

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FÍSICA “GLEB WATAGHIN”**

F-609 A – Tópicos de Ensino de Física I

Relatório Final: Detector de Metais

ALUNO: Egont Alexandre Schenkel

RA:023620

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Iikawa

COORDENADOR: Prof. Dr. José Joaquin Lunazzi



2º semestre de 2009
Campinas-SP – Brasil

1) Resultados atingidos

Todas as etapas foram concluídas com êxito. Com relação a primeira parte do projeto, foi construído um detector de metais portátil e funcional, com dimensões comparáveis a um detector utilizado em portas de estádios de futebol e boates, com a intensão de localizar armas brancas ou de fogo. Esse dispositivo acusou a presença de diversos metais.

Já com relação a segunda parte, não foi possível demonstrar o efeito de batimento de frequências utilizado na detecção de metais usando uma calculadora e um rádio AM, como apresentados nos vídeos <http://www.youtube.com/watch?v=-XhLPzq-jp4> (ANEXO II) e <http://www.youtube.com/watch?v=nyXQbcEnUzE>, (ANEXO III) ambos comentados na sessão 4.

2) Fotos da experiência no estágio em que se encontra

Segue abaixo as fotos do experimento, onde o dispositivo de detecção de metais já está finalizado e funcionando corretamente.



Figura 1: Detector de metais finalizado.

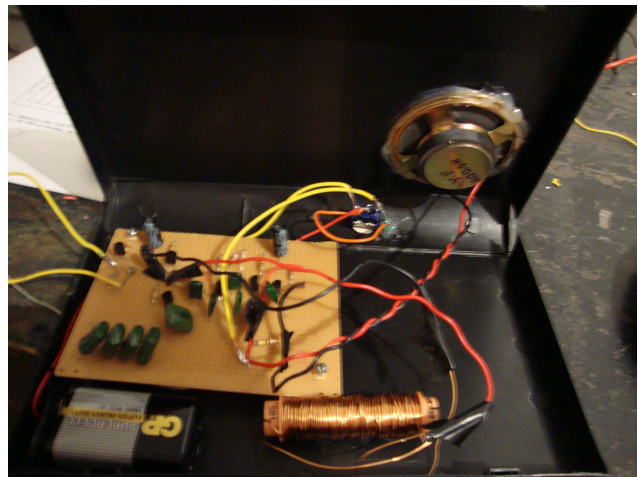


Figura 2: Aspecto interno do detector de metais



Figura 3: Rádio e calculadora utilizados na segunda etapa do experimento. Esse conjunto não apresentou as propriedades desejadas.

3) Dificuldades encontradas

Com relação a primeira parte do projeto, a maior dificuldade, sem dúvida é no dimensionamento das bobinas. As referências que esse projeto foi inspirado utilizam métodos que talvez sejam válidos com um determinado tipo de fio, um determinado suporte, etc. Porém, esse projeto tem algumas peculiaridades que serão descritas mais adiante (sessão “4: Descrição do trabalho”), que inviabilizam a utilização desses métodos. Porém, esse problema foi resolvido após um estudo mais cuidadoso do circuito e realizando uma medida direta das indutâncias das bobinas, que também será descrito mais adiante.

Uma segunda dificuldade foi com relação a montagem definitiva. Acabei optando por uma forma mais compacta, sobretudo para facilitar a demonstração no dia da apresentação. Porém isso causou algumas dificuldades no momento da montagem, por exemplo, qual seria o suporte para placa? Como seriam feitas as acomodações de todos os componentes? Esses problemas foram resolvidos utilizando uma caixa plástica de fita VHS (Figuras 1 e 2), onde foi possível tornar a montagem compacta e funcional.

Em relação a segunda parte do projeto, a grande dificuldade é encontrar os materiais, no caso os rádios AM e as calculadoras das mesmas marcas e modelos que aparecem nos vídeos. Dessa forma, é inviável reproduzir o experimento com as mesmas características, de modo que foi necessário utilizar outros materiais, não da mesma marca, mas similares. Dessa forma, não é possível nem dizer que os vídeos na internet são verdadeiros ou que são apenas montagens, mas que com os materiais utilizados, nas condições apresentadas pelos vídeos, não funcionou.

