

ELETRÔNICA IV



GOVERNO DO ESTADO DO
AMAZONAS

CETAM

CENTRO DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA DO AMAZONAS

ELETRÔNICA IV

Robson Passos Barbosa

2016

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Governo do Estado do Amazonas

Centro de Educação Tecnológica do Amazonas

Diretora-Presidente/CETAM

Joésia Moreira Julião Pacheco

Diretora Acadêmica

Maria Stela Brito Cyrino

Organização

Coordenação de Cursos de Formação Inicial e Continuada

Revisão

Fabíola Chaves da Silva

Projeto Gráfico - Capa

Suely de Brito Corrêa

APRESENTAÇÃO

O Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec) tem como objetivo expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos técnicos e profissionais de nível médio, e de cursos de formação inicial e continuada para trabalhadores e pessoas expostas a exclusão social.

Além disso, o Pronatec visa à ampliação de vagas e expansão das redes estaduais de educação profissional. Ou seja, a oferta, pelos estados, de ensino médio concomitante com a educação profissional e a formação inicial e continuada para diversos públicos.

No CETAM o PRONATEC é entendido como uma ação educativa de muita importância, fomentando o acesso das pessoas a educação profissional e ampliando as ofertas da instituição, consolidando uma política de governo de qualificar pessoas, como instrumento de cidadania para gerar ocupação e renda

SUMÁRIO

1. SIMBOLOGIA E NORMAS TÉCNICAS ABNT DE COMPONENTES ELETRÔNICOS	9
1.1 SIMBOLOGIA GRÁFICA DE PORTAS LÓGICAS PADRÃO AMERICANO... 17	
1.2 SIMBOLOGIA GRÁFICA DE FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC E AC	18
1.3 OUTROS SÍMBOLOS USADOS NA ELETRÔNICA.....	19
2. DESENHO AUXILIADO POR SOFTWARE	20
2.1 DIAGRAMA ELETRÔNICO	20
2.2 DESENHO DE DIAGRAMA ELETRÔNICO	20
2.2.1 Desenho de esquema de blocos	21
2.2.2 Desenho de esquema simplificado	21
2.2.3 Desenho de esquema completo	22
2.2.4 Desenho de vista de localização	23
2.2.5 Esquema de fiação	23
2.2.6 Esquema de chapeado.....	24
3. CONHECENDO O SOFTWARE NI MULTISIM	27
3.1 CAPTURA E SIMULAÇÃO	31
3.1.1 Exercícios de captura e simulação	36
3.2 OSCILOSCÓPIO E SINAIS ALTERNADOS (AC).....	38
3.2.1 Exercícios de simulação com osciloscópio	40
.....	41
3.3 ELEMENTOS DIGITAIS	41
3.3.1 Exercícios com elementos digitais	43
3.4 PORTAS LÓGICAS TTL E CMOS.....	44
3.4.1 Exercícios com TLL e CMOS	46
4. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS, FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPONENTES ELETRÔNICOS.	47
4.1 RESISTORES	52
4.2 CAPACITORES	53
4.3 DIODO RETIFICADOR.....	54
4.4 TRANSISTOR	55
4.5 FUSÍVEL	56
4.6 INDUTOR.....	57

4.7	C.I – CIRCUITO INTEGRADO	59
5.	INTERPRETAÇÃO DE DIAGRAMAS ELETRÔNICOS	61
5.1	OS SÍMBOLOS	63
5.2	AS LIGAÇÕES	65
5.3	CONFERINDO AS MONTAGENS.....	68
5.3.1	Exercício de interpretação de diagramas	69
6.	MATERIAIS ELÉTRICOS, QUÍMICOS E MECÂNICOS RELACIONADOS À CONFECÇÃO DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS	70
6.1	MATERIAIS CONDUTORES.....	71
6.2	MATERIAIS ISOLANTES.....	72
6.3	MATERIAL SEMICONDUTOR	72
6.4	PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI).....	74
6.5	MATERIAL QUÍMICO NA CONFECÇÃO DAS PLACAS PCI	75
6.6	MATERIAL MECÂNICO	76
7.	TÉCNICAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS	80
7.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA	81
7.2	ESTRATÉGIA PARA A BUSCA DE FALHAS.....	82
7.2.1	Identificando falhas no transistor	83
7.2.2	Identificando falhas no diodo	85
7.2.3	Identificando falhas no capacitor.....	87
2.1	NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS NA INDÚSTRIA (ABNT)	92
1.1	NORMAS DE SISTEMA DE ATERRAMENTO ELETRICO E PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	92
1.2	NORMAS DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA	93
1.3	NORMAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM UNIDADES MARÍTIMAS FIXAS E MÓVEIS	93
1.4	EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, CIENTÍFICOS E MÉDICOS — CARACTERÍSTICAS DAS PERTURBAÇÕES DE RADIOFREQUÊNCIA — LIMITES E MÉTODOS DE MEDIÇÃO.	93
1.5	MATERIAL ISOLANTE ELÉTRICO — AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO TRILHAMENTO E EROSÃO SOB CONDIÇÕES AMBIENTAIS SEVERAS	94
1.6	CABO TELEFÔNICO BLINDADO PARA REDES INTERNAS - ESPECIFICAÇÕES.....	95
1.7	INDICADORES DOS MEDIDORES ELÉTRICOS DA TEMPERATURA E DO NÍVEL DO COMBUSTÍVEL – ESPECIFICAÇÃO.....	95

1.8 LÍQUIDOS ISOLANTES ELÉTRICOS - DETERMINAÇÃO DO FATOR DE PERDAS DIELÉTRICAS E DA PERMISSIVIDADE RELATIVA (CONSTANTE DIELÉTRICA) - MÉTODO DE ENSAIO	95
1.9 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV	96
1.10. CABOS DE TELEMÁTICA DE 100 Ω PARA REDES INTERNAS ESTRUTURADAS — ESPECIFICAÇÃO.....	97
1.11. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA — TERMINOLOGIA	97
1.12 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - CLASSIFICAÇÃO	98
1.13 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (FV) – CARACTERÍSTICAS DA INTERFACE DE CONEXÃO COM A REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO	98
1.14. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO - REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA INSTALAÇÃO EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE	98
2. NOÇÕES DE PROJETOS INDUSTRIAIS; ANTE-PROJETO; ARRANJO FÍSICO; ESCOLHA, DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	99
a. CLASSIFICAÇÃO DOS PROJETOS.....	100
i. Projeto conceitual	100
2.1.2 Projeto básico.....	102
2.1.3 Projeto detalhado.....	105
2.1.4 Documentação “as built”	106
3. ENGENHARIA DE PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	108
3.1 REQUISITOS FUNDAMENTAIS DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA.	109
3.2. FORNECIMENTO DE ENERGIA NORMAL.....	111
3.2.1 Quantificação da instalação.....	112
3.2.2 Escolha e dimensionamento dos componentes	115
3.2.3 A documentação do projeto de instalações elétricas	116
3.2.4 Esquemas unifilares	120
3.2.5 Aterramento	122
3.2.6 Iluminação	123
3.3 FLUXO DE INFORMAÇÕES	124
3.3.1 Setor de atuação: Sistema de distribuição de Energia Elétrica	125
Definição da Localização da S.E. Principal e S.E. Centros de Carga.	126
3.3.2 Setor de atuação: Iluminação	130
3.3.3 Setor de atuação: Sistemas de condutos e condutores elétricos.....	132
Seleção dos Tipos de Condutos.	132
.....	132

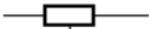
Detalhamento das Instalações	132
3.3.4 Setor de atuação: Aterramento de equipamentos e instalações	134
4. FLUXOGRAMA	136
5. MANUTENÇÃO PREVENTIVA / CORRETIVA / PREDITIVA / DETECTIVA	140
a. MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	140
b. MANUTENÇÃO CORRETIVA	141
5.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA	141
5.4. MANUTENÇÃO DETECTIVA	143

1. SIMBOLOGIA E NORMAS TÉCNICAS ABNT DE COMPONENTES ELETRÔNICOS

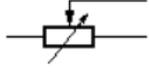
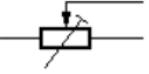
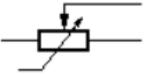
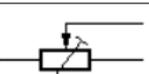
O uso de símbolos gráficos em desenhos de esquemas elétricos serve para representar os componentes, os equipamentos, as relações entre estes e os efeitos físicos que integram o funcionamento completo ou parcial dos mesmo.

Os símbolos gráficos de circuitos elétricos são usados geralmente em projetos de instalações prediais, industriais e placas eletrônicas ou em qualquer aplicação elétrica que precise de uma esquematização através de gráficos.

