



## PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE AMPLIFICADORES DE ÁUDIO VALVULADOS

### RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AUDIO TUBE AMPLIFIERS

**Autores:** João HEMKEMAIER<sup>1</sup>; João G. C. CARDOSO<sup>2</sup>; Matheus B. MOURA<sup>3</sup>; Renan HACKBARTH<sup>4</sup>;  
**Identificação autores:** <sup>1</sup>Colaborador IFC-Videira; <sup>2</sup>Aluno de Engenharia Elétrica - IFC-Videira;  
<sup>3</sup>Bolsista ICT/IFC - Técnico em Eletroeletrônica Integrado ao Ensino Médio; <sup>4</sup>Orientador IFC-Videira.

#### RESUMO

Este artigo apresenta o projeto de um amplificador de áudio valvulado (única válvula) de baixo custo. Após a compra dos componentes e desenvolvimento do amplificador foram realizados testes para averiguar a qualidade do áudio produzido. Embora a taxa de distorção harmônica apresentada ser um pouco superior à dos amplificadores comerciais, a queda do custo foi muito significativa, tornando-o uma opção muito interessante no mercado musical.

**Palavras-chave:** amplificador; válvula; baixo-custo.

#### ABSTRACT

This paper presents a low cost single-tube audio amplifier project. After buying all components and building the amplifier, a few tests have been run in order to evaluate the audio quality. Although the total harmonic distortion was slightly higher, when compared with commercial amplifiers, the cost was significantly reduced and therefore it can be considered an interesting option among the musical market.

**Keywords:** amplifier; tube; low cost.

#### INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os amplificadores de áudio surgiram da necessidade de transmitir o som para uma grande quantidade de ouvintes. Resumidamente, podemos dividir os amplificadores de áudio entre: valvulados, transistorizados e híbridos. Os valvulados foram os primeiros a surgir no mercado, e até hoje representam uma parcela do mercado de amplificadores devido ao seu timbre único.

Em seguida vieram os transistorizados, estes normalmente são mais baratos e robustos quando comparados com os amplificadores valvulados e por isso, se tornaram mais difundidos entre os consumidores.

Por fim temos os híbridos, que são basicamente amplificadores cujo pré-amplificador é valvulado e a parte de potência é feita com transistores, com isso é possível se obter um timbre bem próximo de um amplificador valvulado, ainda sim com um custo mais baixo.

Apesar de uma significativa parcela dos músicos ter preferência pelo timbre gerado pelos amplificadores valvulados, o acesso a esse tipo de amplificador é dificultado principalmente pelo seu preço. Portanto, é objetivo deste projeto construir um amplificador de guitarra valvulado de baixo custo. Para analisar a qualidade de áudio e características como potência e distorção harmônica, serão realizados testes

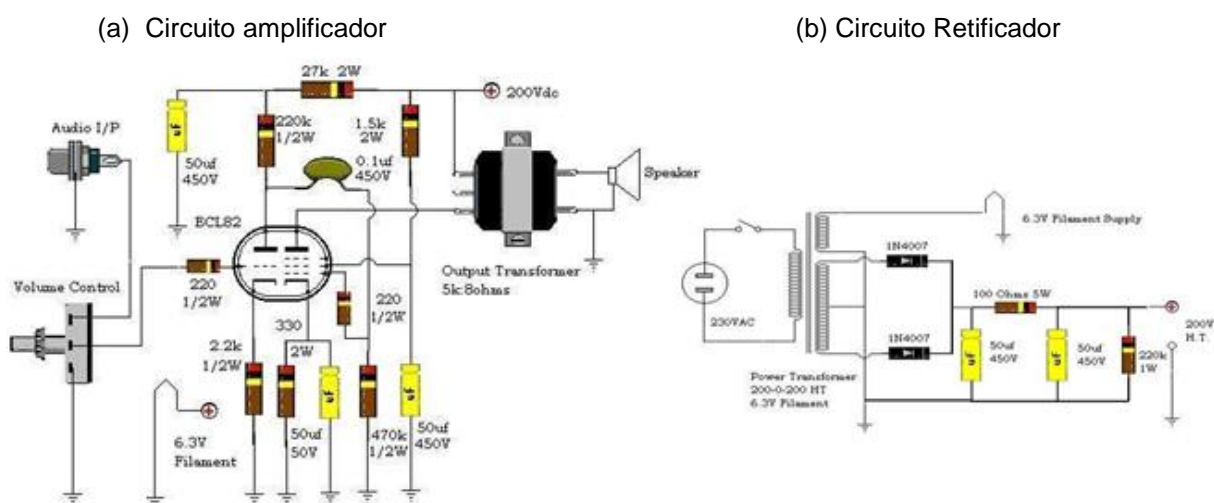
em laboratório com o auxílio de um osciloscópio e gerador de funções.