4) Pesquisa realizada, palavras-chave que foram usadas, nome das referências obtidas e descrição das mesmas.

A – Pesquisas na internet

A pesquisa via internet se deu basicamente procurando as palavras-chave “*detector de metais*”, “*metal detector*”, “*metal detector DIY*”, “*BFO metal detector*” na página de busca Google (<http://www.google.com.br>). Também foi utilizado o “website” de exibição de vídeos Youtube (<http://www.youtube.com>), onde foram realizadas busca pela palavra-chave “*metal detector*”.

Dessa busca, foram encontradas as referências utilizadas no trabalho, abaixo descritas. Segue em ANEXO I parte do conteúdo desses “websites”, enquanto que o ANEXO II e ANEXO III contém uma cópia dos vídeos, em formato FLV.

I) Como tudo funciona: Como funciona os detectores de metal

(<http://ciencia.hsw.uol.com.br/detectores-de-metal.htm>)

Esse “website” é de uma franquia norte-americana (originalmente How Stuff Works), idealizada por um professor universitário, e acabou fazendo sucesso no mundo todo explicando como as coisas funcionam em diversas áreas do conhecimento.

Basicamente é uma página de divulgação científica, contendo informações muito básicas, mas serviu de motivação para o trabalho.

II) How to make a metal detector

(<http://www.easytreasure.co.uk/bfo.htm>)

Essa página apresenta como construir um detector de metal tipo BFO, de maneira razoavelmente simples. O circuito eletrônico do presente trabalho foi feito com base nas informações desse “website”.

Embora seja possível encontrar diversos “websites” para construção de detectores de metais,

esse chamou atenção, pois muitos outros “websites” acabaram copiando o conteúdo desse e divulgando em suas respectivas páginas, por exemplo, “Metal and Gold Detector” (<http://www.matni.com/Arabic/Metal%20Detector/metal%20detectors.htm>) ou “Hacked Gadgets” (<http://hackedgadgets.com/2007/03/31/diy-bfo-metal-detector/>).

III) Instructionables: Home Made BFO metal detector

(<http://www.instructables.com/id/Home-Made-BFO-metal-detector/>)

Essa referência possui vários tutoriais de construção de diferentes dispositivos. Essa página foi incluída pois o autor utilizou a referência II acima para construir um detector de metais e nesse tutorial ele comenta algumas dificuldades que teve no processo e faz algumas adaptações. É interessante perceber dificuldades na construção desse dispositivo.

IV) CircuitDB: Two-component metal detector

(<http://www.circuitdb.com/circuits/id/67>)

Essa página apresenta um circuito simples para montagem de um detector de metais utilizando apenas um circuito integrado com 4 portas NAND e uma bobina. Embora esse circuito não seja usado na construção do projeto, vale a curiosidade.

V) Vídeo: “Detector de metais em casa”

(<http://www.youtube.com/watch?v=-XhLPzq-jp4>)

Esse vídeo apresenta o sistema calculadora-rádio AM unidos por uma fita adesiva sendo utilizado como detector de metais. Faz parte da segunda parte do projeto. (ANEXO II)

VI) Vídeo: “How To Make a Metal Detector”

(<http://www.youtube.com/watch?v=nyXQbcEnUzE>)

Esse vídeo apresenta o sistema calculadora-rádio AM colados, cada um de um lado, em uma capa de CD, e aproximados, sendo esse sistema utilizado como detector de metais. Também faz parte da segunda etapa do projeto. (ANEXO III)

B) – Livros

I) Halliday, D., et al, *Fundamentos de Física*, vol 3. 6a. Ed, editora LTC

Esse livro geralmente é utilizado nas disciplinas de física básica (Física 3) dos cursos de exatas em instituições de ensino superior, para introduzir assuntos de eletromagnetismo. Necessário para compreender os fenômenos que regem o detector de metais.

