

**CENTRO PAULA SOUZA**



**GOVERNO DO ESTADO  
DE SÃO PAULO**

**Etec Professor Aprígio Gonzaga**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO TÉCNICO EM  
ELETRÔNICA**

**A.S.A**

**Automação sonora do anfiteatro**

**Gabriel Oliveira de Souza**

**Kawe Tobias Monteiro**

**Nathan Silva Manzoni**

**Vinícios da Silva Conceição**

**Yuri de Souza Alves**

**São Paulo**

**2018**

**Gabriel Oliveira de Souza**  
**Kawe Tobias Monteiro**  
**Nathan Silva Manzoni**  
**Vinícios da Silva Conceição**  
**Yuri de Souza Alves**

**A.S.A**  
**Automação sonora do anfiteatro**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado como pré requisito para obtenção do diploma técnico em eletrônica na Etec Professor Aprígio Gonzaga.**

**São Paulo**  
**2018**

**A.S.A**

**Automação sonora do anfiteatro**

**Gabriel Oliveira de Souza**

**Kawe Tobias Monteiro**

**Nathan Silva Manzoni**

**Vinicios da Silva Conceição**

**Yuri de Souza Alves**

**Data de aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_**

**CONCEITO FINAL: \_\_\_\_\_**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. João Vagner Pereira da Silva - Orientador**

---

**Membro 1.**

---

**Membro 2.**

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos os professores, alunos e coordenadores da Etec Professor Aprígio Gonzaga que irão usufruir do projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos imensamente a todos os nossos professores que nos deram incentivo, confiança e nos passaram o conhecimento necessário para a realização deste trabalho, além de nos auxiliarem durante o passar dos anos.

Aos nossos familiares que durante todo o curso nos incentivaram e nos deram apoio para conseguirmos concluir mais essa fase de nossas vidas.

A todos os envolvidos que nos ajudaram por meio de compra e venda das rifas, colaborando diretamente com a construção desse magnífico projeto.

Ao professor Ricardinho que nos doou seu amplificador sendo este ato de grande ajuda para o desenvolvimento do projeto.

Por fim, a coordenadora Penha, que nos forneceu grande auxílio para a finalização da parte escrita.

*Repetir? Só se for a merenda.*

*(Autor desconhecido)*

## **RESUMO**

Este documento apresenta um projeto que aborda o desenvolvimento e estudo da automação sonora do anfiteatro da Etec Professor Aprígio Gonzaga. O objetivo desse projeto consta-se principalmente na fixação das caixas de som e o desenvolvimento de uma sala de controle para estes amplificadores. O "A.S.A" funciona da seguinte maneira, são distribuídas estrategicamente 4 (quatro) caixas de som pelo anfiteatro afim de se promover melhor dispersão do som pelo ambiente, elas são ligadas via cabo a uma mesa de controle no fundo de nosso auditório, esse equipamento nos permite comandar todas as caixas do local.

Palavras Chave: anfiteatro, caixas de som, sala de controle.

## **ABSTRACT**

This document presents a project that aborts the development and study of the sound automation of the amphitheater Etec Professor Aprígio Gonzaga. The purpose of this project is mainly in the setting of the speakers and the development of a control room for these amplifiers. The "ASA" works as follows, four (4) speakers are strategically distributed through the amphitheater in order to promote better dispersion of sound through the environment, they are connected via cable to a control desk in the back of our audi- this equipment allows us to control all the boxes of the place.

Keywords: amphitheater, speakers, control room.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema de sonorização interna .....	19
Figura 2 - Sonorização externa.....	20
Figura 3 - Propagação do som .....	21
Figura 4 - Anatomia do ouvido humano .....	24
Figura 5 - Ouvido Externo.....	24
Figura 6 - Ouvido médio .....	26
Figura 7- Anatomia do ouvido interno .....	27
Figura 9 - Espectro sonoro .....	33
Figura 10- Esquema de ligação .....	36
Figura 11 - Woofer.....	37
Figura 12 - Subwoofers.....	38
Figura 13 - Tweeters.....	38
Figura 14 - Mid Ranger\ Drivers.....	39
Figura 15 - Planejamento do projeto.....	41
Figura 16 - Limpeza das caixas de som .....	42
Figura 17 - Ligação com os cabos prontos.....	43
Figura 18 - Suporte da mesa de controle.....	44
Figura 19 - Mesa de controle .....	44
Figura 20 - Amplificador.....	45
Figura 21 - Projeto 3D do Anfiteatro .....	50

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Espectro de frequências .....	29
Tabela 2 - Tabela de Frequências x Instrumentos x Vozes .....	31
Tabela 3 -- Tabela de Frequências x Piano, Guitarra .....	32
Tabela 4 – Componentes.....	40

## **LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E ABREVIações**

Fb – Frequência de sintonia (ressonância) de caixa acústica dutada

Fs – Frequência de ressonância ao ar livre

Cd – Compact Disc

Am- Modulação de amplitude

Rf- Radiofrequência

## LISTA DE SIMBOLOS

V - Volts

% - Porcentagem

Hz - Hertz

cm - Centímetros

m - Metros

s - Segundo

dB - Decibel

t - Tempo

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de amplitude de onda sonora .....	25
Gráfico 2 - Gráfico de ganho acústico .....	25
Gráfico 3 - Gráfico de funcionamento do ouvido médio .....	26
Gráfico 4 - Espectro de ruído típico de uma ignição automotiva.....	34
Gráfico 5 - Comparação.....	35
Gráfico 6 - Cursos que participaram da Pesquisa .....	47
Gráfico 7 - Idade dos participantes .....	48
Gráfico 8 - Avaliação da Infraestrutura do anfiteatro (de 0 á 10) .....	48
Gráfico 9 - Avaliação da ideia do nosso projeto (de 0 á 10) .....	49

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	17
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	19
2.1	Sonorização ambiente.....	19
2.1.1	Acústica .....	20
2.1.2	Propagação .....	21
2.1.3	Reflexão do som.....	21
2.1.3.1	Eco .....	22
2.1.3.2	Reverberação e Tempo de Reverberação.....	22
2.1.4	Difusão do som.....	22
2.1.5	Difração do som.....	22
2.1.6	Absorção do som.....	22
2.1.7	Refração do som .....	23
2.2	Aparelho Auditivo Humano.....	23
2.2.1	Anatomia do ouvido humano.....	23
2.2.2	Ouvido externo .....	24
2.2.3	Função de transferência do ouvido externo .....	25
2.2.4	Ouvido médio .....	25
2.2.4.1	Funcionamento do ouvido médio.....	26
2.2.5	Ouvido interno .....	27
2.2.6	Frequência sonora .....	28
2.3.1	Escolhendo o Falante.....	29
2.3.2	Parâmetros dos alto falantes x Frequências .....	29
2.3.3	Tabela das frequências .....	30
2.3.4.	Infrassons e Ultrassons.....	33
2.4.1	Interferências no som.....	33

2.4.2	Interferência não-relacionada ao sistema sem fio.....	34
2.4.3	Problemas de amortecimento .....	34
2.4.4	Interferência de baixo nível .....	35
2.4.5	Interferência direta .....	35
2.5.1	Funcionamento de caixas de Som .....	35
2.5.2	Woofers.....	37
2.5.3	Subwoofers.....	37
2.5.4	Tweeters .....	38
2.5.5	Mid Ranger \ Drivers .....	39
2.5.6	Harmonia entre as frequências.....	39
3.	PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....	40
3.1	Lista de materiais .....	40
3.2	Parte Mecânica .....	40
3.2.1	Planejamento e previsões.....	40
3.2.2	Pesquisa de preços .....	41
3.2.3	Ajuda dos membros da escola.....	41
3.2.4	Análise dos equipamentos.....	41
3.2.4.1	Higienização dos produtos .....	41
3.2.4.2	Caixas Acústicas .....	42
3.2.4.3	Cabos .....	43
3.2.4.4	Suporte da mesa .....	44
3.2.4.5	Mesa de controle .....	44
3.2.4.6	Amplificador .....	45
3.2.4.7	Cabo medusa .....	46
3.3	Finalização do projeto .....	46
4.	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	47
4.1	Coleta de dados .....	47

4.2 Analise dos resultados .....	49
5. RESULTADOS OBTIDOS .....	50
6. CONCLUSÃO .....	51
REFERÊNCIAS .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura do local de trabalho influencia diretamente nas atividades que não são desenvolvidas. Tendo isso como base, pode-se afirmar que a presença de recursos sonoros e visuais pode ser de grande ajuda na hora de fazer uma palestra apresentação debate, etc. Entretanto, com ausência dos mesmos captar a atenção do público contemporâneo vem se tornando uma missão cada vez mais difícil.

Na ETEC Professor Aprígio Gonzaga as instalações sonoras não alcançam o fundo do seu auditório, além disso por muitas vezes são apresentadas falhas em seu sistema.

Com base em promover o melhor ambiente para a comunidade escolar, iremos juntamente com a ajuda da mesma, realizar a implantação de um melhor sistema de som, visando a implantação de uma sala de controle onde será possível todo o coordenamento auditivo de nossa cidade e também a fixação das caixas em locais estratégicos para melhor dispersão do áudio.

O presente trabalho se apresenta organizado em seis capítulos. Destes, o primeiro apresenta a justificativa e os objetivos. O segundo aborda a fundamentação teórica, apresentando todas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto. No terceiro capítulo é explicada a parte da montagem do trabalho. O quarto capítulo apresenta as pesquisas realizadas sobre o A.S.A, e por fim, no quinto e sexto capítulo estão presentes respectivamente os resultados obtidos e a conclusão.

### **Tema e delimitação:**

Melhoria do auditório escolar.

### **Objetivos Gerais**

Desenvolver o sistema automático de som a fim de promover melhorias no ambiente.

## **Objetivos Específicos**

Proporcionar melhor qualidade de aprendizagem aos futuros alunos; aproveitar as tecnologias disponíveis em nossa escola e usufruir dela para a criação do projeto.

## **Justificativas**

Como diz o escritor Arthur C. Clarke:

“Qualquer tecnologia suficientemente avançada é equivalente a mágica”

Diante do contexto atual, vemos a grande dificuldade dos professores que necessitam fazer mágica para suprir necessidades de aprendizagem do aluno moderno.

Parte da lacuna presente na educação está restrita as antigas técnicas de ensino, onde o professor passa a matéria na lousa e explica o conteúdo. Visando sanar o problema implementações tecnológicas e fazem parte suficiente para solucionar certa fração dessa dificuldade.