## METODOLOGIA

Um amplificador valvulado é um equipamento basicamente composto de um circuito eletrônico, transformadores e um falante.

Tendo em vista que este projeto envolve alunos do curso técnico integrado ao ensino médio, além do baixo custo, buscou-se manter a simplicidade como critério na escolha do circuito. Portanto o circuito escolhido foi o de um amplificador que usasse apenas uma válvula, o que reduziu o preço e sua complexidade, uma vez que seriam necessários menos componentes. A Figura 1a apresenta o circuito amplificador e a Figura 1b apresenta o circuito retificador. Esse último é utilizado para energizar o amplificador.

**Figura 1- Esquemático dos circuitos do amplificador**



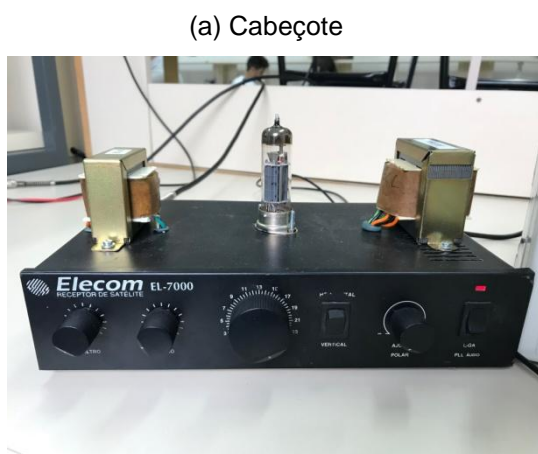
Fonte: TUBEPAD, 2019

Além do desenvolvimento dos circuitos supracitados, também foi confeccionada uma caixa em MDF para instalação do falante. Para o cabeçote foi reutilizada a carcaça de um receptor de sinal analógico de antena parabólica. No cabeçote foram montados os dois circuitos citados anteriormente, o retificador(fonte) e o amplificador. Para a conexão entre o cabeçote e a caixa contendo o falante foi utilizado um cabo P10.

O circuito foi montado utilizando o método de montagem em barra de terminais. Para isso, utilizou-se uma placa de madeira parafusada à carcaça do cabeçote e parafusos foram presos aos terminais onde foram ligados os componentes.

Quanto aos transformadores e a válvula, estes foram instalados na parte de cima do cabeçote e também presos com parafusos. A Figura 2a mostra o cabeçote já concluído e a Figura 2b, o valor de custo dos componentes adquiridos.

**Figura 2 – Cabeçote e valor de custo dos componentes**



Fonte: Próprio autor, 2019

(b) Componentes e valores respectivos

Componentes	Valor
Transformador de Força e Áudio	R\$199,99
Válvula ECL82 e soquete	R\$ 45,00
Diodos, resistores e capacitores	R\$ 12,47
<b>TOTAL</b>	<b>R\$257,68</b>

Após a montagem de todo o conjunto do amplificador foram realizados vários testes para análise de seu desempenho. Os resultados serão apresentados no próximo item desse artigo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de avaliar o desempenho do amplificador desenvolvido, utilizou-se o osciloscópio modelo Tektronix TDS 2002C. Inicialmente, buscou-se obter a característica de ganho do amplificador.

Portanto, antes de iniciar os testes, procurou-se definir o sinal de referência mais apropriado, de acordo com o tipo de aplicação para o qual o amplificador seria utilizado. Nesse caso em questão, o amplificador seria utilizado como amplificador de guitarra.

Os captadores para guitarra podem ser categorizados pelo número de bobinas e a forma como essas estão posicionadas. Dentre essas categorias, destacam-se: *Single Coil* (única bobina) e *Humbucker* (duas bobinas posicionadas de forma a reduzir possíveis ruídos).