As tabelas a seguir mostram exemplos de símbolos utilizados em desenhos técnicos relacionado a diagramas de circuitos eletroeletrônicos ou na esquematização de projetos de circuitos eletrônicos. Os símbolos gráficos são estabelecidos pelas normas (NBRs) da ABNT, sendo mais específico a ABNT NBR – 5280:1983 que trata de símbolos literais de identificação de elementos de circuito. [1]

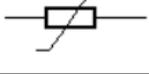
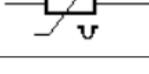
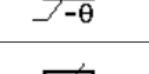
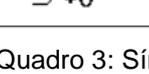
Símbolos gráficos de resistores fixos	
Símbolo	Descrição
 Preferencial	Resistor, símbolo geral
 Não preferencial	
	Resistor com derivação fixa
	Elemento resistivo
	Resistor utilizado como derivador (Shunt)

Quadro 1: Símbolos gráficos de resistores e suas variações
 Fonte: [1]

Símbolos gráficos de potenciômetros	
Símbolo	Descrição
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua de ajuste predeterminado
	Potenciômetro com variabilidade não linear e contínua
	Potenciômetro com variabilidade linear e contínua de ajuste predeterminado

Quadro 2: Símbolos gráficos de potenciômetros e suas variações

Fonte: [1]

Símbolos gráficos de resistores de variabilidade intrínseca	
Símbolo	Descrição
	Resistor de variabilidade intrínseca não linear
	Resistor com variabilidade intrínseca dependente de tensão
	Resistor com variabilidade intrínseca com coeficiente negativo de temperatura - NTCR
	Resistor com variabilidade intrínseca com coeficiente positivo de temperatura - PTCR

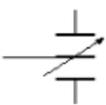
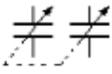
Quadro 3: Símbolos gráficos de potenciômetros e suas variações

Fonte: [1]

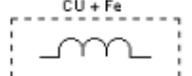
Símbolos gráficos de capacitores	
Símbolos	Descrição
	Capacitor, símbolo geral.
	Capacitor com representação do eletrodo externo
	Capacitor de passagem
	Capacitor eletrolítico não polarizado (bipolar). Se desejar os retângulos podem ser preenchidos
	Capacitor polarizado. Símbolo geral
	Capacitor eletrolítico polarizado. Se desejado, o retângulo pode ser cheio.

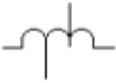
Quadro 4: Símbolos gráficos de capacitores

Fonte: [1]

Símbolos gráficos de capacitores variáveis	
Símbolos	Descrição
	Capacitor variável. Símbolo geral
	Capacitor variável com representação do eletroduto externo
	Capacitor com ajuste pré-determinado
	Capacitor variável com dupla armadura móvel. Nota: $C1 = C2$
	Capacitor polarizado variável não linear dependente da temperatura.
	Capacitor polarizado variável não linear dependente da tensão.
	Capacitores variáveis com acoplamento mecânico

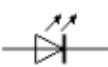
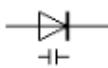
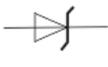
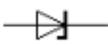
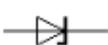
Quadro 5: Símbolos gráficos de capacitores variáveis e seus modelos
Fonte: [1]

Símbolos gráficos de indutores	
Símbolo	Descrição
	Indutor com núcleo de ar. Símbolo geral
	Indutor com núcleo de ferro laminado
	Indutor com núcleo de ferro com entreferro
	Indutor com núcleo de ferrite
	Indutor com núcleo de cobre
	Indutor com núcleo de ferro laminado e com blindagem eletrostática ligada à massa
	Indutor com blindagem de cobre e ferro

	Indutor com derivações
	Indutor variável continuamente
	Indutor variável com núcleo de ferro laminado
	Indutor de ajuste predeterminado com núcleo de ferrite

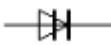
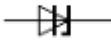
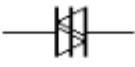
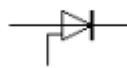
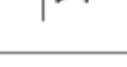
Quadro 6: Símbolos gráficos de indutores

Fonte: [1]

Símbolos gráficos de diodos semicondutores	
Símbolo	Descrição
	Diodo semicondutor, símbolo geral.
	Diodo emissor de luz, símbolo geral.
	Diodo usado como dispositivo capacitivo (varactor ou varicap)
	Diodo Zener
	Diodo Túnel
	Diodo de avalanche, ou Zener, unidirecional (diodo regulador de tensão)
	Diodo de avalanche, ou Zener, bidirecional.
	Diodo unitúnel
	Diodo bidirecional (varistor) Diac

Quadro 7: Símbolos gráficos de diodos

Fonte: [1]

Símbolos gráficos de tiristores	
Símbolo	Descrição
	Tiristor diodo de bloqueio inverso
	Tiristor diodo de condução inversa
	Tiristor diodo bidirecional
	Tiristor triodo, tipo não especificado. Nota: Este símbolo é usado para representar um tiristor triodo de bloqueio inverso, se não for necessário especificar o tipo da porta.
	Tiristor triodo de bloqueio inverso, porta N (anodo controlado)
	Tiristor triodo de bloqueio inverso, porta P (catodo controlado)
	Tiristor triodo bloqueável, pela porta não especificada
	Tiristor triodo bloqueável pela porta N (anodo controlado)
	Tiristor triodo bloqueável pela porta P (catodo controlado)
	Tiristor tetraodo de bloqueio inverso
	Tiristor triodo bidirecional (Triac)
	Tiristor triodo de condução inversa, porta não especificada
	Tiristor triodo de condução inversa, porta N (anodo controlado)

	Tiristor triodo de condução Inversa, porta P (catodo controlado)
	Tiristor triodo PNP com conexão externa de comando (tiristor P)
	Tiristor triodo NPN com conexão externa de comando (tiristor N)

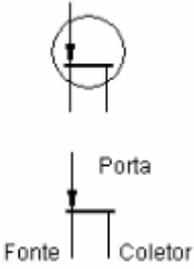
Quadro 8: Símbolos gráficos de tiristores

Fonte: [1]

Símbolos gráficos de transistores bipolares	
Símbolo	Descrição
	Transistor PNP
	Transistor NPN com coletor conectado à envoltória
	Transistor NPN de avalanche
	Transistor de unijunção, com base tipo P
	Transistor de unijunção, com base tipo N
 OU 	Transistor NPN, com base polarizada transversalmente
	Transistor PNIP com conexão à região intrínseca.
	Transistor PNIN com conexão à região intrínseca.

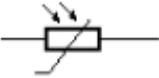
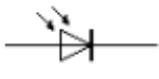
Quadro 9: Símbolos gráficos de transistores

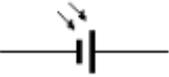
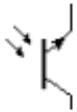
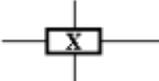
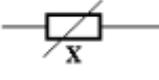
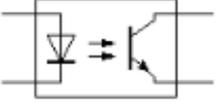
Fonte: [1]

Símbolos gráficos de transistores de efeito de campo (FET), transistores unipolares	
Símbolo	Descrição
 <p>Porta Fonte Coletor</p>	<p>Transistor de efeito de campo, porta conectada, com canal tipo N.</p> <p>Nota: As conexões da porta e da fonte devem estar alinhadas.</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, porta conectada, com canal tipo P</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET).</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET).</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a enriquecimento, uma porta, com canal tipo N, com substrato conectado internamente a fonte (IGFET)</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a depleção, uma porta, com canal tipo N, sem conexão ao substrato (IGFET)</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, porta isolada, tipo a depleção, uma porta, com canal tipo P, sem conexão ao substrato (IGFET)</p>
	<p>Transistor de efeito de campo, duas portas isoladas, tipo a depleção, com canal tipo N, com substrato conectado separadamente (IGFET)</p>

Quadro 10: Símbolos gráficos de transistores FET e unipolares

Fonte: [1]

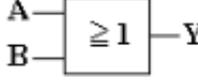
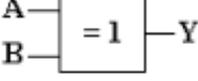
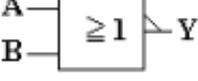
Símbolos gráficos de dispositivos fotossensíveis e magnetossensíveis	
Símbolo	Descrição
	<p>Resistor com variabilidade intrínseca dependente de luz - LDR</p>
	<p>Fotodiodo, Célula fotocondutora com condutividade.</p>

	Célula fotovoltaica
	Fototransistor NPN
	Fototransistor PNP
	Gerador Hall com quatro conexões
	Magnetorresistor, tipo linear.
	Dispositivo de acoplamento magnético isolador magnético
	Dispositivo de acoplamento ótico, isolador ótico com diodo emissor de luz e fototransistor.

6

Quadro 11: Símbolos gráficos de Fotosensores e Magnetosensores

Fonte: [1]

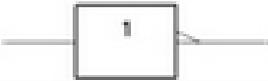
Símbolos gráficos para diagramas lógicos	
Símbolo	Descrição
	Estágios associativos em geral No lugar de X inscrevem-se símbolos que caracterizam a associação
	Função E (AND)
	Função OU (OR)
	Função OU EXCLUSIVO (XOR)
	Função INVERSORA (NOT)
	Função NÃO E (NAND)
	Função NÃO – OU (NOR)

Quadro 12: Símbolos gráficos de portas lógicas

Fonte: [1]

1.1 SIMBOLOGIA GRÁFICA DE PORTAS LÓGICAS PADRÃO AMERICANO

A maioria dos softwares que auxiliam na elaboração de desenho eletrônico utiliza o padrão americano para a simbologia de portas lógicas. Abaixo temos as referências equivalentes das simbologias utilizadas na norma ABNT(IEE) com o padrão americano.

