

**REDE DOCTUM DE ENSINO
FACULDADE INTEGRADAS DE CARATINGA
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

SISTEMA SONORO DE PROTEÇÃO ANIMAL EM REDE ELÉTRICA

FABIANA ALVES PASCOALINE

Trabalho de Conclusão de Curso

Caratinga/MG

2016

FABIANA ALVES PASCOALINE

SISTEMA SONORO DE PROTEÇÃO ANIMAL EM REDE ELÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professor Orientador: Robson da Silva.

Caratinga/MG

2016

SISTEMA SONORO DE PROTEÇÃO ANIMAL EM REDE ELÉTRICA

Nome completo do aluno: **FABIANA ALVES PASCOALINE**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Robson Da Silva, Guilherme Cassimiro De Araújo Borges e Reginaldo Eustáquio, às 21:40 horas do dia 15 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: Aprovado (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: ótimo (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: SIM () NÃO

Caratinga, 15 de dezembro de 2016

Robson da Silva
Professor Orientador e Presidente da Banca

[Assinatura]
Professor Avaliador 1

Reginaldo Eustáquio
Professor Avaliador 2

Fabiana Alves Pascoaline
Aluno(a)

[Assinatura]
Coordenador(a) do Curso

Dedico esse trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio.

Ao meu orientador Robson pela sua dedicação, paciência e profissionalismo.

A minha amiga Gabriela pela parceria e amizade.

Ao Gilmar pela ajuda nesse trabalho.

A todos os professores que partilharam de sua experiência e conhecimento ao longo desses anos, contribuindo para minha formação.

Aos amigos e colegas Gabriela, Thales, André, Paulo, Genício, Márcio, Wesley, Weverton, Patrícia, José Francisco pela parceria nos trabalhos em equipe, grupos de estudo e por toda ajuda que me deram.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu
tamanho original”*
(ALBERT EINSTEIN)

PASCOALINE, Fabiana. **Sistema sonoro de proteção animal em rede elétrica**. Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

RESUMO

A energia elétrica é um item essencial na vida moderna. Graças a ela o mundo evolui, possibilitando avanços cada vez maiores da tecnologia. Interações de animais com a rede elétrica é um problema que pode trazer transtorno e prejuízo a distribuidoras e consumidores. Neste trabalho é apresentado as etapas de construção e teste de um dispositivo eletrônico sonoro que instalado diretamente a rede elétrica por intermédio de um TC (transformador de corrente) tem a função de inibir a presença de aves próxima ao perímetro de instalação.

Palavras-chave: Dispositivo sonoro. Proteção. Alta tensão.

PASCOALINE, Fabiana. **Sistema sonoro de proteção animal em rede elétrica.** Caratinga, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

ABSTRACT

Electric power is an essential item in modern life. Thanks to it the world evolves, allowing for ever greater advances in technology. Animal interactions with the power grid is a problem that can bring disruption and harm to distributors and consumers. In this work I present the steps of construction and testing of an electronic sound device that directly installed the electric network through a CT (current transformer) has the function of inhibiting the presence of birds near the installation meter.

Key-words: Sound device. Protection. High voltage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Placa de circuito impresso	24
Figura 2	– Resistores	26
Figura 3	– Representação dos resistores	27
Figura 4	– Potenciômetro	28
Figura 5	– Potenciômetro aberto	29
Figura 6	– Capacitor eletrolítico	30
Figura 7	– Capacitor cerâmico	31
Figura 8	– Ponte retificadora	31
Figura 9	– Circuito integrado 555	32
Figura 10	– Regulador de tensão	33
Figura 11	– Princípio de funcionamento do transformador	34
Figura 12	– Circuito equivalente do transformador de corrente	36
Figura 13	– Grampo ecológico	43
Figura 14	– Circuito do dispositivo sonoro	48
Figura 15	– Transformador de corrente	49
Figura 16	– Dispositivo sonoro montado na placa de fenolite	50
Figura 17	– Simulação do circuito sonoro no Multisim	51
Figura 18	– Circuito sonoro acoplado a caixa de som	51
Figura 19	– Padrão de onda para 100Khz	53
Figura 20	– Padrão de onda para 50Khz	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Ocorrências provocadas por pássaros e pequenos animais no setor de 13,8KV	38
Tabela 2	– Análise de retorno de investimento	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CEMAT	Centrais Elétricas Mato-grossense
ENERSUL	Empresa de Energia Elétrica de Mato Grosso do Sul
Hz	Hertz
KHz	Kilo Hertz
KW	Kilowatt
LT	Linha de Transmissão
MW	Megawatt
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
RDR	Rede de Distribuição Rural
SIN	Sistema Interligado Internacional
TC	Transformador de corrente
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia

LISTA DE SÍMBOLOS

Ω	Ohms
μ	Micro
η	Nano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Energia Elétrica	16
2.1.1 Fontes alternativas de energia elétrica	17
2.1.1.1 Biomassa	17
2.1.1.2 Energia Eólica	18
2.1.1.3 Energia Solar	19
2.1.1.4 Biogás	20
2.1.1.5 Geotérmica	21
2.2 Linhas de transmissão	22
2.2.1 Outros componentes de uma Linha de Transmissão (LT)	23
2.3 Componentes eletrônicos	24
2.3.1 Placa de circuito impresso (PCI)	24
2.3.2 Resistores	25
2.3.3 Potenciômetro	28
2.3.4 Capacitores	29
2.3.4.1 Capacitor eletrolítico	30
2.3.4.2 Capacitor cerâmico	30
2.3.5 Ponte retificadora	31
2.3.6 Circuito integrado 555	32
2.3.7 Regulador de tensão	33
2.4 Transformadores	33
2.4.1 Transformadores de corrente (TC)	35
2.4.2 Ferrite	36
2.5 Interação de animais com o Sistema Elétrico	36
2.5.1 Redução de curto-circuitos provocados por pequenos animais nas Subestações da CEMIG	37
2.5.2 Redução da interferência de animais nos sistemas de subtransmissão e distribuição da ENERSUL	39
2.5.3 Estudo sobre impacto de linhas de média e alta tensão na avifauna em Portugal	41
2.5.4 Outras ocorrências	43
2.5.5 Interferências de aves em redes aéreas - A experiência da CEEE no Rio Grande do Sul - Brasil	44
2.6 Audição das aves	46
2.7 Objetivos	47

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
3.1 Construção do circuito sonoro	48
3.2 Construção do transformador de corrente	49
3.3 Montagem do circuito eletrônico	49
3.3.1 Modo indireto	50
3.3.2 Modo direto	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
4.1 Simulação de um circuito sonoro	52
4.2 Transformador de corrente	52
4.3 Montagem do circuito sonoro	52
4.3.1 Teste do circuito	53
5 CONCLUSÃO	54
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um item essencial na vida moderna. Graças a ela o mundo evoluiu, possibilitando avanços cada vez maiores da tecnologia, trazendo conforto ao ser humano e novas descobertas para a ciência.

No Brasil as principais fontes geradoras de energia elétrica são as hidrelétricas. Mas aos poucos vem crescendo outras formas alternativas de energia como: energia solar, eólica, biogás, biomassa, etc. Que além de diminuírem a dependência do país das hidrelétricas, são fontes renováveis. (ANEEL, 2008)

Até chegar ao consumidor final, a energia passa por diversas etapas. Durante esse processo ela está sujeita a interrupções causadas por meios diferentes. Como falta de manutenção, descargas atmosféricas, presença de animais, entre outras. Podendo danificar equipamentos e gerar prejuízos.

Analisando esses prejuízos e transtornos que afetam empresas e consumidores. A terceira causa citada (presença de animais na rede eletrificada) é o objetivo desse estudo.

Neste trabalho construiu-se um dispositivo eletrônico capaz de emitir som em várias frequências. Porém a parte notável desse trabalho foi à possibilidade de acoplar o dispositivo diretamente a rede elétrica através de um transformador de corrente (TC).

Para tanto se utilizou de pesquisa bibliográfica sobre os conceitos que envolvem todo o desenvolvimento desse sistema e sua forma de instalação. Entre eles conhecimento sobre componentes eletrônicos, transformadores, frequência sonora.

A eficácia do dispositivo está relacionada com a frequência sonora emitida por ele. Os seres humanos e animais possuem algumas diferenças quanto a frequência que escutam os sons. Algumas espécies de animais podem ouvir sons inaudíveis para o ser humano, tanto no modo infrassônico (menor que 20Hz) quanto no modo ultrassônico (maior que 20000Hz). (CAVALCANTE, 2016). Por isso apesar de estar direcionado para aves nesse estudo, ele também pode ser regulado em diferentes frequências de acordo com as espécies de animais que se deseja inibir a presença.

A estrutura desse trabalho está dividida em cinco capítulos.

Primeiro é a introdução.

Segundo é o referencial teórico: Onde apresenta-se os conceitos sobre geração de energia, linhas de transmissão, transformadores, componentes eletrônicos, estudos já realizados sobre adequação de sistemas de energia para inibir a presença de animais, sistema auditivo das aves.

Terceiro é a metodologia: Onde é descrito como foi desenvolvida a construção do sistema.

Quarto capítulo contém os resultados obtidos com o trabalho.

Capítulo cinco: Onde apresenta-se as conclusões desse trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentamos todo material teórico utilizado na elaboração do trabalho.

2.1 ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é um item essencial para o desenvolvimento do país. Embora seja um serviço bastante generalizado, ainda há lugares que ela não chegou devido principalmente a dificuldade de localização de algumas regiões. Capelli (2010, p.17) afirma que no mundo todo, um terço da população não tem acesso à energia elétrica, o que equivale a aproximadamente 2 bilhões de pessoas. Sendo que metade dessa população está na África.

Segundo Capelli (2010, p.17) “Fisicamente, energia é a quantidade de trabalho que um sistema é capaz de fornecer. Ela não pode ser criada, consumida ou destruída, apenas transformada”.

A principal fonte atualmente de energia elétrica no Brasil provém das hidrelétricas. Em virtude de o país ter uma geografia e um grande potencial hídrico que proporcione isso. Além do fato de a água ser um recurso abundante, não emite poluição ao meio ambiente e é renovável. (ANEEL, 2008). Segundo Capelli (2010, p.21), as hidrelétricas correspondem a cerca de 90% da produção de energia elétrica do país. Grande parte dessa energia vem da usina de Itaipu, que possui maior potência do mundo, gerando 14000 Mega Watts hora (MWh), através de 20 máquinas.

Conforme diz Capelli (2010) “As usinas hidrelétricas funcionam pela transformação da energia mecânica da queda d’água em cinética de rotação do eixo de um gerador”. De maneira sucinta esse processo se dá através de duas máquinas que operam de forma conjunta, a primária e o gerador. A máquina primária transforma a força da água em energia cinética e o gerador transforma a energia aplicada em seu eixo em energia elétrica (CAPELLI, 2010).

Para a classificação de uma usina deve ser considerada a altura da queda d’água, potência instalada, vazão, localização, tipo de turbina a ser utilizada, reservatório e barragem. Onde a altura da queda d’água e vazão dependem de onde foi construída e são elas que irão definir a potência instalada que é quem define qual turbina será utilizada, como será a barragem e reservatório (ANEEL, 2008).

Os dois tipos de reservatório existentes são acumulação e fio d’água. A acumulação fica localizada onde tenham altas quedas d’água, dessa forma funcionam como reserva para períodos de estiagem. E sua localização a montante das outras hidrelétricas permite que elas regulem sua vazão e dessa forma operem de maneira integrada. A fio d’água opera com o fluxo do rio, normalmente sem uma reserva hídrica (ANEEL, 2008). Para definir o porte de uma usina é

necessário saber sua potência instalada. Segundo a ANEEL (2008), elas são classificadas da seguinte forma: Uma Central Geradora Hidrelétrica (CGH) tem uma potência instalada de até 3MW (Megawatt). Uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) deve possuir potência instalada entre 3,1MW e 30MW e uma Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), mais de 30MW.

2.1.1 Fontes alternativas de energia elétrica

Além da energia proveniente das hidrelétricas, o Brasil conta também com outras fontes, mas que ainda não representam uma parcela tão grande de geração como elas, mas com grande potencial de crescimento.

2.1.1.1 Biomassa

Uma dessas fontes é a biomassa que segundo a ANEEL (2008, p.68) tem grandes chances de crescimento ao longo dos anos. Tanto no Brasil, quanto fora. É considerada um grande potencial para substituir a dependência por combustíveis fósseis e ainda diversificar a matriz energética.

Conforme diz a Aneel (2008) “Qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica é classificada como biomassa”. Pode ser de origem florestal, utilizando madeira, agrícola utilizando soja, cana-de-açúcar, por exemplo, e rejeitos de indústrias e áreas urbanas como o lixo.

A biomassa de origem florestal é mais utilizada em regiões menos desenvolvidas, já que o processo de obtenção de energia por biomassa é complexo necessitando de grande quantidade de matéria-prima para obtenção de pequena quantidade de energia. E a biomassa de origem florestal nos processos de co-geração industrial foge a essa regra, contanto com um processo menos complexo (ANEEL, 2008, p.70).

No caso de uma produção em escala maior deve ser utilizada biomassa de origem agrícola. De acordo com a Aneel (2008) “A pré-condição para a sua produção é a existência de uma agroindústria forte e com grandes plantações, sejam elas de soja, arroz, milho ou cana-de-açúcar”. Através do processamento desses produtos é obtida a biomassa. Além do milho podem ser utilizados também o sabugo, colmo, folha e palha. E além da cana-de-açúcar podem usar o bagaço, a palha.