Na área da eletrônica se torna possível a implantação dessa tecnologia. Nosso trabalho visa a implantação de um sistema de automação sonora tendo como principal objetivo facilitar a vida de professores e estudantes.

## **Metodologia**

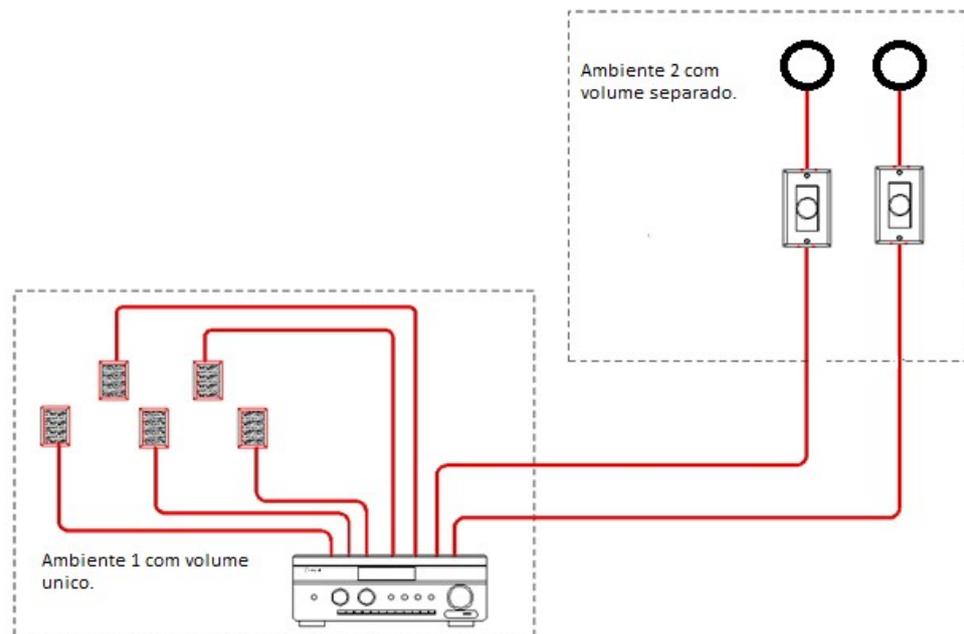
Antes de se iniciar o projeto o grupo fez uma pesquisa com os próprios alunos da escola visando entender se o projeto era realmente necessário. Para isso, foi montado um questionário e disponibilizado na plataforma "google docs".

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresentaremos as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do projeto "A.S.A".

### 2.1 Sonorização ambiente

Sonorizar um ambiente é distribuir, de maneira uniforme, todas as frequências (graves, médios e agudos) com a mesma energia (pressão sonora), em todos os locais onde haverá ouvintes.



**Figura 1- Esquema de sonorização interna**

Fonte:>[http://www.suporteelectronica.com.br/produtodetalhes/\\_ambiente.html](http://www.suporteelectronica.com.br/produtodetalhes/_ambiente.html)

Em ambientes onde o som natural não cobre todo o espaço, é utilizado o reforço sonoro. Uma boa sonorização é construída a partir das necessidades e utilizações para aquele ambiente. Caixas de som, mesa de som e seus periféricos, com os

corretos amplificadores e equalizadores proporcionam um resultado de ótima qualidade.



**Figura 2 - Sonorização externa**

**Fonte** <<https://patiodesignc.com/construction-patio-terrasse/eclairage-sonnorisation-exterieur-patio-terrasse/>>

Ainda que todos os equipamentos estejam corretos e sejam de boa qualidade, a casos que a propagação do som não está adequada. Para que este problema não ocorra precisamos entender o conceito de acústica e propagação, assim, ver a melhor opção para a disposição desses equipamentos.

### 2.1.1 Acústica

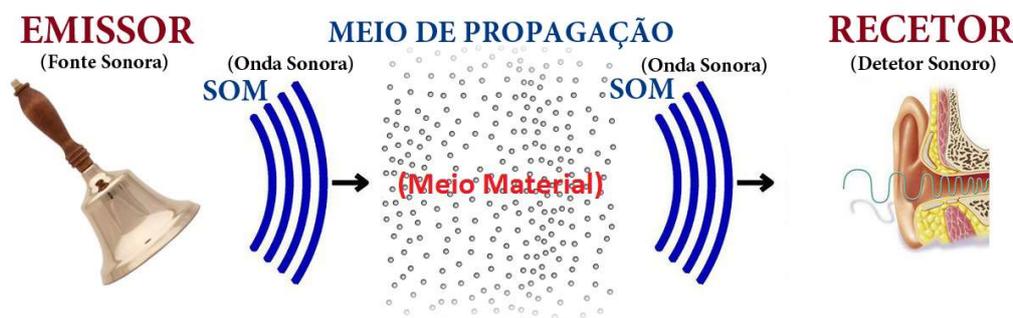
A acústica é a ciência que estuda o som, suas propriedades, propagação e produção. Quando analisamos o comportamento do som percebemos que cada ambiente possui suas próprias características. Características estas que o ambiente impõe ao som são chamadas de acústica, que nada, mas é do que uma interferência imposta ao som gerado por alto-falantes ou caixas acústicas, até que cheguem aos nossos ouvidos. Quando a acústica não é de boa qualidade damos o nome de interferência negativa, para solucionar este problema fazemos um tratamento acústico,

estudando o ambiente imposto e desenvolvendo um sistema de reforço sonoro adequado.

### 2.1.2 Propagação

Estudar a forma com que o som se manifesta é essencial quando o assunto é modernizar a acústica de um projeto de sonorização.

O som precisa de meios para se propagar, sendo eles, um meio físico, sólido, líquido ou gasoso. Quando uma fonte sonora produz uma vibração (emissor), as ondas sonoras são transmitidas em todas as direções e por todo o material que está em sua volta. Esta vibração se comunica com os materiais mais próximos, que respectivamente a transmitem aos seguintes detectores sonoros (receptor), através de choques entre eles.



**Figura 3 - Propagação do som**

Fonte <<http://www.yduka.com/sumarios-e-liceos-8/item/propaga-som>>

Em espaços confinados como no auditório da escola a recepção sonora pode ser alterada pelo ambiente de algumas maneiras: reflexão do som, difusão, difração, absorção e refração do som.

### 2.1.3 Reflexão do som

A reflexão do som assim como a reflexão da luz, tem ação reversa quando encontra uma barreira, as ondas sonoras retornam para o local de propagação, dando origem a outros dois acontecimentos, chamados de eco e reverberação.

### 2.1.3.1 Eco

O eco é uma consequência imediata da reflexão sonora. Define-se eco como a repetição de um som que chega ao ouvido por reflexão 1/15 de segundo ou mais depois do som direto. Considerando-se a velocidade do som em 345 m/s, o objeto que causa essa reflexão no som deve estar a uma distância de 23 m ou mais.

### 2.1.3.2 Reverberação e Tempo de Reverberação.

Quando um som é gerado dentro de um ambiente escuta-se primeiramente o som direto e, em seguida, o som refletido. No caso em que essas sensações se sobrepõem, confundindo o som direto e o refletido, teremos a impressão de uma audição mais prolongada. A esse fenômeno se dá o nome de reverberação.

Define-se como tempo de reverberação o tempo necessário para que, depois de cessada a fonte, a intensidade do som se reduza de 60 dB. Se as paredes do local forem muito absorventes (pouco reflexivas), o tempo de reverberação será muito pequeno, caso contrário ocorrerão muitas reflexões e o tempo de reverberação será grande.

### 2.1.4 Difusão do som

A difusão (ou dispersão) do som ocorre quando as ondas sonoras atingem superfícies rugosas de material refletor, fazendo então, com que as ondas sonoras se espalhem por todo ambiente.

### 2.1.5 Difração do som

A difração é a mudança de direção e de intensidade de uma onda sonora, quando se encontra com uma abertura ou cantos com obstáculos. Esta mudança do som refletido depende da intensidade do som e do tamanho e forma do obstáculo

### 2.1.6 Absorção do som

A absorção ocorre quando ondas sonoras são absorvidas por materiais em sua volta. Quanto maior a absorção, melhor a qualidade do som e diminuição da reverberação. Alguns materiais sólidos têm a função de absorver o som ao em vez de refleti-los, como os porosos e/ou flexíveis (tecidos, espumas, borrachas, etc.). Já os não porosos e/ou rígidos (metal, vidro, concreto, etc.) são pouco absorvente, então a

eficiência de absorção do som aumenta de acordo com o material que existe no ambiente.

### 2.1.7 Refração do som

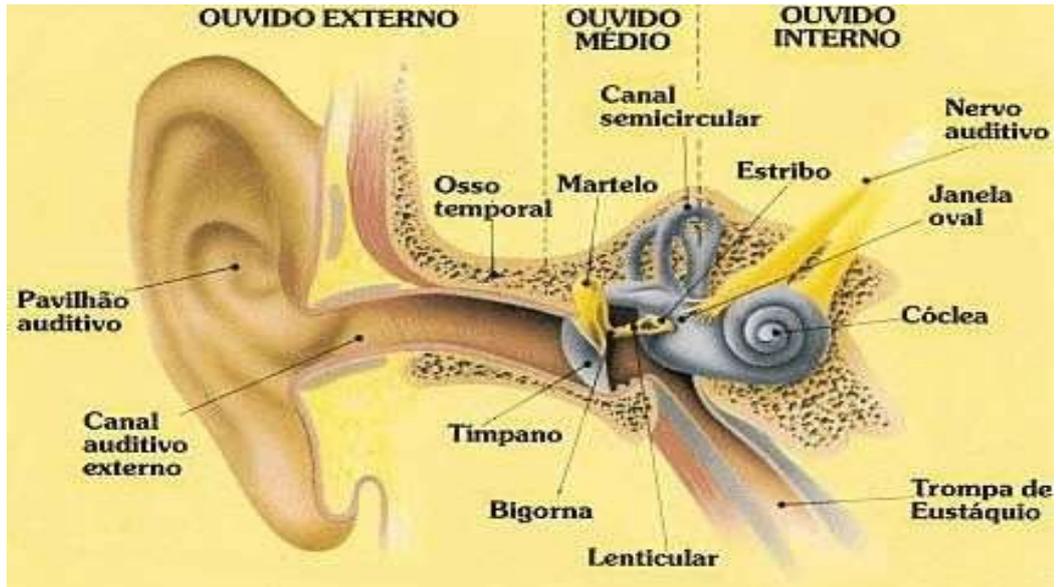
Refração ou transmissão é quando o som passa de uma forma para outra com índice de refração diferente (estado líquido para o estado gasoso, por exemplo), sendo assim, a variação da velocidade de meios de se propagar, para a variação de ondas sonoras que chegaram a nossos ouvidos ou (detectores sonoros).

