

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC JÚLIO DE MESQUITA
Curso Técnico em Eletrônica**

**Danilo Viveiros de Assis
João Vitor Tavares de Souza
Nicolas dos Santos Varnier Mota**

Identificador de Metais por Eletromagnetismo: IME

**Santo André
2025**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA
ETEC JÚLIO DE MESQUITA
Curso Técnico em Eletrônica**

**Danilo Viveiros de Assis
João Vitor Tavares de Souza
Nicolas dos Santos Varnier Mota**

Relatório técnico
apresentado junto ao
Curso Técnico em
Eletrônica, da Etec Júlio
de mesquita, orientado
pelos Professores Egmar
Accetto e Adriana Mariko
Yonamine Nakatani, como
requisito parcial para
obtenção do título de
Técnico em Eletrônica.

**Santo André
2025**

Dedicamos este trabalho aos professores de nosso curso Técnico em Eletrônica da ETEC Júlio de Mesquita, que tanto nos ajudaram em sua realização e que sem eles não o teríamos realizado.

AGRADECIMENTOS

À rede de ensino disponibilizada pelo Centro Estadual De Educação Tecnológica Paula Souza, pelo suporte institucional; aos nossos orientadores, Profa. Adriana Mariko Yonamine Nakatani e Prof. Egmar Accetto; aos colegas do grupo de pesquisa, pelo compartilhamento de conhecimentos; e à nossa família, pelo apoio incondicional durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho.

“I would rather have questions that can't be answered than answers that can't be questioned.”

(Richard Feynman)

Resumo

O projeto é baseado na detecção de metais. Seu funcionamento se dá a partir da reprodução sonora da mixagem dos sinais gerados por dois osciladores, sendo eles um de "busca" e um de "referência". Operam em frequência similar e ambos em torno de 50KHz quando não há materiais metálicos presentes. Todavia, no caso de presença desses objetos, há uma variação audível no sinal enviado ao buzzer dedicado a comunicar ao usuário a detecção. A alteração no sinal ocorre apenas no oscilador denominado de "busca", partindo do fato de ele ser da topologia conhecida como *Collpitts*, utilizando-se de componente indutivo para que seja possível gerar ondas magnéticas que interagirão com certos elementos externos, modificando, principalmente, a frequência de seu sinal. Portanto, ao ocorrer a combinação de ondas que serão reproduzidas, é possível ouvir a diferença por meio do som.

Palavras-chave: Detecção metálica. Frequência. Osciladores. Sinais. Som.

Abstract

The project is based on metal detection. It operates by reproducing a sound mix of signals generated by two oscillators, a "search" and a "reference". They operate at a similar frequency, both around 50 KHz when no metallic materials are present. However, if such objects are present, there is an audible variation in the signal sent to the buzzer dedicated at communicating the user the detection. The signal change occurs only in the "search" oscillator, which uses a topology known as *Collpitts*, using an inductive component to generate magnetic waves that interact with certain external elements, primarily modifying the frequency of its signal. Therefore, when the waves are combined and reproduced, the difference can be heard through sound.

Keywords: Metal detection. Frequency. Oscillators. Signals. Sound.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	–	DIAGRAMA DE BLOCOS.....	19
FIGURA 2	–	OSCILADOR PONTE DE WIEN.....	20
FIGURA 3	–	OSCILADOR DE COLLPITTS.....	21
FIGURA 4	–	<i>MIXER</i>	22
FIGURA 5	–	GRÁFICO DE ONDA (SIMULADO).....	23
FIGURA 6	–	GRÁFICO DE ONDA (MEDIDO).....	24
FIGURA 7	–	ESPECTOGRAMA.....	25
FIGURA 8	–	ESQUEMÁTICA INICIAL.....	26
FIGURA 9	–	ESQUEMÁTICA FINAL.....	27
FIGURA 10	–	VISUALIZAÇÃO DE PCB.....	28
FIGURA 11	–	VISUALIZAÇÃO DE PCB 3D (FRONTAL).....	28
FIGURA 12	–	VISUALIZAÇÃO DE PCB 3D (FRONTAL) – SEM COMPONENTES.....	29
FIGURA 13	–	VISUALIZAÇÃO DE PCB 3D (TRASEIRO).....	29
FIGURA 14	–	VISÃO LATERAL DO IME.....	30
FIGURA 15	–	VISÃO SUPERIOR DO IME.....	30
FIGURA 16	–	VISÃO INTERNA DO IME.....	31
FIGURA 17	–	VISÃO INTERNA DO POSICIONAMENTO DOS COMPONENTES INDUTIVO E PCB DO IME.....	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	–	TABELA DE PREÇOS.....	32
----------	---	-----------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

- Ω – Unidade de medida de resistência, reatância e impedância
- nF – Unidade de medida usual para capacitância em capacitores cerâmicos e de poliéster (nano Farad)

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IME	–	Identificador de Metais por Eletromagnetismo
LCD	–	<i>Liquid Crystal Display</i>
TCC	–	Trabalho de Conclusão de Curso
OPAMP	–	<i>Operational Amplifier</i> (Amplificador Operacional)
VCC	–	Tensão de Alimentação
PCB	–	<i>Printed Circuit Board</i> (Placa de Circuito Impresso)

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Justificativa.....	14
1.2	Objetivo da pesquisa.....	14
2.	METODOLOGIA CIENTÍFICA.....	15
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1	Contextualização do Detector de Metais.....	16
3.2	Benefícios do Detector de Metais.....	16
3.2.1	Prevenção de danos estruturais e acidentes.....	16
3.2.2	Eficiência operacional.....	16
3.2.3	Precisão na execução de projetos.....	17
3.2.4	Redução de custos operacionais.....	17
4.	DESENVOLVIMENTO.....	18
4.1	Princípios de funcionamento.....	18
4.1.1	Diagrama de blocos.....	19
4.1.2	Gráficos de ondas.....	23
4.2	Resultados obtidos.....	25
4.3	Montagens.....	26
4.3.1	PCB designada pelo programa <i>easyEDA</i>.....	28
4.3.2	Modelagem 3D.....	30
5.	TABELA DE PREÇOS.....	32
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	BIBLIOGRAFIA.....	34

1. INTRODUÇÃO

Com o ligeiro avanço da tecnologia, o uso dessa ciência se torna indispensável na contemporaneidade da realidade mundial para quaisquer tipos de quesitos. Mesmo em ambientes rurais, a presença dessa informatização se mostra como grande amparo na solução de problemas. Para além disso, na área eletrônica, o avanço tecnológico é diariamente atualizado e posto em prática na realização de circuitos, projetos, estudos e descobertas.