Há várias técnicas para transformar a matéria-prima em energia elétrica. Cada tipo dá origem a um derivado diferente. Uma delas é a combustão para geração de vapor através de fornos e caldeiras ou fogões apropriados para esse processo. Outra é a pirólise ou carbonização, o processo mais antigo para conversão de combustível sólido em outro com conteúdo energético. Segundo Aneel (2008, p.71) “Consiste no aquecimento do material original entre 300 e 500 graus,

na quase ausência de ar, até a extração do material volátil”. O principal é o carvão vegetal, mas esse processo também dá origem alcatrão e ao ácido piro-lenhoso.

Conforme diz Aneel (2008, p.72)“Na gaseificação, por meio de reações termoquímicas que envolvem vapor quente e oxigênio, é possível transformar o combustível sólido em gás (mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio)”. Esse tipo de gás tem uso em motores de combustão e turbinas para geração de eletricidade. Além de ser um processo limpo, já que retira elementos químicos prejudiciais ao meio ambiente.

Um processo bastante utilizado no tratamento de dejetos orgânicos é a digestão anaeróbica que consiste na decomposição do material pela ação de bactérias e ocorre na ausência do ar. O produto final é o biogás, composto basicamente de metano(CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Já na agroindústria, o mais comum é a fermentação, pela qual os açúcares de plantas como batata, milho, beterraba e cana-de-açúcar são convertidos em álcool pela ação de microorganismos (geralmente leveduras).O produto final é o etanol na forma de álcool hidratado e, em menor escala o álcool anidro (isto é, com menos de 1% de água). Se o primeiro é usado como combustível puro em motores de combustão interna, o segundo é misturado à gasolina (no Brasil, na proporção de 20% a 22%). O resíduo sólido do processo de fermentação pode ser utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade (ANEEL, 2008, p.72).

Aneel (2008, p.73) afirma que “A transesterificação é a reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo obtido pela reação entre metanol ou etanol e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio)”. Os derivados desse processo são glicerina e biodiesel.

Segundo a Aneel (2008)“No Brasil, em 2007 a biomassa, com participação de 31,1% na matriz energética, foi a segunda principal fonte de energia, superada apenas por petróleo e derivados”. Além disso, o Brasil é o segundo maior produtor de etanol. E esse consumo tem aumentado principalmente em sistemas de co-geração.

2.1.1.2 Energia Eólica

Aneel afirma que “A energia eólica é basicamente aquela obtida da energia cinética (do movimento) gerada pela migração das massas de ar provocadas pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta”.

O processo de geração de energia eólica é proveniente do contato dos ventos com as pás dos cataventos. O movimento giratório das pás é transformado em energia mecânica, acionando o rotor do aerogerador e dessa forma produzindo eletricidade. Fatores como densidade do ar, velocidade do vento, área coberta pela rotação das pás, influenciam diretamente no potencial de produção de energia (ANEEL, 2008, p.82).

O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além

disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas. Sua operação permitiria, portanto, a “estocagem” da energia elétrica (ANEEL, 2008).

As regiões que mais produzem energia eólica são Nordeste com 75GW (Giga Watts), Sudeste com 29,7GW e Sul com 22,8GW. É nela que se encontra o maior parque eólico do país, localizado em Osório no Rio Grande do Sul, com 150MW (Megawatts) (ANEEL, 2008, p.79).

Segundo a Aneel (2008, p.80) “A capacidade instalada mundial da energia eólica aumentou 1.155% entre 1997 e 2007, passando de 7,5 mil para 93,8 mil MW”. Muitas são as vantagens da energia eólica: grande disponibilidade de ventos, o fato de ser uma fonte renovável, independência de importações. Seu custo ainda é elevado comparado com outras fontes.

Segundo um estudo feito pelo World Wind Energy Association (WWEA) foram instalados aproximadamente 20 mil MW de geração eólica no mundo. Os países que mais produziram foram Alemanha, Estados Unidos e Espanha, que juntos somaram 60% da capacidade instalada (ANEEL, 2008).

2.1.1.3 Energia Solar

Conforme afirma Aneel (2008, p.83) “A energia solar chega à Terra nas formas térmica e luminosa”. Essa irradiação não atinge de maneira igualitária toda a Terra. Depende de alguns fatores como latitude, estação do ano, condições atmosféricas.

Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar manifesta-se sob a forma de luz visível de raios infravermelhos e de raios ultravioleta. É possível captar essa luz e transformá-la em alguma forma de energia utilizada pelo homem: térmica ou elétrica. São os equipamentos utilizados nessa captação que determinam qual será o tipo de energia a ser obtida (ANEEL, 2008).

Utilizando uma superfície escura para captar essa irradiação, ela será transformada em calor, sendo utilizado em usinas termelétricas na produção de eletricidade. Para isso é necessário um local com poucas chuvas e nuvens, com incidência direta de sol. Esse processo é chamado heliotérmico. E se for utilizada células fotovoltaicas, resulta diretamente em eletricidade (ANEEL, 2008). É chamado fotovoltaico:

Para tanto, é necessário adaptar um material semicondutor (geralmente o silício) para que, na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas). Todas as células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico existente permite o estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua. Quanto maior a intensidade de

luz, maior o fluxo de energia elétrica. Um sistema fotovoltaico não precisa do brilho do sol para operar. Ele também pode gerar eletricidade em dias nublados (ANEEL, 2008, p.84).

Aneel (2008) afirma “Os equipamentos necessários à produção do calor são chamados de coletores e concentradores, pois, além de coletar, às vezes é necessário concentrar a radiação em um só ponto. Este é o princípio de muitos aquecedores solares de água”)

O Brasil é um país que conta com grande incidência de sol, favorecendo investimentos nessa área e grandes perspectivas para o futuro. A região Nordeste apresenta incidência solar que pode ser comparada as grandes potências mundiais do ramo. Como Dongola no Sudão, Dagget na Califórnia (ANEEL, 2008).

Mundialmente ainda não se tem grande participação desse tipo de energia:

A expectativa é que a expansão do número de usinas solares ocorra exatamente na zona rural, como integrante de projetos de universalização do atendimento focados em comunidades mais pobres e localizadas a grande distância das redes de distribuição (ANEEL, 2008).

Um desses projetos direcionados a comunidades mais pobres é o Programa Luz para Todos, que foi lançado em 2003 pelo Ministério de Minas e Energia. Onde foram instalados vários sistemas fotovoltaicos no Estado da Bahia. Seu objetivo é levar energia elétrica a mais 10 milhões de pessoas que residem no interior do país por três formas diferentes: Segundo Aneel (2008) “Extensão da rede das distribuidoras, sistemas de geração descentralizada com redes isoladas e sistemas de geração individuais”.

2.1.1.4 Biogás

Biogás é uma das formas mais limpas de energia. Aneel (2008) afirma que “Sua aplicação permite a redução dos gases causadores do efeito estufa e contribui com o combate à poluição do solo e dos lençóis freáticos”. Isso é devido ao fato do biogás ser obtido através da biomassa de dejetos de indústrias, da agropecuária, urbano e de esgoto.

Essa biomassa passa naturalmente do estado sólido para o gasoso por meio da ação de microorganismos que decompõem a matéria orgânica em um ambiente anaeróbico (sem ar). Neste caso, o biogás também é lançado à atmosfera e passa a contribuir para o aquecimento global, uma vez que é composto por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂), hidrogênio (H₂), oxigênio (O₂) e gás sulfídrico (H₂S). A utilização do lixo para produção de energia permite o direcionamento e utilização deste gás e a redução do volume dos dejetos em estado sólido (ANEEL, 2008).

Conforme afirma Aneel (2008) “a biomassa e o lixo (urbano e industrial) responderam por 10,1% da produção energética mundial em 2006”. Mundialmente em 2006 a participação

foi de 2,3% da produção total. Porém outros estudos mostram que tem aumentado o número de usinas de biogás principalmente nos países em desenvolvimento, como China e Índia.

Existem três formas de utilizar o lixo como fonte energética:

Uma delas, a mais simples e disseminada, é a combustão direta dos resíduos sólidos. Outra é a gaseificação por meio da termoquímica (produção de calor por meio de reações químicas). Finalmente, a terceira (mais utilizada para a produção do biogás) é a reprodução artificial do processo natural em que a ação de microorganismos em um ambiente anaeróbico produz a decomposição da matéria orgânica e, em consequência, a emissão do biogás (ANEEL, 2008).

Além de um projeto ainda em fase inicial, em novembro de 2008 estavam em operação três pequenas termelétricas movidas a biogás. Uma delas em São Paulo, no aterro sanitário Bandeirantes, inaugurada em 2003, capacidade instalada de 20MW. As outras são: São João, também em São Paulo, com 24,6 MW de potência, e EnergBiog, com 30 kW de potência em Barueri. “Além dessas, havia mais sete empreendimentos outorgados ANEEL (2008, p.87)

2.1.1.5 Geotérmica

Conforme cita a Aneel (2008) “A energia geotérmica é aquela obtida pelo calor que existe no interior da Terra”. Cujos principais recursos são os gêiseres, que são um tipo de vapor proveniente do interior da Terra. E quando não há presença desse vapor, o recurso é obtido pelo calor do interior de rochas, usado para aquecimento da água, que é usada então para a produção de vapor em termelétricas. “Outra possibilidade é a utilização de vapor quente seco para movimentar as turbinas. Esta última tecnologia é pouco aplicada, mas pode ser encontrada na Itália e no México”.

É um seguimento com evolução lenta no decorrer dos anos, com poucas unidades construídas no mundo (ANEEL, 2008, p.87).

Nos últimos anos, no esforço para diversificar a matriz, alguns países, como México, Japão, Filipinas, Quênia e Islândia procuraram expandir o parque geotérmico. Nos Estados Unidos também há iniciativas neste sentido. De acordo com os dados sobre energias renováveis constantes do BP Statistical Review of World Energy de 2008, a capacidade mundial total instalada em 2007 era de 9.720 MW. A maior parte desta potência concentrava-se nos Estados Unidos (2.936 MW), Filipinas (1.978 MW) e México (959 MW) que, juntos, respondiam por 60% da capacidade instalada total (ANEEL, 2008, p.87).

Apenas Islândia e Estados Unidos registraram um maior crescimento no ramo (ANEEL, 2008, p.87).

2.2 LINHAS DE TRANSMISSÃO

As linhas de transmissão são componentes essenciais no transporte de energia elétrica. Falhas nesse processo podem gerar grandes transtornos e prejuízos a empresas e consumidores.

Segundo Pereira (2012) “Linhas de transmissão (LT) são condutores através dos quais a energia elétrica é transportada de um ponto transmissor a um terminal receptor”.

Os dois tipos mais difundidos de LT são as linhas aéreas, transmitidas em corrente contínua ou corrente alternada através de condutores separados por um dielétrico. Essa é a forma mais comum de transmissão. A segunda é subterrânea com cabo coaxial com um fio central condutor externo coaxial de retorno (PEREIRA, 2012).

As linhas de transmissão possuem várias classes de tensão de transmissão que vão desde 35KV até 750KV. As linhas são classificadas em A1, A2 e A3, onde A1 a tensão transmitida é igual ou maior que 230KV, A2 a tensão é entre 88KV a 138KV e A3 69KV. Essa classificação é devido a critérios tarifários (NOVAES, 2016).

A classe A1 faz parte do SIN (Sistema Interligado Internacional) e se estende por mais de 100 mil quilômetros pelo país e que é administrada por diversas concessionárias. Já as classes A2 e A3 são chamadas de subtransmissão administradas por concessionárias de distribuição. “As subtransmissões, fornecem energia elétrica para as grandes indústrias, e para as ETD’s (Estação transformadora de distribuição), pertencentes as distribuidoras” (NOVAES, 2016).

Há também outras categorias inferiores a 230KV, que são administradas por operadoras de transmissão. Mas suas características são muito semelhantes ao sistema de subtransmissão, por isso ainda está em discussão para decidir quem deve administrá-las (NOVAES, 2016).

Existem vários tamanhos de linhas de transmissão, longas ou mais curtas. No Brasil o tipo mais comum são as linhas mais longas. Isso é devido a localização das grandes usinas que normalmente ficam longe dos grandes centros consumidores (PEREIRA, 2012).

Os cabos condutores responsáveis pelo transporte de energia devem possuir características que garantam sua eficácia durante esse processo, dentre elas: condutibilidade elétrica elevada, boa resistência mecânica, baixo peso específico, alta resistência à oxidação e corrosão. Os materiais mais utilizados que possuem essas características são o cobre e alumínio (PEREIRA, 2012).

Conforme diz Pereira (2012) a condutividade do alumínio é menor que a do cobre. Por isso quando utilizados com mesmo comprimento e resistência, o alumínio terá mais volume, pois sua condutividade é menor que a do cobre, o que faz com que seja necessário utilizar uma maior seção condutora. Porém o alumínio tem outras vantagens sobre o cobre. Ele é mais leve, custo menor além de resistir melhor conforme diz Pereira (2012) "a ruptura da capacidade de isolamento do ar em torno dos cabos devido ao campo elétrico elevado, produzindo perdas na linha e distúrbios eletromagnéticos que podem causar interferência no sistema de comunicação”.

Esse fenômeno é chamado de Efeito Corona.

2.2.1 Outros componentes de uma Linha de Transmissão (LT)

Além dos cabos, outras estruturas também são fundamentais no processo de transporte de energia pelas linhas de transmissão.

Os cabos são suportados pelas estruturas através de isoladores, que, como seu próprio nome indica, os mantêm isolados eletricamente das mesmas. Devem resistir tanto as solicitações mecânicas como às elétricas. As solicitações mecânicas são: Forças verticais, devido ao peso dos condutores; Forças horizontais axiais, no sentido dos eixos longitudinais das linhas, necessárias para que os condutores se mantenham suspensos sobre o solo; Forças horizontais transversais, em sentido ortogonal aos eixos longitudinais das linhas, devidos à ação da pressão do vento sobre os cabos. As solicitações elétricas são: Tensões normais e sobretensões em frequência industrial; Surto de sobretensões; Sobretensões atmosférica (PEREIRA, 2012).

