OR= 0,71; IC95%= 0,040 - 12,83).

Tabela 5 - Razão de chances (odds ratio) para apresentar sintomas severos de estresse, ansiedade e depressão, considerando IC95%: intervalo de 95% de confiança. Fonte: Elaborado pelo autor.

DASS-21	Estresse		Ansiedade		Depressão	
Variáveis	Grupo Controle OR (IC 95%)	Grupo Experimental OR (IC 95%)	Grupo Controle OR (IC 95%)	Grupo Experimental OR (IC 95%)	Grupo Controle OR (IC 95%)	Grupo Experimental OR (IC 95%)
Gênero						
Masculino	0,14 (0,014 - 1,44)	7,0 (0,693 - 70,75)	1,6 (0,081 - 31,77)	0,625 (0,031 - 12,41)	0,7 (0,049 - 10,01)	1,42 (0,1 - 20,44)
Feminino	2,5 (0,29 - 21,40)	0,4 (0,047 - 3,42)	4,8 (0,39 - 58,02)	0,20 (0,017 - 2,52)	2,5 (0,19 - 32,20)	0,4 (0,031 - 5,15)
Idade						
18-34 anos	4 (0,26 - 60,33)	0,25 (0,017 - 3,77)	3 (0,122 - 73,65)	0,33 (0,014 - 8,18)	1,25 (0,068 - 22,88)	0,8 (0,044 - 14,64)
≥35 anos	6 (0,81 - 44,35)	0,16 (0,023 - 1,23)	0,25 (0,023 - 2,76)	4 (0,36 - 44,11)	0,22 (0,020 - 2,42)	4,5 (0,41 - 49,08)
Escolaridade						
Ensino Superior	0,33 (0,025 - 4,40)	3 (0,22 - 39,61)	7,5 (0,62 - 90,65)	0,13 (0,011 - 1,61)	4,8 (0,39 - 58.02)	0,20 (0,017 - 2,52)
Demais niveis	0,5 (0,056 - 4,47)	2 (0,22 - 17,89)	1,33 (0,069 - 25,91)	0,75(0,039 - 14,58)	0,6 (0,041 - 8,73)	1,66 (0,11 - 24,26)
Gravidade de sintomas						
Suave	0,75(0,14 - 3,83)	1,33 (0,26 - 6,81)	4,2(0,37 - 46,50)	0,23(0,022 - 2,64)	1,2 (0,066 - 21,72)	0,83(0,046 - 15,09)
Moderado	0,75 (0,081 - 6,96)	1,33 (0,14 - 12,37)	2,8 (0,22 - 35,29)	0,35 (0,028 - 4,5)	1,2 (0,14 - 10,12)	0,83 (0,099 - 7,03)
Forte≥	0,37(0,027 - 5,17)	2,66 (0.19 - 36,76)	1,4 (0,078 - 25.15)	0,71 (0,040 - 12,83)	2,4 (0,18 - 30,52)	0,41 (0,033 - 5,30)

Na análise do fator Depressão, foi confirmado que para uma melhor experiência no grupo experimental em comparação ao grupo de controle, onde o experimental que vivencia a prática da meditação com a sintetização binaural, apresenta:

- Uma menor chance de depressão para o gênero feminino com 40% menos chances (OR=0,4; IC95%= 0,031 - 5,15);
- Idade entre 18-34 anos tendo 80% menos possibilidades (OR=0,8; IC95%=0,044 - 14,64);
- Escolaridade com nível superior com redução de 20% (OR=0,20; IC95%= 0,017 – 2,52);
- Gravidade para os sintomas leves com 83% menos chances (OR= 0,83; IC95%= 0,046 - 15,09);
- Sintomas moderados com 83% abaixo (OR= 0,83; IC95%= 0,099 - 7,03);
- Acima de severos tendo 41% menos chances para os sintomas de depressão (OR=0,41; IC95%= 0,033 - 5,30);