## 2.2 Aparelho Auditivo Humano

O sistema auditivo humano tem como função captar o som do ambiente e manter o equilíbrio do corpo. Além disso, é graças a ela que podemos nos comunicar e realizar a maioria das nossas interações sociais; é através dela que o homem é tocado pela mais forte de suas expressões sentimentais, a música.

### 2.2.1 Anatomia do ouvido humano

Nosso aparelho auditivo é dividido em três partes, sendo elas: ouvido externo, ouvido interno e ouvido médio; frações essas responsáveis por captar e enviar a informação ao cérebro.



**Figura 4 - Anatomia do ouvido humano**

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-audicao-humana.html>

### 2.2.2 Ouvido externo

O ouvido externo é composto por duas estruturas, são elas: pavilhão auditivo e o canal auditivo. Suas funções é recolher e encaminhar os sons até o tímpano. É também no ouvido externo que ocorre a produção de cera que nada mais é do que uma proteção.

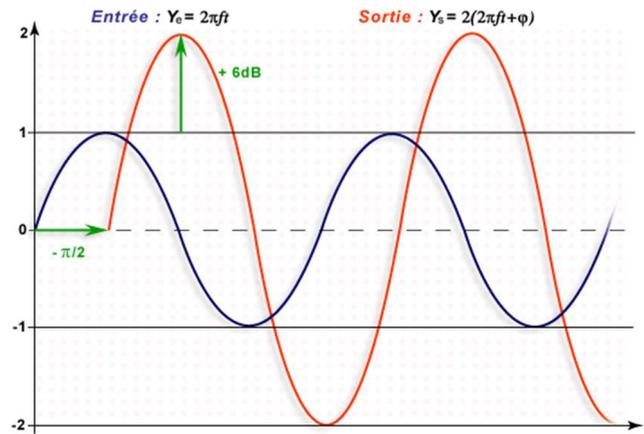


**Figura 5 - Ouvido Externo**

Fonte: <http://www.cochlea.eu/po/ouvido-generalidades/ouvido-externo>

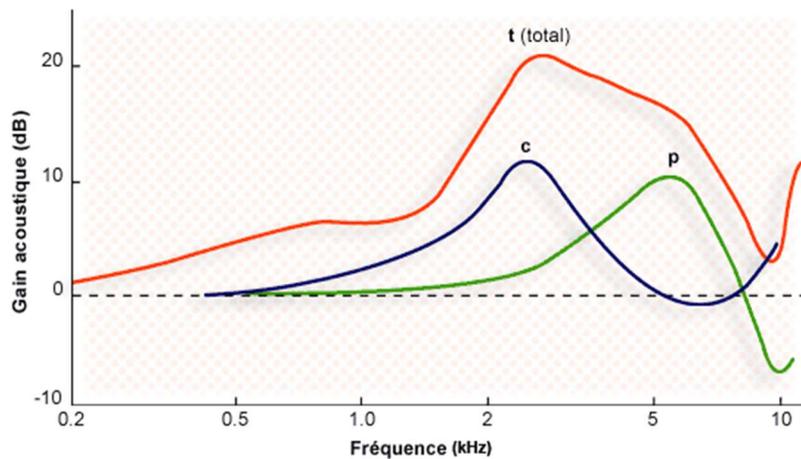
### 2.2.3 Função de transferência do ouvido externo

A amplitude e a fase das ondas acústicas modificam-se quando se propagam do meio externo até ao tímpano. Estas modificações, que são específicas para cada frequência e para cada ângulo de incidência das ondas sonoras, caracterizam a função de transferência do ouvido externo.



**Gráfico 1 - Gráfico de amplitude de onda sonora**

Fonte: <http://www.cochlea.eu/po/ouvido-generalidades/ouvido-externo>

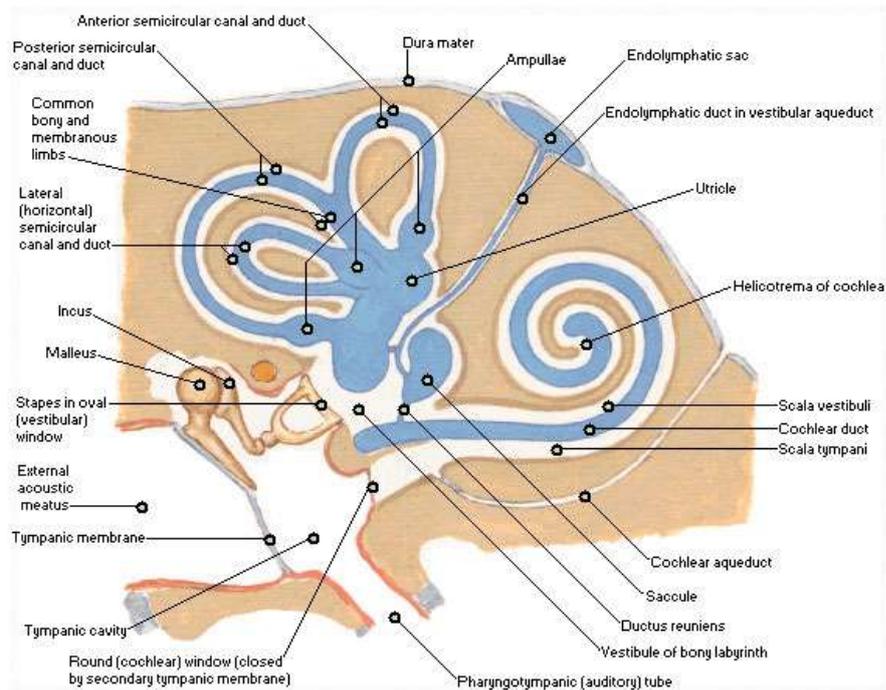


**Gráfico 2 - Gráfico de ganho acústico**

Fonte: <http://www.cochlea.eu/po/ouvido-generalidades/ouvido-externo>

### 2.2.4 Ouvido médio

Em resumo, o ouvido médio é dividido em duas partes principais, sendo elas o tímpano e a cóclea.



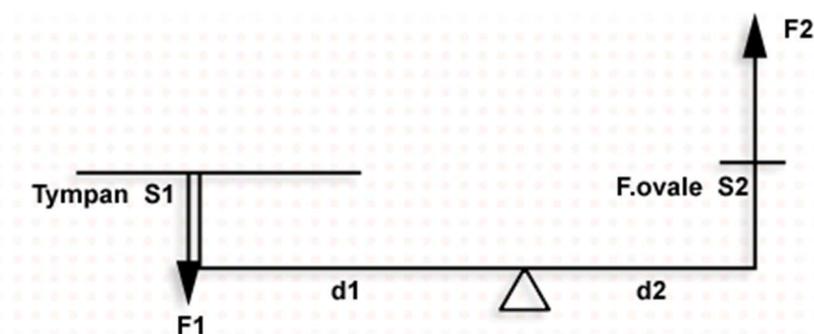
**Figura 6 - Ouvido médio**

Fonte: [https://www.pacienteipo.com.br/janelas/af\\_Ouvido.htm](https://www.pacienteipo.com.br/janelas/af_Ouvido.htm)

#### 2.2.4.1 Funcionamento do ouvido médio

O ouvido médio transmite os impulsos elétricos do tímpano para o ouvido interno, agindo como agente de impedância entre o meio aéreo e líquido.

O ouvido médio é um adaptador de pressões: desta forma "recupera-se" a energia acústica disponível no meio aéreo e aumenta a amplitude dos estímulos mecânicos-acústicos no ouvido interno.



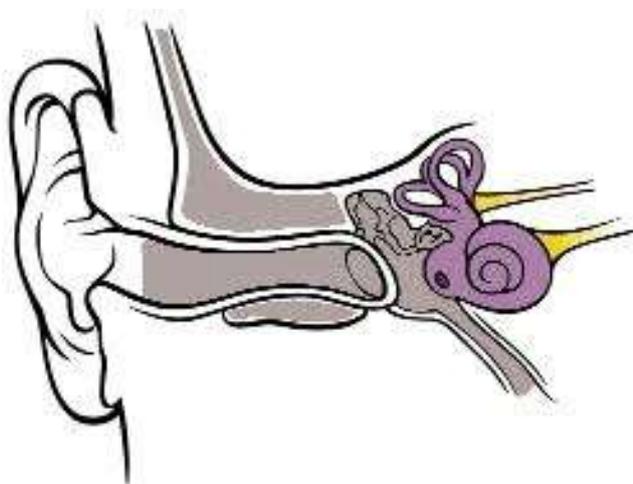
**Gráfico 3 – Gráfico de funcionamento do ouvido médio**

Fonte: <http://www.cochlea.eu/po/ouvido-generalidades/ouvido-medio>

No exemplo acima o tempo  $t_1$  corresponde ao tempo que o interruptor fica pressionado e  $t_2$  o tempo que ele fica livre. Neste caso  $t_1$  é igual a  $t_2$ . Durante a metade do tempo o motor recebe a tensão de 6V e na outra metade ele recebe 0V. A tensão média, figura 11, aplicada ao motor é neste caso de 3V, ou seja, 50% da tensão da bateria.

### 2.2.5 Ouvido interno

O ouvido interno é dividido em 2 partes, a cóclea e o aparato vestibular.



**Figura 7- Anatomia do ouvido interno**

Fonte: <https://www.hear-it.org/pt/O-ouvido-interno->

O ouvido interno é a parte mais profunda do ouvido, o qual é composto da cóclea e do aparato vestibular. Logo que as vibrações do tímpano são transmitidas para a janela oval as ondas sonoras continuam sua jornada em direção ao ouvido interno que é um emaranhado de tubos e passagens, conhecido como labirinto. Leia mais nesse artigo acerca da anatomia do ouvido interno como são as funções e partes do ouvido interno.

Na cóclea as ondas sonoras são transformadas em impulsos elétricos, os quais são enviados para o cérebro e este por sua vez interpreta os impulsos dos sons que passamos a conhecer e entender. As fibras dos cílios, na cóclea, são todas conectadas ao nervo auditivo e dependendo da natureza dos movimentos, no fluido coclear, diferentes fibras dos cílios são colocadas em movimento. O vestibular

em forma de anel consiste de três partes diferentes com três superfícies, as quais são cheias de um líquido que se move conforme os movimentos do corpo. As superfícies contêm milhares de fibras ciliadas, as quais reagem ao movimento do líquido enviando pequenos impulsos para o cérebro. Este por sua vez decodifica esses impulsos, os quais são usados para conservar o equilíbrio do corpo.