	AMERICANA	IEEE
NOT		
AND		
NAND		
OR		
NOR		
XOR		
XNOR		

Quadro 13: Símbolos gráficos de portas lógicas padrão americano e ABNT
Fonte: [2]

1.2 SIMBOLOGIA GRÁFICA DE FONTE DE ALIMENTAÇÃO DC E AC

A seguir temos a simbologia que alimenta os circuitos eletrônicos, podendo ser DC (Tensão e corrente contínua) e ou AC (Tensão e corrente alternada).

A simbologia apresentada abaixo e muito utilizada para representar os botões seletores de instrumentos de medição eletro eletrônicos, seja multímetros, amperímetros, voltímetros, osciloscópios, etc.

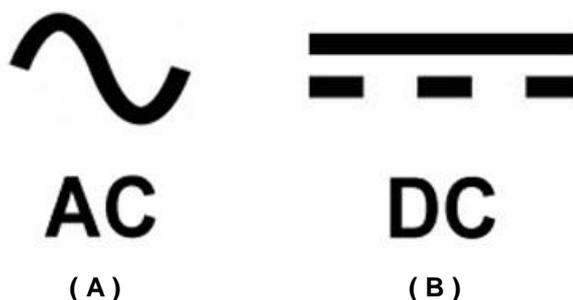


Figura 01: (A) Símbolo de Corrente Alternada; (B) Símbolo de Corrente Contínua
Fonte: Próprio Autor

As simbologias de fonte de alimentação DC podem ser representadas da seguinte forma:

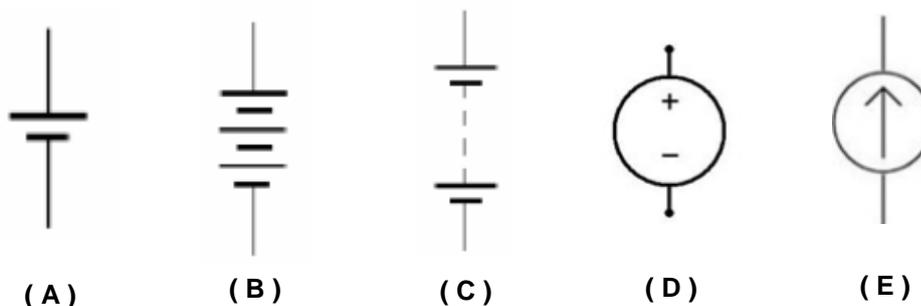


Figura 02: (A) Símbolo de Alimentação de Tensão contínua por pilha ou bateria;
(B) Símbolo de Alimentação de Tensão contínua por pilha ou acumuladores forma 1;
(C) Símbolo de Alimentação de Tensão contínua por pilha ou acumuladores forma 2;
(D) Símbolo de Alimentação de Tensão contínua por Fonte DC;
(E) Símbolo de Alimentação por Corrente contínua DC

Fonte: Próprio Autor

As simbologias de fonte de alimentação AC podem ser representadas da seguinte forma:

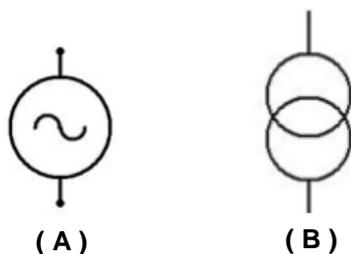


Figura 02: (A) Símbolo de Alimentação de Tensão Alternada; (E) Símbolo de Alimentação por Corrente Alternada AC
Fonte: Próprio Autor

1.3 OUTROS SÍMBOLOS USADOS NA ELETRÔNICA

Há outros vários símbolos utilizados pra representar um esquema eletrônico que não constam nas tabelas acima, símbolos esses que são chaves, botoeiras, interruptores etc.

Abaixo segue alguns desses símbolos gráficos:

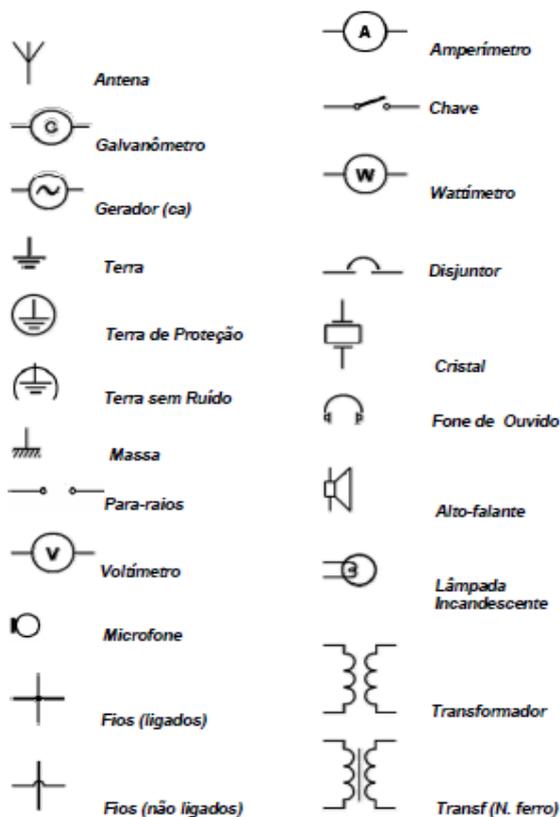


Figura 03: Outros símbolos de componentes de auxilio.
Fonte: [3]

2. DESENHO AUXILIADO POR SOFTWARE

Hoje em dia há muitos programas que podem auxiliar o técnico eletrônico na construção de um circuito eletrônico. Porém antes de começar a manusear esses programas é necessário entender algumas etapas do processo de um Diagrama Eletrônico para poder chegar ao projeto final com sucesso.

2.1 DIAGRAMA ELETRÔNICO

Nas atividades que envolvem projetos eletrônicos, o uso da expressão gráfica de esquemas é muito importante para a simplificação da complexidade de um circuito elétrico que utiliza numerosos componentes e dispositivos.

A representação do circuito elétrico em seus diversos tipos facilita as localizações reais dos dispositivos do projeto e das partes dos componentes. [3]

2.2 DESENHO DE DIAGRAMA ELETRÔNICO

No desenvolvimento de um projeto eletrônico a documentação deve conter desenhos de diagramas eletrônicos em forma de esquemas de bloco, simples com descrição do funcionamento básico da etapa do projeto e uma descrição funcional detalhada dos componentes com o desenho de esquema eletrônico completo. [3]

O desenho de esquema completo deverá servir para a montagem ou execução do projeto. O diagrama eletrônico pode ser simples e ou completo, e tem a finalidade de interpretação do funcionamento do circuito de forma simples como bloco ou de forma funcional como de componente.

O diagrama eletrônico pode ser apresentado basicamente das seguintes formas de desenhos esquemas:

- *Esquema de blocos;*
- *Esquema simplificado;*
- *Esquema completo;*

- *Esquema de vista de localização;*
- *Esquema de fiação;*
- *Esquema de chapeado.*

2.2.1 Desenho de esquema de blocos

O esquema de blocos é uma representação do circuito desenhada por linhas simples em figuras geométricas, e nela estão contidas as informações funcionais básicas, interligadas por setas que indicam o curso do sinal através do sistema ou do circuito elétrico do dispositivo. A figura abaixo mostra um circuito eletrônico na forma de esquema de blocos. [3]

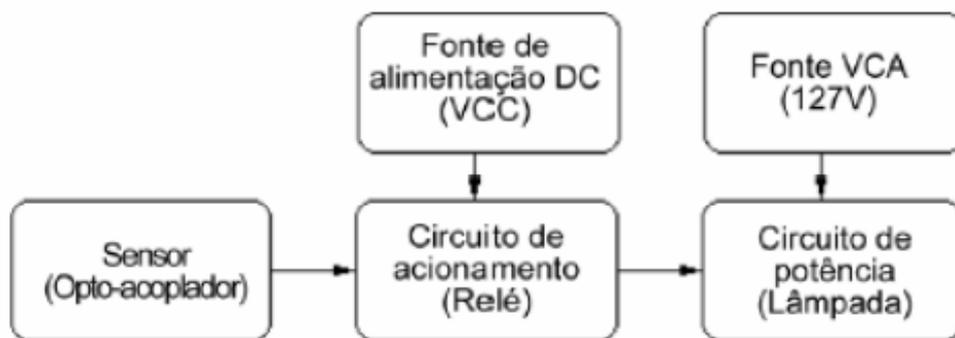


Figura 04: Esquema eletrônico em blocos.
Fonte: [3]

2.2.2 Desenho de esquema simplificado

O esquema simplificado é um desenho de circuito representado através de símbolos gráficos, que não mencionam valores de componentes, mas indicam as ligações básicas necessárias à compreensão de seu funcionamento. O esquema simplificado tem por finalidade facilitar a compreensão de funcionamento de circuito elétrico ou eletrônico.

A figura abaixo mostra um circuito elétrico simplificado de um comando de sensor óptico.