Nesse contexto de evolução eletrônica, o uso desses sistemas se faz presente em diversas profissões e situações. O projeto “Identificador de Metais por Eletromagnetismo” (IME) visa ajudar, majoritariamente, engenheiros civis, pedreiros e mestre de obras, topógrafos e, por fim, operador de máquinas pesadas.

O IME pode ser amplamente utilizado na construção civil para garantir a segurança e eficiência das obras. Ele auxiliará na localização de cabos elétricos, tubulações e reforços metálicos, evitando danos durante escavações e demolições. Pode também ser utilizado para inspecionar materiais de construção, verificar a integridade de fundações e estruturas de concreto armado.

Além disso, ajudará na prevenção de acidentes com metais perigosos, como restos de equipamentos antigos ou materiais enferrujados, garantindo que as obras sigam conforme o planejamento e com a segurança necessária. Dessa forma, o uso do IME contribui significativamente para a eficiência operacional, a redução de riscos e a conformidade com normas de segurança, otimizando a execução dos projetos e promovendo maior controle durante todas as etapas da construção.

Outrossim, o projeto poderá servir adicionalmente às pessoas fora das áreas citadas anteriormente, visto que, além de uma embalagem indicativa, o IME será de fácil manuseio, contando apenas com a aproximação quando ligado.

1.1 Justificativa

A principal motivação para sustentar o presente propósito reside na importância do projeto no cumprimento de normas de segurança, garantia de integridade estrutural, prevenção de danos e o menor gasto do consumidor em relação à demais modelos. Todavia, além de tais pontos objetificados, baseia-se o ânimo do projeto principalmente nos estudos que vêm sendo adquiridos embasados no tempo de realização do projeto e nas horas diárias de dedicação para o mesmo.

1.2 Objetivos da pesquisa

O objetivo deste trabalho é fundado na busca pelo entendimento aprofundado sobre os efeitos da Lei da Indução de Faraday e das correntes de Foucault em campos eletromagnéticos e a aplicação de suas propriedades, além de propor uma solução que muitas vezes é derivada de uma mesma problemática para múltiplas pessoas: saber, por exemplo, onde se encontra canos e vigas metálicas de uma construção.

2. METODOLOGIA CIENTÍFICA

A presente pesquisa tem como finalidade tornar mais acessível a detecção de metais, através da elaboração de um sistema baseado no trabalho dos autores George Overton, Carl Moreland, Antonio Marco Vicari Cipelli e Waldir João Sandrini, que contribuíram com a documentação acerca de tais detectores e circuitos eletrônicos.

Partindo de obras destes autores, este trabalho adaptará alguns de seus designs, mantendo o simples funcionamento e, principalmente, simples utilização por parte do usuário. Porém, simultaneamente, aprimorando o quesito acessibilidade ao utilizar componentes amplamente difundidos e produzidos em massa.

Serão apresentados operação por parte do usuário, diferenças aos designs anteriores, diagrama de blocos, imagens e esquemáticas da montagem prática. Além disso, a descrição detalhada do circuito em funcionamento e as diferenças entre a presença e ausência de objetos metálicos em sua proximidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Contextualização do “Detector de Metal”

Com os resultados obtidos derivados das pesquisas feitas em grupo, chegou-se ao atual protótipo atualizado, que tem o objetivo de tornar esse trabalho detectivo mais acessível e eficiente. Portanto, o projeto trará muitos benefícios para o público geral que precise dessa ferramenta de trabalho, com rápida aplicação e fácil entendimento.

3.2 Benefícios do “Detector de Metal”

3.2.1 Prevenção de danos estruturais e acidentes

O uso primordial e principal do protótipo do IME é prevenir o público das consequências de perfurações erradas em paredes, que podem causar, além de danos estruturais, um gasto extremamente desnecessário. Em alguns casos, o desuso de um detector pode acarretar, indiretamente, em danos severos a quem furou a parede indevidamente. Logo, é de suma importância que se tenha alguma ferramenta capaz de trazer a segurança ideal à quem realizar tais mudanças estruturais.

3.2.2 Eficiência operacional

Muitas pessoas ainda utilizam de meios alternativos, e até mesmo de improvisos, para identificar o encanamento em paredes. Esse problema é ligeiramente contornado com a utilização do IME, considerando toda a praticidade e comodidade gerada pelo projeto, visando não apenas facilidade, mas também a confiabilidade que o produto poderá gerar à quem o usar.

3.2.3 Precisão na execução de projetos

Com a noção do que se faz presente estruturalmente, pode-se também realizar reformas mais cuidadosas e precisas, visto que, detectando, torna-se mais prática e mais certa a identificação dos locais corretos para destruir, e ou, reformar. Dessa forma, garante-se uma maior qualidade do serviço feito, independente de quem o manuseia ou do local em que o utiliza.

3.2.4 Redução de custos operacionais

Normalmente, o custo médio de aparelhos detectores metálicos tende a ser fora da realidade de muitos, por não apresentarem uma condição financeira condizente com o produto. Nesse projeto, torna-se possível que esses tenham a experiência de compra e uso do equipamento, além do fatídico caso de que uma reforma total de, por exemplo, encanamento de um ambiente teria um custo muito elevado, com um custo benefício baixo, independentemente do serviço proposto.

4 DESENVOLVIMENTO

O começo do desenvolvimento deste protótipo se deu com ideias que auxiliariam em trabalhos residenciais que contavam com a presença de estruturas metálicas, que foram se modificando até, eventualmente, tomarem a sua forma atual.