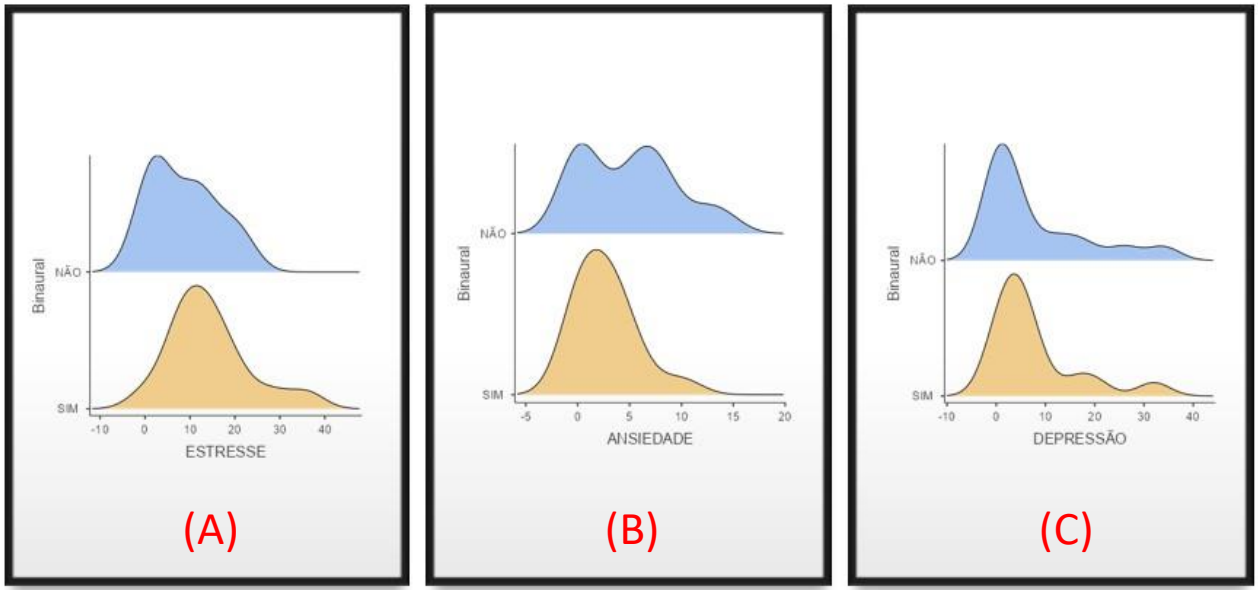


Figura 49 – Histograma de densidade para os níveis se(A) Estresse, (B) Ansiedade e (C) Depressão.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Diante do histograma de densidade mostrado na Figura 49, é possível observar que para o gráfico de Estresse (A) do grupo experimental, ele se apresenta com maior simetria do que em comparação ao grupo de controle, tendo uma distribuição normal.

Para os demais gráficos (B) e (C) observa-se uma assimetria pelo lado direito, mesmo respeitando uma amostragem maior que 20, a distribuição dos dados não fica tão simétrica como aconteceria se houvesse um número maior de amostras, concluindo a possível razão das assimetrias apresentadas.

Na análise para a escala EVA, que tem sua pontuação de 0 a 10, aferiu-se para o grupo de controle a sua intensidade de dor, sendo que 8 voluntários apresentaram sintomas leves e 7 com sintomas moderados para as pessoas que não foram submetidas à intervenção, conforme é visto na Figura 50 e Figura 51.

Para o grupo experimental, observa-se na escala EVA que 8 voluntários apresentaram sintomas leves, 6 mostraram ter sintomas moderados e 1 respondeu apresentar sintoma intenso. Os dados extraídos da escala EVA não apresentaram muitos subsídios para análise qualitativa ou quantitativa para a pesquisa, onde não foi possível retirar uma correlação entre os dois grupos estudados com as métricas apresentadas.

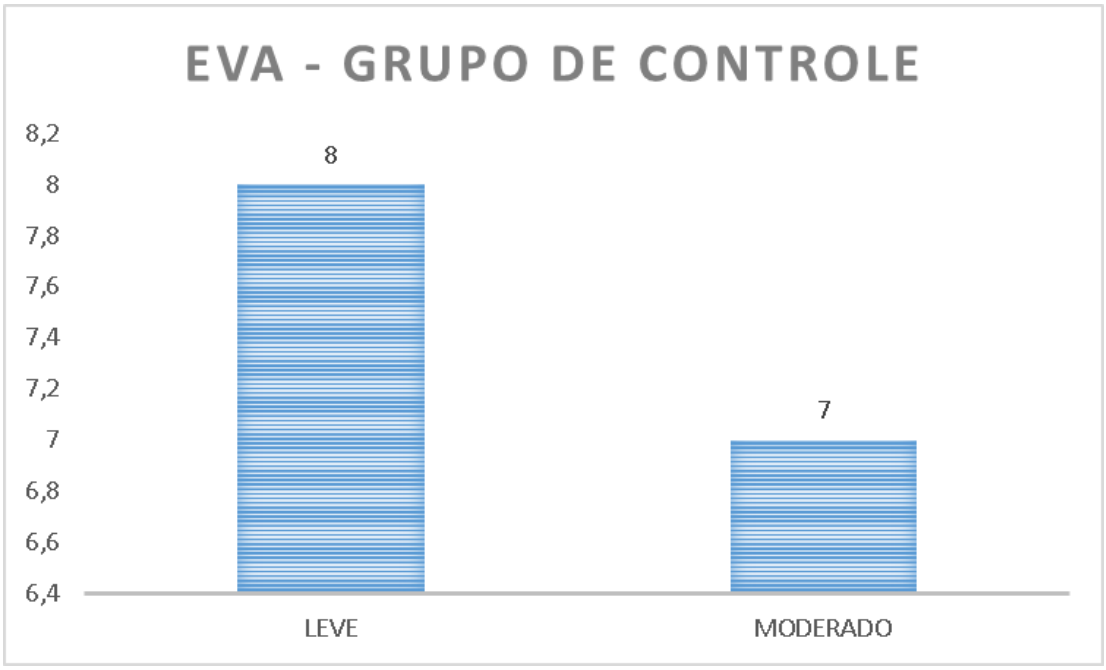


Figura 50 - Escala EVA para o grupo de controle.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