II) Griffiths, D.J., *Introduction to electrodynamics*, 3a. Ed, Prentice-Hall.

Livro utilizado no curso de Eletromagnetismo no curso de graduação em Física da Universidade Estadual de Campinas. Mais complexo que a referência anterior, contudo, mais completo.

III) Horowitz, P., Hill, W., *The art of electronics*, 2a. ed., Cambridge University Press.

Livro básico de eletrônica, utilizado também como referência complementar no curso de laboratório de eletrônica do curso de graduação de Física da Universidade Estadual de Campinas. Importante para compreender o funcionamento de alguns componentes utilizados no circuito.

IV) Vuolo, J. H., *Fundamento da Teoria de Erros*, Editora Edgard Blücher Ltda.

Livro sobre teoria de erros, contendo fundamentos que serão utilizados para tratamento de dados experimentais, que serão apresentados no relatório final.

5) Descrição do Projeto

Detectores de metais estão presentes no cotidiano de todas as pessoas, sejam nas entradas dos bancos, aeroportos e jogos de futebol, na indústria, aplicações militares, entre outros. Contudo, poucas pessoas entendem realmente como um detector de metais funciona na prática.

O presente projeto está dividido em duas etapas: a primeira consiste na construção de um detector de metais tipo BFO (beat frequency oscillator, oscilação de frequência de batimento) que utiliza duas bobinas, uma de detecção e outra de referência. Essas bobinas estão ligadas a osciladores que geram ondas de rádio, com frequências levemente desviadas. Quando o detector passa pelo objeto metálico, seu campo magnético é modificado, de forma que a frequência de oscilação se altere, gerando assim uma alteração do batimento com relação a bobina de referência. Foi montado um circuito eletrônico, onde é possível captar essa alteração do batimento do circuito, modificando os sinais sonoros, indicando assim a presença do metal.

A segunda etapa do projeto foi motivada a partir de 2 vídeos disponíveis no site Youtube (<http://www.youtube.com/watch?v=-XhLPzq-jp4> e <http://www.youtube.com/watch?v=nyXQbcEnUzE>). Em ambos os vídeos um detector de metais foi improvisado a partir de uma calculadora e um rádio-AM. Nessa etapa do projeto tentou-se reproduzir essas situações, sem sucesso, sendo um forte indício de que esses vídeos sejam apenas montagens.

Modelo teórico (simplificado):

O detector de metais tipo BFO possui 2 bobinas, uma denominada bobina de detecção e outra denominada bobina de referência. Essas bobinas fazem o papel de indutores e são ligadas a um circuito de forma a trabalhar como osciladores (circuitos LC associados). A frequência de oscilação de ambas as bobinas deve ser de igual a

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

sendo L o valor da auto-indutância (da bobina) e C a capacitância do do circuito.

A auto-indutância é a propriedade de um condutor de gerar uma força eletromotriz sobre ele próprio quando submetido à uma corrente elétrica variável. No caso, ele gera uma força eletromotriz no sentido contrário à variação de corrente à qual ele está submetido, ou seja, ele tende a manter o fluxo de campo magnético. Podemos escrever a auto-indutância de uma bobina como sendo

$$L = \frac{N \phi}{i} \quad (2)$$

onde Φ é o fluxo magnético, i é a corrente e N é o número de espiras.

Contudo, quando a bobina de detecção se aproxima de um material ferromagnético, o fluxo magnético se altera, gerando assim um desvio na frequência de oscilação. Dessa forma, as bobinas que antes estavam em ressonância passam a ter frequências um pouco diferentes uma da outra, gerando assim um batimento do sinal.