Captadores *single coils* produzem sinais de tensão de aproximadamente 200mV até 500mV. Enquanto que captadores *humbucker* produzem tensões de variando entre 400mV e 800mV. No entanto, esses valores podem variar bastante em função a força aplicada nas cordas do instrumento. Um teste prático aplicado com o objetivo de capturar o sinal gerado pela corda “lá” de uma guitarra, resultou em uma tensão de 204mV<sub>pp</sub>, para uma guitarra com captador *single coil* (DAILEY, [S/D]). Portanto, tendo em vista que o amplificador desenvolvido poderia ser utilizado com qualquer modelo de guitarra elétrica, escolheu-se utilizar 200mV<sub>pp</sub> como valor de referência. Por fim, para gerar esse sinal, foi utilizado o gerador de sinais digital ATF10B.

Definidos o sinal de referência e o instrumento de medida, faltou definir as características físicas do sistema que receberia o sinal. Depois de amplificado, o sinal deveria ser aplicado a um sistema de alto-falantes. Alto-falantes normalmente apresentam impedâncias em torno de 2Ω, 4Ω e 8Ω. No entanto, como o transformador utilizado apresenta uma impedância de saída de 8Ω, para que ocorra

o casamento das impedâncias se utilizou um alto-falante de 8Ω.

Após aplicar o sinal de referência na entrada do circuito e a captura da tensão de saída para uma ampla faixa de frequências (entre 240hz e 37kHz), o sistema apresentou as seguintes características:

**Tabela 1- Características gerais do amplificador**

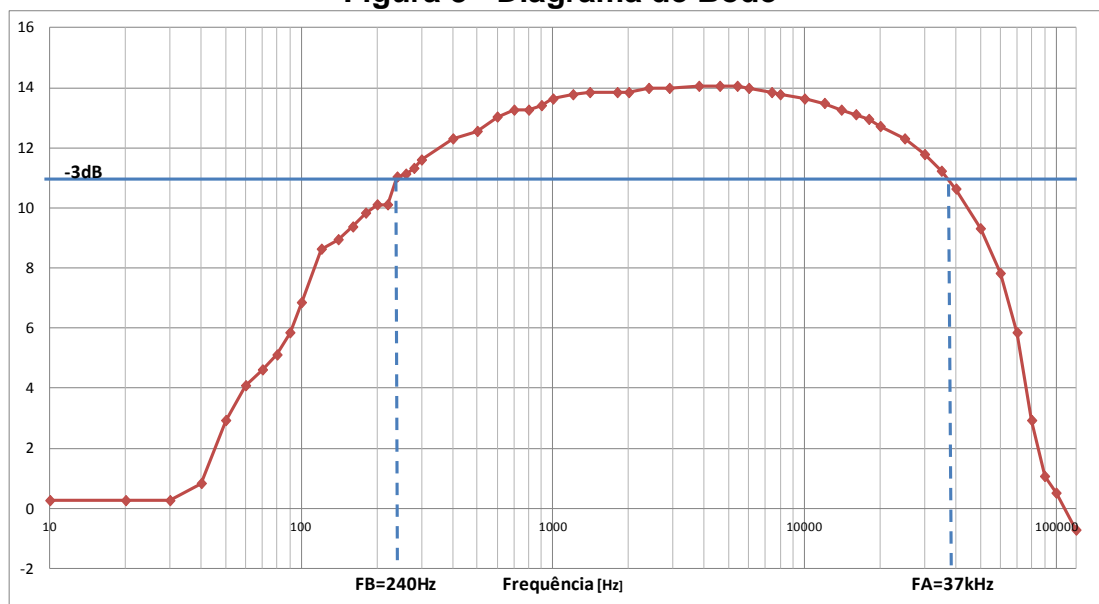
Amplificador Valvulado	Valores máximos
<b>Ganho [dB]</b>	14,04dB
<b>Potência máxima</b>	0,396W

Fonte: Próprio autor, 2019

Como pode ser observado na Tabela 1, o ganho máximo obtido foi equivalente a 14,04dB. Já a potência de saída ficou em torno de 0,396W.