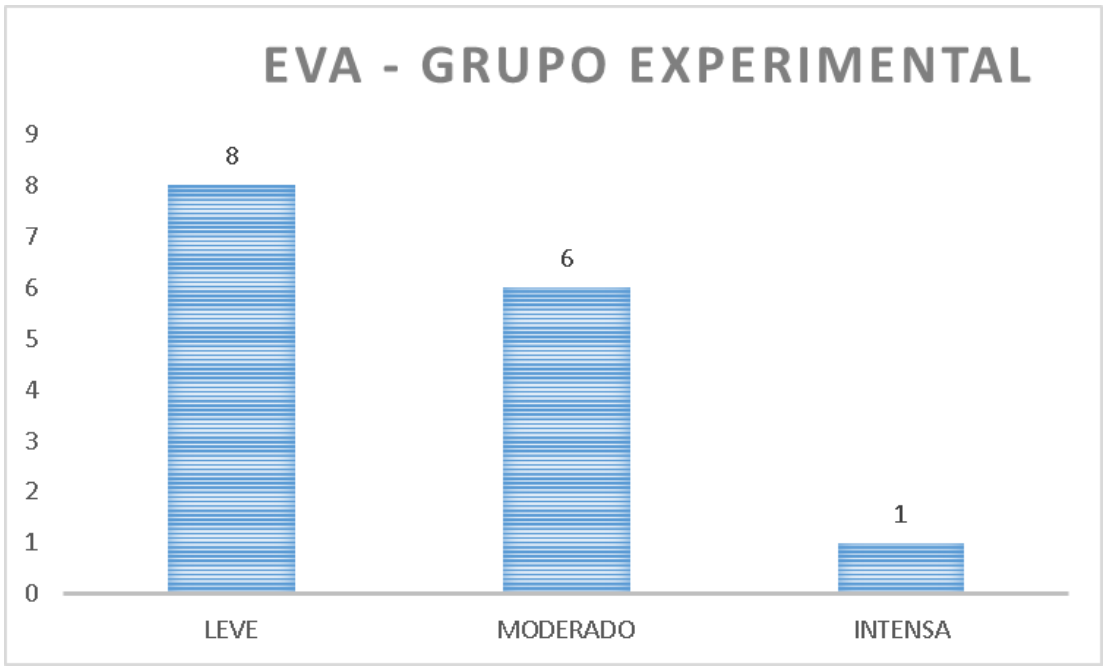


Figura 51 – Escala EVA para o grupo experimental.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Conclusão

O desenvolvimento da pesquisa com a auralização binaural aplicado na meditação, mostrou-se muito relevante como um estudo para área cientifica trazendo os benefícios na diminuição da ansiedade, depressão e estresse dos participantes com a aplicação de uma tecnologia disruptiva.

Com um detalhamento sobre a implementação dos sistemas computacionais para a sintetização do áudio, é possível observar em frente aos dados estatísticos realizados na pesquisa, sobre os resultados encontrados positivamente ao estudo.

Devido às limitações dos estudos apresentados e algumas inconsistências encontradas nos dados extraídos da pesquisa, não concretizando uma total eficácia para todas as variáveis escolhidas, por isso, foi identificado que há necessidade de uma amostra maior dos dados nas pesquisas para avaliar o uso da auralização binaural durante a prática da meditação. Além disso, na abordagem do processamento de sinais, realizou-se considerações sobre o áudio binaural e também a sua construção considerando os aspectos para sintetização e suas aplicações.

Destacou-se que para a auralização binaural reproduzida em fones de ouvido, é necessária a utilização de um conjunto de funções de transferência que calcula as mudanças feitas pelo som desde a fonte sonora até a captação do som, no qual chamamos de HRTFs que funcionam como filtros para os áudios manipulados pelos *plugins* aplicados.

Contudo, apesar de os experimentos realizados para sintetização do efeito tridimensional nos áudios não terem apresentado uma diferença expressiva em sua comparação, notou-se que houve algumas alterações de amplitude para as faixas de frequências, resultados da espacialização feita pelos plugins utilizados e também da mixagem do som para a pesquisa.

A sintetização binaural é uma tecnologia não invasiva e de baixo custo operacional que pode ser facilmente implementada em diversos ambientes e pesquisas cientificas; podemos concluir que as análises indicaram que não houve diferenças significativas nos grupos de controle e experimental na pesquisa.

Na análise da estatística para algumas variáveis da pesquisa, houve uma relação de diminuição para o grupo experimental (utilização do binaural):

- Na categoria estresse para o gênero feminino, para as idades 18 a 34 anos e para ≥ 35 anos apresentando uma redução ao grupo;
- Para os níveis de ansiedade ocorreu uma atenuação no grau de ansiedade para os grupos de gênero feminino e masculino, com idade

de 18 a 34 anos, todos os níveis de escolaridade e uma menor gravidade nos sintomas para suave, moderado e maior que forte, onde apenas o grupo de ≥ 35 anos não apresentaram uma melhoria para a ansiedade;

- Para os níveis de depressão verificou-se uma baixa no índice refletido de depressão, em que para o gênero feminino, com idade entre 18 e 34 anos, com escolaridade de nível superior e com menor gravidade nos sintomas para suave, moderado e maior que forte, demostrou uma diminuição para os níveis de depressão em comparação com o grupo de controle.

Outro ponto forte foi a descoberta que houve diferenças entre os grupos de experimental e controle em inúmeras variáveis potenciais, conforme explicado acima, mas sem apresentar sua totalidade para a concretização dos benefícios da experiência proposta.