Segundo Pereira (2012) “Um isolador eficiente deve ainda ser capaz de fazer o máximo uso do poder isolante do ar que o envolve a fim de assegurar o isolamento adequado”. As falhas que podem vir a ocorrer são ou por perfuração, essas acontecem dentro dele ou descarga externa.

Pereira (2012) afirma “Suas superfícies devem ter acabamento capaz de resistir bem às exposições ao tempo. Para sua fabricação empregam-se dois tipos de material: porcelana vitrificada e vidro temperado”.

Outro importante componente são as torres de transmissão são as estruturas que sustentam os cabos responsáveis pelo transporte de energia elétrica. Sua construção, incluindo altura, modelo é determinado pelo valor da potência e tensão elétrica, regidos pela NBR 5422 (NOVAES, 2016).

Existem duas técnicas de construção de torres: estaiada e auto portante. Na técnica estaiada, são utilizados cabos ou tirantes encravados no solo, para dar sustento à estrutura. Na estrutura auto portante, não é necessário o uso de tirantes de sustentação. Esse tipos de torres usam sapatas ou plataformas em concreto (NOVAES, 2016).

A maioria das torres é construída utilizando aço galvanizado por ser mais fácil de manusear, porém também podem ser feitas de concreto. Conforme afirma Novaes (2016) “As torres em concreto de um modo geral, utilizam de concreto pré montado, mas, é necessário o uso de guindastes especiais para o içamento das estruturas”.

2.3 COMPONENTES ELETRÔNICOS

2.3.1 Placa de circuito impresso (PCI)

As placas de circuito impresso (Figura 1) estão presentes em diversos aparelhos eletrônicos usados no dia-a-dia, como smartphones, computadores, sistemas de segurança, etc. Não ficam visíveis externamente, mas desempenham papel de grande importância para o funcionamento desses aparelhos. (DAQUINO, 2012)

Um circuito impresso consiste em uma placa formada por camadas de materiais plásticos e fibrosos (como fenolite, fibra de vidro, fibra e filme de poliéster, entre outros polímeros) que conta com finas películas de substâncias metálicas (cobre, prata, ouro ou níquel). Essas películas formam as trilhas ou pistas que serão responsáveis pela condução da corrente elétrica pelos componentes eletrônicos. Esses impulsos elétricos são transmitidos para os componentes, viabilizando o funcionamento de cada peça e, conseqüentemente, do sistema completo formado pela PCI. As placas de circuito impresso tiveram sua origem em 1936 pelas mãos do engenheiro austríaco Paul Eisler, embora a técnica fundamental para o desenvolvimento das PCIs tenha surgido no ano de 1903 com as pesquisas do inventor alemão Albert Hanson (DAQUINO, 2012).

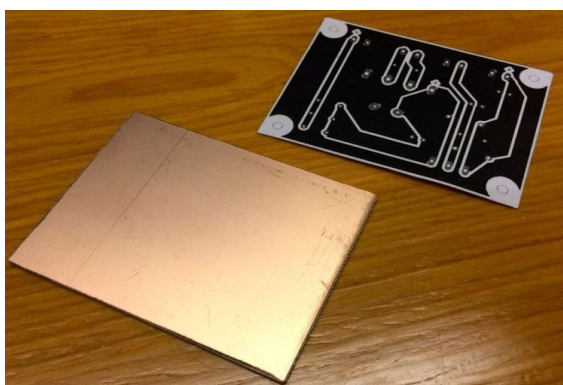


Figura 1: Placa de circuito impresso

Fonte: <http://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso/>.

Até chegar ao seu uso final as placas passam por diversas etapas, algumas delas estão descritas abaixo conforme diz Daquino (2012). Podem variar de acordo com o fabricante e sua aplicabilidade:

- Criação do esquema elétrico e do desenho, que é feito por engenheiros eletrônicos ou eletrônicos, através de softwares específicos;
- O processo de perfuração;
- Banho químico e de cobre, onde as placas passam por uma limpeza e são banhadas por cobre e isoladas do contato com correntes elétricas;

- Aplicação do filme fotorresistente, um revestimento para proteger a camada de cobre dos raios UV para evitar oxidações e curto-circuito;
- Mascaramento, que é uma película responsável por determinar o traçado das trilhas que irão conduzir a corrente pela placa;
- Remoções, processo onde é retirado o filme fotorresistente feito através de máquinas para garantir a precisão adequada;
- Máscara de solda, nesse processo as placas recebem um verniz constituído de polímeros que dão um revestimento capaz de proteger os traços de cobre;
- Serigrafia, onde as placas recebem as informações como nome do produto, versão, indicação de posições dos componentes, etc. Feito através de uma impressora;
- Fluxo de solda é o último processo, onde as placas são banhadas por fluxo de solda, para facilitar a soldagem.

Como dito há placas fabricadas de materiais diferentes. Um deles é o fenolite. Esse nome veio de uma empresa que fabricava chapas isolantes, usadas por fabricantes de máquinas elétricas e transformadores. (MEHL, 2010)

As chapas de fenolite são feitas com a mistura de uma resina fenólica com certa quantidade de papel picado ou serragem de madeira (carga), apresentando cor marrom claro ou escura, dependendo do tipo de carga utilizada. A mistura é moldada e prensada a quente na forma de chapas, com diferentes espessuras (MEHL, 2010).

Por terem base de celulose, em ambientes úmidos se absorverem determinada quantidade de água, as placas de fenolite podem perder a isolamento e empenarem. Mas ainda são eficientes em caso de projetos menores ou quando a fabricação é mais artesanal (SIQUEIRA, 2011).

Essa desvantagem da fenolite fez com que na década de 60 fossem desenvolvidas placas de fibra de vidro. Que são compostas na maioria dos casos por resina de epóxi, contendo apenas uma fina película de fibra de vidro em seu interior. A resina de epóxi evita que a placa absorva umidade. Mas por ser muito dura, dificulta corte e perfuração. Além de serem mais caras que as de fenolite, cerca de 30%. Mas por possuírem excelente isolamento e estabilidade dimensional, são as mais usadas nos equipamentos eletrônicos modernos (SIQUEIRA, 2011).

2.3.2 Resistores

Encontrados em vários equipamentos eletrônicos como TV, rádio, além de chuveiros elétricos, filamentos de lâmpadas, etc. Os resistores (figura 2) desempenham basicamente duas funções: “ora transforma energia elétrica em energia térmica (efeito joule), ora limita a quantidade

de corrente elétrica em um circuito, ou seja, oferece resistência à passagem de elétrons”, conforme diz Silva (2009).

O funcionamento dos resistores está baseado na resistência elétrica que todos os materiais, com exceção dos supercondutores, possuem de dificultarem a passagem da corrente elétrica. Quando um resistor é percorrido por uma corrente elétrica, ele tende a aquecer por causa do efeito Joule. A potência dissipada pelo resistor é igual ao produto da intensidade da corrente pela tensão aplicada no resistor, portanto, resistores de baixa resistência permitem a passagem de correntes grandes e portanto são eles quem mais dissipam calor (DIAS,2010,p.43).

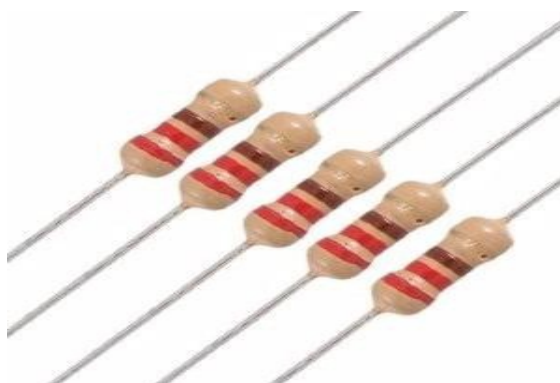


Figura 2: Resistores

Fonte: <http://www.armazemautomotivo.com/ct-194162-1000pg-9>.

Para evitar que os resistores tenham excesso de calor eles devem ter tamanhos apropriados conforme sua aplicação. São identificados por 4 faixas de cores. Sendo que as duas primeiras informam a medida da resistência, a terceira faixa indica a potência de 10 a ser multiplicada pelo valor das duas primeiras (DIAS, 2010, p.431).

Podem ser classificados em resistores de película de carvão, resistores bobinados e de fita metálica, de acordo com os processos de fabricação. (DIAS, 2010, p.431)

Sua resistência pode variar ou ser fixa. Os variáveis passam a ser chamados de potenciômetros ou reostatos (SILVA, 2009).

Dias (2010) afirma que “Materiais que possuem resistência muito alta são chamados isolantes ou isoladores” .

A relação entre tensão, corrente e resistência é dada por $R=V/I$, onde V é a tensão dada em volts, I a corrente que circula dada em ampères e R é a resistência dada em ohms. (SILVA, 2009)

Um resistor ideal tem uma resistência fixa ao longo de todas as frequências e amplitudes de tensão e corrente. Materiais supercondutores em temperaturas muito baixas têm resistência zero. Isolantes (tais como ar, diamante, ou outros materiais não-condutores) podem ter resistência extremamente alta (mas não infinita), mas falham e admitem que ocorra um grande fluxo de corrente sob voltagens suficientemente altas (DIAS, 2010, p.432).

Um resistor tem corrente e tensão máximas de trabalho. Mesmo alguns tendo esses valores especificados, outros são taxados de acordo com seus valores de potência máxima determinada pelo tamanho do resistor. Para os resistores de carbono essa taxa é de 1/8 watt, 1/4 watt e 1/2 watt. Já os resistores de filme de metal são mais estáveis que os de carbono quanto a mudança de temperatura e tempo de vida útil (DIAS, 2010, p.433).

Dias (2010) afirma que “Resistores maiores são capazes de dissipar mais calor por causa de sua área de superfície maior”.

A simbologia dos resistores(figura 3) pode ser descrita da seguinte forma de acordo com SILVA (2009):

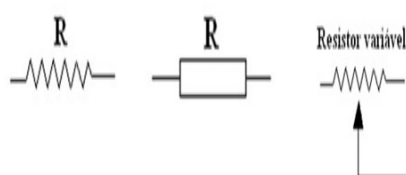


Figura 3: Representação dos resistores

Fonte: <http://www.foz.unioeste.br/lamat/downcompendio/compendiov5.pdf>.

Classificação dos resistores

- Resistor de valor alterável: Possui característica que permite alteração da sua resistência por meio manual (DIAS, 2010, p.436).
- Resistor ajustável: Permite ajuste definitivo nos circuitos. (DIAS, 2010)
- Resistor especial: Sua resistência é estabelecida por fenômenos físicos como temperatura, luminosidade, tensão, etc (DIAS, 2010, p.437).
- Resistor fixo: Nesse tipo só possível regular a um único valor de resistência (DIAS, 2010).
- Resistores de potência: São resistores direcionados para potências acima de 5W. Sua composição normalmente é de níquel-cromo (DIAS, 2010).
- Resistor uso geral: São resistores de potência para valores de 1/8W à 2.5W. O valor da resistência destes resistores é dado de acordo com a faixa correspondente ao valor da potência pelo código de cores (DIAS, 2010).
- Resistor de precisão: “São resistores de película de carbono fabricados por processo especiais. A tolerância do valor da resistência deste resistor é quase nula” (DIAS, 2010).
- Resistores de valores variáveis: São resistores cujos valores podem ser ajustados manualmente. Pode ser usado em controle de volume de rádio, televisor, etc (DIAS, 2010).

2.3.3 Potenciômetro

De acordo com Reis (2013) o potenciômetro(figura 4) é um tipo de resistor variável. Tem a função de medir posição, direção, ajustar valores de tensão e corrente de um circuito e dessa forma controlar a atenuação ou amplificação.



Figura 4: Potenciômetro

Fonte: <http://baudaeletronica.blogspot.com.br/2011/09/potenciometro.html>.

De acordo com Reis (2013) “Conforme for a aplicação têm-se resistores de diferentes características, essas se devem a aspectos construtivos, sistema mecânico e as propriedades elétricas dos materiais utilizados na construção do seu elemento resistivo”.

O potenciômetro comumente possui três terminais e um eixo giratório para ajuste da sua resistência, e normalmente são usados em controle de volumes de aparelhos de som, controle de posicionamento em controles de vídeo games, controle de brilho e contraste em telas LCD (LEITE, 2015).

A resistência do potenciômetro é dada em ohms. E geralmente o valor de resistência indicado no potenciômetro é o valor é seu valor máximo. Sua potência é baixa, possui valores em torno de 0,25W a 1W e por isso são mais utilizados em circuitos de baixa tensão e corrente. Mas dependendo do modelo e utilidade esses valores podem variar (LEITE, 2015).

O modelo mais comum é o potenciômetro de eixo giratório, onde a resistência é ajustada girando seu eixo (LEITE, 2015).

Podem ser fabricados de materiais diferentes dependendo alguns fatores como capacidade de dissipação de potência, o tempo de vida útil. Então podem ser fabricados a partir do carbono, cermet que é um mistura de liga de cerâmica e metal, plástico condutivo e fio (REIS, 2013).

Para a fabricação dos potenciômetros de carvão ou carbono, uma fina camada desses materiais é colocada sobre uma base isolante. O cursor é feito de um material condutor e deve passar levemente na trilha do carvão ou carbono de modo que proporcione uma variação da resistência entre um dos terminais fixos e seu próprio terminal. Os potenciômetros construídos a partir desses materiais são mais baratos. Encontrados com valores de potência de 100mW até 5W (REIS, 2013).

Os potenciômetros de cermet “são construídos a partir de uma composto de cerâmica (cer) e metal (met), proporcionam excelente qualidade relacionada a alta estabilidade e baixo

nível de ruído”. Porém suas operações são limitadas. Encontrados com valores de potência de 250mW até 2W (REIS, 2013).