Materiais utilizados e procedimento de montagem

1ª Etapa

Para a montagem inicial da primeira parte do projeto, foram utilizados uma “protoboard”, 1 bateria de 9 volts, 6 transistores tipo npn (2n3904), 2 capacitores eletrolíticos (220 μ F, 16v), 5 capacitores de 0,01 μ F, 5 capacitores de 0,1 μ F, 7 resistores de 10k Ω , 1 resistor de 1k Ω , 2 resistores de 39k Ω , 1 resistor de 2 M Ω (todos os resistores de $\frac{1}{4}$ de watt e 5% de precisão), 1 LED, 1 chave liga/desliga, 1 disco de madeira (aproximadamente 16 cm de diâmetro), um auto-falante pequeno (impedância 8 Ω , proveniente de sucata de microcomputador), sucata de um motor elétrico de exaustor doméstico.

Utilizando a “protoboard”, os componentes foram montados seguindo o esquema da Figura 4 abaixo.

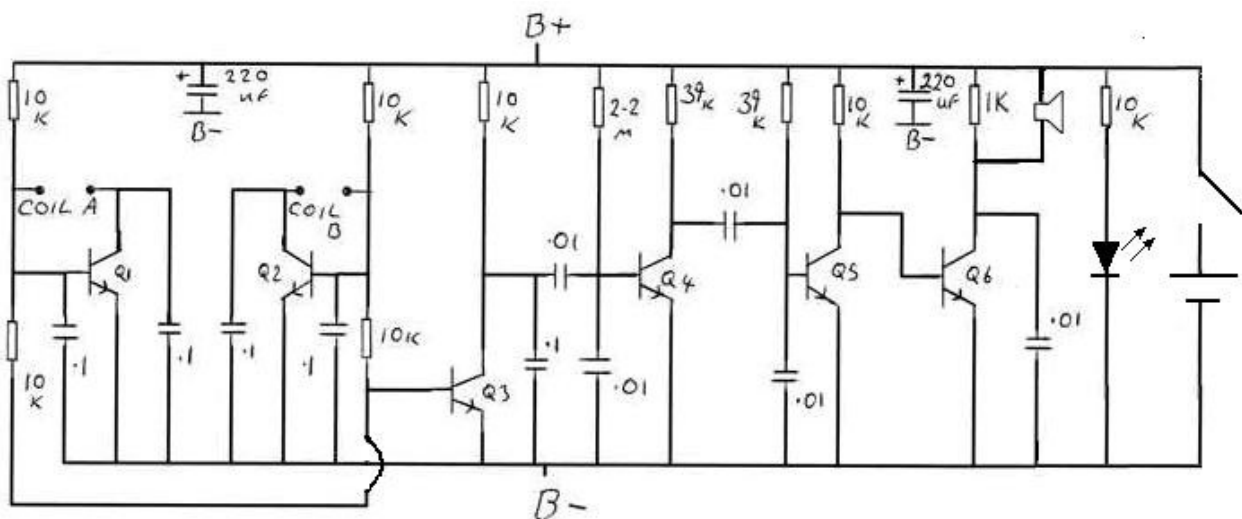


Figura 4: Desenho esquemático da montagem do circuito para o detector de metais. “Coil A” é a bobina de detecção e “Coil B” é a bobina de referência.

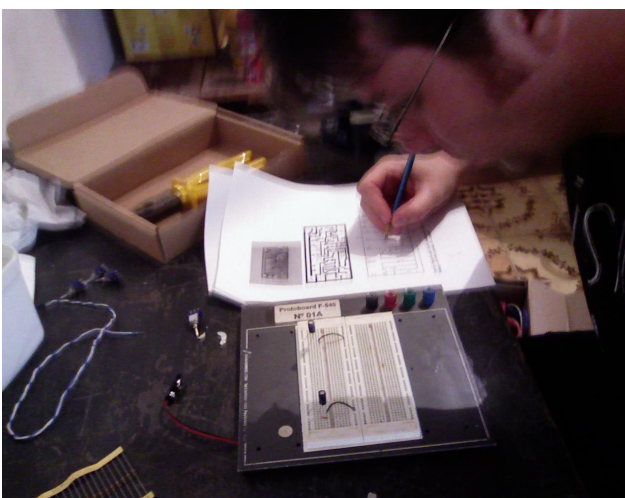


Figura 5: Processo de montagem do circuito na “protoboard”.