Os pontos positivos vistos na pesquisa mostram que o estudo pode trazer melhorias nas funções cognitivas dos voluntários, uma vez que demonstra a diminuição do estresse, ansiedade e depressão aos pesquisados. Essa diminuição influencia no aumento da atenção, aprimoramento nas memórias, bem-estar, melhorias no foco, criatividade e resiliência emocional.

Isto direciona positivamente a função cerebral, diminuindo os estados mentais negativos e aumentando os estados positivos resultando em sensações de alegria, tranquilidade e afeição. O estudo utilizou uma amostra de conveniência, e a amostra foi relativamente pequena; assim, os resultados devem ser generalizados com cautela, pois não podemos afirmar o real contentamento do aumento ao bem-estar dos voluntários no estudo.

Pesquisas futuras são necessárias para determinar se as práticas da auralização binaural aplicadas na meditação podem ser úteis para outras experiências ou pesquisas, estimulando novos tratamentos não farmacológicos para o estresse. A continuação para trabalhos futuros no intuito de propostas de continuação do trabalho, envolve os itens abaixo.

- Implementar os dados estatísticos com uma maior amostragem aos participantes do grupo de controle e experimental;
- Implementação de um maior número de variáveis nas perguntas para comparação entre os grupos, considerando fatores psicológicos, hábitos e índices que possam influenciar na medição para a escala;
- Implementação via software em modo gráfico- *Graphical User Interface*

(GUI) baseado em linguagem em Python adicionando interfaces de áudio para o funcionamento;

- Substituição do modelo computacional para sintetização por uma captação via câmera anecoica e microfones adequados para as medições;

Inclusive o presente trabalho teve uma publicação no XIII Simpósio de Engenharia Biomédica, que ocorreu em setembro de 2021 pela Universidade Federal de Uberlândia no tópico Neuroengenharia com registro DOI: 10.47573/XIIISEB.13 e com imagem de participação abaixo.



Figura 52 – Certificado de apresentação na publicação de artigo.
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os achados desta pesquisa não são apenas estatisticamente significativos, mas também demonstram importância cientifica para o mundo acadêmico, trazendo diferentes perspectivas para os estudos nas áreas de bioengenharia, neuroengenharia e biomédica.

Pesquisas adicionais também são necessárias para examinar mais especificamente os benefícios prováveis que o teor do presente do trabalho pode produzir para a população e para testar a estrutura conceitual proposta para este estudo.

Referências

ABAWI, F. (2016). **Indoor Sound Localization**. *Technische Aspekte Multimodaler Systeme - Universität Hamburg*, p. 33.

AGUIAR, P., & NUNES, B. (2013). **Odds ratio**. Acta medica portuguesa.

ALGAZI, R., DUDA, R. O., & THOMPSON, D. M. (2002). **The use of head-and-torso models for improved spatial sound synthesis**. *Audio Engineering Society Convention Paper*, p. 18.

Allred, K. D. (2010). **The effect of music on postoperative pain and anxiety**. *Pain Management Nursing, 11*, 15--25.

Arteaga, D. (2015). **Introduction to Ambisonics**. *Escola Superior Politècnica Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Spain*, p. p. 21.

AUDIO, N. (n.d.). ***Transformação rápida de Fourier FFT - Noções básicas***. Retrieved 09 25, 2022, from https://www.nti-audio.com/pt/suporte/saber-como/transformacao-rapida-de-fourier-fft

BARBOSA, F. M. (2008). **Estudo da transformada rápida wavelet e sua conexão com banco de filtros**. *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte*.

BEAR, M. F., CONNORS, B. W., & PARADISO, M. A. (2008). ***Neurociências: desvendando o sistema nervoso***. Artmed.

Berns, G. S. (2010). **Neural mechanisms of the influence of popularity on adolescent ratings of music**. *Neuroimage, 49*, 2687--2696.

BINNS-TURNER, P. G. (2008). **Perioperative music and its effects on anxiety, hemodynamics, and pain in women undergoing mastectomy**. The University of Alabama at Birmingham.

BLAUERT, J. (1997). ***Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization***. MIT press.

Brasil, P. (n.d.). ***https://plataformabrasil.saude.gov.br/***. Retrieved 08 2022, from

https://plataformabrasil.saude.gov.br/

CALHEIRO, M. S. (2021). **CLASSIFICAÇÃO DE ANOMALIAS EM SONS RESPIRATÓRIOS UTILIZANDO**.

Caumo, W. a. (2003). **Perioperative anxiety: psychobiology and effects in postoperative recovery.** *The Pain Clinic, 15*, 87--101.

Chaieb, L. a. (2017). **The impact of monaural beat stimulation on anxiety and cognition**. *Frontiers in human neuroscience*, p. 251.

CNEC, S. d. (2022, 11). ***BIOLOGIA - IDENTIDADE FUNCIONAL DA VIDA***. Retrieved from BIOLOGIA - IDENTIDADE FUNCIONAL DA VIDA - 1ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO: https://md.cneceduca.com.br/102/biologia-identidade-funcional-da-vida-1a-serie-do-ensino-medio

COELHO, B. A. (2018). **Impacto do Mindfulness em mulheres submetidas a biópsia de mama: avaliação de parâmetros quantitativos e qualitativos dos marcadores de estresse.** *UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA*, p. 96.

COSTA, E. A. (2018). **Processamento digital de sinais para simulação de efeito 3D em áudio em fones de ouvido**. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL*, p. 114.