#### 2.2.6 Frequência sonora

A frequência sonora é medida em Hertz (HZ). Para entender melhor, vamos supor que 1hz consiste no movimento do cone de ir e voltar 1 vez em 1 segundo. O ouvido humano inicialmente consegue ouvir frequências de 20hz para cima, chegando até 20.000hz (20Khz). As faixas mais lentas, de 20~30hz, por exemplo, irão render mais vento do que som do alto falante, pois são movimentações muito lentas, por isso indicamos trabalhar sempre de 40hz para cima. Normalmente, falantes de 18" são cortados de 45/50hz para cima, falantes de 15" de 45/55/65hz para cima, e de 12" em média de 60hz à 120hz, dependendo do estilo musical e função do alto falante.

Exemplos de Frequências em alto falantes: Para se ter um bom exemplo, aqueles graves estendidos que dão os subwoofers com borda de borracha (pionner, mtx, kicker), são em média de 35hz à 80hz de frequência com picos próximos a 60hz. Já os woofers grandes de 18" e 21" também chegam fortes nessas frequências baixas. Porém, normalmente com picos próximos de 90hz. Já os falantes de 15" normalmente projetados para grave e subgraves, rendem mais entre 45~120hz, com picos próximos à 100hz. Os woofers de 12", projetados para pancadão automotivo, mais seco, com FS acima de 80hz, rendem bem entre 65~350hz, com picos entre 150hz. Os falantes de 10 e 12" de médio-grave, dependendo do modelo, são projetados para 80~3000hz, com picos próximos de 300hz, assim como os 10" de médio-grave.

### 2.3.1 Escolhendo o Falante

Este é um dos passos mais importantes, pois depende do seu gosto musical. Além do falante são os dutos e a litragem da caixa que fazem a frequência da caixa.

Tamanho do falante: Normalmente quanto maior o cone, mais ar ele terá de empurrar. Imagine você empurrando um prato pequeno com toda sua força, e depois uma tampa de panela grande de 50cm. Assim você entende que falantes maiores têm facilidade em frequências baixas (30~80hz, vibrações por segundo) e que falantes menores conseguem vibrar melhor acima de 100hz ou mais vibrações por segundo. Por isso um falante de 18" tocará frequências mais baixas (entre 30~100hz) com graves mais estendidos (estilo Rap, Funk, Hip-Hop), dando pouca voz e pancada rápida. Já os woofers de 12" conseguem tocar mais rápido e firme, dando também mais voz (dependendo do modelo, pois existem falantes de 12 e 15" de grave e também de médio-grave, porém normalmente os falantes de 15" são mais graves do que médio-grave). Os falantes de 15" são mais vendidos pois tocam bem todos os estilos, conseguem tocar músicas de pancada mais rápida ou seca e músicas.



**Tabela 1- Espectro de frequências**

Fonte: <http://www.somsc.com.br/dicas/frequencias>

### 2.3.2 Parâmetros dos alto falantes x Frequências

Fb: Frequência de sintonia (ressonância) da caixa acústica dutada (Vented/Bass Reflex). É a sintonia que você dá à caixa. Se você fizer ela em 50hz, então abaixo disso vai tocar, porém não tão eficiente, com menos dB do que a sintonia de 50hz, já acima disso irá tocar bem até uma certa frequência, caindo os dB em seguida de acordo com a relação falante x caixa.

Fs: Frequência de ressonância ao ar livre ou frequência de pico. O Fs é a frequência que o falante pode chegar sem causar danos, de acordo com sua potência. Ou seja, se o Fs do falante é 50hz, significa que abaixo de 50hz existe a possibilidade de danificá-lo em volumes maiores, por isso o uso do crossover é indicado. Outro parâmetro muito visto é a resposta de frequência. Muitos acham que, pela especificação do alto falante afirmar “de 40hz a 2Khz”, pode-se usar toda esta frequência nele.

### 2.3.3 Tabela das frequências

- 1hz: significa um movimento do cone (ida e volta) em um segundo, é inaudível.
- 10hz: significa 10 movimentos de ida e volta do cone em um segundo, só vento.
- 25hz: Mais vento do que som. Movimento mecânico, treme o ambiente.
- 40hz: Você começará a ouvir o subgrave, além de sentir tudo vibrando. Subgrave bem extenso.
- 50hz à 60hz: Subgrave com mais pressão, graves fortes, porém bem extensos.
- 70hz à 100hz: Pouco subgrave. Sensação de mais pressão, vibração.
- 100hz à 150hz: Muita vibração, grave bem firme, bem forte, dói os ouvidos.
- 150hz à 250hz: Vibração bem rápida. Aqui os alto falantes com suspensão de borracha já não renderão quase nada.
- 250hz à 500hz: Muita vibração. Voz mais encorpada e batidas bem rápidas e secas.
- 500hz à 1000hz: Voz pura, voz encorpada, e também vários instrumentos, alarmes, buzinas, etc.
- 1000hz à 3000hz: Voz com pouco agudo, voz gritante, buzinas e alarmes mais agudos, outros instrumentos e sons que causam desconforto a nossos ouvidos.
- 2000z: Esta é a frequência de ressonância da maioria dos humanos. É uma frequência irritante aos ouvidos. Indicamos abaixar essa frequência em 2 a 3

dB, caso você tenha um equalizador, assim o som dos drivers ficará muito mais agradável.

- 3000hz à 5000hz: Voz com agudo, vozes muito finas e agudos fortes, bem definidos, chiados, sons de violino, teclados, últimas notas da guitarra, sons de metais batendo, etc.
- 5000hz à 20.000hz: Agudo puro, quanto mais alta a frequência, mais fino e fraco o agudo, ou seja, à 5000hz você ouve um agudo mais forte, porém acima de 10.000hz ele já é muito fraco.

Abaixo uma tabela de frequência em HZ dos instrumentos musicais e vozes humanas, para você ter ideia das frequências de cada instrumento, e outra tabela com um piano, se fosse completo, teria todas as frequências, porém a maioria não passa muito dos 7000hz.

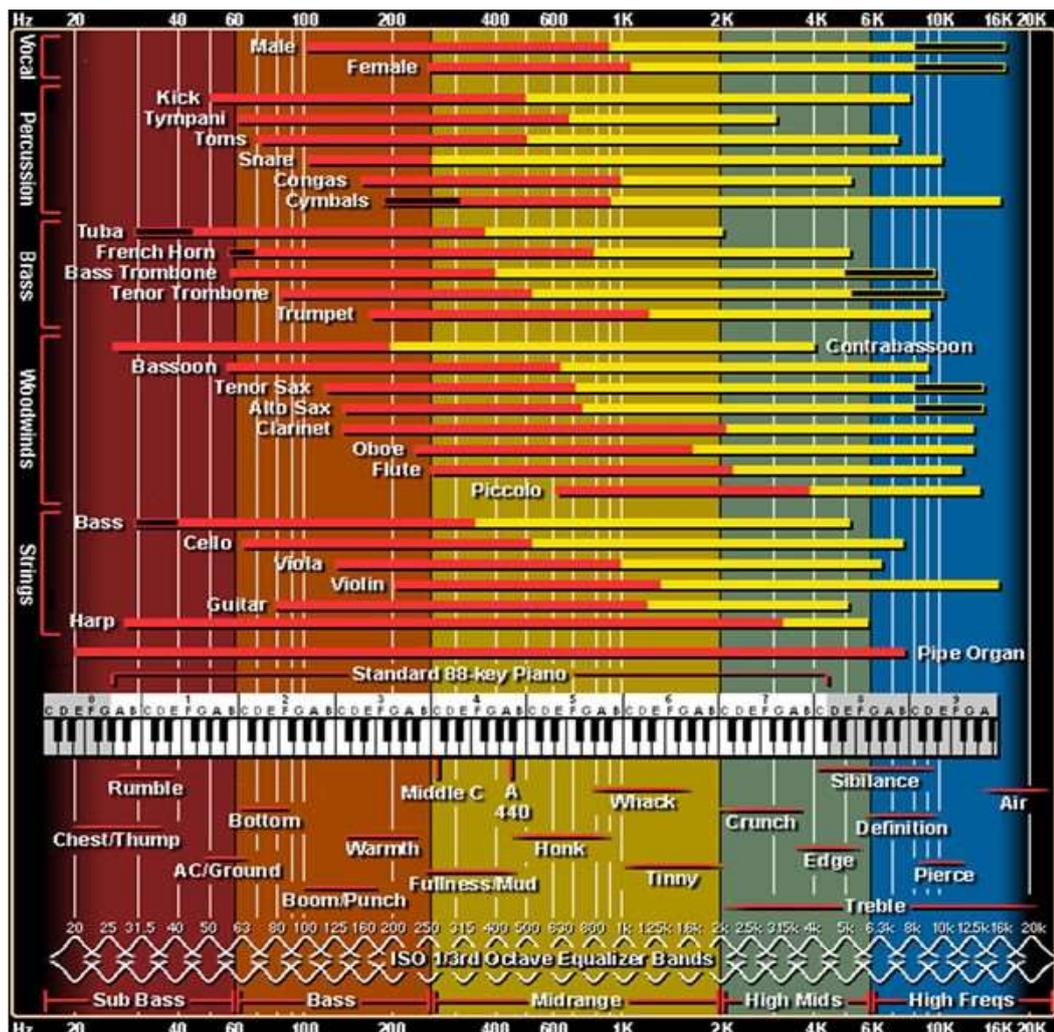
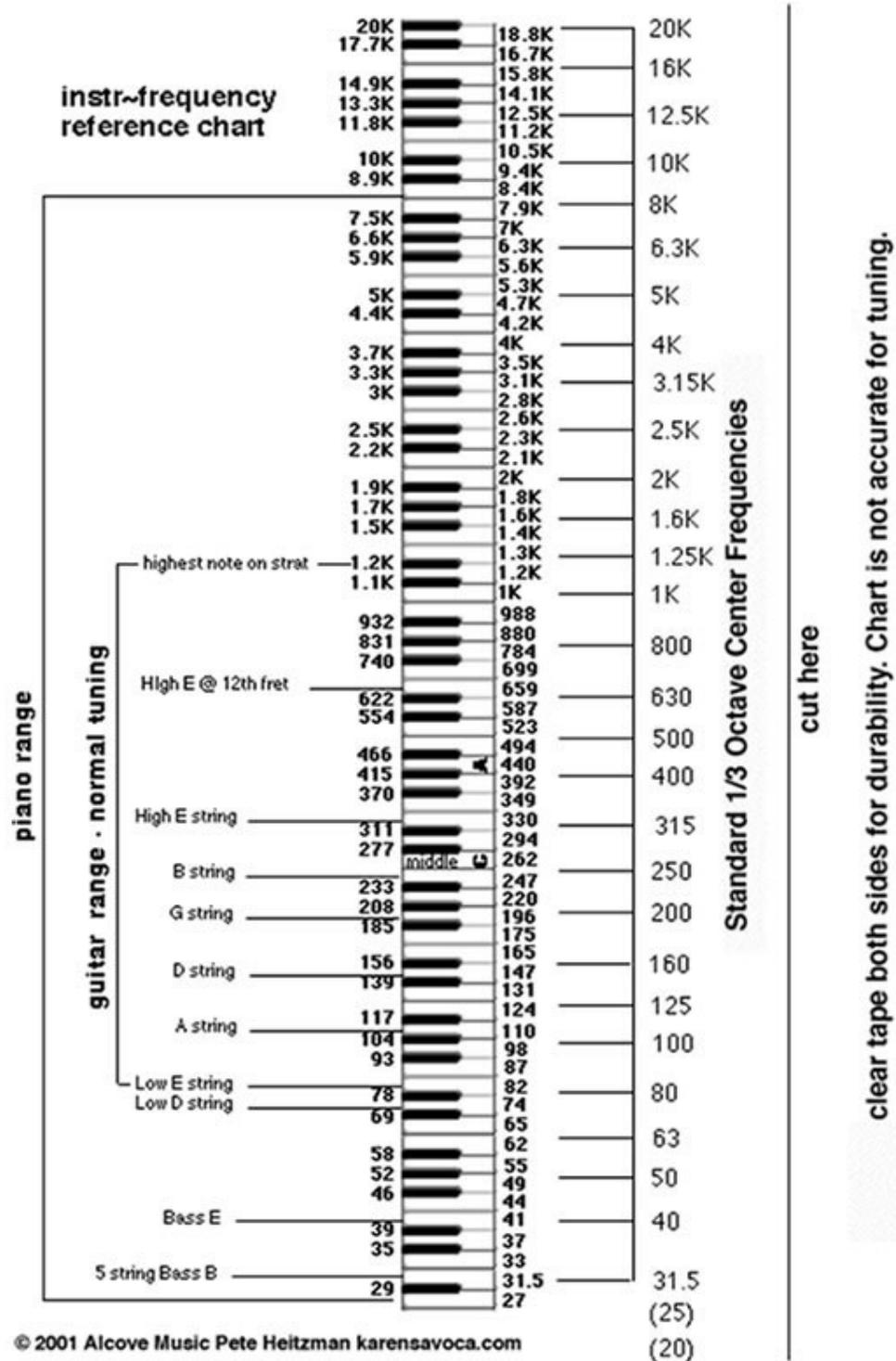