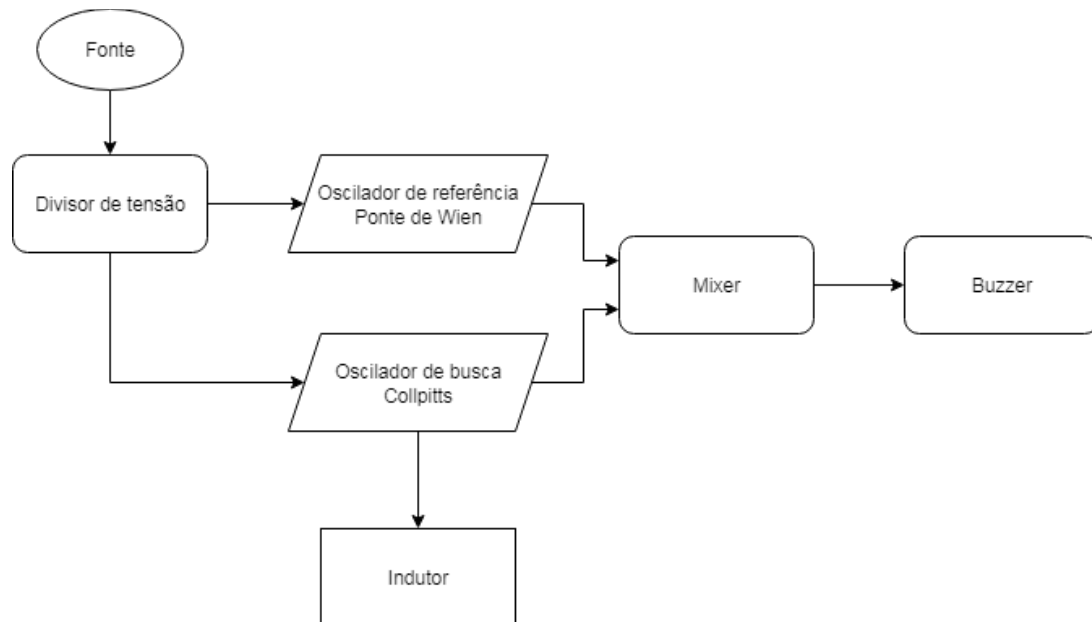
Apesar de existirem diversos modelos semelhantes no mercado, esse por sua vez conta com diferenças marcantes. Além de não apresentar funções desnecessariamente complicadas durante o uso, esse TCC é pensado com o intuito de ser mais acessível e descomplicado, como citado previamente.

4.1 Princípios de funcionamento

O princípio de funcionamento do projeto IME, como previamente explicado, baseia-se na detecção metálica através de obstáculos razoavelmente espessos, como em paredes, tábuas e objetos planos em geral. Quando posicionado próximo à superfície em que é desejado o teste, numa distância próxima de 2 cm, o aparelho mostrará aquilo que é localizado, quando é. Desse modo, se é encontrado algum objeto metálico, será mostrado num Display LCD a mensagem “METAL!”, caso não seja percebido mudança alguma de sinal, permanecerá na mensagem “PROCURANDO”.

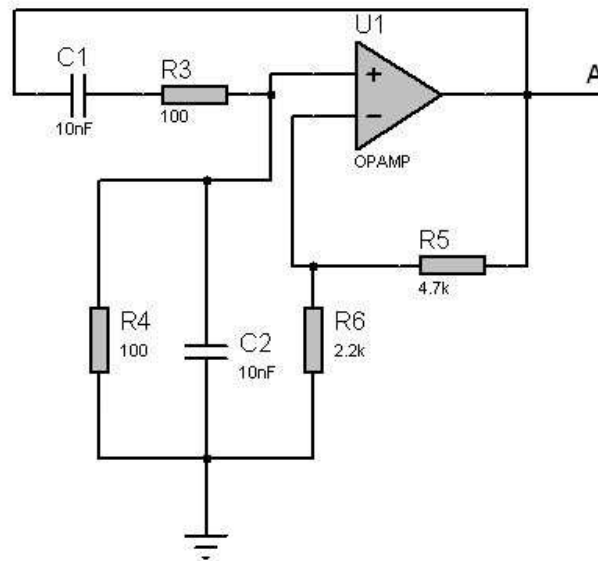
4.1.1 Diagrama de blocos

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE BLOCOS



FONTE: Os Autores (2025)

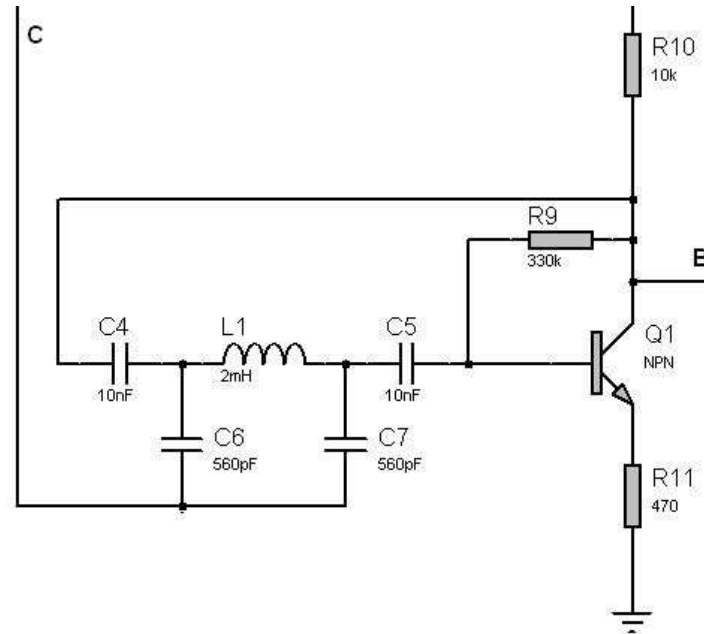
FIGURA 2 – OSCILADOR PONTE DE WIEN



FONTE: Os Autores (2025)

Acima, é possível observar o design do oscilador de referência utilizado, sua oscilação em regime senoidal se dá a partir de dois pares de capacitores (10nF) e resistores (100Ω) ambos na entrada positiva do OPAMP, sendo um deles de realimentação. A saída está representada pela letra “A” e será explorada futuramente.