CRUISE, C. J. (1997). **Music increases satisfaction in elderly outpatients undergoing cataract surgery**. *Canadian Journal of Anaesthesia, 44*, 43--48.

DA SILVA, P. M. (2019). **Sistemas de Recomendação de Plugins de Áudio para Produção Musical**. *INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ*, p. 128.

DOOLEY, W. L., & STREICHER, R. D. (1982). **MS stereo**: A powerful technique for working in stereo. *Journal of the Audio Engineering Society*.

EBU, R. (2020). **LOUDNESS NORMALISATION AND PERMITTED MAXIMUM LEVEL OF AUDIO SIGNALS**. *EBU – Recommendation R 128 - Geneva*, p. 70.

Facebook 360, A. 3. (2017). ***Facebook 360 Spatial Workstation Guide***. Retrieved from Facebook 360 : https://facebookincubator.github.io/facebook-360-spatial-

workstation/KB/3DMixPT2Reaper

Faria, L. (2016). ***Como Desenvolver um Cérebro de Alto Desempenho; a curva Yerkes-Dodson***. Retrieved 07 2022, from https://meucerebro.com/cerebro-alto-desempenho-curva-yerkes-dodson/

Faria, R. R. (2005). **Auralização em ambientes audiovisuais imersivos. *Auralization in immersive audiovisual environments****, PhD. Thesis in Electronic*.

FERNANDES, J. C. (2002, Setembro). **Acústica e ruídos**. *UNESP - Câmpus de Bauru - Faculdade de Engenharia - Bauru*, p. 51.

FORMIGA, N. S. (2021). **Invariância fatorial, sensibilidade e diferenças da medida de ansiedade, estresse e depressão (DASS-21) em trabalhadores brasileiros**. *Research, Society and Development,*.

Fraunhofer, O. L. (n.d.). ***MPEG-H***. Retrieved 07 06, 2022, from https://www.iis.fraunhofer.de/en/ff/amm/broadcast-streaming/mpegh.html

Gagner-Tjellesen, D. a. (2001). **Use of music therapy and other ITNIs in acute care**. *SLACK Incorporated Thorofare, NJ*.

GELFAND, S. A. (2017). ***Hearing: An introduction to psychological and physiological acoustics****.* CRC Press.

GERZON, M. A. (1974). **What's wrong with Quadraphonics. Studio Sound**. *Studio Sound, 16*, 50-56.

Goleman, D. (1999). ***A arte da meditação - Um guia para a meditação****.* SEXTANTE.

GREENBERG, D. M. (2021). **Decreasing Stress Through a Spatial Audio and Immersive 3D Environment.** *A Pilot Study With Implications for Clinical and Medical Settings. Music & Science*, pp. v. 4, p. 2059204321993992.

GUNZI, A. S. (2008). **Som tridimensional: métodos de geraçao e modos de reprodução**. *COPPE/UFRJ*, p. 159.

HERRE, J. e. (2015). **MPEG-H audio—the new standard for universal spatial/3D audio coding.** *Journal of the Audio Engineering Society*, pp. 821--830.

Iftikhar, U. a. (2002). **Pre-operative anxiety in patients admitted for elective surgery in king Saud Hospital**. *Unaizah, Al-Qassim Kingdom of Saudi Arabia*, pp. 306-10.

JOT, J.-M., & WALSH, M. (2006). ***Loudspeaker-Based 3-D Audio System Design Using the MS Shuffler Matrix.*** Audio Engineering Society Convention 121.

JUNIOR, F., & LOPES, A. C. (2005). **Auralização: técnicas de modelagem e simulação**. *Tese de Doutorado. University of Campinas, Brazil*.

KOURO, S., & MUSALEM, R. (2002). **Tutorial introductorio a la Teoría de Wavelet**. *Artículo presentado como trabajo de la asignatura Técnicas Modernas en Automática*, p. 8.

LABORATORIES, D. (2021, 10 18). **Retrieved from Dolby atmos for sound bar applications** october 2016: https://www.dolby.com/us/en/categories/sound-bar.html

LATHI, B. P. (2006). ***Sinais e sistemas lineares-2.*** Bookman.

Lee, O. K. (2005). **Music and its effect on the physiological responses and anxiety levels of patients receiving mechanical ventilation**: a pilot study. *Music and its effect on the physiological responses and anxiety levels of patients receiving mechanical ventilation: a pilot study*, pp. 609--620.

Lillis, C. a. (2008). ***Fundamentals of nursing****: The art and science of nursing care.* Lippincott-Raven.

LIMA, F. V., FORMIGA, N. S., & DE MELO, G. F. (2018). **Elaboração e validação da Escala de Sintomas de Estresse**. *Psicologia. pt o portal dos psicólogos*.

LOVIBOND, P. F., & LOVIBOND, S. H. (1995). **he structure of negative emotional states: Comparison of the Depression Anxiety Stress Scales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories**. *Behaviour research and therapy*.

MARTINS, M. J., & FARIA, B. E. (2012). **Inteligência Emocional: a teoria revolucionária que redefine o que é ser inteligente**. *Psicologia e Saúde em debate*, pp. v. 4, n. 3, p. 121-130.