Tabela 2 - Tabela de Frequências x Instrumentos x Vozes

Fonte: <http://www.somsc.com.br/dicas/frequencias>



**Tabela 3 -- Tabela de Frequências x Piano, Guitarra**

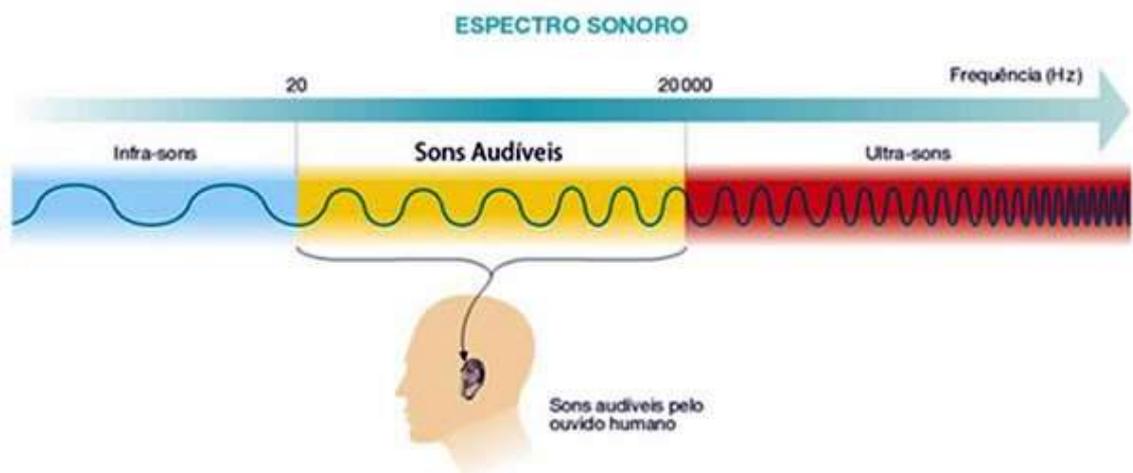
Fonte: <http://www.somsc.com.br/dicas/frequencias>

### 2.3.4. Infrassons e Ultrassons

Os Infrassons são formados de frequências tão baixas (abaixo de 20hz), que não ouvimos. Tremores de terra e erupções vulcânicas são exemplos.

Os Ultrassons são superiores à 20.000hz, usados por médicos em ecografias (quando vemos o bebê no útero da mulher) ou quando as embarcações usam sonares que emitem sinais para serem refletidos pelos objetos no fundo do mar, calculando a profundidade e avisando se há peixes.

Animais como cachorro e gato conseguem ouvir em média até 50.000hz, já morcegos chegam a produzir e ouvir até 120.000hz. Já os golfinhos escutam até 150.000hz.

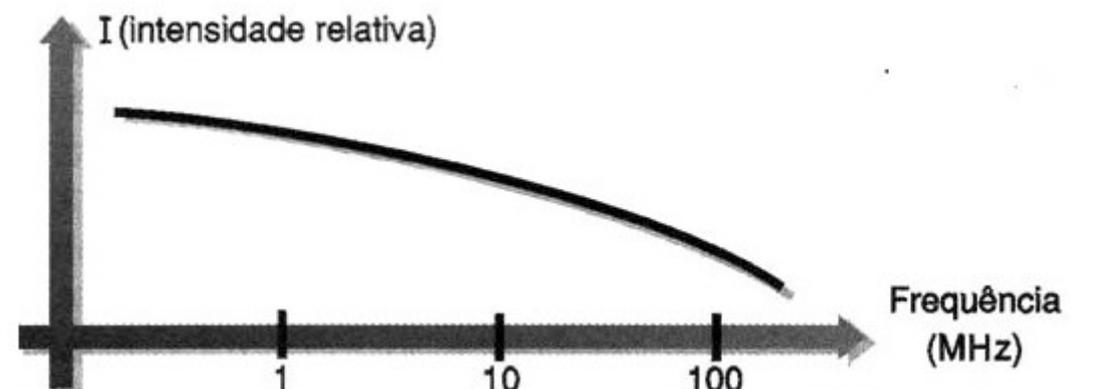


**Figura 8 - Espectro sonoro**

Fonte: <http://www.somsc.com.br/dicas/frequencias>

### 2.4.1 Interferências no som

Os aparelhos de som, tais como rádios, toca-fitas e CD-players são bastante sensíveis a distúrbios de natureza elétrica, os quais afetam sensivelmente a qualidade do som. Nesse capítulo, descreve alguns procedimentos importantes no sentido de evitar interferências de natureza eletromagnética que podem afetar a qualidade de som.



**Gráfico 3 - Espectro de ruído típico de uma ignição automotiva**

**Fonte** <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/electronica/57-artigos-e-projetos/12690-como-eliminar-interferencias-em-rádios-e-outros-aparelhos-de-som-art1422>>.

#### 2.4.2 Interferência não-relacionada ao sistema sem fio

Os sistemas de áudio podem ser afetados por interferência oriunda de estações de rádio AM, transmissores de TV, sistemas de radar e muitos tipos de equipamentos elétricos. Geralmente, a interferência entra no sistema de áudio através dos cabos de áudio no mixer (console), nos amplificadores de potência ou através das linhas de alimentação de AC. As estações de rádio AM são uma fonte comum de problemas, mas somente quando a estação é muito potente e está próxima. Mesmo com estações de 50.000 watts, é raro haver problemas se elas estiverem a mais de 1,5 a 3 km de distância.

#### 2.4.3 Problemas de amortecimento

Se o indicador de RF do receptor não apagar quando o transmissor do sistema for desligado, pode estar ocorrendo interferência de baixo nível. Se o indicador de sinal não apagar com o controle de amortecimento no máximo, é provável que esteja ocorrendo interferência grave.

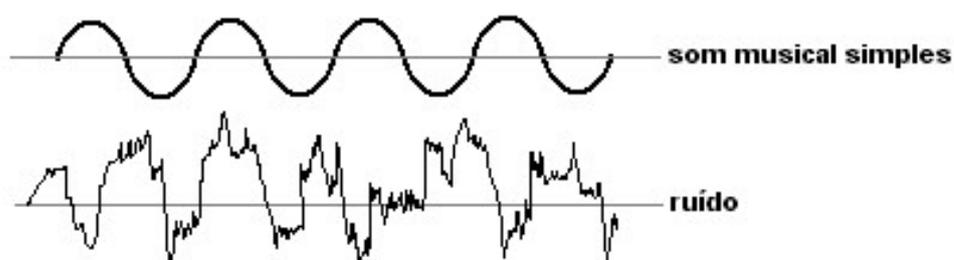
Se o indicador de sinal apagar no ajuste máximo do amortecimento e se ainda for possível ouvir interferência no sistema, é provável que o principal problema não esteja no sistema sem fio. Entretanto, também pode haver um problema de interferência de baixo nível menos grave no sistema sem fio. Não esqueça de voltar o controle de amortecimento a sua posição original quando o teste estiver concluído, ou o alcance do sistema pode ficar consideravelmente reduzido.

#### 2.4.4 Interferência de baixo nível

A maioria das frequências de rádio são compartilhadas entre muitos usuários diferentes. Além disso, muitos tipos de equipamentos eletrônicos, como televisores, videocassetes, receptores de rádio, computadores e periféricos, dispositivos de processamento de sinais e todos os tipos de equipamentos de comunicação podem gerar pequenas quantidades de energia de radiofrequência (RF) de forma não-intencional. Consequentemente, quase sempre há sinais fracos de rádio presentes em qualquer frequência que possa ser usada por um sistema de microfone sem fio.