Na sequência, com o objetivo de obter a resposta em frequência do amplificador, foi traçado o diagrama de bode do mesmo, apresentado na Figura 3.

**Figura 3 - Diagrama de Bode**



Fonte: Próprio autor, 2019

Como pode ser observado na Figura 3, o ganho máximo de tensão ficou em torno de 14dB. É também interessante notar para frequências menores que 240Hz e maiores que 37kHz o ganho cai pela metade (-3dB). Essas frequências são conhecidas como frequências de corte do amplificador. Ou seja, o ganho do amplificador diminui significativamente para frequências abaixo de FB e acima de FA. Normalmente, as faixas de frequência são categorizadas da seguinte forma (PRANGE, 2019): Baixa frequência (20Hz até 200Hz), Média Frequência (200Hz até 2kHz) e Alta frequência (2kHz até 20kHz).

Dessa forma, podemos verificar o desempenho do amplificador é reduzido em baixas frequências.

Considerando somente as frequências das notas fundamentais, as guitarras elétricas normalmente operam na faixa de 82Hz até 1397Hz. No entanto, suas harmônicas (frequências múltiplas da fundamental, responsáveis pelo timbre do instrumento), podem variar de 1kHz até 15kHz. (BARTLETT; BARTLETT, 2016).

Outra característica obtida do amplificador foi a distorção harmônica total (DHT). A distorção harmônica total quantifica o nível de tensão ou corrente das harmônicas em relação onda de frequência fundamental (SHMILOVITZ, 2019).

Através dos resultados obtidos, a taxa de distorção harmônica foi calculada em 2%. Para fins de comparação, de acordo com (SELF, 2009), valores inferiores a 1% não são detectados pelo ouvido humano. Amplificadores comerciais normalmente apresentam DHT em torno de 1% (apesar de alguns tipos de distorção serem percebidos com taxas de 0,3%). Já amplificadores considerados de alta-fidelidade, normalmente apresentam DHT entre 0,1-0,3% (SHMILOVITZ, 2019). Portanto, o amplificador desenvolvido apresenta um valor de DHT que torna a distorção harmônica perceptível ao ouvido humano.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para fins de comparação, uma pesquisa realizada pelos autores nos sites mais populares de *e-commerce* no Brasil (tais como Submarino, Mercado Livre, e Magazine Luiza), indicou que amplificadores valvulados de 1W de potência, possuem preço na faixa de R\$2.350,00. Ao comparar esses custos, o amplificador desenvolvido representa aproximadamente, apenas 11% do custo de um amplificador comercial. A característica de linearidade do ganho, garante a estabilidade do mesmo para uma ampla faixa de frequências de áudio. Por fim, apesar da DHT ser um pouco superior a média do amplificadores comerciais (até 1%), a distorção provocada é praticamente imperceptível.

## REFERÊNCIAS

BARTLETT, Bruce; BARTLETT, Jenny. **Practical recording techniques**. Disponível em [shorturl.at/guQ57](http://shorturl.at/guQ57)>. Acesso em 11 jul 2019.

DAILEY, Denton J. **Eletronics for guitarists**. Disponível em: < <https://www.springer.com/br/book/9781441995360#otherversion=9781441995353>>. Acesso em 11 jul 2019.

PRANGE, Kurt. **Audible Frequency Range and describing tone**. Disponível em: < <https://www.amplifiedparts.com/tech-articles/audible-frequency-range-and-describing-tone> >. Acesso em 11 jul 2019.

SELF, Douglas. **Audio Power Amplifer Desing Handbook**. Disponível em: < [http://d1.amobbs.com/bbs\\_upload782111/files\\_29/ourdev\\_554203.pdf](http://d1.amobbs.com/bbs_upload782111/files_29/ourdev_554203.pdf) >. Acesso em 11 jul 2019.

SHMILOVITZ, Doron. **On the definition of total harmonic distortion and its effect on measurement interpretation**. Disponível em: < <https://www.thierry-lequeu.fr/data/PESL-00101-2003-R2.pdf> >. Acesso em 11 jul 2019.

TUBE PAD. **Esquemáticos dos circuitos do amplificador**. 2019. 1 Figura. Disponível em : < <http://nmwilliam.tripod.com/ecl82.html>> . Acesso em 19 maio 2019.