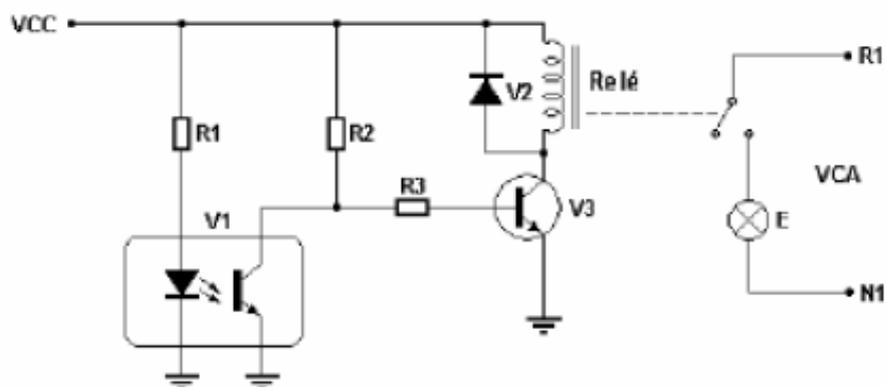


Figura 05: Esquema eletrônico simplificado.
Fonte: [3]

2.2.3 Desenho de esquema completo

O esquema completo é um diagrama elétrico que possui todas as informações identificadas, quanto à numeração e valores. O esquema completo deve possuir as descrições do circuito elétrico devidamente inscrito na legenda, assim como, suas alterações e especificações para proporcionar todas as informações necessárias à compreensão do seu funcionamento. [3]

A figura a seguir mostra um exemplo de esquema elétrico completo.

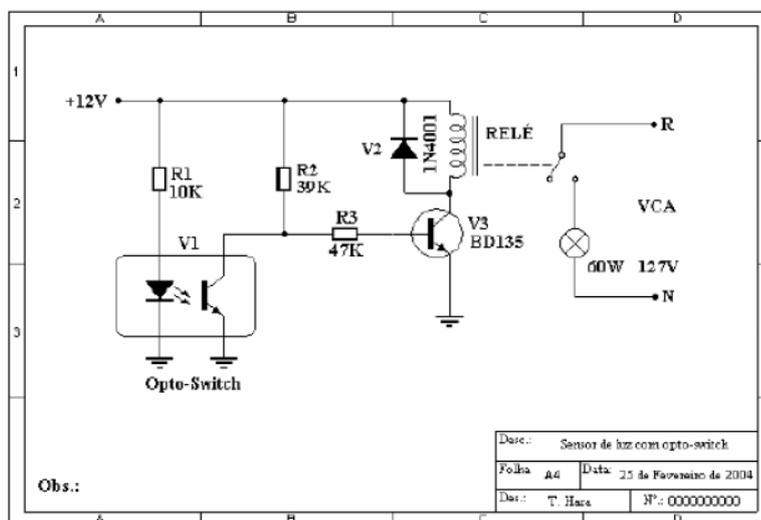


Figura 06: Esquema eletrônico simplificado.
Fonte: [3]

2.2.4 Desenho de vista de localização

O esquema de vista de localização é um desenho que identifica a disposição dos componentes ou das peças que constituem o aparelho, mostrando as suas localizações. Como o desenho requer muito tempo para ser elaborado, esse tipo de desenho pode ser feito com auxílio de uma foto. Sobre a foto são adicionadas as identificações, mostrando a disposição e a localização dos componentes. Na figura abaixo temos um desenho de esquema de vista de localização de uma placa de circuito impresso. [3]

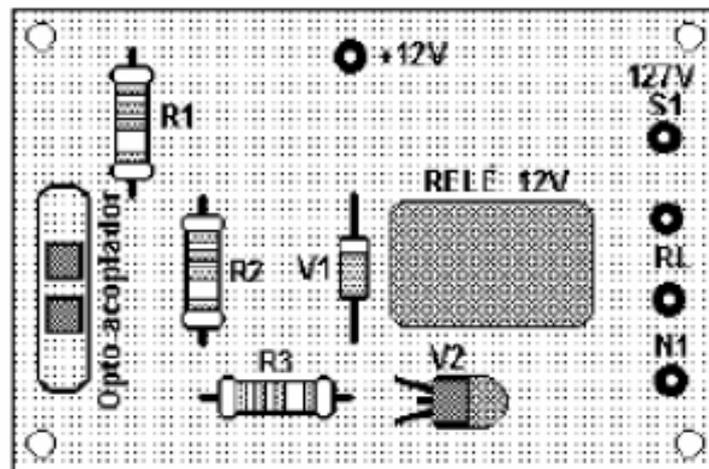


Figura 07: Esquema eletrônico simplificado
Fonte: [3]

2.2.5 Esquema de fiação

O esquema de fiação é o desenho que informa como e onde estão localizados e identificados os componentes, nos quais as ligações são feitas através de fios condutores. É um diagrama esquemático que mostra o circuito como se vê e é chamado também de esquema funcional. Nesse tipo de desenho os componentes do circuito elétrico estão identificados conforme o grupo ao qual pertencem com seus respectivos símbolos literais. [3]

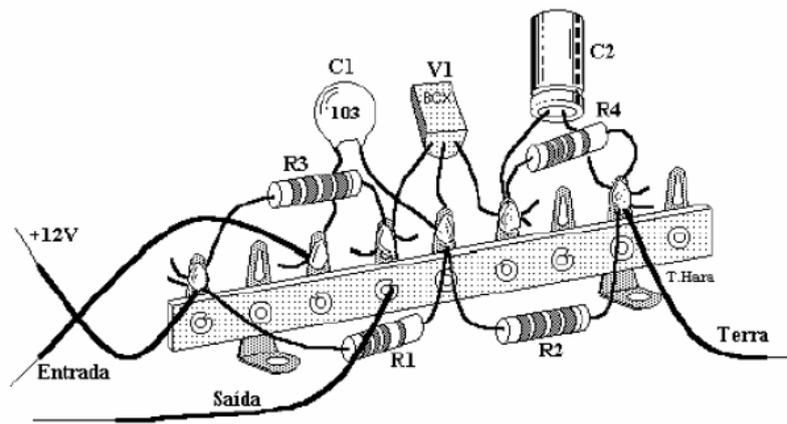


Figura 07: Esquema eletrônico de fiação.
Fonte: [3]

2.2.6 Esquema de chapeado

O desenho de esquema de chapeado é conhecido como desenho de circuito impresso. Os desenhos de circuitos impressos são representações de ligações feitas entre a traçagem e seus componentes devidamente identificados. A figura a seguir mostra um desenho de esquema de chapeado ou circuito impresso de um circuito eletrônico. [3]

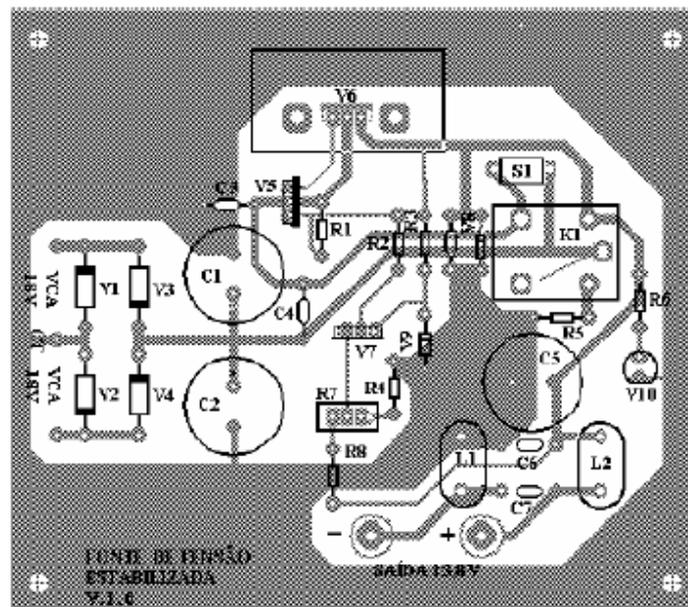


Figura 08: Esquema eletrônico de circuito impresso.
Fonte: [3]

2.2.6.1 Leiaute para circuito impresso

No tópico anterior visto na figura 8 mostra o esquema do circuito impresso, mas ao mesmo tempo mostra o Leiaute do desenho, que pode ser dividido da seguinte maneira :

- ***Desenho de leiaute de mapa de componentes***
- ***Desenho de leiaute do lado da solda***

Com o advento da tecnologia da informática existem inúmeros Softwares de eletrônica que auxiliam no desenho de esquemas elétricos e desenhos de leiautes da PCI.

Esses programas são destinados a projetos de eletrônica e geram toda a documentação necessária para a fabricação da PCI.

O Software de eletrônica é uma ferramenta poderosa que gera além de todos os leiautes da PCI, lista de material, arquivos para os furos de inserção de componentes em máquinas de comando numérico computadorizado (CNC), relatórios etc. permite também converter desenhos de esquema elétrico em desenhos de leiaute da PCI ou vice-versa de forma automática.

Através destes leiautes desenhados pelo método manual podem se gerar os demais documentos para a fabricação da PCI.

Em caso de utilização de software de eletrônica, os desenhos de leiaute de mapa de componentes e de leiaute do lado da solda geram automaticamente todos os demais documentos necessários para a fabricação da PCI.

O leiaute de mapa de componentes é conhecido como desenhos de simbologia. Este desenho é o leiaute de componentes que será impresso na superfície da placa de circuito impresso e serve para a identificação dos componentes que vão ser inseridos na placa de circuito impresso durante a montagem do circuito.