Meltzer, S. a. (2014). **MPEG-H 3D Audio-The Next Generation Audio System**. *IBC2014*.

Meltzer, S., & Murtaza, A. (2014). **First Experiences with the MPEG-H TV Audio**

System in Broadcast. *SET Int. J. Broadcast Eng*, pp. v. 4, p. 6.

MENEZES, C. B., & DELL'AGLIO, D. D. (2009). **Os efeitos da meditação à luz da investigação científica em Psicologia**. *Psicologia: ciência e profissão*.

Mok, E. a.-Y. (2003). **Effects of music on patient anxiety**. *AORN journal, 77*, 396--410.

MØLLER, H. (1992). **Fundamentals of binaural technology**. *Applied acoustics*.

MØLLER, H. e. (1995). **Transfer characteristics of headphones measured on human ears**. *Journal of the Audio Engineering Society*.

NAVES, D. T. (2014). **Artista e a música na sociedade cultural digital, evolução dos direitos performativos em Portugal**. *Escola de Ciências de Sociologia e Politicas Públicas - ISCTE*, p. 327.

Neuendorf, M. a. (2014). **Immersive audio with MPEG 3D audio-status and outlook**. In *NAB Broadcast Engineering Conference (BEC) Proceedings* (pp. 52--56).

Nilsson, U. (2008). **The anxiety-and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review**. *The anxiety-and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review*, pp. 780--807.

NILSSON, U. e. (2003). **Analgesia following music and therapeutic suggestions in the PACU in ambulatory surgery**; a randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 47*(Wiley Online Library), 278--283.

Obadiah, J. (2021). **The Application of Binaural System on Virtual Reality Technology Through the Animation of Wayang Kulit Yogyakarta Performance**. *Film Department, Faculty of Art and Design*.

OLIVEIRA, L. S. (2018). **COMPONENTE DE INTERAÇÃO BINAURAL DO POTENCIAL**. *UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FONOAUDIOLOGIA*, p. 73.

Padmanabhan, R. a. (2005). **A prospective, randomised, controlled study examining binaural beat audio and pre-operative anxiety in patients undergoing general anaesthesia for day case surgery**. *Anaesthesia, 60*, 874--877.

PATIAS, N. D. (2016). **Depression Anxiety and Stress Scale (DASS-21)-short form**: adaptação e validação para adolescentes brasileiros. *Psico-USF*.

Power, P. J. (2016). **Future Spatial Audio**: Subjective Evaluation of 3D Surround Systems.

Rios, L. M., & Glanzmann, J. H. (2016). **Aplicativo que manipula ondas cerebrais por meio de frequências binaurais**.

Roshani, B. a. (2019). **The Effect of Binaural Beat Music on Reducing Anxiety and Pain and Increasing Satisfaction of Ophthalmic Ambulatory Surgery Patients**. *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences*.

ROUHI, G. e. (2006). **The effects of listening to music on some physiologic parameters**. *Journal of GorganBouyeh Faculty of Nursing & Midwifery, 9*, 17--21.

SAMPAIO, R. P. (2012). **Implementação de um sistema de simulação do campo sonoro 3D com base em respostas impulsivas obtidas por medição**.

Sánchez Guzmán, Y. (2019). **Stereo to Binaural Upmix Based on Ambience Extraction**.

Santos, F. (2012). ***Auralização Binaural com HRTF e Descodificação de Ambisonics.***

Sennheiser. (n.d.). ***AMBEO VR Mic*.** Retrieved 07 05, 2022, from https://pt-br.sennheiser.com/microphone-3d-audio-ambeo-vr-mic

SETTI, F. C. (2015). **SÍNTESE DE SOM TRIDIMENSIONAL**.

SKOVENBORG, E. (2012). **Loudness range (LRA)-design and evaluation**. *Audio Engineering Society Convention 132. Audio Engineering Society*.

SORIA, S. G. (n.d.). **ESTUDOS SOBRE PERSONALIZAÇÃO DA FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA RELATIVA Á CABEÇA EM SISTEMAS BIAURAIS DE REPRODUÇÃO ACÚSTICA VIRTUAL**.

SOTO GONZÁLEZ, E. (2021). **iseño de un estudio de postproducción de audio para cine acorde al formato Dolby Digital 5.1**.

STREICHER, R., & EVEREST, F. A. (2006). ***The new stereo soundbook.***

Support, A. (2022, 10). ***support.audacityteam.org*.** Retrieved from https://support.audacityteam.org/audio-analysis/untitled#algorithm

Varginha, E. S., & Moreira, A. S. (2020). **MEDITAÇÃO E SEUS BENEFÍCIOS NA PROMOÇÃO DA SAÚDE**. *Revista de Medicina de Família e Saúde Mental*, pp. v. 2, n. 1.

VIGNOLA, R. C. (2019). **Escala de depressão, ansiedade e estresse (DASS) do Brasi**l. *adaptação e aplicabilidade para baixa escolaridade*.

VIGNOLA, R. C., & TUCCI, A. M. (2014). **Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese**. *Journal of affective disorders*, pp. v. 155, p. 104-109.

WATSON, D. e. (1995). **Testing a tripartite model**: I. Evaluating the convergent and discriminant validity of anxiety and depression symptom scales. *Journal of abnormal psychology*, pp. v. 104, n. 1, p. 3.