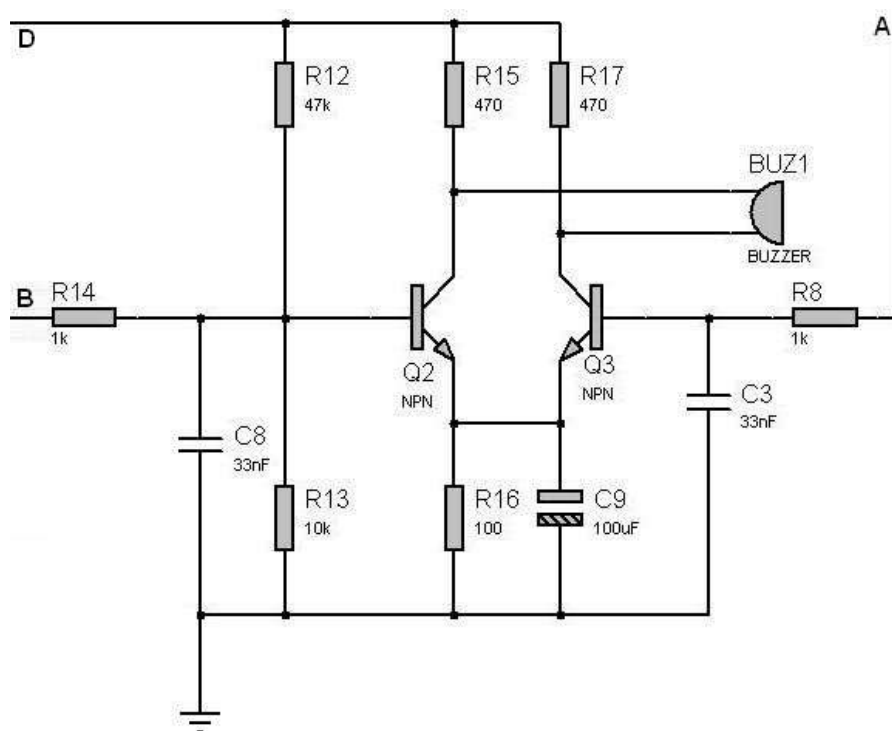
FIGURA 3 – OSCILADOR DE COLLPITTS



FONTE: Os Autores (2025)

Aqui, está exposto a topologia conhecido como “Collpitts”, nela tem-se um circuito tanque formado por L1, C6 e C7, através de C4 há um *Feedback* formado com o coletor do transistor Q1, fazendo com que assim, se obtenha um sinal semelhante àquele previamente comentado. O ponto “C” está ligado à $\frac{V_{CC}}{2}$, realizado por divisor de tensão, e “B” ira ser utilizado no *Mixer*. Por meio de componente indutivo são gerados, segundo a Lei da Indução de Faraday, campos eletromagnéticos que induzem correntes elétricas (Correntes de Foucault) em objetos metálicos que por sua vez geram forças que opõem às do indutor, modificando assim sua operação quando presentes.

FIGURA 4 – MIXER

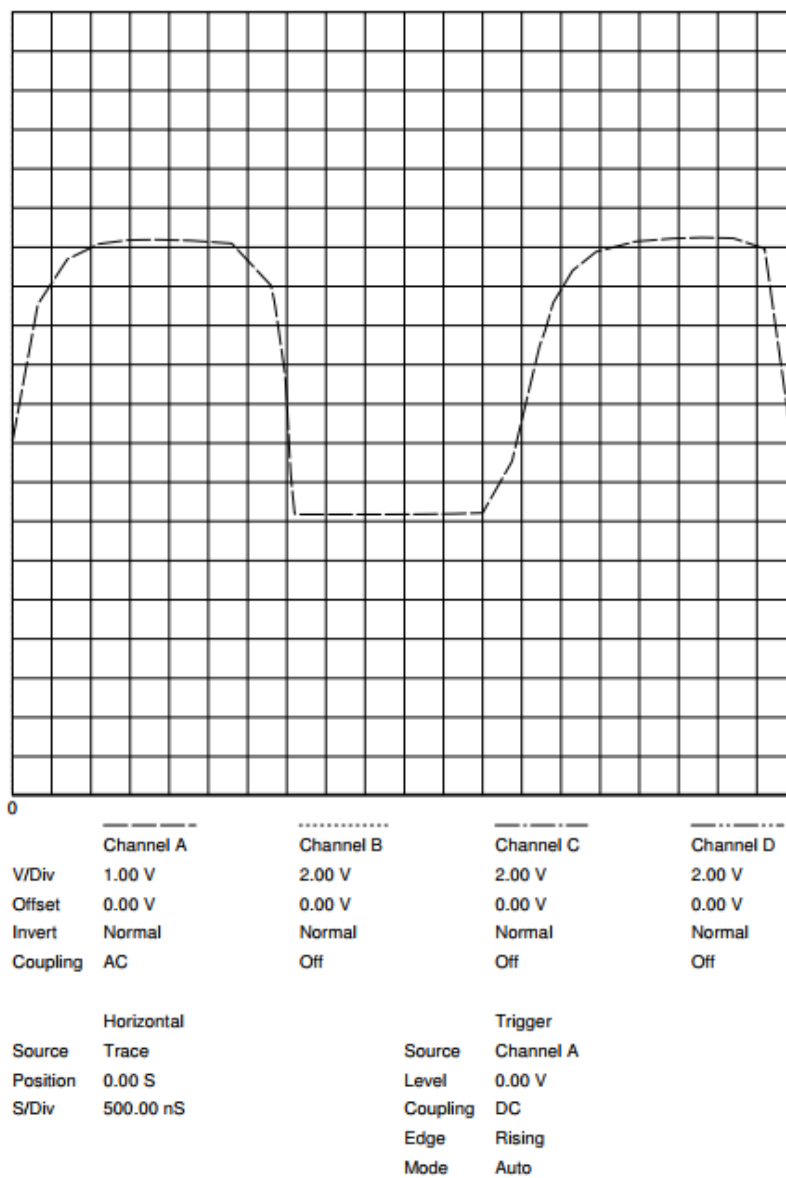


FONTE: Os Autores (2025)

Como é possível observar na imagem 4, temos as saídas dos sinais gerados (“A” e “B”) como entradas de um amplificador diferencial que compara ambos os sinais. “D” está ligado à Vcc. Por fim, este par Q2 e Q3 estão conectados à um Buzzer, vale ressaltar, como a entrada “B” varia com a presença de metais, há então uma espécie de aviso sonoro ao usuário quanto são detectados.