#### 2.4.5 Interferência direta

A interferência direta ocorre quando há outro sinal forte de rádio na frequência usada pelo sistema sem fio. Dependendo da força do sinal interferente, o efeito pode variar desde tons fracos, assobios e choramingos no áudio até tons muito altos ou ruídos desagradáveis que tornam o sistema sem fio completamente inutilizável. A interferência direta também pode causar outros problemas de áudio, como ruído excessivo, distorção, variações inesperadas de volume e mudanças na qualidade e na característica do som.



**Gráfico 4 - Comparação**

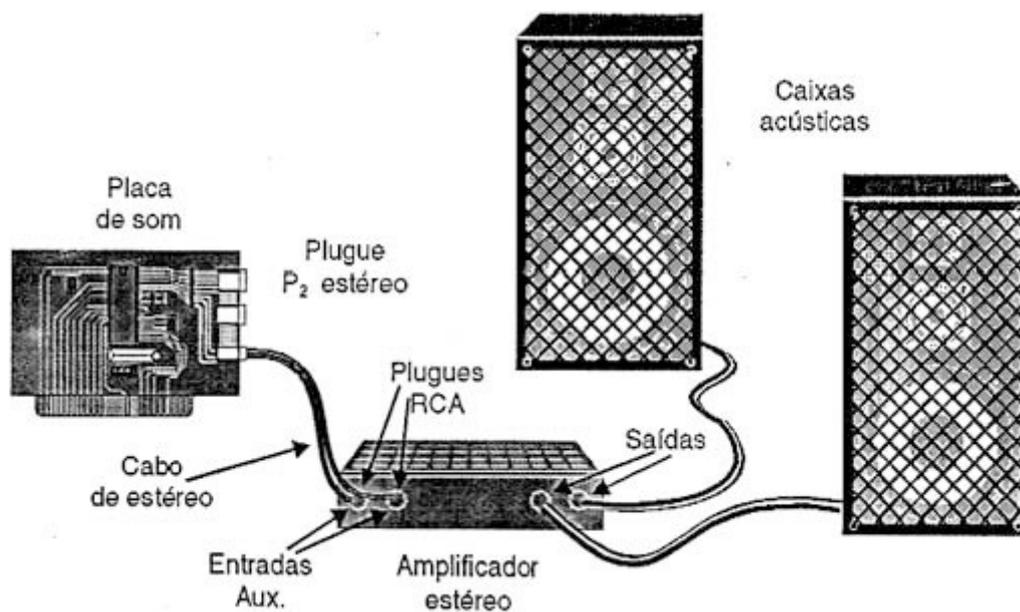
Fonte: <https://www.algosobre.com.br/fisica/acustica.html>

#### 2.5.1 Funcionamento de caixas de Som

Para entender o funcionamento de caixas de som, precisa primeiro falar sobre a maneira na qual ela precisa ser ligada para reproduzir o áudio com uma qualidade melhor e com menor risco de interferências.

Uma caixa de grande porte, precisa passar por um amplificador, e depois para de onde o som vai ser enviado. Seja uma mesa de som ou uma entrada para PC com placa de som.

- A caixa é alimentada pelo amplificador que está ligado na tomada
- O amplificador estabiliza a onda e possibilita a saída auxiliar para a mesa de som
- A mesa de som possibilita controlar as frequências e por meio de por exemplo um cabo P2, reproduzir o áudio de um aparelho celular



**Figura 9- Esquema de ligação**

**Fonte:** [http://www.newtoncbraga.com.br/images/stories/artigos11/art0886\\_03.jpg](http://www.newtoncbraga.com.br/images/stories/artigos11/art0886_03.jpg)

Os sons são divididos em frequências graves, médias e agudas, cada uma delas pegando uma faixa de frequência. Uma caixa precisa de no mínimo dois alto falantes para reproduzir um som com qualidade, uma para frequências baixas, denominadas subwoofers ou woofers, uma para frequências altas, denominadas tweeters e às vezes um terceiro para frequências médias, denominados mid-rangers ou drivers. Um alto falante não consegue reproduzir as três frequências ao mesmo tempo

### 2.5.2 Woofer

O Woofer é responsável pela reprodução de frequências baixas, são os maiores alto falantes em uma caixa acústica. Pelo fato do grave depender do deslocamento de ar, quanto maior o diâmetro do woofer, melhor ele trabalha com as frequências graves e menos com as graves-médias.

<u>Diametro em polegadas</u>	<u>Faixas de frequência</u>
<u>Woofer de 8</u>	80Hz a 7KHz
<u>Woofer de 10</u>	70Hz a 6KHz
<u>Woofer de 12</u>	60Hz a 5KHz
<u>Woofer de 15</u>	40Hz a 4KHz
<u>Woofer de 18</u>	25Hz a 2,5KHz

**Tabela- Polegadas/ Frequência**



**Figura 10 - Woofer**

**Fonte:** <https://eletronicagpl.com.br/wp-content/uploads/2015/04/SELENIUM-WOOFER-15CV4-1.jpg>

### 2.5.3 Subwoofers

São caixas específicas nas frequências de 20Hz e 200Hz, que são as frequências mais difíceis de serem alcançadas em caixas que tem uma larga faixa de frequência.



**Figura 11 - Subwoofers**

**Fonte:** <https://connectparts.vteximg.com.br/arquivos/ids/512162-1000-1000/caixa-selada-completa-falante-10-800w-subwoofer-magnum-rex-connect-parts--1-.jpg>

#### 2.5.4 Tweeters

Os tweeters são alto-falantes de frequências agudas, sempre os menores falantes de uma caixa de som. A maioria tem resposta de frequência a partir de 5KHz.

Conforme do que são feitos e suas configurações, a eficiência e efeitos mudam, os mais utilizados são as cornetas em ambientes profissionais, por serem as mais eficientes devido a possuírem a corneta.



**Figura 12 - Tweeters**

**Fonte:** [https://www.parts-express.com/Data/Default/Images/Catalog/Original/270-125\\_HR\\_0.jpg](https://www.parts-express.com/Data/Default/Images/Catalog/Original/270-125_HR_0.jpg)

### 2.5.5 Mid Ranger \ Drivers

São utilizados para as frequências médias, normalmente é usado em sistemas no qual o Woofer e o Tweeter são muito potentes, deixando o som "desequilibrado". Não é usado sempre, só em casos específicos como o citado, não é um falante principal.



**Figura 13 - Mid Ranger \ Drivers**

**Fonte:**

<http://infinitysom.com.br/media/catalog/product/cache/1/image/1200x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/1/1/1125-1.jpg>

### 2.5.6 Harmonia entre as frequências

Fazer os alto-falantes trabalharem em harmonia, utilizamos divisores de frequência e atenuadores. Esses componentes que não vemos (ficam internos às caixas de som) muitas vezes são os grandes responsáveis pela qualidade do que ouvimos.

Independente da potência, os falantes de médios e agudos precisam ser protegidos das frequências que não conseguem responder (os sons graves), sob risco de queima. Os woofers apresentam menos esse problema, dado o seu maior tamanho e peso (inércia maior). Mas eles apresentam melhor sonoridade se receberem apenas os sons que conseguem reproduzir.

### 3. PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

#### 3.1 Lista de materiais

A tabela abaixo mostra todos os componentes utilizados no circuito e a denominação utilizada para identifica-los.

Lista de Materiais	
Identificação	Descrição
Caixas acústicas <u>Soundbox</u>	2 caixas pequenas acústicas passivas
Caixas acústicas <u>Selenium</u>	2 caixas grandes acústicas passivas
Amplificador	1 Amplificador feito pelo professor Ricardo do modular noturno
Mesa de som <u>Wattsom</u>	1 mesa de som 6 canais
Fio para caixa acústica	90 metros de fio paralelo
Medusa	30 metros de <u>multicabo</u>
<u>Plugs</u>	8 <u>plugs</u> p10 e 1 <u>plug</u> P2

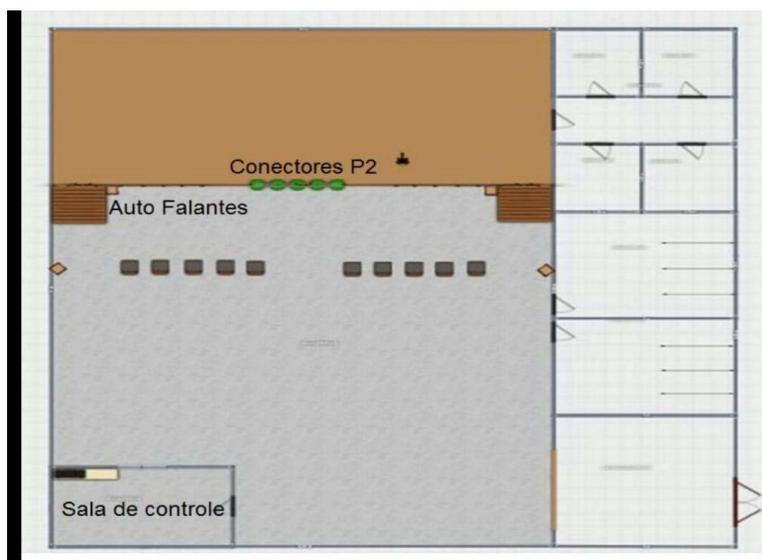
**Tabela 4 – Componentes**

#### 3.2 Parte Mecânica

Neste capítulo será mostrado todo o andamento e desenvolvimento do projeto até seu resultado final.

##### 3.2.1 Planejamento e previsões

Primeiramente foi desenhado e planejado cuidadosamente a ideia, como mostra a figura abaixo:



**Figura 14 - Planejamento do projeto**

### 3.2.2 Pesquisa de preços

Foi feito um orçamento e pesquisa de produtos necessários para a realização do projeto, buscando atender e conciliar os itens preço e qualidade.

### 3.2.3 Ajuda dos membros da escola

Após o orçamento buscamos mostrar as falhas sonoras do auditório da escola para os membros da mesma, buscando e conseguindo auxílio financeiro de todos, para o aprimoramento desenvolver o nosso plano.

### 3.2.4 Análise dos equipamentos

Foi feito uma análise dos equipamentos buscando identificar existência ou não de problemas nos aparelhos que seriam utilizados no projeto

#### 3.2.4.1 Higienização dos produtos

Foi feito uma limpeza geral em todos os produtos que seriam utilizados, visando garantir melhor aparência do produto e bem-estar a todos.