O desenho de mapa de componentes é formado de um conjunto de símbolos gráficos de componentes de tamanho real com seus respectivos contornos e polaridades. [3]

A figura abaixo demonstra um mapa de componentes de uma PCI (Placa de Circuito Impresso)

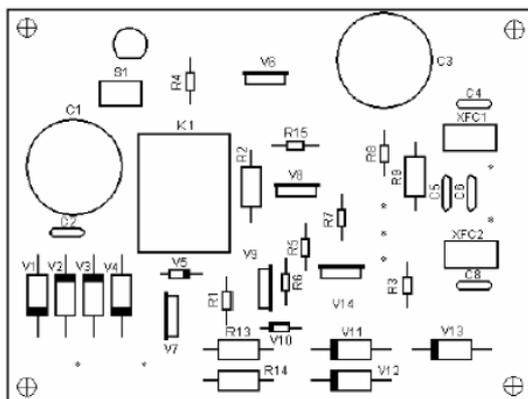


Figura 09: Leiaute de mapa de componentes.
Fonte: [3]

O Leiaute do lado de solda é o traçado condutor do lado da placa onde será efetuada a soldagem dos componentes, soquetes, terminais, etc. Esta face é a face oposta à do mapa de componentes. No caso de uma placa de dupla face, o lado da solda pode ser na face de componentes.

Para elaborar o traçado do lado da solda devemos tomar certos cuidados quanto ao acabamento do traçado, do dimensionamento das trilhas e outros critérios. [3]

Na elaboração de leiautes por meio de software de eletrônica a escala usada é de 1:1 ou seja em tamanho real dos componentes.

Na figura abaixo temos um exemplo de um desenho de leiaute do lado da solda de uma PCI. Esta face é oposta a de leiaute de componentes.

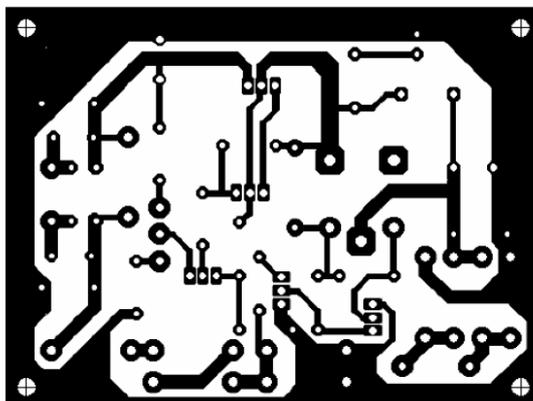


Figura 10: Leiaute de mapa de solda.
Fonte: [3]

3. CONHECENDO O SOFTWARE NI MULTISIM

O NI MULTISIM é um programa ideal para projetar e simular circuitos eletrônicos. Considerada uma das melhores ferramentas para estudantes e profissionais da área eletrônica, pois nesse software é possível simular circuitos simples até microcontroladores, fazer os leiautes para a impressão da placa de circuito.

A simulação é interativa e animada, o que possibilita à melhor interpretação dos resultados obtidos e conseqüentemente uma aplicabilidade mais concisa do projeto.

Os instrumentos são virtuais, possibilitando a análise de gráficos e medidas de maneira fácil, barata e rápida.

A interface de trabalho do NI Multisim é simples, pois trabalha em sua grande maioria com representações gráficas dos elementos a serem utilizados, além de utilizar os mesmos conceitos dos softwares compatíveis ao sistema Windows. [4]

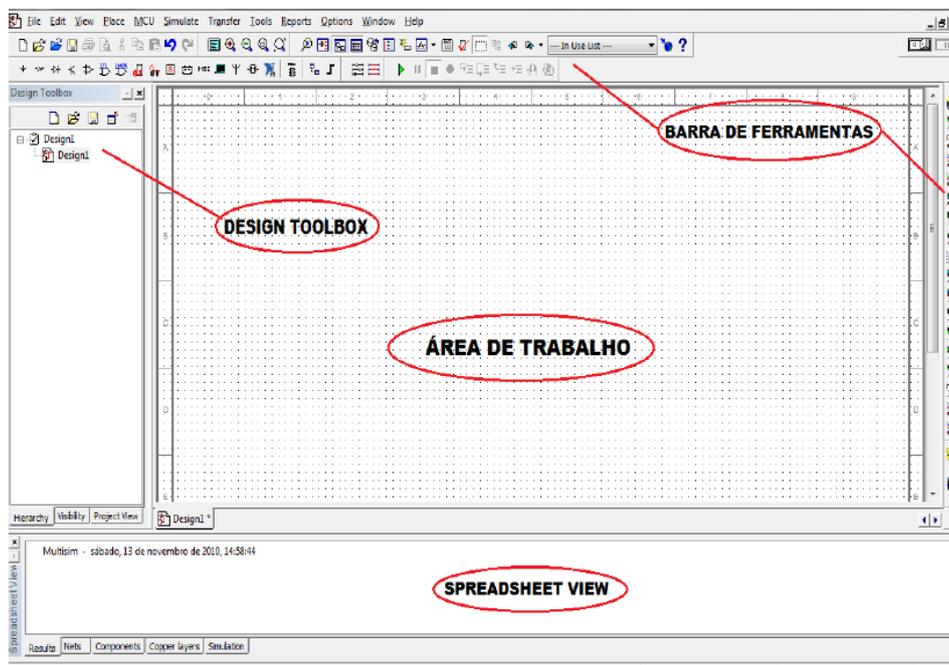


Figura 11: Área de trabalho do NI MULTISIM .
Fonte: [4]

- **Área de trabalho**
Utilizada para desenvolver o esquema elétrico do projeto.
- **Barra de ferramentas**
Auxilia no acesso rápido as listas de componentes e aos instrumentos virtuais ou de análises.
- **Design toolbox (caixa de ferramentas de design)**
Ajuda no gerenciamento dos projetos desenvolvidos no ambiente Multisim
- **Spreadsheet view (exibição de planilha)**
Permite a visualização avançada e edição de parâmetros como detalhe dos componentes, atributos e restrições do design.
Proporciona uma visão ampla dos objetos.

Os botões para seleção de componentes e instrumentos da barra de ferramentas estão descritos a seguir.

BOTÃO	DESCRIÇÃO
	Grupo de fontes e terras virtuais.
	Grupo de componentes básico como chaves, resistores, capacitores, indutores, transformadores, conectores, entre outros.
	Grupo dos Diodos retificadores, Zener, LED, SCR, DIAC, TRIAC, entre outros.
	Grupo dos Transistores em geral, conexões Darlington, JFET, entre outros.
	Grupo dos Amplificadores Operacionais.
	Grupo dos circuitos integrados TTL.
	Grupo dos circuitos integrados CMOS.
	Grupo dos elementos digitais como Portas Lógicas, Decodificadores e Flip-Flops virtuais, além de microcontroladores, memórias, entre outros.
	Grupo dos Multivibradores.
	Grupo dos elementos de potência como fusíveis e reguladores de tensão.
	Grupo dos elementos indicadores como Voltmetro, Amperímetro, Buzzer, Lâmpada, Display de LED, entre outros.

Button	Description
	Grupo de miscilneos como cristais, transdutores, optoacopladores, entre outros.
	Grupo de periféricos avançados, composto por sistema com esteira, semáforo, reservatório e indicador.
	Grupo de componentes para RF.
	Grupo de componentes eletromecânicos como motores, solenóides, chaves sensíveis, entre outros.
	Grupo de microcontroladores e memórias.
	Grupo de blocos hierarquicos. Responsável pela seleção de prioridade na leitura dos projetos.
	Ícone para criação de barramentos.

Quadro 14: Botões de componentes no NI MULTISIM
Fonte: [4]

O NI MULTISIM também dispõe de instrumentos de medição, a seguir os botões de instrumentos.

BOTÃO	DESCRIÇÃO
	MULTIMETRO para análise de sinais AC e DC.
	GERADOR DE SINAL para geração de sinais alternados tipo senoide, quadrado e triangular.
	WATTMETRO para análise de potências nos circuitos.
	OSCLOSCÓPIO de dois canais para análise de sinais.
	OSCLOSCÓPIO de quatro canais para análise de sinais.

	DIAGRAMA DE BODE representa gráficamente a resposta em frequência de um sistema.
	CONTADOR DE FREQUENCIA para análise de frequência de sinais.
	GERADOR DE PALAVRAS para gerar estímulos digitais ou bits pré-determinados.
	ANÁLISADOR LÓGICO para aquisição rápida de dados lógicos.
	CONVERSOR LÓGICO habilitado para converter sinais digitais em expressões BOOLEANAS.
	ANÁLISADOR IV habilitado para analisar curvas de tensão-corrente de DIODOS, PNP e NPN BJT, PMOS e NMOS.
	ANÁLISADOR DE DISTORÇÃO habilitado para análise de distorção de sinais.
	ANÁLISADOR DE SPECTRUMS utilizado para relacionar amplitude e frequência de modulação de sinais RF.
	ANÁLISADOR DE REDES utilizado para analisar as propriedades das redes elétricas.
	GERADOR DE SINAL AGILENT para geração de sinais alternados tipo senoidal, quadrado e triangular.
	MULTIMETRO AGILENT para análise de sinais AC e DC.
	OSCLOSCÓPIO AGILENT para análise de sinais.
	OSCLOSCÓPIO TEKTRONIX para análise de sinais.
	SONDA DE CORRENTE converte a corrente em sinais de tensão na sua saída.
	INSTRUMENTOS LABVIEW para trabalhar com informações INPUT e OUTPUT.
	INDICADOR DE MEDIDAS para análise fácil e rápida de tensão, corrente e frequência de sinais em diferentes pontos do circuito.