4.1.2 Gráficos de Onda

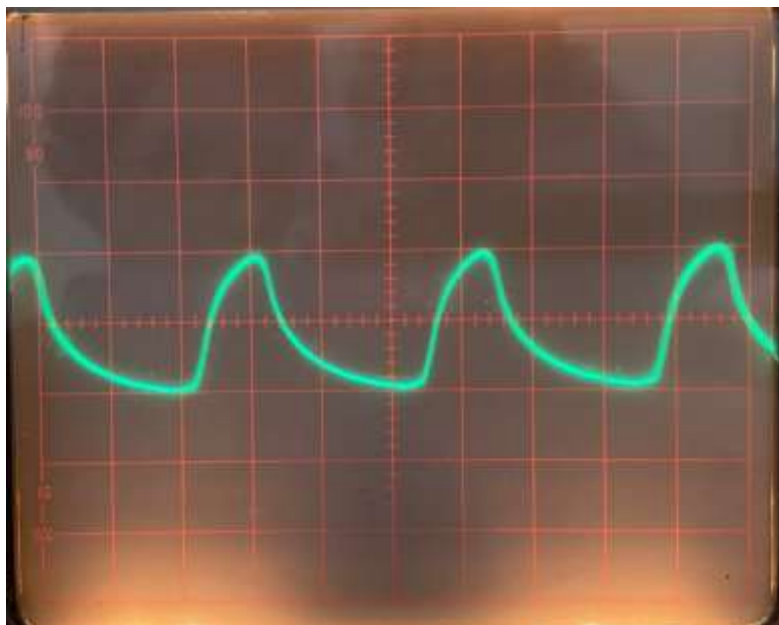
FIGURA 5 – GRÁFICO DE ONDA (SIMULADO)



FONTE: Os Autores (2025)

Gráfico de onda obtido através do simulador ISIS Professional gerado pelo IME sem presença metálica.

FIGURA 6 – GRÁFICO DE ONDA (MEDIDO)

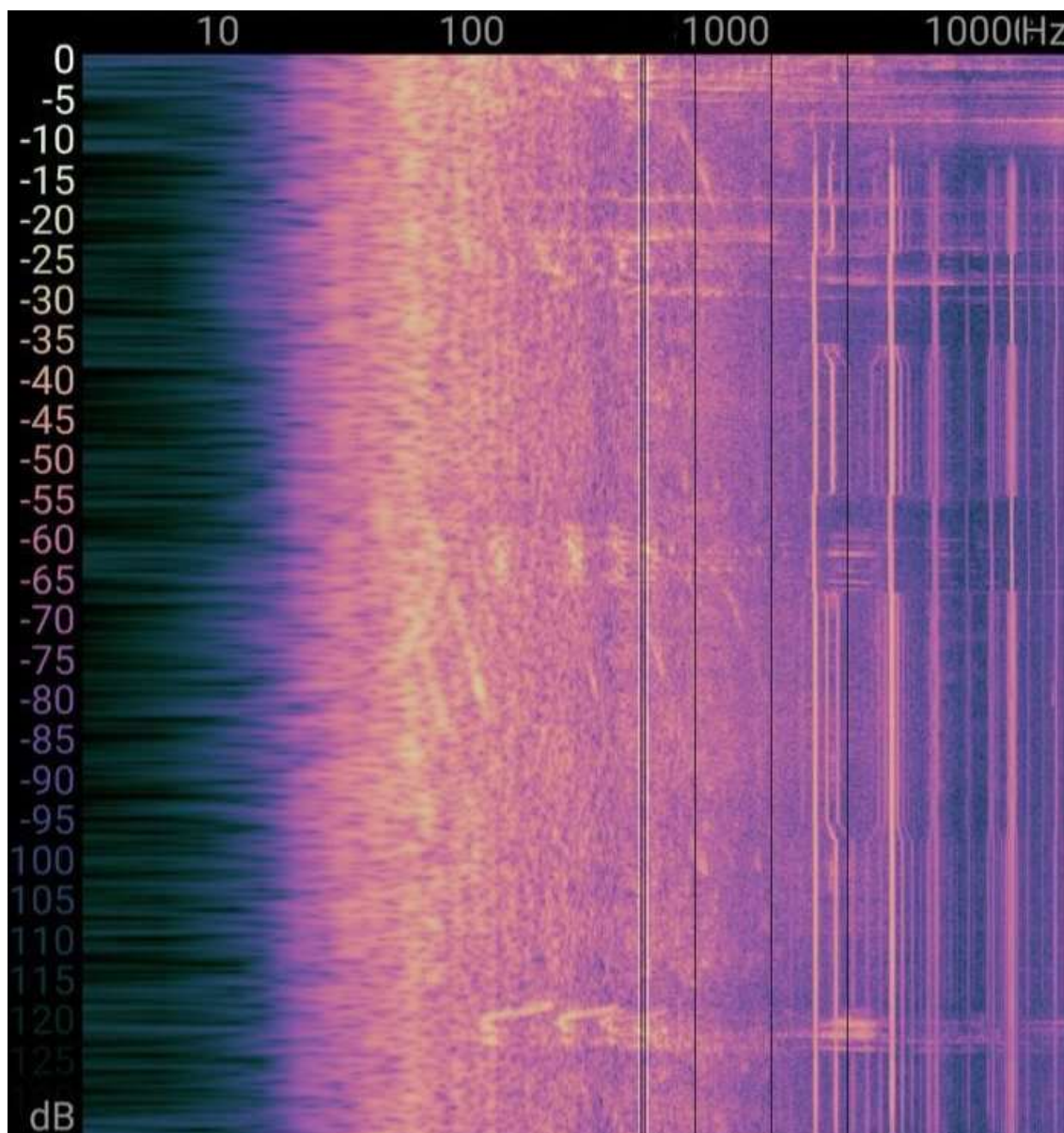


FONTE: Os Autores (2025)

Gráfico de onda obtido através de testes reais com o circuito do IME, em protoboard, sem presença metálica. Osciloscópio digital presente no laboratório 1 da ETEC Júlio de Mesquita, Bloco F.