WICKERT, M. (2019). **A Real-Time 3D Audio Simulator for Cognitive Hearing Science**. *Proceedings of the 18th Python in Science Conference*.

Wilot, J. R. (2019). **CENTRO DE TERAPIAS INTEGRATIVAS NA LAGOA DA CONCEIÇÃO.**

Wiwatwongwana, D. a. (2016). **The effect of music with and without binaural beat audio on operative anxiety in patients undergoing cataract surgery**: a randomized controlled trial. *a randomized controlled trial. Eye*, pp. v. 30, n. 11, p. 1407-1414.

ZANON, F. T. (2019). **Ansiedade na performance musical: uma intervenção pedagógica no contexto dos cursos de graduação da Escola de Música da UFMG**. *Escola de Música da UFMG*.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde

Prezado(a),

Você foi selecionado(a) e está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada: “Avaliações das técnicas de auralização binaural sob aspectos da sensorialidade neural”. O áudio binaural significa uma espacialização do som no seu ambiente podendo haver a percepção para o ouvinte de uma camada de tempo e espaço conjugados. O objetivo é analisar os efeitos obtidos com a aplicação de técnicas de meditação por meio do áudio binaural, através da utilização de fones de ouvidos próprios de qualquer modelo, desde que em perfeito estado de funcionamento. Essa experiência pode ser realizada em qualquer lugar e em qualquer dispositivo, tendo os aparatos necessários. Esta é a mesma concepção do *bring your own device* (traga seu próprio dispositivo-BYOD) (After, 2014), dando uma maior possibilidade aos usuários para usufruir dos benefícios do áudio binaural.

Você receberá por e-mail um áudio binaural de 5 (cinco) minutos contendo uma meditação, que poderá ser ouvido por meio de qualquer fone de ouvido. Após a experiência, você responderá um questionário para informar como você se sentiu. O áudio estará em conformidade com as normas técnicas referentes ao Nível de Pressão Sonora e Loudness para evitar qualquer incômodo ao participante.

Para a coleta de dados será utilizada a escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - DASS-21, contendo 21 perguntas o questionário e podendo ter quatro respostas de 1 a 4.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder as perguntas a serem realizadas sob a forma de questionário após ter a experiência de ouvir os áudios binaurais. As respostas serão tratadas de forma anônima e confidencial. Seus dados pessoais não serão divulgados, serão apenas armazenados para a aferição dos resultados da pesquisa aqui proposta, estando de acordo com a Lei de Proteção de dados, Lei 13.709/18.

Esse questionário foi planejado para ser auto administrável, não tendo limite de tempo. O tempo médio para a completa realização da escala é de 15 minutos. A seguir o modelo que será proposto, <Questionário de Pesquisa>.

O resultado geral da pesquisa será apresentado na defesa de dissertação do mestrado de engenharia na CEFET – RJ PPEEL e será enviado por e-mail para cada participante.

Você não terá nenhum custo ou quaisquer compensações financeiras nesta pesquisa. Riscos mínimos são esperados neste estudo.

Caso você se sinta desconfortável ou constrangido(a) para expressar sua sincera opinião frente ao que lhe for questionado e/ou em manifestar informações ou experiências pessoais, poderá desistir da participação a qualquer tempo, sem nenhum inconveniente.

Em caso de eventuais prejuízos ou danos decorrentes da pesquisa, toda assistência será dada.

O benefício obtido com a sua participação será conhecer os efeitos e ganhos que as técnicas de meditação por meio de áudio tridimensional podem trazer para os entrevistados.

Sua participação é voluntária, isto é, a qualquer tempo você pode recusar-se a responder qualquer pergunta, ou desistir de participar e retirar seu consentimento. Não há nenhuma obrigação de participar da pesquisa e de responder o questionário. Sua recusa ou desistência não lhe trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Neste caso, qualquer resultado encontrado será mantido em sigilo.

Você receberá uma cópia deste termo onde constam o endereço e telefone para contato do Comitê de Ética do (a) (comitê de ética selecionado pela plataforma Brasil), assim como o e-mail do orientador(a) e o e-mail do autor(a) da pesquisa, podendo tirar as suas dúvidas sobre o projeto e a sua participação.

Comitê de Ética (Instituto Nacional de Educação de Surdos - INES)

Endereço: R. das Laranjeiras, 232 - Laranjeiras, Rio de Janeiro - RJ

CEP: 22240-003

Telefone: (21) 2285-7546

Desde já, agradecemos.

Atenciosamente,



_____

Aline Gesualdi Manhães D.Sc

Orientador da Pesquisa

E-mail: aline.manhaes@cefet-rj.br

Rodrigo Sobrado Lopes

_____

Acadêmico de Mestrando Rodrigo Sobrado Lopes

Autor da Pesquisa

E-mail: rodrigo.lopes@aluno.cefet-rj.br

Declaro estar ciente do inteiro teor deste termo e de acordo em participar do estudo proposto.