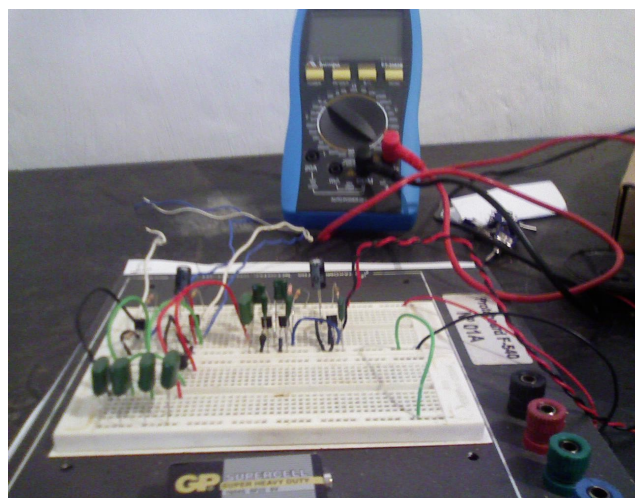


Figura 6: Circuito quase completo

Após essa etapa, o motor elétrico sucateado foi desmontado para reaproveitar os fios de cobre do enrolamento, como é apresentado nas figuras abaixo. Os fios reaproveitados passaram por uma inspeção visual e elétrica para verificar a condição de uso, como por exemplo, o estado do verniz.



Figura 7: Enrolamento do motor sucateado



Figura 8: Fios de cobre retirados do motor

Para a confecção da bobina de detecção, um disco de madeira foi cortado com aproximadamente 16 cm de diâmetro e 2,5 cm de espessura. Então feito uma guia com aproximadamente 0,5 cm de profundidade, aproximadamente a meia distância da espessura do disco. Dessa forma, foram enrolados cerca de 10 voltas de fio de cobre nesse disco. Foi feita a medida de indutância dessa bobina utilizando um multímetro Milipa, modelo ET-2082B. O valor obtido foi de $(70 \pm 1)\mu\text{H}$.

No caso da bobina de referência, foi utilizado o suporte plástico de um carretel de linha vazio. Nesse suporte foram enroladas cerca de 300 voltas do mesmo fio de cobre, até que o valor de indutância medido no mesmo multímetro fosse um valor próximo ao da bobina de detecção. Nesse caso, o valor medido foi de $(68 \pm 1)\mu\text{H}$. Esse procedimento foi possível pois o circuito tem o comportamento de uma ponte

As bobinas então foram ligadas ao circuito, que é alimentado por uma bateria de 9 volts. Então, o circuito foi testado, como apresentado no vídeo do ANEXO IV.



Figura 9: Corte do disco de madeira.

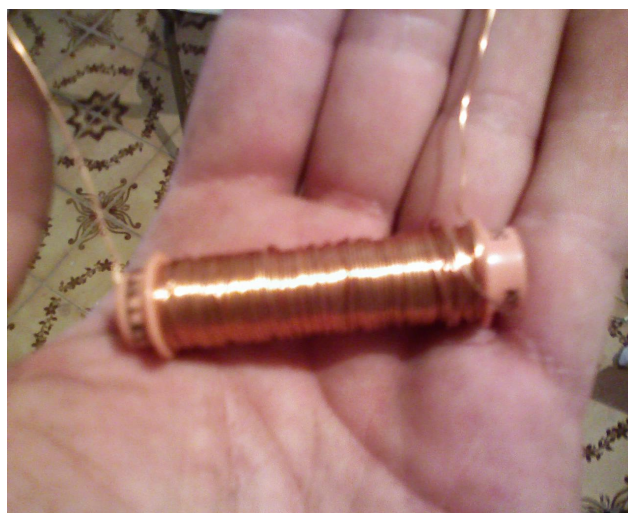


Figura 10: Bobina de referência.