4.2 Resultados obtidos

FIGURA 7 – ESPECTROGRAMA

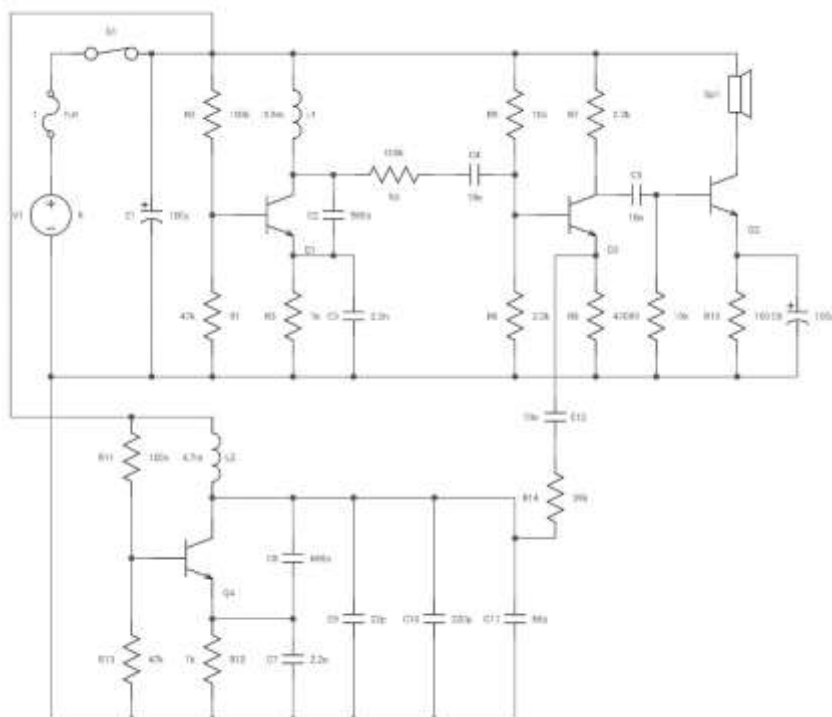


FONTE: Os Autores (2025)

Resultado obtido através de um software especializado em espectrometria de uma experiência em laboratório, demonstrando o gráfico de intensidade por frequência.

4.3 Montagens

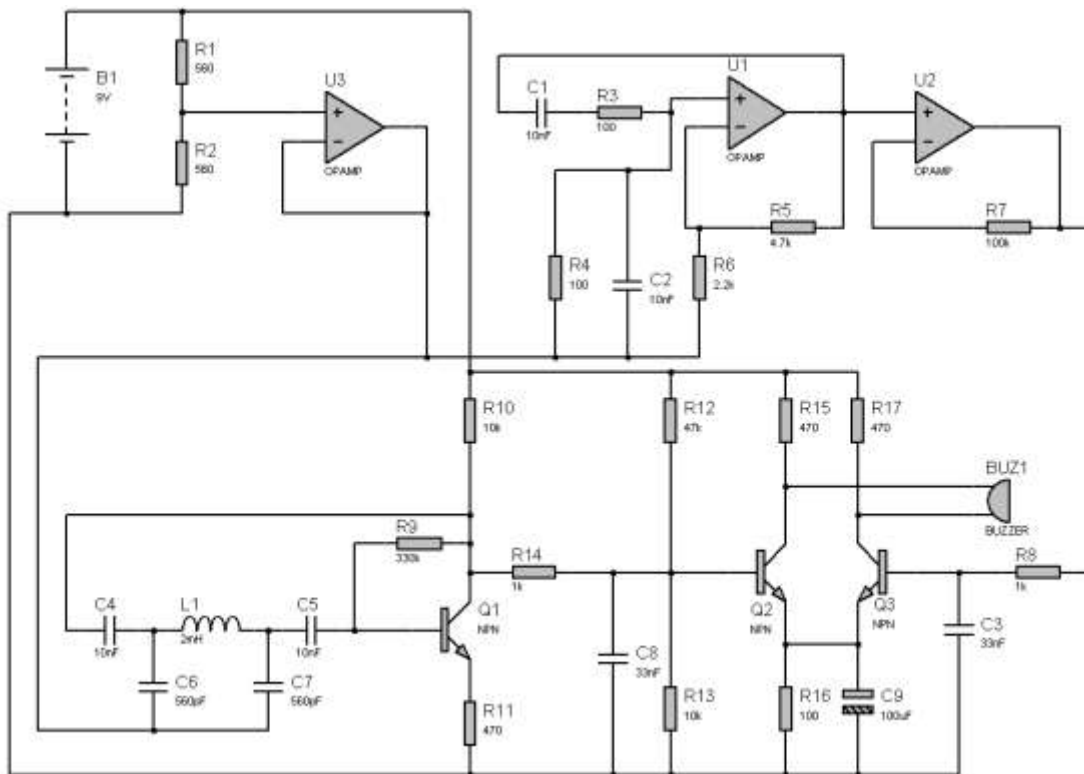
FIGURA 8 – ESQUEMÁTICA INICIAL



FONTE: Os Autores (2025)

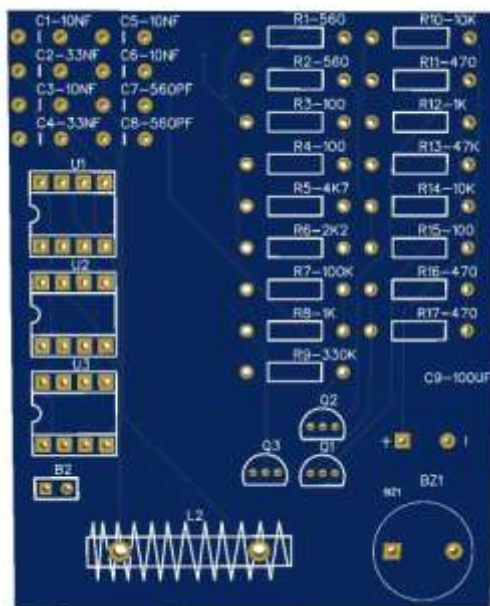
Proposta de design inicial retirada do livro "Inside the Metal Detector", de George Overton e Carl Moreland, que foi modificada para o design atual.