Os de plástico são feitos com um plástico condutivo, lhe dando características de alta qualidade. Devido a sua precisão mecânica são utilizados em sistemas de áudio, tornando possível fazer ajustes finos. Possuem bom tempo de vida útil, pouco ruído. Dissipam valores de potência entre 250mW a 500mW (REIS, 2013).

O último tipo é o de fio, são fabricados segundo Reis (2012) “com fio de uma liga de níquel-cromo, fixada sobre uma base cerâmica e um elemento cursor de metal que desliza sobre as espiras de fio, conferindo a mudança de resistência a cada passo”. E então a resistência varia sutilmente e possuem capacidade maior de potência comparada aos modelos anteriores. Sistema mecânico mais robusto, encontrados normalmente com valores de potencia entre 5W a 50W (REIS, 2013).

O potenciômetro pode ser ajustado através de um cursor (figura 5) e ele está conectado a uma resistência ligada a dois terminais. Segundo Reis (2012) “O cursor ou contato móvel tem sua saída ligada ao Terminal Cursor. O Contato móvel do Potenciômetro se desloca do valor zero (ou resistência mínima) ao valor máximo”.

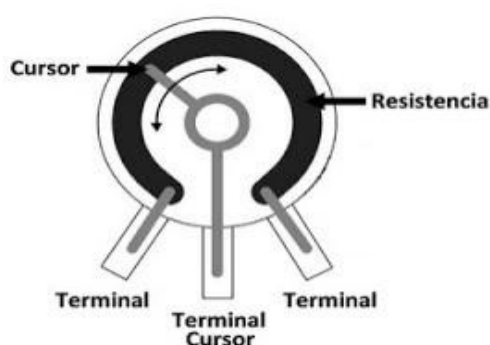


Figura 5: Potenciômetro aberto

Fonte: <http://baudaeletronica.blogspot.com.br/2011/09/potenciometro.html>.

2.3.4 Capacitores

O capacitor tem como principal função armazenar cargas elétricas. Essas cargas são dadas em Coulomb. “A capacitância de um capacitor é a quantidade de cargas elétricas que ele consegue armazenar quando uma tensão de um volt é aplicada a seus terminais” (LIMA, 2011).

De maneira básica o capacitor é formado por “duas placas metálicas condutoras separadas por um isolante dielétrico”. Esse isolante muitas vezes é o que dá o nome ao capacitor. É o caso do cerâmico, de mica, eletrolítico, etc (OLIVEIRA, 2015).

Segundo Oliveira (2015) “Todo capacitor tem um parâmetro denominado capacitância cuja unidade é o Farad (F), que determina quanta carga ele é capaz de armazenar”. Como 1F é

um valor muito alto de capacitância é muito comum encontrar as subunidades de Farad como microFarad (uF), nanoFarad (nF) ou picoFarad (pF).

Normalmente quanto maior o capacitor maior será sua capacitância. Um valor de tensão máxima vem impresso na parte externa do capacitor. Essa informação é importante para garantir correto funcionamento e proteção do mesmo (OLIVEIRA, 2015).

O processo de carga e descarga é outra característica importante do capacitor. Esse é o processo que garante que a energia acumulada em um ponto seja descarregada depois em outro ponto (OLIVEIRA, 2015).

2.3.4.1 Capacitor eletrolítico

O capacitor eletrolítico (figura 6) um dos componentes que menos evoluíram em relação ao seu princípio básico de funcionamento. Apesar de melhorias ainda preservam algumas características dos princípios eletroquímicos originais. Podem ser usados tanto em circuitos de alta ou baixa tensão (INSTITUTO NEWTON BRAGA, 2014).

O Capacitor eletrolítico internamente é composto por duas folhas de alumínio, ambas são separadas pelo papel fêltro, sendo que uma das folhas de alumínio é escura pois ela é recoberta por uma camada de óxido de alumínio (Al_2O_3) criada na superfície de contato entre o alumínio e o eletrólito que constitui o dielétrico do capacitor (LIMA, 2011).

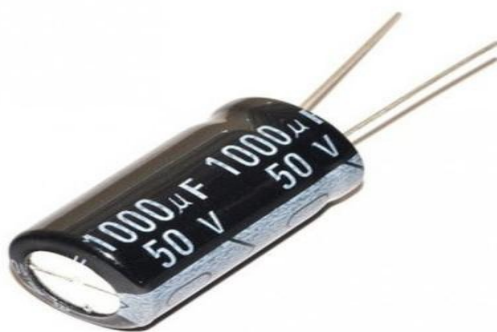


Figura 6: Capacitor eletrolítico

Fonte: <http://www.baudaeletronica.com.br/capacitor-eletrolitico-1000uf-50v.html>.

2.3.4.2 Capacitor cerâmico

Os capacitores cerâmicos (figura 7) são apolares, ao contrário do eletrolítico que possui polaridade. Seu dielétrico é de cerâmica. Possui formato normalmente de uma esfera achatada. “Como tratam-se na maioria de capacitores muito pequenos, usa-se com uma codificação especial para obter seu valor nominal de capacitância” (OLIVEIRA, 2015).

Os capacitores de cerâmica utilizam materiais como titânio e bário ácido. Eles não são construídos em uma bobina, como alguns outros capacitores, para que possam ser utilizados em aplicações de alta frequência e em circuitos que ignoram os sinais de alta frequência para a terra (OLIVEIRA, 2015).



Figura 7: Capacitor cerâmico

Fonte: <http://www.sabereletrica.com.br/entenda-o-funcionamento-dos-capacitores>.

2.3.5 Ponte retificadora

Uma ponte retificadora (figura 8) conforme cita Eletrocode (2016) "é um arranjo de diodos que transforma um sinal vindo de uma fonte de corrente alternada em corrente contínua".

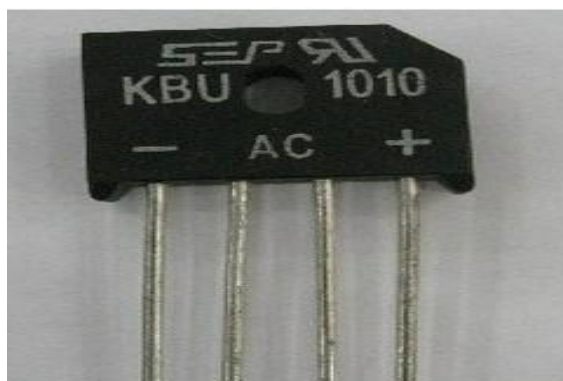


Figura 8: Ponte retificadora

Fonte: <https://pt.aliexpress.com/cheap/cheap-rectifier-current.html>.

Um circuito sendo alimentado por uma fonte de energia não tem seu fornecimento contínuo como aparenta. E sim em pulsos, em dado momento positivo em outro neutro. Em casos de dispositivos mais simples não haveria alteração no sistema ele funcionaria normal, mas com menos energia, por causa dos pulsos. Já em casos de circuitos mais sensíveis como amplificadores de áudio e microcontroladores, faz-se necessário o uso de pontes retificadoras que podem ser construídas através de 4 diodos ou de um componente eletrônico chamado ponte retificadora (ELETROCODE, 2016).

Os diodos retificadores podem ser meia onda ou onda completa. Sendo a segunda forma mais vantajosa, porque aproveita os dois semiciclos da tensão alternada (FERRAZ, 2010).

Uma ponte retificadora consta de 4 diodos retificadores reunidos num só invólucro, com 2 terminais marcados para a entrada AC e 2 terminais marcados com "+" e "-" para a saída polarizada CC. A ponte retifica os dois semiciclos da tensão alternada (daí o nome 'retificação em onda-completa'. Da tensão de entrada na ponte, perde-se 1,4 V, porque cada diodo determina uma queda de potencial elétrico de 0,7 V (típica da junção PN de silício); e há sempre 2 diodos em condução em cada semiciclo. Tais pontes, facilmente obtidas no comércio eletrônico, são classificadas pela intensidade máxima de corrente e pela máxima tensão inversa que podem suportar (FERRAZ, 2010).

2.3.6 Circuito integrado 555

O circuito integrado 555 (figura 9) composto de um Flip-Flop do tipo RS, dois comparadores e um transistor de descarga. Podendo trabalhar de dois modos, monoestável e astável. O primeiro modo possui um estado estável. Ele fica em um nível lógico elevado depois de receber um pulso. Permanece um tempo dessa forma e depois volta ao nível lógico baixo. Podendo ser utilizados em temporizadores, detectores de pulso entre outros. E o segundo não possui estado estável funcionando como um oscilador. A frequência é definida por resistores e capacitores que estiverem ligados ao circuito. Esse modo de utilização é empregado em relógios, geradores de tom, alarmes, etc (BOHR, 2016).

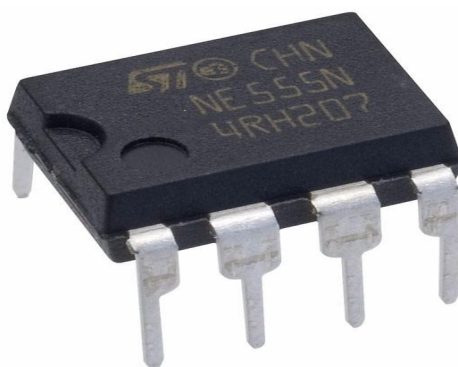


Figura 9: Circuito integrado 555

Fonte: <http://eletronicos.mercadolivre.com.br/peças-componentes-eletricos/ci-555>.

Pode ser alimentado com tensões entre 5V e 18V, o tornando adequado para uso em circuitos alimentados por baterias. Não precisa ser ligado a transistor para comandar outros componentes como é o caso de outros circuitos integrados, dessa forma tornando o controle mais simples e barato (BOHR, 2016).

Uma grande vantagem desse tipo de circuito é que ele pode fornecer corrente e dessa forma comandar outros integrados como relés servomotores, lâmpadas, etc. Sua saída pode fornecer até 200mA ou 0,2A (BOHR, 2016).

Quanto à frequência este componente pode atingir uma frequência de operação de 500kHz sob uma estabilidade de 0,005% a cada °C. Ou seja, se ele estiver trabalhando em 100 kHz e a temperatura aumentar 1 °C sua frequência será alterada no máximo em 5 Hz, o que pode ser desprezível quando comparado com 100 000 Hz (BOHR, 2016).

Além do controle de servomotores, podem ser utilizados também em controle de velocidade de motores de corrente alternada, resposta de sensores resistivos. Sua utilização é bastante ampla.

2.3.7 Regulador de tensão

O regulador de tensão (figura 10) mantém a tensão de saída constante (estabilizada) mesmo havendo variações na tensão de entrada ou na corrente de saída” (WENDLING, 2009, p. 2).

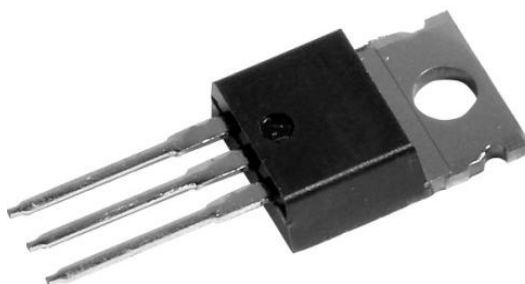


Figura 10: Regulador de tensão

Fonte: <http://www.baudaeletronica.com.br/regulador-de-tens-o-l7805.html>.

Os reguladores de tensão podem ser encontrados na forma de circuito integrado ou implementados com outros componentes. Na forma de circuito integrado possuem três terminais, são mais precisos, e ocupam menos espaço (WENDLING, 2009, p. 2).

Os dois principais tipos de reguladores de tensão são o 78XX para tensão positiva e 79XX para tensão negativa. O modelo 78XX possui um tipo de proteção interna para evitar curto-circuito na saída (WENDLING, 2009, p. 3).

2.4 TRANSFORMADORES

Conforme diz Fragoso (2010) “O transformador é uma máquina elétrica estática que tem como finalidade transferir energia elétrica de um circuito para outro, geralmente com tensões e correntes diferentes, mantendo a mesma frequência e aproximadamente a mesma potência”.

Seu princípio básico de funcionamento é baseado na indução eletromagnética e eletromagnetismo, baseado nas leis de Lenz e Faraday: “quando um circuito é submetido a um campo magnético variável, aparece nele uma corrente elétrica cuja intensidade é proporcional às variações do fluxo magnético” (SIGMA TRANSFORMADORES, 2016).

Os transformadores, na sua forma mais simples, consistem de dois enrolamentos de fio (o primário e o secundário), que geralmente envolvem os braços de um quadro metálico (o núcleo). Quando uma corrente alternada é aplicada ao primário produz um campo magnético proporcional à intensidade dessa corrente e ao número de espiras do enrolamento (número de voltas do fio em torno do braço metálico). Através do metal, o fluxo magnético quase não encontra resistência e, assim, concentra-se no núcleo, em grande parte, e chega ao enrolamento secundário com um mínimo de perdas. Ocorre, então, a indução eletromagnética: no secundário surge uma corrente elétrica, que varia de acordo com a corrente do primário e com a razão entre os números de espiras dos dois enrolamentos (SIGMA TRANSFORMADORES, 2016).

A Figura 11 abaixo ilustra o princípio de funcionamento do transformador elétrico.

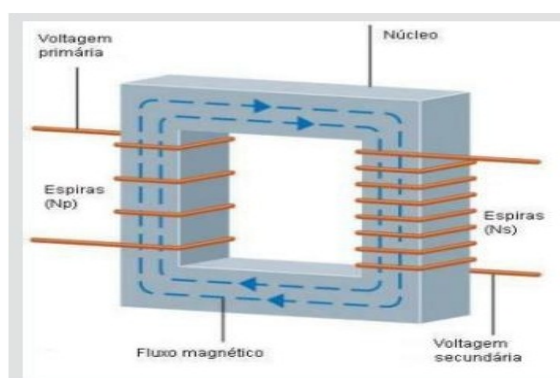


Figura 11: Princípio de funcionamento do transformador

Fonte: Sigma Transformadores.