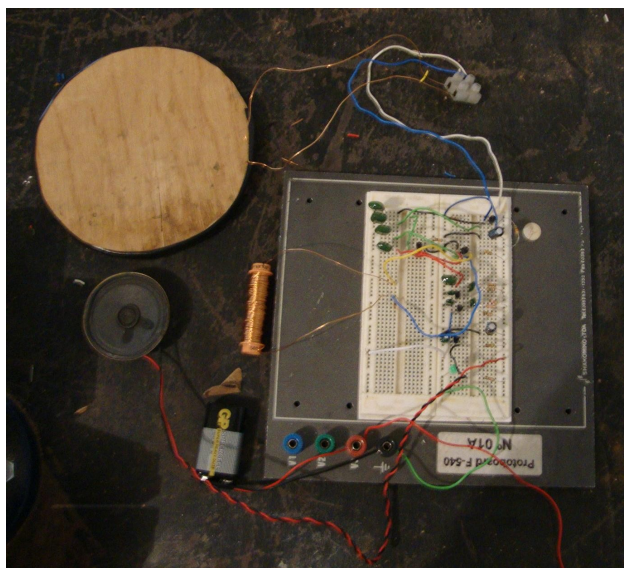


Figura 11: Circuito funcionando, montado na protoboard.

Com o circuito funcionando corretamente na protoboard, o próximo passo foi fazer uma montagem definitiva desse, utilizando uma placa padrão de fenolite. Para tornar o aparato de compacto e de fácil utilização, a placa com o circuito foi fixado em uma caixa plástica de fita VHS, onde foram acomodados todos os elementos do detector de metais, como apresentados nas fotos das figuras abaixo. O vídeo do ANEXO IV apresenta um teste do aparato finalizado em funcionamento.

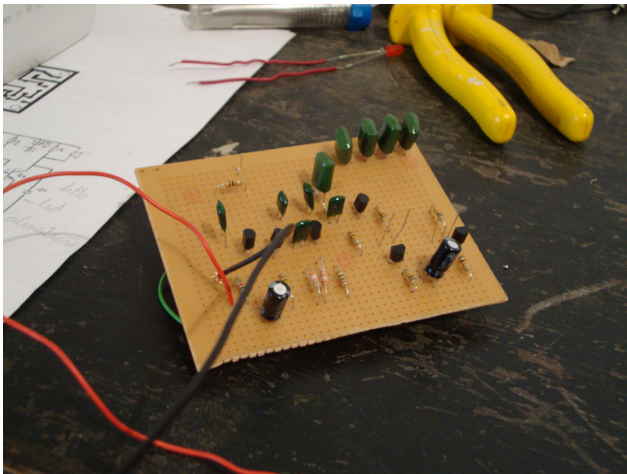


Figura 12: Montagem do circuito em placa padrão.

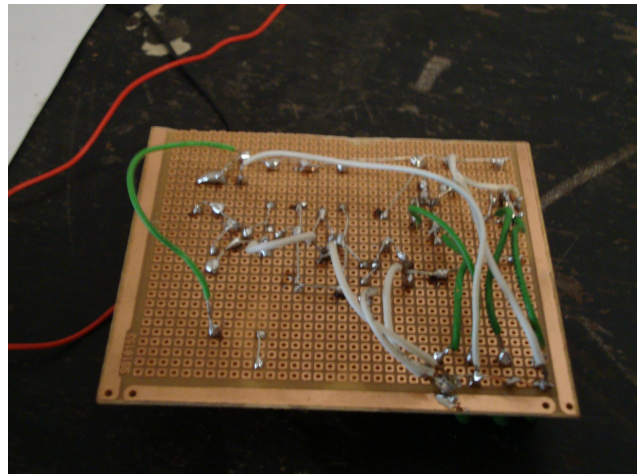


Figura 13: Sondagem dos componentes em placa padrão.