FIGURA 9 – ESQUEMÁTICA FINAL



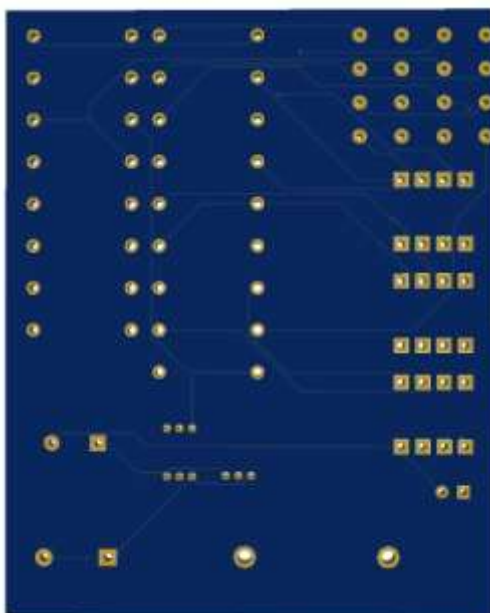
FONTE: Os Autores (2025)

FIGURA 12 – VISUALIZAÇÃO DE PCB 3D (FRONTAL) – SEM COMPONENTES



FONTE: Os Autores (2025)

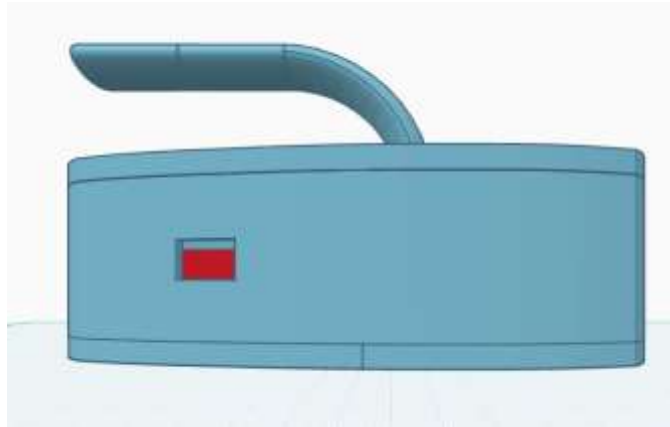
FIGURA 13 – VISUALIZAÇÃO DE PCB 3D (TRASEIRO)



FONTE: Os Autores (2025)

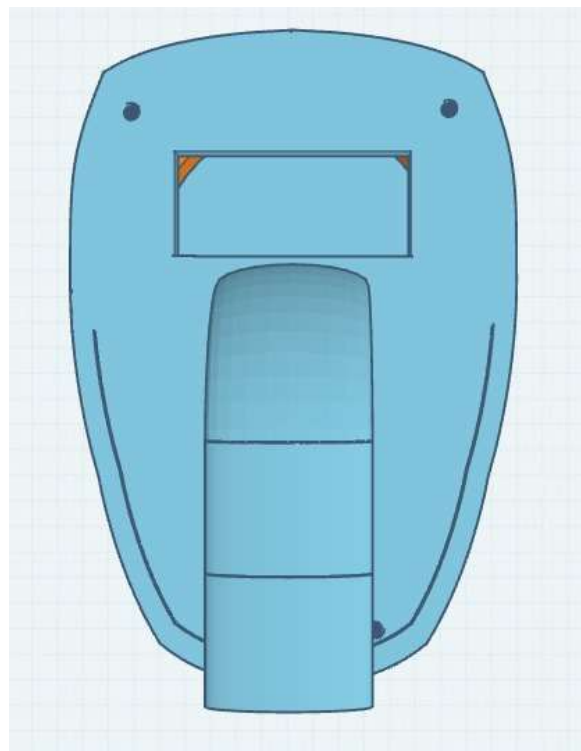
4.3.2 Modelagem 3D

FIGURA 14 – VISÃO LATERAL DO IME



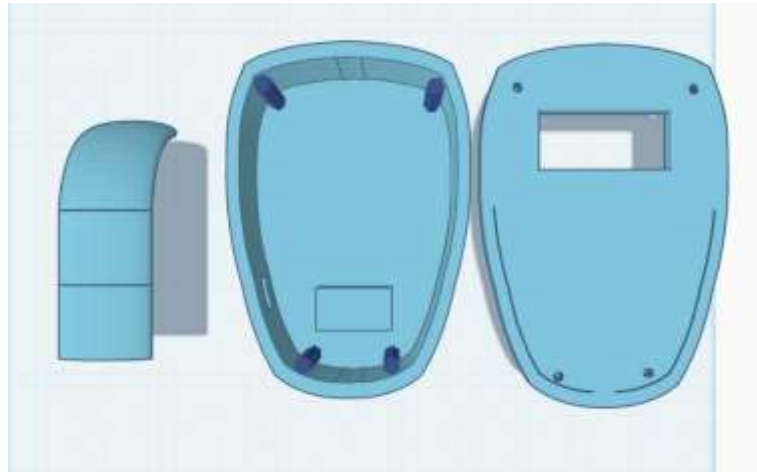
FONTE: Os Autores (2025)