Quadro 15: Botões de instrumentos no NI MULTISIM
Fonte: [4]

3.1 CAPTURA E SIMULAÇÃO

Nesta etapa, será mostrado como fazer a captura e simulação de circuitos relacionados à eletrônica analógica e eletricidade básica.

A figura a baixo é um modelo de um circuito simples com resistores de variados valores e uma alimentação por bateria. Vejamos o passo a passo de como construir esse circuito no simulador

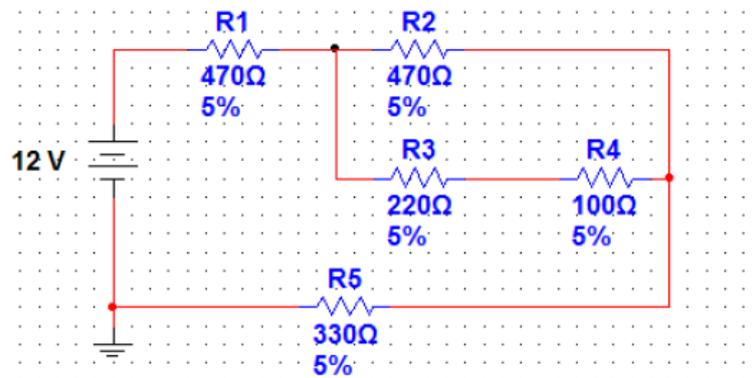


Figura 12: Modelo de circuito pelo NI MULTISIM.
Fonte: [4]

Para acessar a biblioteca de componentes basta clicar em **Place >> Component...**

Já na biblioteca de componentes, basta selecionar o elemento desejado e ajustá-lo na área de trabalho. Esse processo será repetido quantas vezes forem necessárias para a inserção de todos os elementos do circuito.

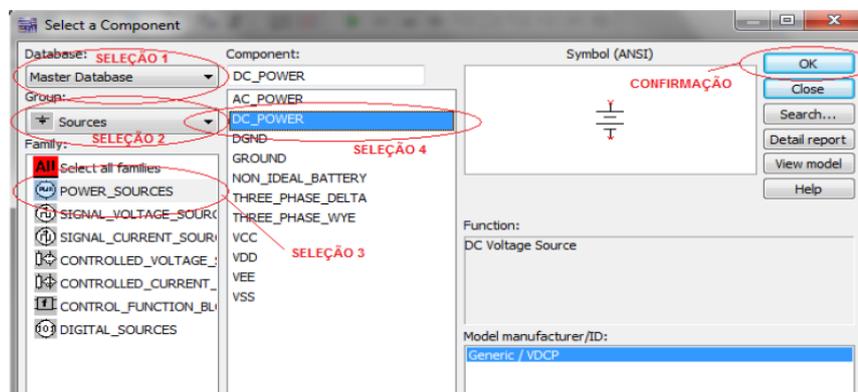


Figura 13: Inserção de Fonte DC.
Fonte: [4]

Após inserir a fonte, o passo seguinte é inserir os resistores como mostra a figura abaixo.

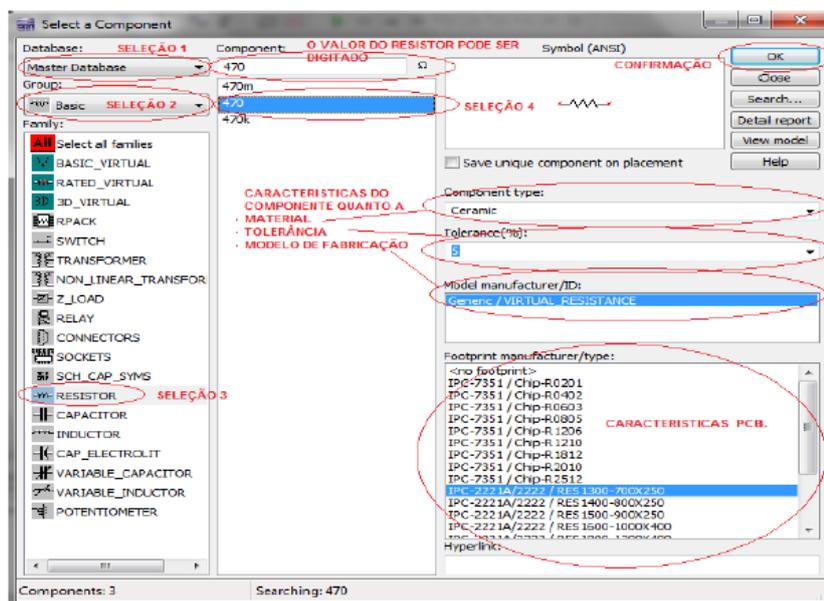


Figura 14: Inserção de resistores.
Fonte: [4]

Estando todos os elementos na área de trabalho, basta clicar em cima de um dos componentes com o mouse (BOTÃO ESQUERDO) e arrastá-lo para o local desejado.

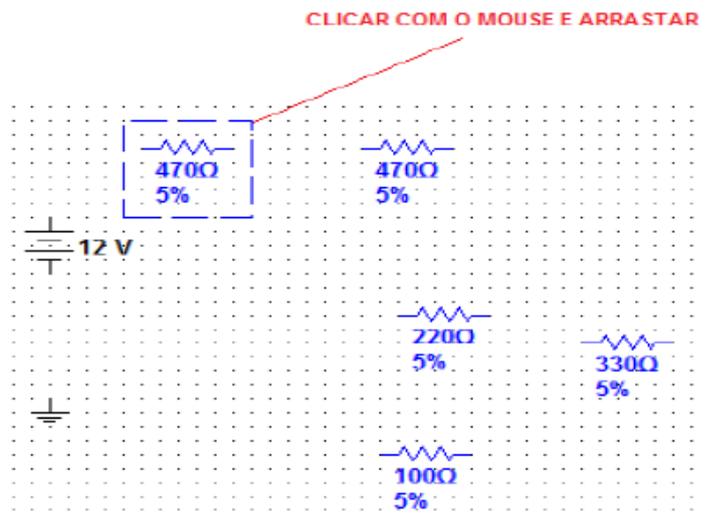


Figura 15: Movimentação dos componentes pela área de trabalho.
Fonte: [4]

Caso seja necessária a mudança de algumas características do componente quanto a propriedades, rotação, cor, fonte do texto, exclusão,

substituição, entre outros. Basta clicar com o botão direito do mouse sobre o componente.

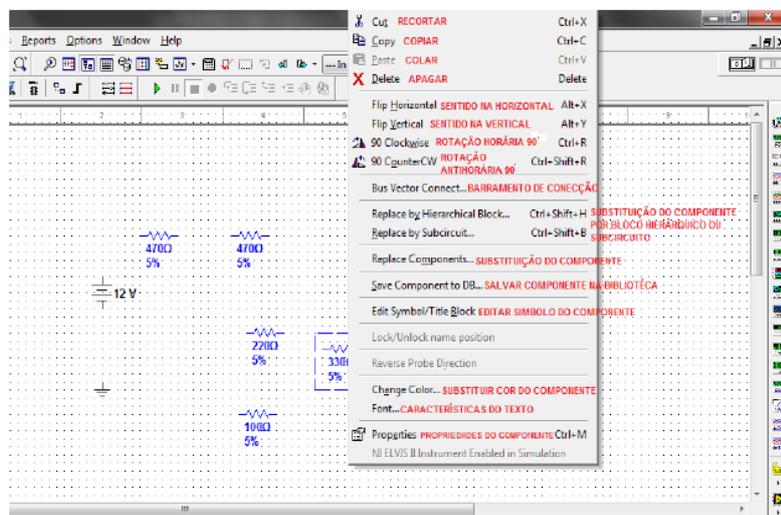


Figura 16: Características do componente.
Fonte: [4]

Componentes selecionados e configurados basta conectá-los entre si. Para isso clique com o mouse (botão esquerdo) no terminal de um dos componentes e arraste até o terminal do outro componente que se deseja conectar.

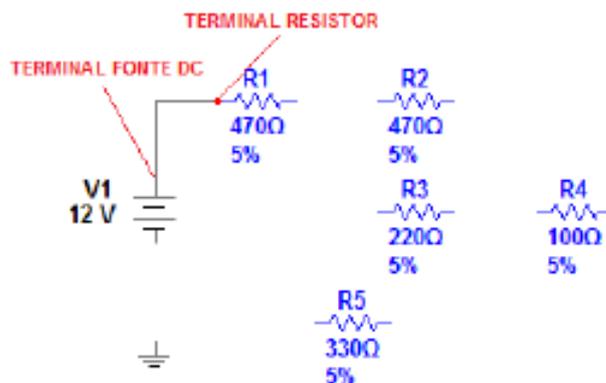


Figura 17: Conexão dos componentes.
Fonte: [4]

Passada todas as etapas de captura e construção do esquema elétrico. Será visto como inserir um instrumento virtual para análise dos sinais.