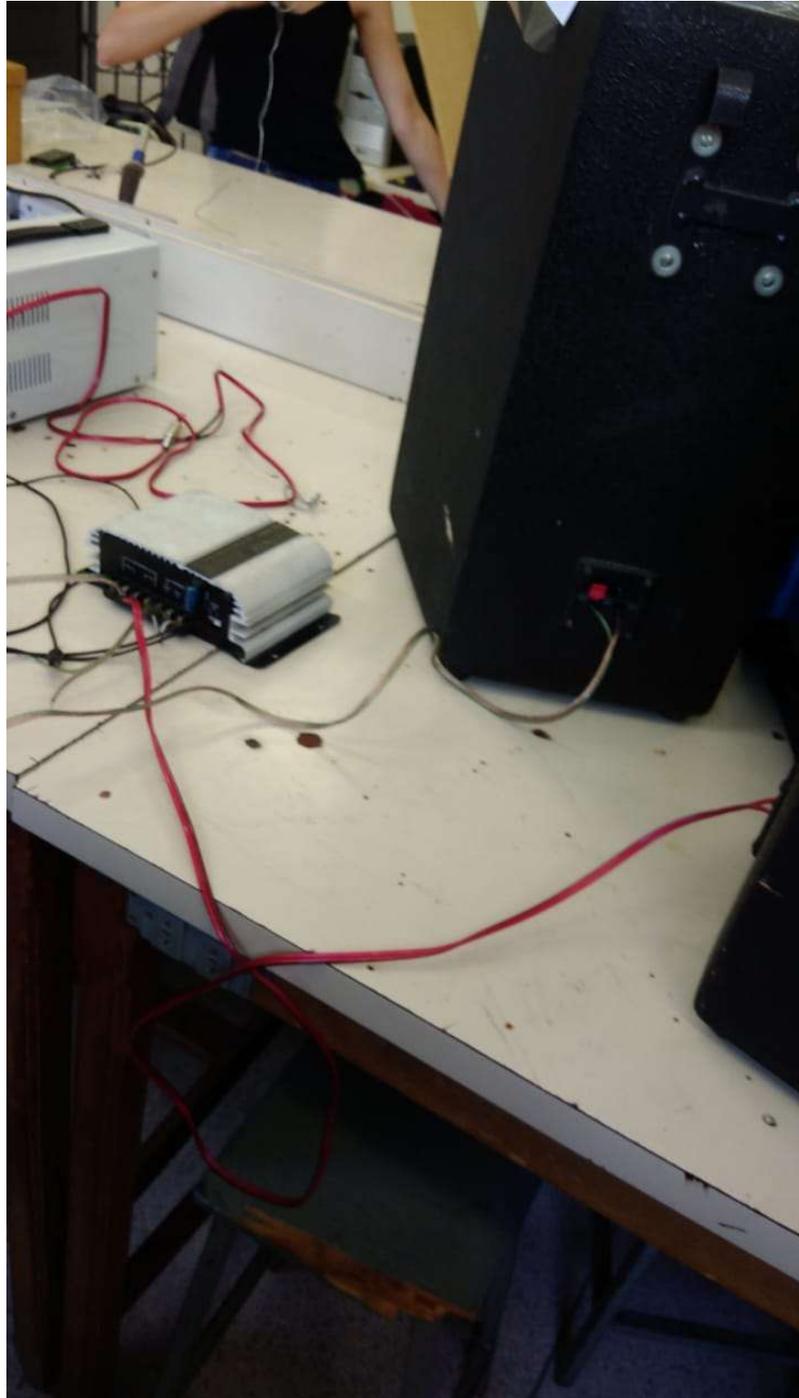
**Figura 15 - Limpeza das caixas de som**

#### 3.2.4.2 Caixas Acústicas

Foi verificado o funcionamento das caixas que apresentavam alguns problemas como mal contato e um woofer estourado, com base nisso, foi soldado os fios das mesmas e feito a manutenção do woofer.

### 3.2.4.3 Cabos

Foram feitos cabos de entrada P2 e P10 para ligação as ligações da caixa, amplificador e mesa.



**Figura 16 - Ligação com os cabos prontos**

#### 3.2.4.4 Suporte da mesa

Foi feita uma reforma no suporte da mesa de controle pintando e colocando alguns parafusos.



**Figura 17 - Suporte da mesa de controle**

#### 3.2.4.5 Mesa de controle

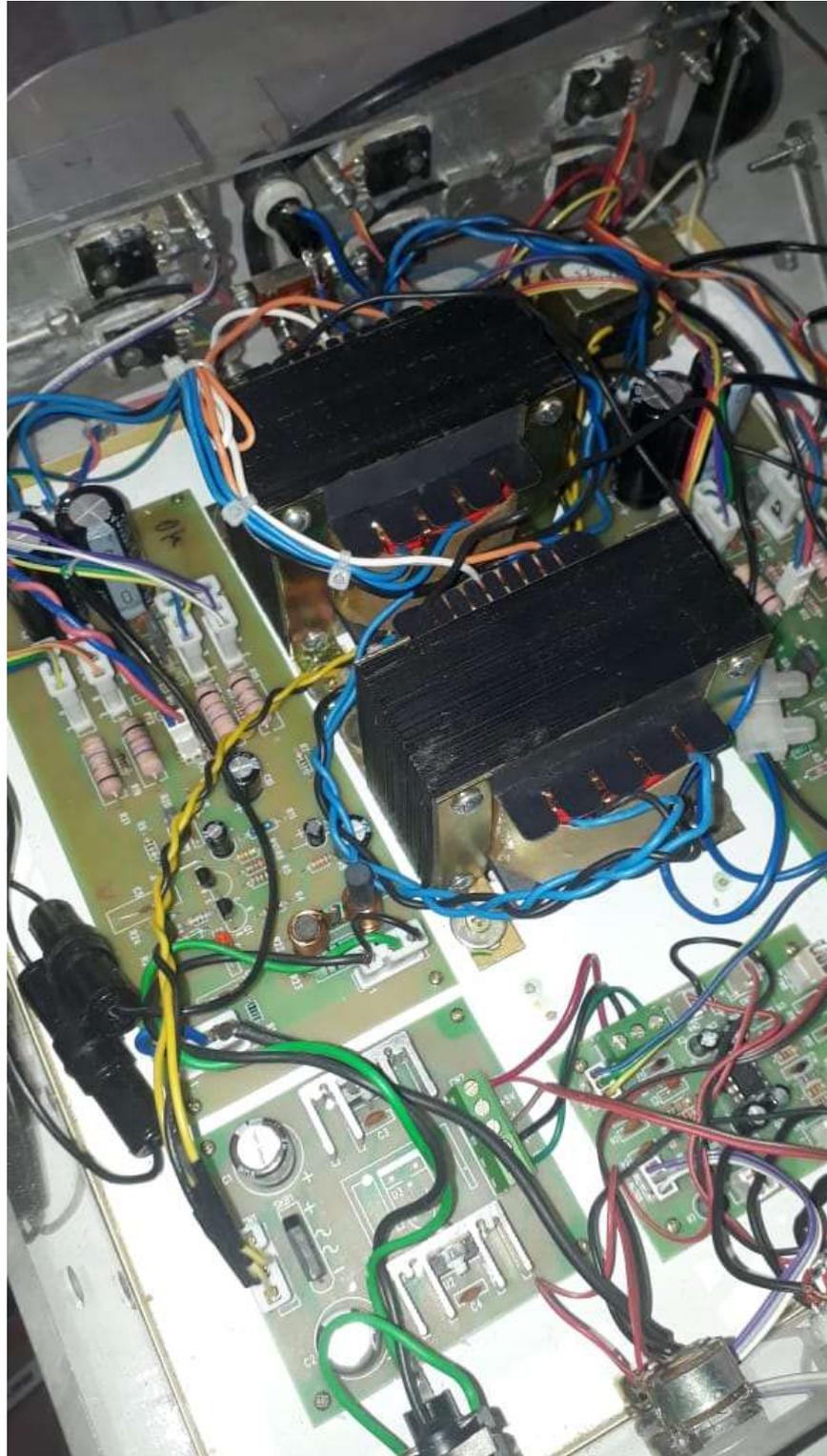
Foi feita a limpeza da mesa de controle, em seguida a detecção e resolução de problemas encontrados.



**Figura 18 - Mesa de controle**

### 3.2.4.6 Amplificador

Após ter recebido o amplificador, o grupo realizou uma rápida manutenção, atuando na troca de transistores e resistores danificados.



**Figura 19 - Amplificador**

#### 3.2.4.7 Cabo medusa

Foi pegado a medida do anfiteatro e comprado o cabo medusa para fazer as ligações faltantes.

### 3.3 Finalização do projeto

Após ter todos os componentes necessários para a finalização do projeto, foi passado os cabos pelo conduíte e feito as ligações.

## 4. METODOLOGIA DE PESQUISA

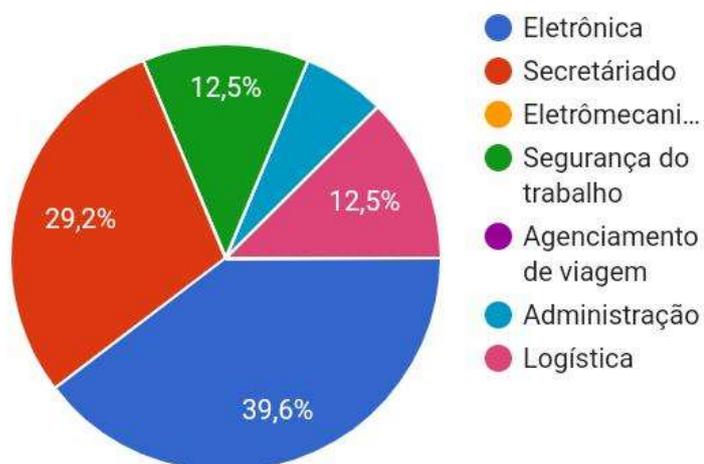
Neste capítulo serão apresentadas as pesquisas e resultados obtidos durante o trabalho.