Em teoria o transformador deve transferir toda potência do primário para o secundário (BERTINI, 2016). Porém há perda durante esse processo que ocorre devido a alguns fatores como: Perdas por cobre que são resultado da resistência de seus fios nos enrolamentos ocorrem sob forma de calor. Perdas por histerese, onde a “energia é transformada em calor na reversão da polaridade magnética do núcleo transformador”. E perdas por corrente parasita, chamada também de corrente de Foucault. Ocorre “quando uma massa de metal condutor se desloca num campo magnético, ou é sujeita a um fluxo magnético móvel, circulam nela correntes induzidas. Essas correntes produzem calor devido às perdas na resistência do ferro” (SIGMA TRANSFORMADORES, 2016).

Todo esse calor gerado pelas perdas é refrigerado pelo óleo dielétrico o qual todo o núcleo do transformador é submerso, sendo assim esse óleo aliado ao aquecimento, acaba gerando uma corrente de convecção dentro do transformador. Onde o óleo a mais que acaba esquentando fica menos denso e sobe.

Após passar pelos radiadores ele resfria, aumentando sua densidade, e assim se mantém a refrigeração do transformador (SIGMA TRANSFORMADORES, 2016).

Há vários tipos de transformadores, variando sua estrutura de acordo com sua finalidade (BERTINI, 2016).

2.4.1 Transformadores de corrente (TC)

Conhecidos como transformadores de instrumentos, os transformadores de corrente são equipamentos usados para proteção e medição de sistemas. Eles são utilizados para tornar altos valores compatíveis com as escalas de medição padrão. No caso desse estudo, a função principal para se conhecer é a de medição. Os TC's transformam correntes altas para valores padrões estabelecidos pela norma. O valor comumente adotado é 5A (SILVA (2010).

Segundo Silva (2010) “Um TC consiste em poucas espiras no primário e uma bitola apropriada para a corrente do circuito de força, conectado em série com este enrolamento, fazendo com que a corrente que flui para a carga circule pelo enrolamento primário.” O secundário possui mais espiras os fios são normalmente mais finos, depende de qual equipamento ele esteja conectado. O TC funciona como se seu secundário tivesse em curto-circuito já que a impedância conectada a ele é muito pequena e são ligados em série. A tensão do secundário é aplicada sobre essa impedância e os condutores conectados a ele possuem uma tensão baixa (SILVA, 2010).

Esse valor de tensão é capaz de gerar um pequeno fluxo magnético. Desprezando as perdas do ferro e da corrente de magnetização de excitação, a corrente do primário deverá ser proporcional a do secundário (SILVA, 2010).

Desprezando a corrente de magnetização, os TC's têm uma relação de transformação constante. Erros de medição são comuns nos TC's em virtude dos materiais magnéticos que são utilizados para suas construções. Por isso devem ser considerados durante seu uso (SILVA, 2010).

Conforme diz Silva (2010) os TC's possuem poucas espiras no seu enrolamento do primário em casos onde as medições são para correntes muito elevadas o enrolamento do primário é somente uma barra cilíndrica passando por uma espécie de janela do núcleo normalmente de aço-cilício. A tensão no primário é muito pequena, tendo valores dentro de milivolts, diferentemente do secundário que possui valores de tensão dentro da ordem de alguns volts.

A corrente de carga do primário deve ser compatível com a relação de transformação e com a corrente do primário, cujos valores podem variar de 5A a 8000A e do secundário como já mencionado é padronizado normalmente em 5A, mas que dependendo da função de uso pode variar, conforme diz Silva (2010).

A figura 12 representa o circuito equivalente do TC.

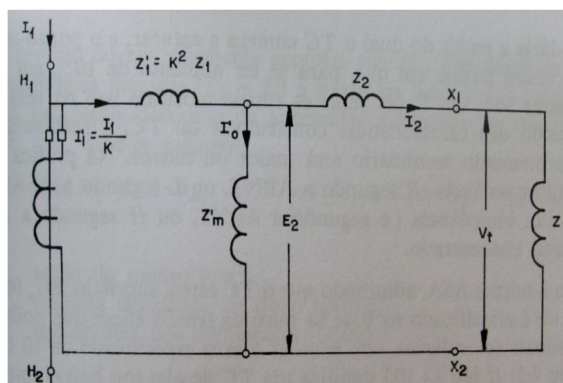


Figura 12: Circuito equivalente do transformador de corrente

Fonte: Amadeu C. Caminha.

2.4.2 Ferrite

Ferrite é um material ferromagnético com propriedades magnéticas melhores que o ferro. Sua composição é de ferro, boro, bário estrôncio ou molibdeno e outros (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2016).

Para realizar com sucesso suas funções, o ferrite ideal deve possuir alta resistência magnética, mas não deve reter o magnetismo (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2016).

“Uma utilização comum para os ferrites é na supressão de interferência eletromagnética (EMI) e na interferência de rádio frequência (RFI) em circuitos elétricos, onde muitas vezes são referidos como isolantes magnéticos” (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2016).

O ferrite com características moles são utilizados em transformadores elétricos e também outros equipamentos que precisam de um campo magnético que possa ser invertido sem dificuldade. Os modelos mais rígidos são utilizados geralmente em travas e portas magnéticas, devido a sua propriedade de isolamento magnética (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2016).

Sua utilização se estende ainda mais devido ao baixo custo de produção além de apresentarem grandes densidades de fluxo magnético. Usados também na supressão de interferências eletromagnéticas. Em rádio frequência são muito eficientes acima de 100 megahertz, capazes de substituir capacitores, que a partir de 75 megahertz passam a apresentar problemas. Possuem capacidade de impedir baixas frequências de forma eficiente e dessa maneira eles podem ser usados tanto em corrente alternada (CA) como em corrente contínua (CC) em caso que seja necessário filtrar ruídos (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2016).

2.5 INTERAÇÃO DE ANIMAIS COM O SISTEMA ELÉTRICO

A interação da natureza com o sistema elétrico nem sempre se dá de forma amena. Muitas vezes essa relação gera prejuízos para ambas as partes.

Estruturas responsáveis pelo fornecimento de energia e que passaram a fazer parte da paisagem urbana e rural ao longo dos anos são atrativos para as aves que as usam para diferentes funções. Utilizam para pouso, local para construção de ninhos, ponto de caça, principalmente as aves de rapina (MENQ, 2015). Esse contato comumente causa morte das aves e danos a esse tipo de estrutura em virtude do fato de elas estarem energizadas. Esse tipo de dano compromete o fornecimento de energia, já que atingem diretamente os equipamentos responsáveis pelo mesmo.

É comum aves pousarem em fios sem nada acontecer. O fato é que uma ave pequena, em contato com apenas uma fase não possui uma distância nos pés suficiente para gerar uma diferença de potencial, dessa forma não passa uma corrente elétrica pelo corpo dela (TELLES, 2013). Porém em outras circunstâncias e outras espécies de aves nem sempre esse contato ocorre sem danos. No caso de aves maiores como aves de rapina quando pousam, em virtude de seu tamanho não encostam apenas em uma fase, mas também em mais de uma, ou em uma fase e neutro, dessa forma ocorre o oposto do caso anterior. A ave morre devido ao choque elétrico e grande chance de danificar o equipamento.

Não é somente em contato com os fios que esse tipo de problema pode ocorrer, há, além disso, outras circunstâncias de risco. Transformadores por exemplo são atrativos para as aves que usam de sua estrutura para construção de ninhos. Nessa circunstância há duas formas de ocorrer algum tipo de problema. A primeira é o contato da ave com as buchas do transformador, que no caso delas não estarem com a devida proteção, leva a ave a morte e/ou também algum tipo de dano no equipamento. A outra situação segundo Curuci (2007) é o fato de ser muito comum além dos galhos, as aves buscarem outros objetos para construção de seus ninhos, dentre elas peças metálicas que em contato com o transformador também pode vir a gerar uma descarga elétrica.

Diante desses fatos, empresas do setor de energia elétrica e órgãos ambientais têm percebido a necessidade de se empenhar em buscar soluções preventivas ou corretivas para amenizar esses problemas.

Será descrito a seguir alguns exemplos onde foram necessários estudos para aplicação de métodos corretivos que se mostraram bastante eficazes. Reduzindo problemas no sistema e morte de aves.

2.5.1 Redução de curto-circuitos provocados por pequenos animais nas Subestações da CEMIG

Segundo Costa et al. (2008, p.1) devido ao grande número de incidências de curto-circuito provocado por pássaros e outros animais em suas subestações, a CEMIG passou a estudar métodos para evitar esse tipo de problema, de modo a diminuir danos ao sistema. O local onde foi constatado o maior número de acidentes desse tipo foi no setor de 13,8kv. Além do corte do fornecimento de energia, os curtos são acompanhados de arcos elétricos de grande

poder destrutivo, danificando barramentos e equipamentos, gerando prejuízos financeiros.

Antes da definição das mudanças adotadas, de forma a entender mais a fundo a raiz do problema alguns pontos importantes foram estudados. Entre eles o número de mortes dos animais, espécies afetadas. Além de um monitoramento anual dessas ocorrências e suas conseqüências em um âmbito geral, ou seja, não somente prejuízos com equipamentos nas subestações como também a imagem da empresa diante disso, prejuízos ao meio ambiente e aos consumidores. A maioria das ocorrências foi registrada nas subestações de Patrocínio e Ibuti no triângulo mineiro. Por esse motivo foram escolhidas para o projeto piloto de implantação das mudanças de acordo com Costa et al. (2008, p.2).

Conforme dizem Costa et al. (2008, p.2), desde 1989 a CEMIG monitora os casos de interrupção de energia por interferências de animais. E a partir disso viu-se a necessidade de criar um grupo específico para estudar esses casos. Contendo tanto profissionais técnicos da área de energia, quanto do meio ambiente. Graças a criação desse grupo foi possível obter informações importantes sobre as características dos animais e dessa forma buscar soluções adequadas de modo a evitar problemas nos equipamentos e mortes dos animais.

Algumas providências foram tomadas de imediato, entre elas não alimentar os animais, colocar telas em locais onde os animais possam entrar não plantar aves frutíferas no entorno das subestações para não atrair aves e outros animais como diz Costa et al. (2008).

Segundo informações desse estudo foram registradas de 2003 a 2007 160 ocorrências provocadas por pássaros e pequenos animais no setor de 13,8kv em 361 subestações. E nesse mesmo tempo 27 ocorrências provocadas por pombos no mesmo setor de 13,8kv. Entre alguns equipamentos mais afetados nesse último caso estão disjuntores, barramentos e bancos de capacitores. Esses dados estão descritos na tabela 1.

Tabela 1: Ocorrências provocadas por pássaros e pequenos animais no setor de 13,8KV

Ocorrências provocadas por pássaros e pequenos animais no setor de 13,8KV					
Ano	2003	2004	2005	2006	2007
Quantidade	22	17	41	41	41

Fonte: Paulo R. F. C. Costa et al.

De acordo com Costa et al. (2008, p.3) a primeira fase das mudanças adotadas foi voltada ao estudo em ambiente eletromagnético alto, visando o correto funcionamento dos equipamentos da parte externa. As soluções para esse setor se deram em testes feitos em laboratório com materiais como resina poliéster, fibra de vidro e aço. Os testes consistiram na busca de alguns requisitos fundamentais que esses materiais deveriam ter, entre eles alta resistência mecânica, ruptura por erosão, comportamento dielétrico, condutividade térmica. A segunda fase foi a avaliação operacional da instalação dos novos sistemas a serem aplicados. Após esses processos iniciaram-se as mudanças.

Cabos com cobertura de polietileno XLPE (cabo protegido), em substituição aos tubos de alumínio. Com instalação dos cabos protegidos, verificou-se o menor impacto visual do arranjo e maior rapidez de execução na montagem, reduzindo os custos de instalação; Aplicação de suporte passante em polietileno reticulado de alta densidade em substituição ao suporte de alumínio, essa solução eliminou o fenômeno de ruptura por erosão entre suporte de alumínio e cabo protegido; Substituição dos isoladores de porcelana por isoladores de polímero (polietileno), eliminando o fenômeno de ruptura por erosão e possibilitando também maior rapidez de montagem (COSTA et al. 2008, p.4).

A ruptura por erosão danifica a isolação dos materiais fazendo com que aumente as chances de ocorrer curto-circuito por contato de aves e outros animais. Todas as conexões foram isoladas com polietileno reticulado. Além também dos barramentos e ligações que foram isolados com tubos termocontáteis do mesmo material. Garantindo a segurança em caso de presença de pássaros e outros animais (COSTA et al. (2008, p.4).

Segundo Costa et al. (2008, p.8) os resultados obtidos com as novas alterações foram satisfatórios. Mesmo onde houve maior custo com equipamento e mão de obra, o fato não de haver ocorrências, trouxe um retorno financeiro de forma rápida. A tabela 3 representa dos custos e retornos do investimento.

Tabela 2: Análise de retorno de investimento

SE-Ibiá-Análise de retorno do investimento do projeto piloto Ref: dez/2007	
Número de desligamentos de 1 hora/Ano	Retorno (anos)
1	6,7
2	3,3
3	2,2
4	1,6
Custo da hora do desligamento: R\$ 28.946,00	
Custo total: R\$ 195.716,00	

Fonte: Paulo R. F. C. Costa et al.

Além disso, esse estudo mostrou que é possível ao mesmo tempo garantir a qualidade do fornecimento de energia, boa imagem da empresa e preservação da fauna através de estudos cuidadosos na busca de métodos eficazes para o mesmo.

2.5.2 Redução da interferência de animais nos sistemas de subtransmissão e distribuição da ENERSUL

Semelhante ao estudo anterior, a Enersul (Empresa de Energética de Mato Grosso do Sul) devido a problemas de continuidade do sistema de fornecimento de energia decidiu analisar o sistema na busca de reduzir o número de interrupções do fornecimento de energia (MARTINS et al. 2008, p. 1).