A princípio será trabalhado o Multímetro Virtual.

Lembrando que para análise de tensão (Multímetro como Voltímetro), coloca-se o instrumento em paralelo com o circuito. Já para análise de corrente (Multímetro como Amperímetro), coloca-se o instrumento em série com o circuito.

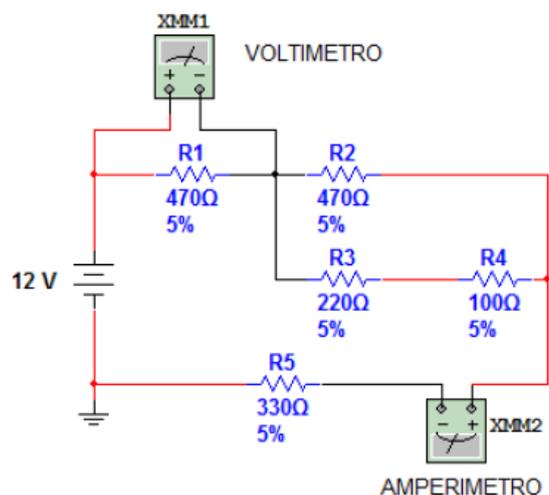


Figura 18: Associação de resistores com Voltímetro e Amperímetro.
Fonte: [4]

Para inserir um Multímetro no circuito, basta clicar em **Simulate >> Instruments >> Multimeter**.

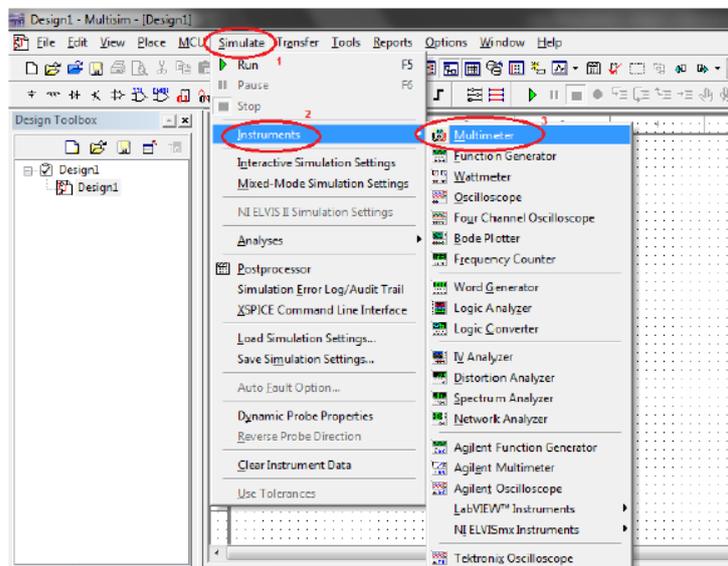


Figura 19: Inserção de Multímetro Virtual.
Fonte: [4]

Ao inserir o instrumento no circuito, é necessário ajustá-lo conforme necessidade e características do projeto. Para isso basta dar um duplo click com o mouse (botão esquerdo) em cima do instrumento.

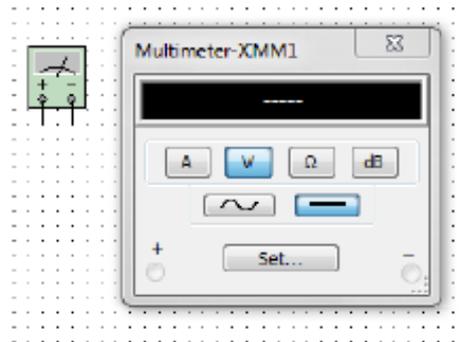


Figura 20: Ajuste do Multímetro Virtual.
Fonte: [4]

A figura acima mostra as propriedades do multímetro, seja para medir corrente, tensão, resistência e decibéis. Também pode ser ajustado para escolher a tensão e corrente alternada ou contínua.

Após todas as etapas para inserção e configuração dos componentes e instrumentos. Será visto como simular o circuito projetado.

- Para iniciar a simulação, basta clicar **Simulate >> Run**.
- Para parar a simulação, basta clicar em **Simulate >> Stop** ou **Pause**.

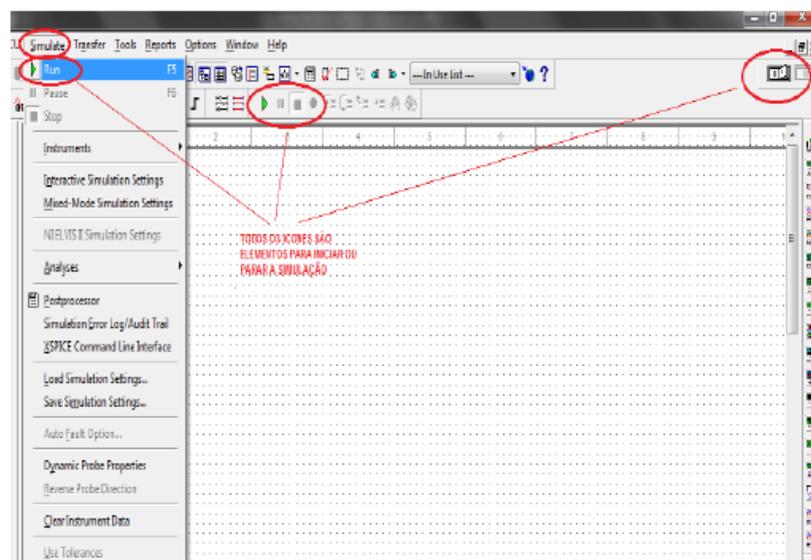


Figura 21: Botões para iniciar a simulação.
Fonte: [4]

Ao iniciar a simulação click duas vezes com o botão esquerdo do mouse sobre os instrumentos. Abrirá uma janela indicando os valores medidos.

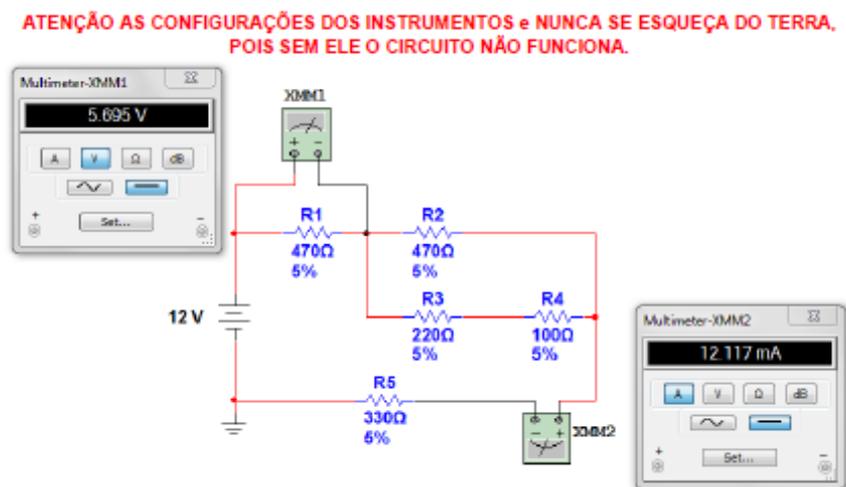
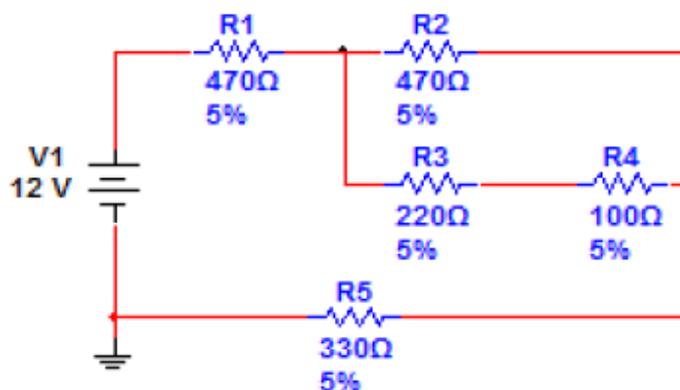


Figura 22: Simulador em pleno funcionamento.
Fonte: [4]

3.1.1 Exercícios de captura e simulação

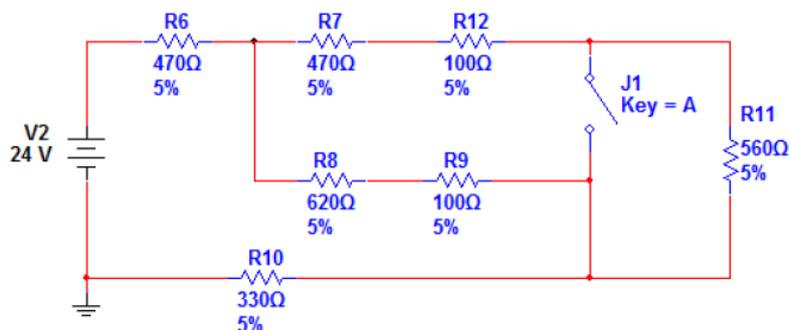
A partir de agora você projetista colocará em prática os conhecimentos adquiridos no exemplo dado acima.