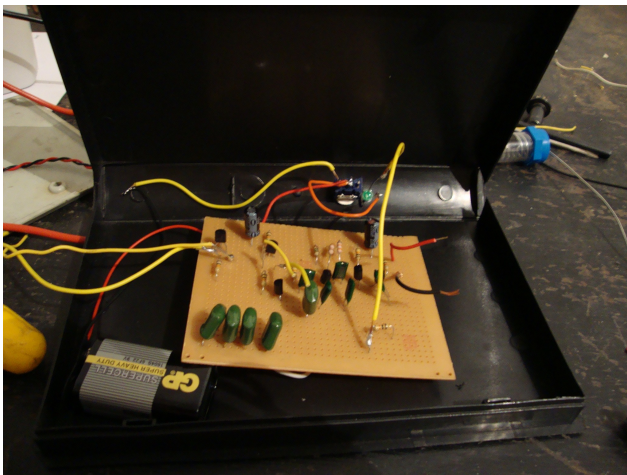


Figura 14: Acomodação do circuito em caixa plástica de VHS.

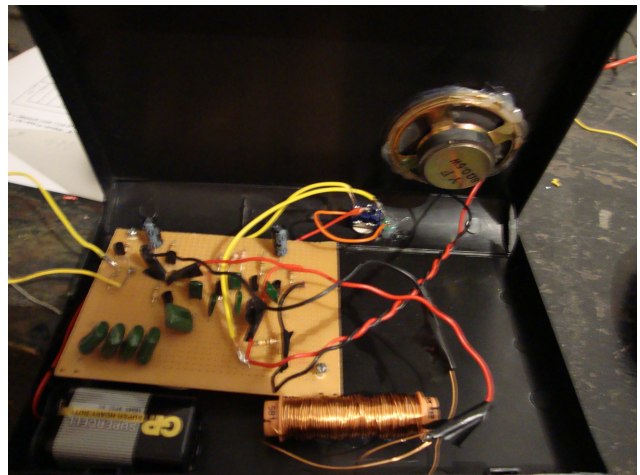


Figura 15: Acomodação da bobina de referência e auto-falante na caixa plástica de VHS.

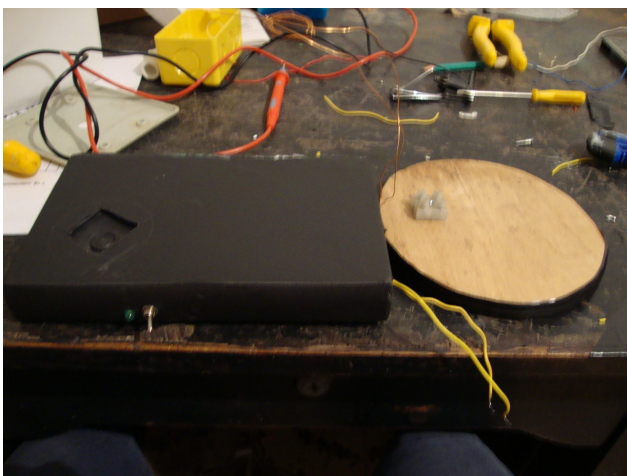


Figura 16: Caixa montada faltando apenas a fixação da bobina de detecção do aparato.



Figura 17: Dispositivo finalizado.

2a. Etapa

Segundo os vídeos (<http://www.youtube.com/watch?v=-XhLPzq-jp4> ANEXO II e <http://www.youtube.com/watch?v=nyXQbcEnUzE> ANEXO III) , seria possível improvisar um detector de metais utilizando uma calculadora e um rádio-AM. Para essa segunda etapa do projeto, foram adquiridos um rádio-AM e uma calculadora, ambos sem modelo ou marca identificáveis, por serem produtos de baixo custo.

A primeira tentativa foi de unir calculadora e rádio-AM com uma fita adesiva, ligar ambos os aparelhos. Segundo os vídeos, o “dial” do rádio deve indicar o ponto mais extremo. Após esse procedimento, o rádio entraria em ressonância com a calculadora e quando se aproximasse de um metal, o alteraria a frequência do ruído sonoro emitido pelo rádio. Contudo, ao efetuar esse procedimento, isso não foi verificado.