Alterações do habitat dos animais fazem com que os mesmos alterem seu comportamento, passando a ficar cada vez mais próximos das cidades.

Estas alterações têm provocado a interferência dos animais em equipamentos e componentes do sistema elétrico, provocando, além da morte dos mesmos, danos materiais com elevados prejuízos financeiros e cortes no fornecimento de energia elétrica. Como exemplo pode ser citado a interferência de pássaros como curicacas em linhas de transmissão, tuiuiús e casas de joão-de-barro em linhas e redes de distribuição. Também nas subestações observa-se o aumento da presença de pássaros e animais silvestres em barramentos, cubículos e transformadores (MARTINS et al. 2008, p. 1).

Prejuízos como interrupção do fornecimento de energia, deslocamento de equipes para restabelecer o sistema. Além de comprometer a imagem da empresa (MARTINS et al. 2008, p. 2).

Visto o número crescente de problemas ocasionados por aves e outros animais em sua subestação, comprometendo a confiabilidade do fornecimento e a segurança das instalações, a Enersul buscou estudar e adotar novas medidas para reduzir esses problemas. Entre essas medidas estão: A substituição de cabos nus de alumínio por cabos protegidos nas saídas dos religadores, transformadores e barramentos, além do “encapsulamento das partes energizadas das conexões de equipamentos nas tensões 13,8 e 34,5 kV” (MARTINS et al. 2008, p. 1).

Em linhas e redes de distribuição localizadas na região do Pantanal têm-se instalado postes e cruzetas especiais para proteção de pássaros de grande porte como os tuiuiús, além de dispositivos espaçadores para ninhos de joão-de-barro. Nas linhas de subtransmissão 138 kV têm-se evitado grande número de desligamentos provocados pelas curicacas em função da colocação de cones de fibra de vidro acima das cadeias de isoladores (MARTINS, et al. 2008, p.2).

Segundo Martins et.al (2008) “A maior parte das ocorrências em subestações da Enersul tem sido ocasionada por pássaros, gambás e outros animais”.

Devido ao sucesso obtido através dessas mudanças, elas foram adotadas também em outras partes da empresa “com a substituição gradativa de cabos nus de alumínio por cabos protegidos e tubos termo-contráteis isolados nas partes energizadas (conexões) externas dos equipamentos”. O que evita o contato dos animais com áreas energizadas. E também foram construídas barreiras com areia nas canaletas, evitando a entrada de pequenos animais em cubículos e as salas de operação dos comandos (MARTINS et al. 2008, p. 2).

Na parte de linhas e redes de distribuição a ocorrência frequente é com o tuiuiú, uma ave considerada símbolo do pantanal.

O choque deste animal em uma rede trifásica provoca curto-circuito e o desligamento da mesma, muitas vezes com o rompimento de cabos e a morte do pássaro. A localização e a execução dos reparos em regiões alagadas é bastante complicada implicando, via de regra, em longo tempo de desligamento.

A utilização de novo tipo de cruzeta, metálica e mais longa, em novo arranjo com isoladores do tipo pilar, com maior espaçamento entre fases passaram a possibilitar o convívio harmônico do tuiuiú com as linhas e redes 34,5 kV da região” (MARTINS, et al. 2008, p.4).

Nas linhas de subtransmissão de 138kV também estavam tendo problemas de interrupção e a causa constatada foi pela contato de uma ave chamada curicaca. Que pousam nas estruturas de concreto ou metal das linhas de transmissão. (MARTINS, et al. 2008, p.4).

O acúmulo das fezes destes nas cadeias de isoladores provoca a redução da isolação das mesmas e o conseqüente e o desligamento da linha. Além disso, as fezes do pássaro em forma de longo cordão podem provocar curto-circuito entre a mísula e cabo condutor” (MARTINS et al. 2008, p.6).

A solução encontrada para esse problema foi a instalação de cones de fibra de vidro acima das cadeias dos isoladores, a fim de evitar a presença das aves nessas estruturas e assim evitar a presença de suas fezes (MARTINS et al. 2008, p.6).

Alguns fatores foram de grande importância para que fosse feito esse estudo e que também refletem em outras localidades.

A alteração das condições ambientais na área de concessão da empresa, a maior exigência dos clientes quanto à qualidade da energia fornecida, a necessidade de redução de custos, e ainda o compromisso da empresa com o meio ambiente e a sustentabilidade, serviram como incentivo a pesquisa, avaliação técnica e econômica e estratégica da adoção de medidas que atendessem a todos estes requisitos. Portanto, atualmente medidas estão sendo implementadas, com sucesso, tanto nos 3.766 km de linhas de subtransmissão, 89 subestações e 69.392 km de linhas e redes de distribuição da Enersul. Entretanto as áreas de projetos, padronização e manutenção devem continuar atentas a novas mudanças relacionadas ao meio ambiente (MARTINS et al. 2008, p. 7).

É necessário que as empresas respeitem o meio ambiente. Preocupando-se com a sustentabilidade e impacto que suas atividades podem causar a ele (MARTINS et al. 2008, p. 7).

2.5.3 Estudo sobre impacto de linhas de média e alta tensão na avifauna em Portugal

Essa relação muitas vezes mal sucedida também tem sido levantada fora do país como mostra o “Estudo sobre o Impacto das Linhas de Média e Alta Tensão na Avifauna em Portugal”, cujo objetivo é contribuir para que a rede de alta e média tensão seja compatível com a conservação das aves em Portugal, conforme diz Infante et al (2005, p.6)

O estudo começou com o levantamento de aves mortas próximas as linhas de transmissão. Esse procedimento foi realizado ao longo de 900 km de linhas de alta e média tensão. Nesse percurso foram constatadas 1599 aves mortas. Desse valor 51% foram por colisão e 49% por

eletrocussão. Correspondendo a 107 espécies diferentes, sendo algumas delas ameaçadas de extinção (INFANTE et al. 2005, p.6).

De acordo com esse estudo as tipologias que mais causam morte de aves por eletrocussão são os seccionadores horizontais e postos de transformação com seccionadores verticais e os triângulos com isoladores rígidos verticais.

Segundo Infante et al. (2005, p.6) de forma geral as informações adquiridas neste estudo são compatíveis com o mesmo problema em outros países. Porém é importante ressaltar que há uma diferença das espécies afetadas e dos tipos de estruturas utilizados nas redes de energia.

Para iniciar o estudo alguns pontos importantes foram definidos, dentre eles: Caracterizar a nível nacional o impacto das redes elétricas, identificar e classificar as tipologias de acordo com a periculosidade, caracterizar o impacto das redes elétricas, identificar e classificar as tipologias de acordo com a periculosidade (INFANTE et al. 2005, p.11).

As áreas estudadas correspondem um total de 1409365 hectares. Compreendendo área de grande importância para as aves do país. Sendo divididas em 4 regiões para melhor administração dos trabalhos feitos em campo (INFANTE et al. 2005, p.12).

O estudo dividiu-se em dois pontos importantes diferentes entre si, porém com idéias em comum. São eles o Estudo de Impacto que corresponde ao levantamento das aves mortas em uma grande área de 856 km, onde se caracteriza o impacto das linhas sobre as aves, quais espécies são mais afetadas, além dos tipos de estrutura que mais as matam e os habitats onde mais ocorre esse tipo de problema. Os trechos percorridos foram classificados de forma onde foi possível definir uma ordem de prioridade para alterações corretivas nas estruturas das linhas de transmissão. O segundo ponto teve o nome de Estudo de Perigosidade, também se caracterizou pelo levantamento das aves mortas, porém em uma menor área, cerca de 40 km de linha (INFANTE et al. 2005, p.16).

Segundo esse estudo durante esse processo foram constatados que várias espécies de aves ameaçadas de extinção foram mortas pelo contato com as linhas de transmissão o que se destaca como ponto importante para esse mesmo tipo de investigação em outras localidades.

Além de identificar as tipologias que mais causam a morte das aves, foram analisados também os tipos de vegetação onde tenham maior presença das mesmas. Conhecendo seu habitat e as tipologias. Pôde-se então trabalhar nas medidas corretivas que foram feitas aos poucos, como isolamento de cabos, afastamento maior entre eles, substituição de outras estruturas sem proteção (INFANTE et al. 2005, p.16).

Os resultados do estudo foram de grande importância para preservação das aves em Portugal, obtendo resultados satisfatórios. Diminuindo os impactos negativos da interação das aves com as linhas de transmissão (INFANTE et al. 2005, p.16).

2.5.4 Outras ocorrências

Segundo Julio (2011) na região de Cáceres (MT) devido ao grande número de mortes da espécie tuiuiú (Jabiru mycteria) ao entrar em contato com fios de energia, a CEMAT (Centrais Elétricas Mato-grossense) adotou medidas em busca de evitar essas mortes.

A Rede de Distribuição Rural (RDR) da região foi construída por particulares. A CEMAT então fez a adequação com o padrão que a própria empresa adotou em 2000 com a criação do Projeto tuiuiú. Esse padrão consiste na adequação da RDR em áreas alagáveis, onde os tuiuiús são atraídos em busca de alimento que essas regiões possuem. Mas ao entrarem em contato simultaneamente com dois fios de alta tensão, as aves morrem. O fato de serem aves muito grandes facilita a ocorrência desse tipo de acidente. A adequação consistiu na troca das cruzetas de 2,5 metros por 3,5 metros, instalação de suporte de topo nos postes de forma a distanciar os cabos de alta tensão, evitando que as aves encostem-se em dois cabos ao mesmo tempo (JULIO, 2011).

Segundo as Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A, a CELESC, durante alguns anos identificaram que vários casos de interrupção de energia estavam relacionados com a construção de ninhos de joão de barro (Furnarius rufus) nas cruzetas dos postes de sua rede de distribuição de energia. Essas interrupções geraram prejuízos não somente para a empresa, como também para a população afetada e ainda um impacto na fauna local. Em virtude disso a empresa mantém um programa de proteção as aves desde 2002, prevenindo acidentes e por consequência interrupções de energia.

Segundo Amorim e Filippini (2006) a empresa passou a utilizar um dispositivo chamado grampo ecológico, que é instalado na cruzeta dos postes entre os isoladores, de modo que evite a construção de ninhos perto deles, exatamente onde ocorria o problema. E, além disso, a empresa remove os ninhos inativos com a devida autorização dos órgãos ambientais competentes. Isso ocorre nos meses de inverno, que não é a época que as aves estão com ovos.

A figura 13 é a representação para exemplificar como é o dispositivo e sua instalação.

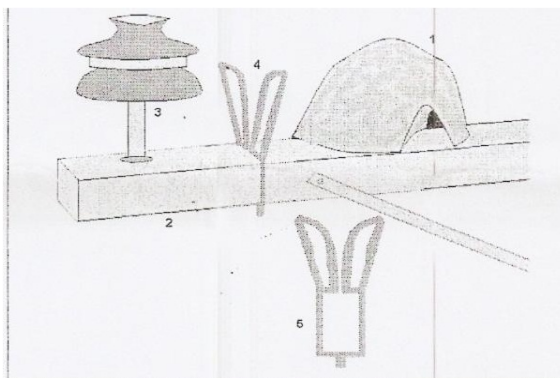


Figura 13: Grampo ecológico

Fonte: Márcio Amorim e Alexandre Filipini.

Segundo a CELESC (2012), até o ano de 2012 foram instalados mais de 79 mil desses dispositivos, o que diminuiu de forma significativa esse tipo de ocorrência. Beneficiando o meio ambiente, a população e a concessionária que passou a gastar menos com o deslocamento de suas equipes para restabelecer o fornecimento de energia.

2.5.5 Interferências de aves em redes aéreas - A experiência da CEEE no Rio Grande do Sul - Brasil

Esse estudo é sobre interferências de aves em redes aéreas de distribuição da Companhia Estadual de Energia Elétrica no Estado do Rio Grande do Sul (CEEE), conforme diz Tessmer e Port (1996).

Segundo Tessmer e Port (1996) “Na diversidade de meios ambientes em que habitam muitas espécies de aves e por onde cruzam as redes são inevitáveis conflitos ecológicos, ocorrendo inúmeros incidentes, em quantidade variável conforme a região”.

Segundo Tessmer e Port (1996) não há como calcular exatamente os prejuízos relacionados a aves, visto que essa causa está integrada o item meio ambiente. Porém de acordo com os autores do levantamento, tem-se uma estimativa de 2,5 milhões por ano com gasto de manutenção, mão de obra e energia não faturada.

Na área da Gerência Regional de Santiago, uma regional com predominância de redes rurais na zona oeste do Rio Grande do Sul, de 4.590 interrupções registradas no 1º semestre de 1.995, 1.100 (23,96 %) foram causadas especificamente por pássaros, sendo esta a segunda maior causa local de falhas após descargas atmosféricas (TESSMER E PORT, 1996).

As ocorrências podem ser divididas em três causas: construção de ninhos, pousos e locais de risco e a colisão por voo (TESMER E PORT, 1996).

O problema mais comum é por conta da construção de ninhos, responsável pelo maior percentual de prejuízos. Tessmer e Port (1996) afirmam que “Há locais de grande incidência como em zonas agrícolas produtoras de cereais (principalmente de arroz, soja, milho e sorgo) e alguns habitats específicos como as extensas áreas litorâneas e outras áreas abertas do Estado”. Em um levantamento feito em aproximadamente 80km de rede, foi verificado que 1148 estruturas haviam ninhos e desses ninhos foi verificado 19,3% ofereciam risco, sendo necessário sua retirada. Nesse caso a maioria das aves eram da espécie João de barro (*Furnarius rufus*).