FIGURA 15 – VISÃO SUPERIOR DO IME



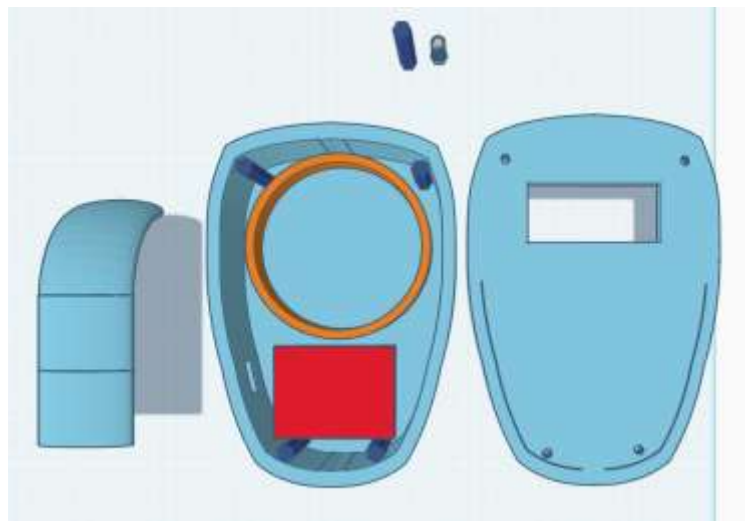
FONTE: Os Autores (2025)

FIGURA 16 – VISÃO INTERNA DO IME



FONTE: Os Autores (2025)

FIGURA 17 – VISÃO INTERNA DO POSICIONAMENTO DOS COMPONENTES INDUTIVO E PCB



FONTE: Os Autores (2025)

5. TABELA DE PREÇOS

TABELA 1 – TABELA DE PREÇOS

MATERIAIS	PREÇO (R\$)
Cobre Esmaltado	43,50
Componentes	30,50
Filamento para Impressão 3D	80,00
Placa PCB	60,00
TOTAL	214,00

FONTE: Os Autores (2025)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos práticos das Correntes de Foucault e sua possível utilidade para detecção de metais através de correntes eletromagnéticas.

Primeiramente, as considerações mais significativas que puderam ser notadas após a realização do projeto se dão tanto no âmbito social, com a busca pela implementação das ciências físicas no cotidiano, quanto no profissional, pela efetivação dessa tecnologia no exercício do trabalho diário dos técnicos de Áreas da Construção Civil.

Tais afirmações incidem de pesquisas e estudos que indicam sua veracidade, partindo de exemplos reais e estudos de casos. Além disso, todo o conteúdo teórico se fez fundamentalmente útil na produção do protótipo aqui apresentado.

Neste processo, constataram-se alguns impasses como a falta de recursos bibliográficos à nível técnico, visto que, ao buscar materiais didáticos na *Internet*, foi-se possível notar a presença exclusiva de fontes focadas apenas à nível superior.

Por fim, mesmo com todos os obstáculos, houve um ganho significativo de aprendizagem teórico-prática. Este trabalho abriu margem para o conhecimento de métodos empíricos no curso de eletrônica, propiciado pela ETEC Júlio de Mesquita. Portanto, os resultados obtidos nessa experiência se mostraram pertinentes nos setores previamente estabelecidos de modo que tragam benefícios não apenas para o resultado de seu uso, mas também para fins didáticos.

BIBLIOGRAFIAS

10 Osciladores (ART1086). Disponível em:

<https://newtoncbraga.com.br/projetos/8153-10-osciladores-art1086.html>.

Acesso em: 30 set. 2025.

12 Best Oscillator Circuits Explained – Making Easy Circuits. Disponível

em: <https://makingcircuits.com/blog/best-oscillator-circuits/>. Acesso em: 30 set. 2025.

CIPELLI, Antonio Marco Vicari; SANDRINI, Waldir João. **Teoria e**

Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos. 12. ed. São Paulo, São Paulo: Érica, 2008. ISBN 9788571947597.

CURSO: Desenvolvimento de placas de circuito impresso no EasyEDA.

Disponível em: [https://youtube.com/playlist?list=PL0BzMf8vqX-](https://youtube.com/playlist?list=PL0BzMf8vqX-dQItUnxZL8nrT6NtVMj8GY&si=3b25_9qaGP1nh90K)

[dQItUnxZL8nrT6NtVMj8GY&si=3b25_9qaGP1nh90K](https://youtube.com/playlist?list=PL0BzMf8vqX-dQItUnxZL8nrT6NtVMj8GY&si=3b25_9qaGP1nh90K). Acesso em: 30 set. 2025.

KIT DIY - Detector de Metais | Smart Kits - Componentes Eletrônicos.

Disponível em: [https://www.smartkits.com.br/kit-diy-detector-de-](https://www.smartkits.com.br/kit-diy-detector-de-metals?srsIid=AfmBOor1BvCXkdB_WqyredKcfDNMExAu4PYUzLyr70ZgsTA_ZTHXWND8)

[metals?srsIid=AfmBOor1BvCXkdB_WqyredKcfDNMExAu4PYUzLyr70ZgsTA_ZTHXWND8](https://www.smartkits.com.br/kit-diy-detector-de-metals?srsIid=AfmBOor1BvCXkdB_WqyredKcfDNMExAu4PYUzLyr70ZgsTA_ZTHXWND8). Acesso em: 30 set. 2025.

OVERTON, George; MORELAND, Carl. **Inside The Metal Detector**. Corvallis, Oregon: Geotech Press, 2015. 1-62 p. ISBN 9780985834210.

PVC Pipe Detector. Disponível em: <https://www.pvcpipelocators.com/>. Acesso em: 30 set. 2025.

UFPR LITORAL | Educação é a nossa praia. Disponível em:

[https://litoral.ufpr.br/admpublica/wp-](https://litoral.ufpr.br/admpublica/wp-content/uploads/sites/6/2021/08/Modelo_Monografia.pdf)

[content/uploads/sites/6/2021/08/Modelo_Monografia.pdf](https://litoral.ufpr.br/admpublica/wp-content/uploads/sites/6/2021/08/Modelo_Monografia.pdf). Acesso em: 30 set. 2025.