Na segunda tentativa, ao invés de unir os aparelhos, eles foram aproximados, contudo, o efeito desejado que o vídeo apresenta também não foi obtido.

Resultados

Com relação a primeira etapa do projeto, o dispositivo de detecção e metais funciona de maneira satisfatória, com capacidade de detectar diversos metais. Em alguns testes feitos, de maneira qualitativa, foi possível detectar molhos de chaves e aparelhos celulares em uma distância equivalente a um detector de metais comercial.

Foi feita uma rápida caracterização fazendo a medida do sinal de frequência de saída em função da distância de uma determinada peça metálica. Foram utilizadas uma peça de cobre (35g) uma peça de latão (63g) e uma peça de Ferro (150g). Essa curva de sensibilidade é apresentada na figura 18 abaixo.

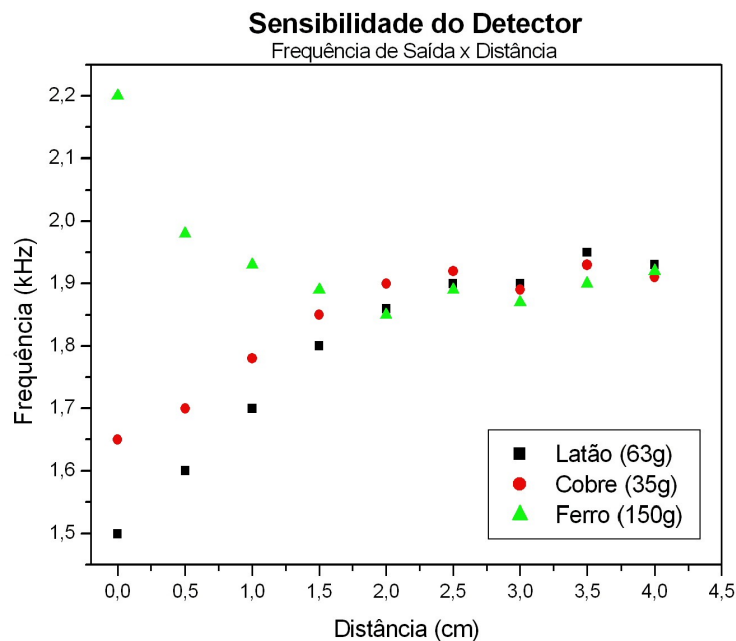


Figura 18: Curva de sensibilidade do detector de metais.

Observando a figura, podemos concluir que o detector tem uma boa sensibilidade para distâncias de até 2 cm da bobina de detecção. Esse valor é compatível com detectores comerciais utilizados para revista em grandes eventos e estádios de futebol.

Sobre a segunda parte do projeto, após algumas tentativas seguindo as instruções dos vídeos, não foi possível obter o efeito de detecção de metais desejado. Pelo fato de não conseguir reproduzir o experimento com exatidão, isto é, não conseguir um rádio e uma calculadora com as mesmas marcas e modelos utilizados no vídeos, não é possível afirmar que os vídeos sejam falsos, porém, o experimento é um indício de que tais filmagens sejam apenas uma montagem.

6) Declaração do orientador

O meu orientador realizou os seguintes comentários:

“O relatório está de acordo com as atividades planejadas para o projeto. O aluno desenvolveu com muita criatividade o aparelho de detecção de metais. O aparelho é comparável aqueles encontrados comercialmente e foi montado com materiais fáceis de serem adquiridos e ficou também em um formato compacto. Ele encontrou algumas dificuldades no início do trabalho, mas realizando inúmeros testes (o que ajudou a entender melhor o funcionamento do aparelho), conseguiu colocar o aparelho em funcionamento. Considero, portanto, concluído o projeto proposto.”

ANEXO I: Cópia das páginas da internet utilizadas no trabalho.