Outra ocorrência relacionada a ninhos é com a ave Cochicho (*Anumbius anumbi*). Pelo porte do ninho e pelos materiais utilizados, gravetos e outros diversos e até objetos metálicos, há um alto risco de curtos-circuitos e incêndios. “Havendo inúmeras ocorrências em transformadores, bancos de capacitores, chaves e malha da rede na posteação. Devido a alta incidência na região litorânea, causa expressivo prejuízo naquela região conforme diz Tessmer e Port (1996)

Como medidas recomenda-se programar a retirada sistemática dos ninhos, tomando o cuidado de desligar previamente o equipamento ou trecho da rede; os eletricitistas colocam graxa na carcaça junto aos bornes de BT dos transformadores; em Osório experimenta-se um dispositivo isolante feito de cano 75 mm de PVC, que protege os bornes e saídas de BT dos transformadores; a limpeza dos terrenos próximos quanto a lixo e objetos metálicos diminui as falhas (TESMER E PORT, 1996).

No caso das caturritas (*Myiopsitta monachus*) constroem ninhos grandes nas cruzetas dos postes. O local de maior incidência são em regiões produtoras de cereais. Nesse caso a medida adotada é apenas retirada dos ninhos. Já o Pica-pau (*Colaptes campestris*) não constrói ninhos, mas perfura os postes de eucalipto levando-o a deteriorização. Nesse caso ainda não se adotou medida efetiva de correção (TESMER E PORT, 1996).

Outras espécies de pássaros instalam ninhos nas estruturas da rede como o bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) em transformadores, e vários que ocupam ninhos vazios de João-de-Barro, como o chopim (*Molothrus bonariensis*), pardal (*Passer domesticus*) e canário-da-terra (*Sicalis flaveola*) por exemplo, também causando interferências mas em menor escala. Eventualmente corujas e gaviões rapinam estes ninhos e os anteriormente citados e originam falhas elétricas (TESMER E PORT, 1996).

Nas causas por pouso em estrutura tem-se registro de pombas (*Zenaidura macroura*). Elas provocam falhas no sistema quando pousam em bandos nos condutores de baixa tensão (BT). Que juntas, seu peso é suficiente para encostar as fases uma na outra. “Como principal medida neste caso são instalados na rede de BT espaçadores de PVC para evitar curtos-circuitos por colisão de condutores” segundo Tesmer e Port (1996)

A colisão em voo é mais comum em aves maiores e aquáticas, já que a região tem muitos locais alagados como rios e açudes, o que favorece a presença maior desse tipo de ave. As ocorrências maiores são em locais onde essas aves se alimentam como lavouras de arroz. E que na época de colheita atraem milhares que acabam morrendo com a colisão nos fios. As principais espécies são: tachã (*Chauna torquata*), João-grande (*Ciconia maguari*), cabeça-seca (*Mycteria americana*), marreca-irerê (*Dendrocygna viduata*) e marreca-parda (*Anas georgica*). “A medida adotada com bons resultados para evitar curtos-circuitos entre fases é o afastamento entre os condutores” conforme diz Tesmer e Port (1996).

As conclusões desse estudo giram em torno da importância técnica e ambiental, não podendo essa ser negligenciada. Medidas simples podem ser adotadas a fim de que essa relação se dê com menor prejuízo possível. “Torna-se cada vez mais evidente que a prestação de um serviço público como a distribuição de energia elétrica, além de confiável tecnicamente deverá coexistir em harmonia com o meio ambiente” (TESMER E PORT, 1996).

2.6 AUDIÇÃO DAS AVES

Segundo Poughet al. (2006, p.464), as aves de uma maneira geral possuem uma sensibilidade auditiva semelhante a dos seres humanos. Grande parte delas possui um tímpano muito grande se for compará-los em relação ao tamanho das suas cabeças. O tamanho do tímpano é relacionado à sua sensibilidade auditiva. As corujas têm uma audição acima da média das aves em virtude de possuírem um tímpano muito grande em relação ao tamanho de sua cabeça.

Conforme diz Poughet al. (2006, p.464) “As pressões sonoras são amplificadas durante a transmissão do tímpano para a janela oval da cóclea, porque a área desta janela é menor do que a do tímpano”. Nas aves essa proporção tem uma variação de 11 a 40. Quanto mais alto o valor, melhor é a audição. No caso dos seres humanos é 21, gatos 36. E nas corujas que são as aves com melhor audição essa proporção varia entre 20 a 30 (POUGH et al. 2006, p.464).

As aves possuem uma capacidade de ouvir sons muito fracos:

O movimento para dentro que o tímpano faz, quando as ondas sonoras o atingem, é contraposto por uma pressão de ar dentro da orelha média, e as aves possuem uma variedade de formas de redução de resistência da orelha interna. Essa é contínua às cavidades aéreas dorsal, rostral e caudal do crânio pneumático das aves. Além de permitir potencialmente que as ondas sonoras sejam transmitidas a orelha contralateral, estas interconexões aumentam o volume da orelha média e reduzem a sua rigidez; assim, permitem que o tímpano responda a sons fracos (POUGH et al. 2006, p.464).

Segundo Poughet al. (2006, p.464) acima de 10 quilohertz (Khz) as corujas são as aves mais sensíveis acusticamente, chega ter a mesma sensibilidade de um gato, sendo que eles são capazes de escutar em frequências em torno de até 65 Khz. Essa sensibilidade já foi testada em laboratório, onde a suindara (*Tytofurfata*), por exemplo, foi capaz de capturar um rato em total escuridão. E em testes onde os ratos movimentavam-se segurando pedaços de papel, as corujas agarravam o papel em vez do rato, já que eram guiadas apenas pelo som emitido pelo papel.

Outra característica das corujas que ajudam na sua sensibilidade auditiva é um disco que elas possuem no crânio que funciona como um amplificador de sons a partir de 5Khz. Esses discos auxiliam quanto mais assimétricos, melhor para as corujas localizarem suas presas (POUGH et al. 2006, p.464).

Segundo Delannoy (2008), a frequência audível da maioria das aves é em torno de 1hz até 5000hz. Com exceção das corujas que como dito possuem uma sensibilidade auditiva maior que as demais aves. Acima desses valores de frequência há uma variação maior entre elas. Tendo espécies que escutam frequências maiores e outras não. Diferentemente do ser humano que escuta entre 20Hz e 20000Hz. Abaixo de 20Hz os sons são chamados de infrassônicos, não podendo ser escutados pelo ser humano. Acima de 20000Hz é chamado ultrassônico e também não pode ser ouvido pelo ser humano, porém muitos animais são capazes de ouvir sons infrassônicos ou ultrassônicos (SILVA, 2016).

2.7 OBJETIVOS

Esse estudo têm como principais objetivos apresentar alguns tipos de problemas que causam interrupções de energia elétrica relacionado a presença de animais. Mostrando o que as distribuidoras de energia tem feito a respeito. E desse modo, esse estudo tem o objetivo também de apresentar um método que venha contribuir na diminuição dos problemas de interrupção de energia causados por aves e outros animmais.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo apresentamos a relação de material utilizado na confecção do circuito sonoro, bem como as etapas de construção do transformador de corrente (TC) e procedimento experimental executado nesse trabalho.

3.1 CONSTRUÇÃO DO CIRCUITO SONORO

O circuito sonoro (figura 14) utilizado para inibir a presença de aves no perímetro de rede eletrificada é composto de:

- Uma placa de circuito impresso de uma face;
- Dois potenciômetros de $100\text{k}\Omega$;
- Um capacitor eletrolítico $1000\mu\text{f}$;
- Três resistores de $1\text{k}\Omega$ cada;
- Três capacitores cerâmicos de 10nf ;
- Um regulador Lm 7812;
- Um transformador de corrente;
- Ponte retificadora.

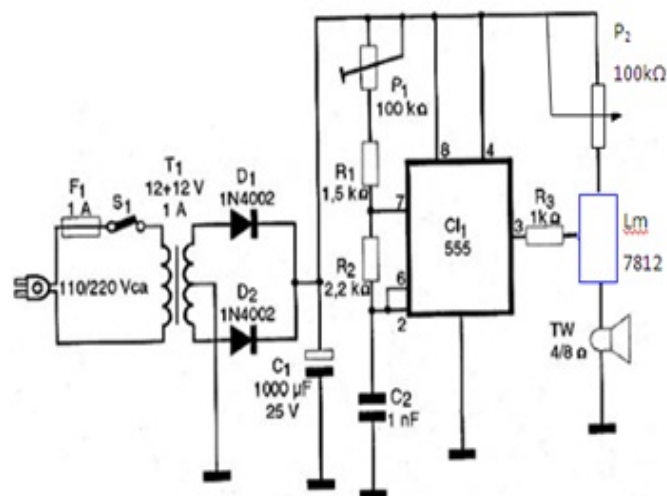


Figura 14: Circuito do dispositivo sonoro

Fonte: Adaptado de <http://www.newtoncbraga.com.br/>

3.2 CONSTRUÇÃO DO TRANSFORMADOR DE CORRENTE

Para a construção do transformador de corrente (Figura 15) foi utilizado para o núcleo duas barras de ferrite no formato de U do tipo encontrado em flyback de televisores TRC (Tubos de Raios Catódicos) unidas pelas pontas livres. O qual foi envolvido em uma das extremidades por espiras de fio de cobre de 23 mm.

A extremidade oposta à bobina do TC (transformador de corrente) foi deixada livre para que pudesse ser instalada diretamente a rede elétrica. O número de espiras do TC foi ajustado de modo a fornecer a alimentação necessária para o circuito sonoro.



Figura 15: Transformador de corrente

Fonte: Próprio autor

3.3 MONTAGEM DO CIRCUITO ELETRÔNICO

Todos os dispositivos eletrônicos foram montados sobre uma placa de fenolite (placa de circuito impresso com uma das faces coberta por uma fina camada de cobre) que serviu como base para o circuito sonoro (Figura 16).

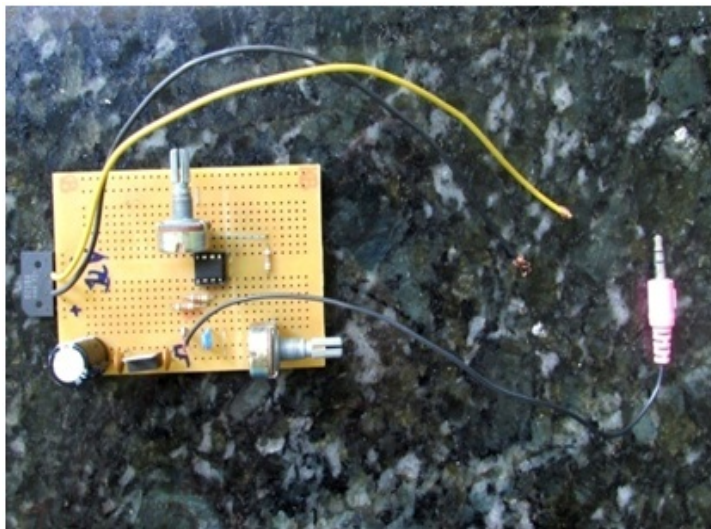


Figura 16: Dispositivo sonoro montado na placa de fenolite

Fonte: Próprio autor

Nesse dispositivo o circuito integrado 555 funciona como um oscilador. O conjunto de resistores, capacitores e potenciômetros são responsáveis por determinar a frequência de oscilação do circuito integrado 555. A fonte de alimentação é composta por uma ponte retificadora e um capacitor eletrolítico, que funcionando em conjunto convertem a corrente alternada em corrente contínua. O acoplamento do circuito a rede elétrica é feito por intermédio do TC (Figura 3), que por sua vez alimenta a fonte do circuito.

Nessa configuração utilizamos dois potenciômetros que servem para garantir um ajuste fino na frequência de oscilação do circuito, o que influencia diretamente na frequência emitida pelo protótipo.

O funcionamento do circuito pode ser observado de dois modos diferentes.

3.3.1 Modo indireto

No modo indireto o circuito foi montado na interface do simulador Multisim na versão estudantil (Figura 17) um programa que verifica o funcionamento do circuito e possibilita medir os parâmetros de interesse.

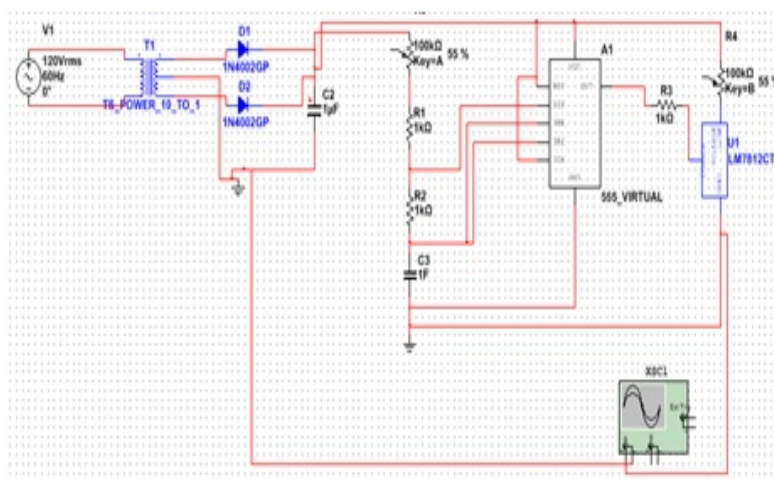


Figura 17: Simulação do circuito sonoro no Multisim

Fonte: Próprio autor

3.3.2 Modo direto

No modo direto uma caixa de som foi acoplada à saída do circuito sonoro. Que uma vez acoplado a rede elétrica pode emitir ruídos observáveis no alto-falante. A figura 18 mostra a configuração experimental.