APÊNDICE B – APROVAÇÃO PLATAFORMA BRASIL

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliações das técnicas de auralização binaural sob aspectos da sensorialidade neural.
Pesquisador Responsável: Rodrigo Sobrado Lopes
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 51555621.2.0000.8137
Submetido em: 29/09/2021
Instituição Proponente: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
Situação da Versão do Projeto: Aprovado
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



Comprovante de Recepção: PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1767144

LISTA DE PROJETOS DE PESQUISA:

Tipo	CAAE	Versão	Pesquisador Responsável	Comitê de Ética	Instituição	Origem	Última Apreciação	Situação	Ação
P	51555621.2.0000.8137	2	Rodrigo Sobrado Lopes	8137 - Instituto Nacional de Educação de Surdos - INES		PO	PO	Aprovado	

ANEXO A – Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - DASS-21

Nome **DASS21 :** Encontro:

Por favor, leia cada afirmação e circule um número 0, 1, 2 ou 3 que indica o quanto a afirmação se aplicou a você **na última semana.** Não há respostas certas ou erradas. Não gaste muito tempo em qualquer declaração.

A escala de classificação é a seguinte:

0 Não se aplica a mim
1 Aplicado a mim em algum grau, ou algumas vezes
2 Aplicado a mim em um grau considerável ou uma boa parte do tempo
3 Aplicado a mim muito ou na maioria das vezes

1 (s)	Achei difícil relaxar	0	1	2	3
2 (um)	Eu estava ciente da secura da minha boca	0	1	2	3
3 (d)	Eu não conseguia experimentar nenhum sentimento positivo	0	1	2	3
4 (um)	Tive dificuldade em respirar (por exemplo, respiração excessivamente rápida, falta de ar na ausência de esforço físico)	0	1	2	3
5 (d)	Achei difícil desenvolver a iniciativa de fazer as coisas	0	1	2	3
6 (s)	Eu tendia a reagir exageradamente a situações	0	1	2	3
7 (um)	Eu experimentei tremores (por exemplo, nas mãos)	0	1	2	3
8 (s)	Senti que estava usando muita energia nervosa	0	1	2	3
9 (um)	Eu estava preocupado com situações em que eu poderia entrar em pânico e fazer papel de bobo	0	1	2	3
10 (d)	Eu senti que não tinha nada para esperar	0	1	2	3
11 (s)	me encontrei ficando agitado	0	1	2	3
12 (s)	Achei difícil relaxar	0	1	2	3
13 (d)	Eu me senti desanimado e azul	0	1	2	3
14 (s)	Eu era intolerante com qualquer coisa que me impedisse de continuar com o que eu estava fazendo	0	1	2	3
15 (um)	Eu senti que estava perto do pânico	0	1	2	3
16 (d)	Eu não conseguia me entusiasmar com nada	0	1	2	3
17 (d)	Eu senti que não valia muito como pessoa	0	1	2	3
18 (s)	Eu senti que estava bastante sensível	0	1	2	3
19 (um)	Eu estava ciente da ação do meu coração na ausência de esforço físico (por exemplo, sensação de aumento da frequência cardíaca, coração perdendo uma batida)	0	1	2	3
20 (um)	Eu me senti assustado sem nenhuma boa razão	0	1	2	3
21 (d)	Eu senti que a vida não tinha sentido	0	1	2	3

Instruções de Pontuação DASS-21

O DASS-21 não deve ser usado para substituir uma entrevista clínica presencial. Se você está passando por dificuldades emocionais significativas, você deve entrar em contato com seu médico de família para um encaminhamento para um profissional qualificado.

Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - 21 Itens (DASS-21)

A Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse - 21 Itens (DASS-21) é um conjunto de três escalas de autorrelato destinadas a medir os estados emocionais de depressão, ansiedade e estresse.

Cada uma das três escalas DASS-21 contém 7 itens, divididos em subescalas com conteúdo semelhante. A escala de depressão avalia disforia, desesperança, desvalorização da vida, autodepreciação, desinteresse/envolvimento, anedonia e inércia. A escala de ansiedade avalia a excitação autonômica, efeitos no músculo esquelético, ansiedade situacional e experiência subjetiva de afeto ansioso. A escala de estresse é sensível a níveis de excitação crônica não específica. Avalia a dificuldade em relaxar, a excitação nervosa e ser facilmente perturbado/agitado, irritável/

hiper-reativo e impaciente. As pontuações para depressão, ansiedade e estresse são calculadas pela soma das pontuações dos itens relevantes.

O DASS-21 é baseado em uma concepção dimensional e não categórica de transtorno psicológico. A suposição em que se baseou o desenvolvimento do DASS-21 (e que foi confirmada pelos dados da pesquisa) é que as diferenças entre a depressão, a ansiedade e o estresse experimentados por indivíduos normais e populações clínicas são essencialmente diferenças de grau. O DASS-21, portanto, não tem implicações diretas para a alocação de pacientes em categorias diagnósticas discretas postuladas em sistemas classificatórios como o DSM e o CID.

As pontuações de corte recomendadas para rótulos de gravidade convencionais (normal, moderado, grave) são as seguintes:

NB As pontuações no DASS-21 precisarão ser multiplicadas por 2 para calcular a pontuação final.

	Depressão	Ansiedade	Estresse
Normal	0-9	0-7	0-14
Suave	10-13	8-9	15-18
Moderado	14-20	10-14	19-25
Forte	21-27	15-19	26-33
Extremamente Grave	28+	20+	34+

Lovibond, SH & Lovibond, PF (1995). Manual para as Escalas de Ansiedade e Estresse de Depressão. (2ª Ed.)Sydney: Psychology Foundation.