### 4.1 Coleta de dados

Entre os dias primeiro e segundo de agosto de dois mil e dezoito, foi disponibilizada uma pesquisa virtual que buscava a opinião de pessoas comuns sobre perguntas que norteariam o projeto. Com quarenta e oito participantes, os resultados estão apresentados a seguir:

## Qual seu curso?

48 respostas

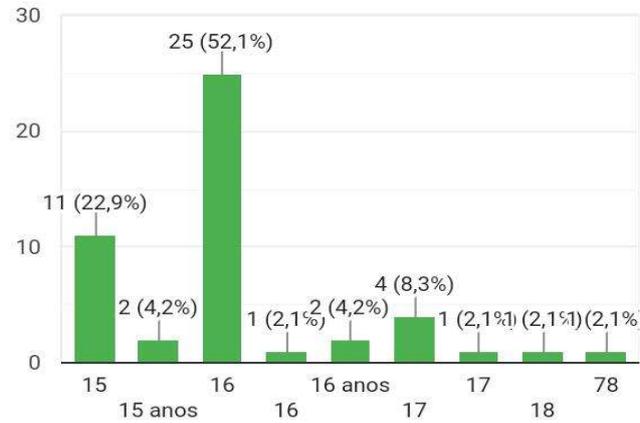


**Gráfico 5 - Cursos que participaram da Pesquisa**

## Qual a sua idade?



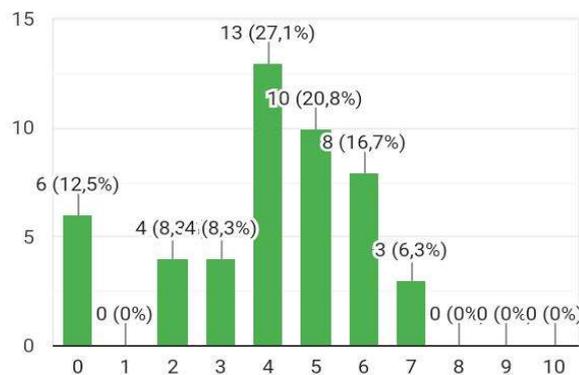
48 respostas



**Gráfico 6 - Idade dos participantes**

De 0 a 10, onde 0 quer dizer totalmente insatisfeito e 10 totalmente satisfeito, como você avalia a infraestrutura sonora do anfiteatro

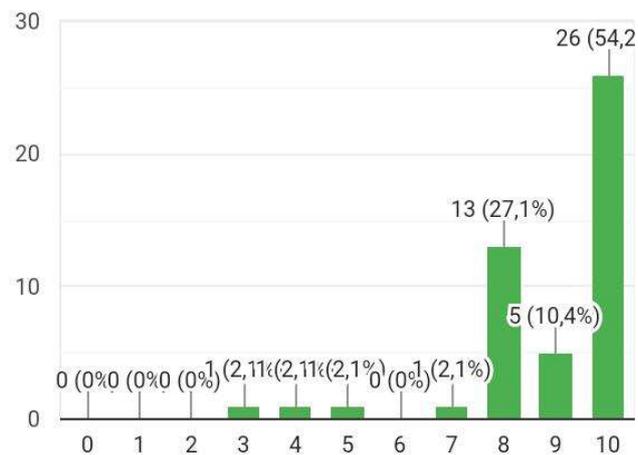
48 respostas



**Gráfico 7 - Avaliação da Infraestrutura do anfiteatro (de 0 a 10)**

De 0 a 10, como você avalia a idéia do nosso projeto?

48 respostas



**Gráfico 8 - Avaliação da ideia do nosso projeto (de 0 a 10)**

#### 4.2 Análise dos resultados

Após a pesquisa concluímos que grande parte dos alunos não consideram satisfatório a infraestrutura do anfiteatro, sendo o A.S.A de grande necessidade para a escola.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS

Felizmente tivemos nosso objetivo concluído, montamos a sala de controle, passamos a fiação e instalamos as caixas próximo ao palco como mostra a projeção a seguir:

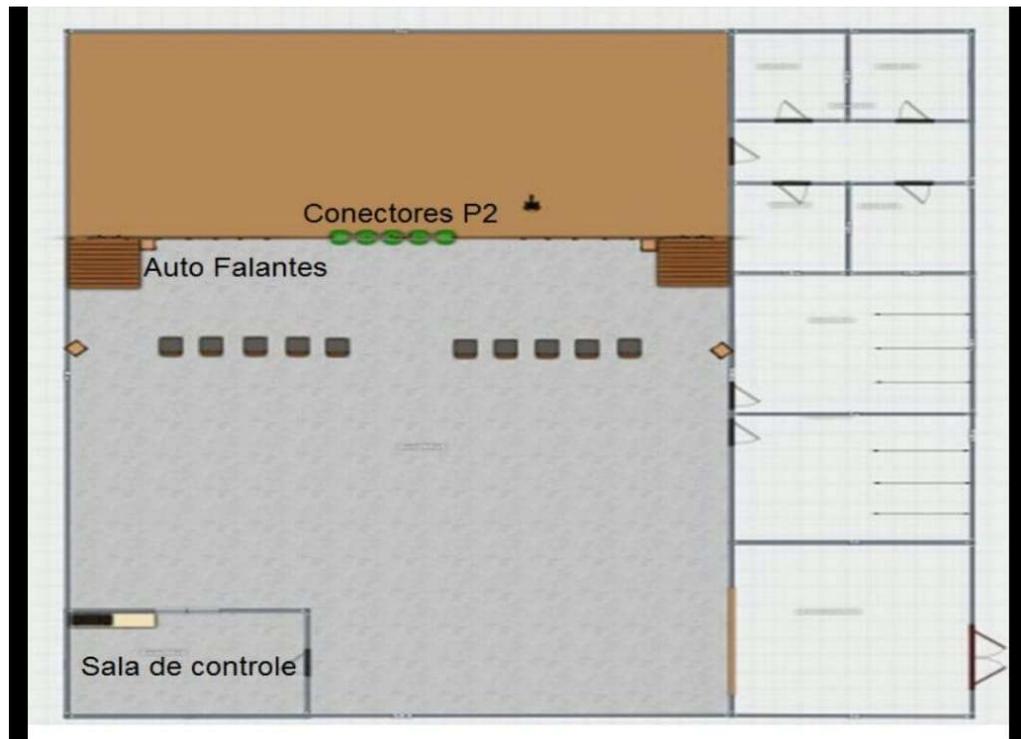


Figura 20 - Projeto 3D do Anfiteatro

## 6. CONCLUSÃO

No Tocante do projeto o grupo encontrou diversas dificuldades, entre elas ato de vandalismo às caixas de som cometida por alunos, má higienização dos aparelhos, equipamentos danificados e grande dificuldade com a arrecadação da verba.

Apesar disso, o "A.S. A." foi concluído com sucesso, foram limpas as caixas, concertados os aparelhos danificados (como o amplificador, a mesa de som, e os alto-falantes), reformados itens aparentemente obsoletos (todos os materiais que foram utilizados para se construir o suporte da mesa), e por fim, comprados os apetrechos essenciais para a finalização do projeto.

Entretanto, deve-se destacar que um dos fatores limitantes foi a dificuldade de aquisição do dinheiro. Apesar desta dificuldade esse obstáculo foi superado com a grande ajuda da comunidade escolar, conforme o esperado.

Por fim, foi demonstrado através desse projeto que é sim possível conseguir grandes avanços para a nossa instituição sem ajuda exterior, basta apenas que os alunos, coordenadores, diretores, professores e família ajam em conjunto formando todos um único corpo sempre em rumo do progresso.

## REFERÊNCIAS

SONORIZAÇÃO DE AMBIENTES. **Como melhorar a propagação do som no projeto de sonorização**. Disponível em: <<https://sonorizacaodeambientes.com.br/blog/propagacao-do-som/>>. Acesso em: 24 set. 2018.

COSTA, Denio. **Sonorização de ambientes**. Disponível em: <<http://blog.santoangelo.com.br/sonorizacao-de-ambientes-dc/>>. Acesso em: 22 set. 2018.

KNAUF DO BRASIL. **Desempenho Acústico**. Disponível em: <<https://knauf.com.br/sites/default/files/5-%20Artigo%20T%C3%A9cnico%20-%20Desempenho%20Ac%C3%BAstico.compressed.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.

PIZZOTTI, Ricardo. **Acústica - A propagação do som**. Disponível em: <<https://www.tevepro.com/a-propagacao-do-som>>. Acesso em: 23 set. 2018.

RODRIGUES, William S. **Frequências**. Disponível em: <<http://williamantares.blogspot.com/2016/04/frequencias.html>>. Acesso em: 22 set. 2018.

AURÉLIO, Marcus da Silva. **Anatomia do ouvido humano**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-audicao-humana.html>> Acesso em: 12 out. 2018

DANCER, Armand. **Ouvido externo**. Disponível em: <<http://www.cochlea.eu/po/ouvido-generalidades/ouvido-externo>> Acesso em: 13 out. 2018

DANCER, Armand. **Ouvido médio**. Disponível em: <<http://www.cochlea.eu/po/ouvido-generalidades/ouvido-medio>> Acesso em: 14 out. 2018

MINARY, Patrick. **Ouvido interno**. Disponível em: <<https://www.hear-it.org/pt/O-ouvido-interno->> Acesso em: 15 out. 2018

CARLOS, João. **Desenvolvimento de um sistema eletroacústico para sonorização de Ambientes**. Disponível em: <[http://professorpetry.com.br/Ensino/Defesas\\_Pos\\_Graduacao/Defesa%2017\\_Joao%20Carlos%20Ribeiro%20do%20Nascimento\\_Desenvolvimento%20de%20um%20Sistema%20Eletroacustico%20para%20Sonorizacao%20de%20Ambientes%20-%20Estudo%20de%20Caso%20em%20uma%20Igreja.pdf](http://professorpetry.com.br/Ensino/Defesas_Pos_Graduacao/Defesa%2017_Joao%20Carlos%20Ribeiro%20do%20Nascimento_Desenvolvimento%20de%20um%20Sistema%20Eletroacustico%20para%20Sonorizacao%20de%20Ambientes%20-%20Estudo%20de%20Caso%20em%20uma%20Igreja.pdf)>. Acesso em: 22 set. 2018.

BESSAN, Fernando. **Curso de Caixas Acústicas Parte 2 – Médios, Drivers e Tweeters**. Disponível em: <<https://www.somaovivo.org/artigos/curso-de-caixas-acusticas-%C2%96-parte-2-%C2%96-os-medios-drivers-e-tweeters/>>. Acesso em: 8 de set. 2018.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Funcionamento de caixas de som**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/7253-como-funcionam-as-caixas-de-som-multimedia-art886?fbclid=IwAR3qtN0a4xds7ny3KCzDX4OIPJqkSqpye2Z-PDkfi5CQiX2lcbBmZExeITQ>>. Acesso em: 6 de set. 2018.

BESSAN, Fernando. **Curso de Caixas Acústicas Parte 1 – Os Woofers**. Disponível em: <<https://www.somaovivo.org/artigos/curso-de-caixas-acusticas-%C2%96-parte-1-%C2%96-os-woofers/>>. Acesso em: 8 de set. 2018.