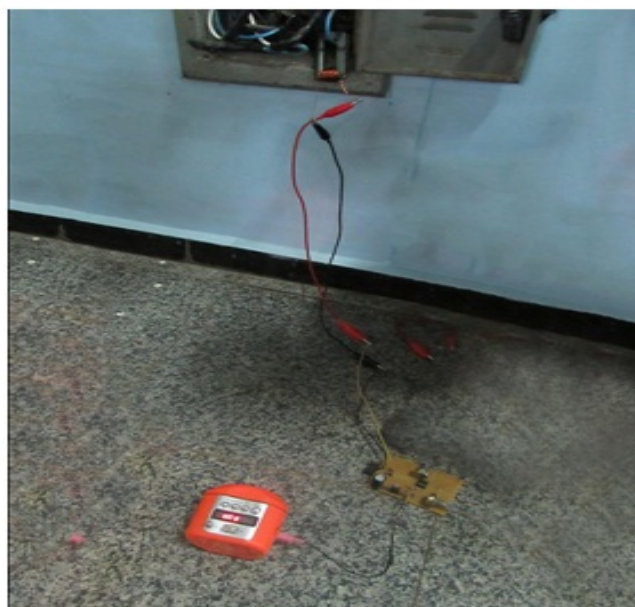


Figura 18: Circuito sonoro acoplado a caixa de som

Fonte: Próprio autor

Os resultados obtidos em cada um dos modos de teste é apresentado no capítulo 4.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresentamos os resultados obtidos em cada etapa de realização experimental.

Esse trabalho foi realizado em três etapas:

- Primeiro a simulação de um circuito sonoro pelo simulador Multisim.
- Segundo a construção de um transformador de corrente e a montagem do circuito sonoro.
- Terceiro o teste de funcionamento do circuito sonoro

4.1 SIMULAÇÃO DE UM CIRCUITO SONORO

Depois de selecionados todos os componentes do circuito sonoro (disponibilizados na barra de ferramentas do simulador multisim) e conectados de maneira correta deu-se início a simulação para verificação de seu funcionamento. O que pode ser confirmado observando os padrões de ondas exibido pelo osciloscópio do simulador. Através do ajuste do potenciômetro do circuito verificou-se a mudança do padrão de onda formada.

4.2 TRANSFORMADOR DE CORRENTE

O primário do transformador foi acoplado diretamente a uma fase da rede elétrica de 127V. Semelhante ao que fazemos quando ligamos um alicate amperímetro para medir a corrente por um fio.

O ajuste de tensão fornecido pelo transformador de corrente (TC) foi obtido alterando o número de espiras em seu secundário. No primeiro teste quando foi feito 53 espiras para o secundário do TC, o valor de tensão obtido em seus terminais foi de 4,44V. No segundo teste utilizou-se 65 espiras no secundário obtendo uma tensão de 11,6V. E por fim aumentando o número de espiras para 90 a tensão obtida foi de 22V. O que pareceu satisfatório para alimentar o circuito, tendo visto que o mesmo utiliza um regulado LM 7812.

4.3 MONTAGEM DO CIRCUITO SONORO

Todos os dispositivos eletrônicos que compõem o circuito sonoro foram adquiridos em uma loja especializada no comercio de eletrônicos. E montado segundo o esquema fornecido pelo simulador (figura 17) sobre uma placa de fenolite (figura 16).

4.3.1 Teste do circuito

Após as etapas de construção, o transformador de corrente (TC) foi acoplado ao circuito sonoro e o mesmo acoplado a uma caixa de som e ao osciloscópio. O primário do TC foi acoplado à rede elétrica. Para verificar o funcionamento ajustou-se o potenciômetro para vários valores de frequência. Para valores audíveis ao ser humano a resposta sonora pode ser ouvida através da caixa de som. Assim pode ser constatado o funcionamento do dispositivo. Usando o osciloscópio (Figura 19) também pode ser observado o funcionamento do dispositivo. As Figuras 19 e 20 mostram o padrão de onda para frequências de 100Khz e 50Khz.

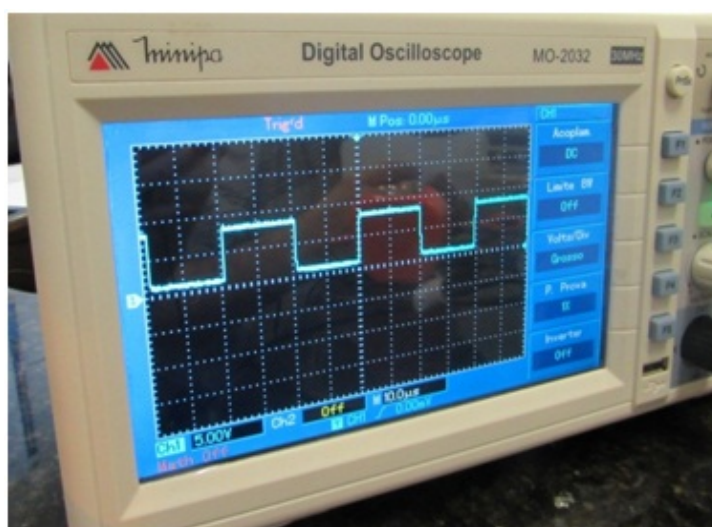


Figura 19: Padrão de onda para 100Khz

Fonte: Próprio autor

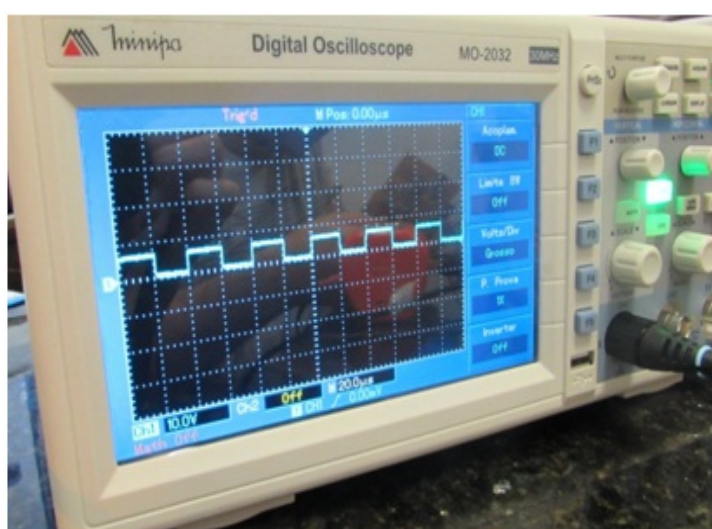


Figura 20: Padrão de onda para 50Khz

Fonte: Próprio autor

5 CONCLUSÃO

Com esse trabalho foi possível concluir que a acoplagem do circuito pode ser feita diretamente à rede elétrica. Sendo necessário ajustar o número de espiras do transformador de corrente segundo a necessidade do circuito sonoro e também da disponibilidade de tensão da rede elétrica

O uso do potenciômetro na saída do circuito permitiu o acesso a várias frequências diferentes. Possibilitando seu uso de forma mais ampla. Podendo então esse dispositivo ser aplicado para inibição da presença de varias outras espécies de animais.

Como trabalho futuro pretende-se mapear as frequências emitidas pelo dispositivo e cruzar os dados para diversas espécies de animais e classificar o uso do circuito a fim de atender as necessidades de proteção da vida animal. Além obter informações mais precisas de quais são as espécies mais afetadas e o tipo de estrutura elétrica que mais ocorre o problema e dessa forma melhorar a eficácia do uso do dispositivo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- _____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008.
- BOHR, M. **Tutorial de Eletrônica, Aplicações com 555**. 2016. Disponível em: <<http://www.artmec.com.br/download/documentos/eletronica/mec1100/aplicacoescom555.pdf>>. Acesso em 08 nov. 2016.
- CAMINHA, A. C. **Introdução à proteção dos sistemas elétricos**. São Paulo: Blucher, 2009.
- CAPELLI, A. **Energia Elétrica para sistemas automáticos de proteção**. São Paulo: Érica, 2010.
- _____. **Relatório anual e de sustentabilidade**. Santa Catarina: CELESC, 2012.
- COSTA, P. R. F. et al. **Redução de curto-circuitos provocados por pequenos animais nas subestações da Cemig**. 2008. Disponível em: <<http://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/01/Reduc%CC%A7a%CC%83o-de-Curtos-Circuitos-Provocados-por-Pequenos-Animais-nas-Subestac%CC%A7o%CC%83es-da-CEMIG.pdf>>. Acesso em 27 jul. 2016.
- CURUCI, T. **Aves fazem ninhos em transformadores**. 2007. Disponível em: <<http://www.jcnet.com.br/editoriasnoticias.php?codigo=104918ano=2007>>. Acesso em 22 set. 2016.
- DAQUINO, F. **Como as placas de circuito impresso são produzidas**. 2012. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/como-e-feito/18501-como-as-placas-de-circuito-impresso-sao-produzidas.htm>>. Acesso em 29 out. 2016.
- DELANNOY, C. A. **Visión, audición, y olfato en aves**. 2016. Disponível em: <<http://www.uprm.edu/biology/profs/delannoy/visaudolf.htm>>. Acesso em 18 set. 2016.
- DIAS, I. A. **Materiais Elétricos**. 2016. Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/la-mat/downcompendio/compendiov5.pdf>> Acesso em 08 nov. 2016.
- ELETROCODE. **Ponte retificadora**. 2016. Disponível em: <<http://www.eletricode.com.br/ponte-retificadora/>>. Acesso em 03 nov. 2016.
- FRAGOSO, C. M. **Transformadores teoria e projeto**. 2010. Disponível em: <<http://eletronicaifpb.6te.net/files/Transformadores.pdf>> Acesso em 18 nov. 2016.
- INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Como funcionam os capacitores eletrolíticos**. 2014. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/9293-como-funcionam-os-capacitores-eletroliticos-art1819>>. Acesso em 05 nov. 2016.
- LEITE, S. **Curso de Robótica com Arduíno**. 2015. Disponível em: <<https://prezi.com/wla2cc3wvnxq/curso-de-robotica-com-arduino/>>. Acesso em 28 out. 2016.

- LIMA, R. **Capacitor eletrolítico**. 2011. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/capacitor-eletrolitico/711>>. Acesso em 07 nov. 2016.
- MARTINS, E. F. et al. **Redução da interferência de animais nos sistemas de sub-transmissão e distribuição experiência da Enersul**. 2008. Disponível em : <<http://www.cgti.org.br/publicacoes/2016/01/14/reducao-da-interferencia-de-animais-nos-sistemas-de-subtransmissao-e-distribuicao-experiencia-da-enersul/>>. Acesso em 15 set. 2016.
- MECÂNICA INDUSTRIAL. **O que são ferrites**. 2016. Disponível em: <<http://www.mecanicaindustrial.com.br/288-o-que-sao-ferrites/>>. Acesso em 18 out. 2016.
- MEHL, E. **Conceitos fundamentais sobre placas de circuito impresso**. 2016. Disponível em <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te232/textos/PCIConceitosfundamentais.pdf>> Acesso em 05 nov. 2016.
- MENQ, W. **Principais ameaças das aves de rapina do Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.avesderapinabrasil.com/ameacaspreservacao.htm>>. Acesso em 10 set. 2016.
- NOVAES, C. **Linhas de transmissão**. 2016. Disponível em: <<http://wikieletrica.com/eletricidade/transmissao/transmissao-de-energia-eletrica.html>> Acesso em 26 out.
- OLIVEIRA, G. **Funcionamento, tipos e aplicações do capacitor**. 2015. Disponível em: <<http://www.sabereletrica.com.br/entenda-o-funcionamento-dos-capacitores>>. Acesso em 06 nov. 2016
- PEREIRA, E. **Transmissão de Energia Elétrica**. 2012. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgHVwAH/transmissao-energia-eletrica-apostila>>. Acesso em 27 out. 2016.
- POUGH, F. H. et al. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2008.
- _____. **Relatório técnico final. Estudo sobre o Impacto das Linhas Eléctricas de Média e Alta Tensão na Avifauna em Portugal**. Portugal: SPEA; QUERCUS A.N.C.N, 2007.
- REIS, M. **Potenciômetro**. 2013. Disponível em: <<http://baudaeletronica.blogspot.com.br/2011/09/potenciometro.html>>. Acesso em 10 nov. 2016.
- SIGMA TRANSFORMADORES. **O transformador**. 2016. Disponível em: <<http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador/>>. Acesso em 10 nov. 2016.
- SILVA, C. R. da. **Transformadores para instrumentos**. 2016. Disponível em: <<http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carlosroberto/materiais/TransformadoresParaInstrumentos2.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2016.
- SILVA, D. C. M. da. **Resistores**. 2016. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/resistores.htm>>. Acesso em 14 nov. 2016.

SILVA, M. S. da. **O Infrassom e o Ultrassom**. 2016. Disponível em: <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/o-infrasom-ultrasom.htm>>. Acesso em 20 set. 2016.

Software NI Multisim Circuit versão Design Suite 14.0.1 Education. Disponível em: <<http://www.ni.com/multisim/student-edition/pt/>>. Acesso em 20 nov. 2016

TELLES, R. **Aprofundando sobre o porque os pássaros não tomam choque no fio de alta tensão**. 2013.

Disponível em: <<http://www.ufjf.br/fisicaecidadania/conteudo/eletromagnetismo/eletricidade/aprofundando-sobre-o-porque-os-passaros-nao-tomam-choque-no-fio-de-alta-tensao/>>

Acesso em 20 jun. 2016.

TESMER, H.; PORT, D. **Interferências de aves em redes aéreas- A experiência da CEE no Rio Grande do Sul**. 1998. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/>>. Acesso em 20 set. 2016.

TV TAQUARI. **Cemat reforma rede para evitar morte de tuiuiús em Cáceres**. 2011. Disponível em: <<http://tvtaquari.com.br/cemat-reforma-rede-para-evitar-morte-de-tuiuius-em-caceres/>>. Acesso em 28 jun. 2016.

WENDLING, M. **Reguladores de Tensão**. 2009. Disponível em: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2—ci-reguladores-de-tensao—v1.0.pdf>>. Acesso em 07 nov. 2016.