Ex 1. Dado o circuito a seguir, encontre os valores de tensão nos resistores R1, R2, R3, R4 e R5 e a corrente que passa pelos resistores R2, R4 e R5. Confirme os resultados aplicando os devidos cálculos.



Ex 2. A partir do circuito dado, encontre as tensões nos resistores R6, R9, R10, R11 e R12 e a corrente que passa por R6, R7, R8, R10 e R11, quando a chave estiver aberta. Repita a operação com a chave fechada.

Confirme os resultados aplicando os devidos cálculos.



O Wattímetro é um instrumento para medir o Efeito Joule ou simplesmente a Potência Elétrica do circuito ou elemento resistivo específico.

O produto da tensão e da corrente gera a Potência Elétrica, para isso é necessário ligar o Wattímetro ao circuito como voltímetro e amperímetro simultaneamente, conforme figura a seguir.

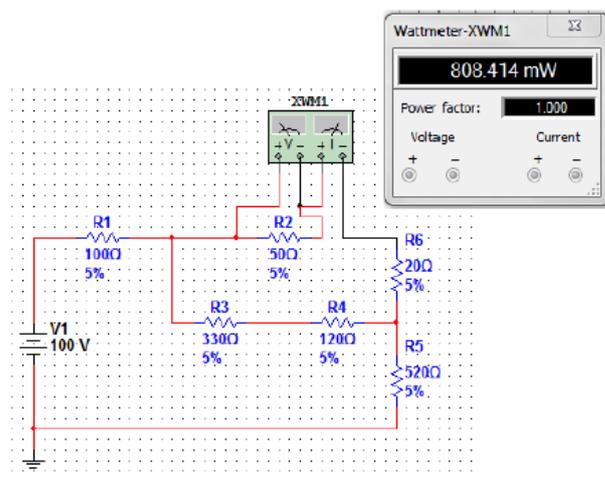
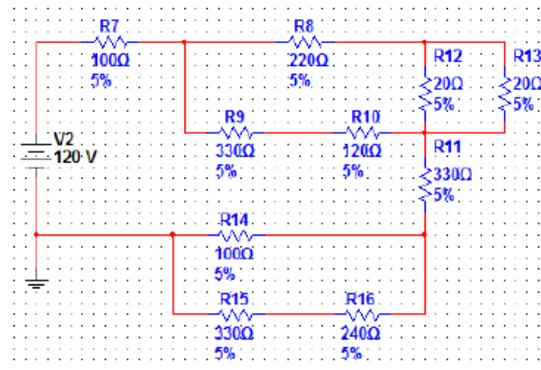
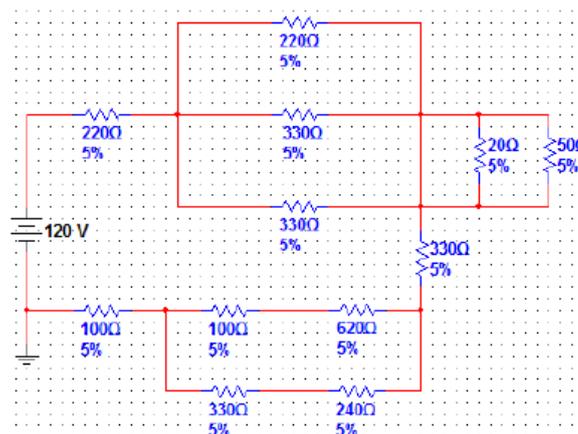


Figura 23: Circuito com o Wattímetro virtual.
Fonte: [4]

Ex 3. Encontre a potência dissipada em cada resistor e a potência total do circuito. Aplique os cálculos necessários para justificar os valores encontrados.



Ex 4. Monte e simule no Multisim o circuito a baixo, encontrando os valores de potências nos resistores e a potência total do circuito. Justifique todos os valores aplicando os cálculos devidos.



3.2 OSCILOSCÓPIO E SINAIS ALTERNADOS (AC).

Os conceitos vistos anteriormente foram implementados com sinais DC, porém agora serão estudados os sinais AC. Para isso serão abordados o Osciloscópio Virtual e o Gerador de Sinais.

Osciloscópio é um instrumento utilizado para análise de sinais elétricos, no qual é possível medir sinais AC, DC, Períodos, Frequências e Defasagens.

Para inserir um Osciloscópio no circuito, basta clicar em **Simulate >> Instruments >> Oscilloscope**.

Para conectar o instrumento ao circuito, mudar suas propriedades, características, movimentá-lo, entre outras. Utiliza-se das mesmas técnicas aplicadas aos componentes eletrônicos.

Ao inserir o instrumento no circuito, é necessário ajustá-lo conforme necessidade e características do projeto. Para isso basta dar um duplo click com o mouse (botão esquerdo) em cima do instrumento. [4]

A figura a seguir mostra a área de trabalho do osciloscópio e suas funções e configurações

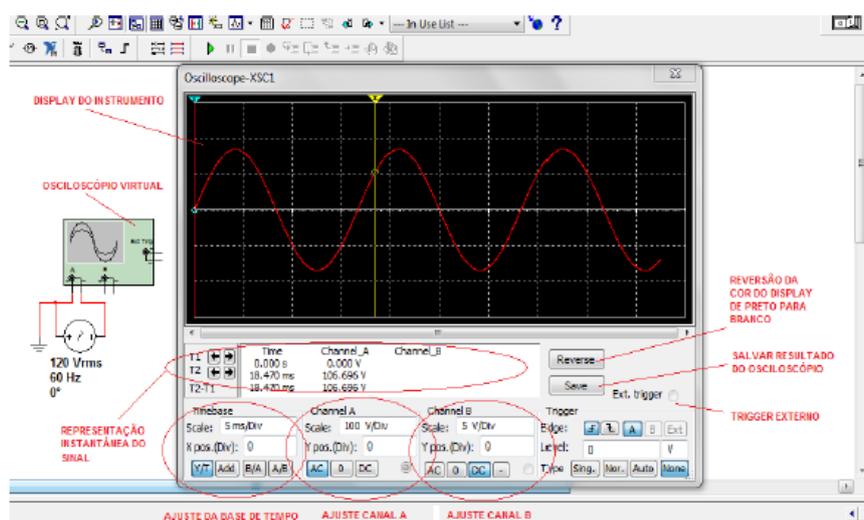


Figura 24: Osciloscópio virtual.
Fonte: [4]

O Gerador de Sinais do Multisim é um instrumento virtual que proporciona ao projetista, sinais alternados tipo Senoidal, Triangular e Quadrado.

Para inserir um Gerador de sinal no circuito, basta clicar em **Simulate >> Instruments >> Function Generation.**

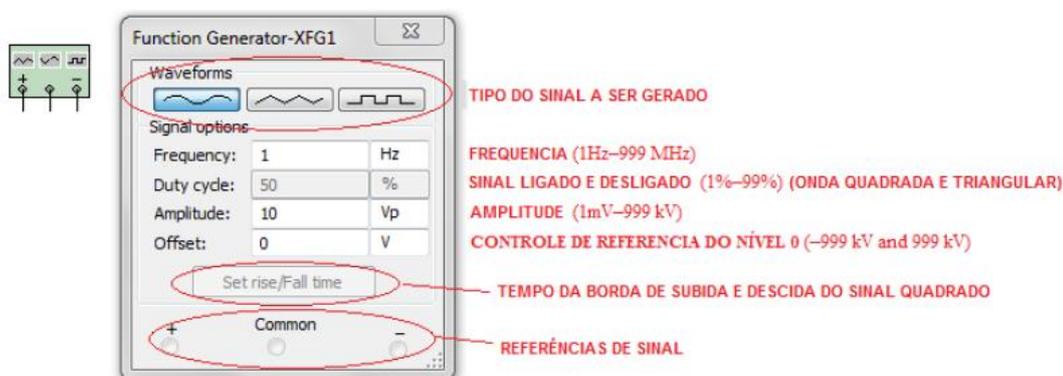


Figura 25: Gerador de sinal AC virtual.
Fonte: [4]

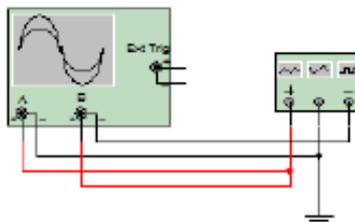


Figura 26: Sinal senoidal gerado e visualizado no osciloscópio virtual.
Fonte: [4]

3.2.1 Exercícios de simulação com osciloscópio

Coloque em prática os conhecimentos adquiridos anteriormente.

EX 5. Monte o circuito a seguir e complete a tabela. Aplicando os cálculos correspondentes. **Deixe o Duty Cycle em 50% e Offset em 0V.**



Sinal Senoidal						
f (Hz)	Amplitude (V)	T (s)	Vp CH-A	Vp CH-B	Vpp CH-A	Vpp CH-B
60	100					
200	156					
500	250					
750	300					
1k	500					
2k	1K					
5k	2K					

Sinal Triangular						
f (Hz)	Amplitude (V)	T (s)	Vp CH-A	Vp CH-B	Vpp CH-A	Vpp CH-B
10m	10					
25m	15					
80m	25					
120m	30					
1	50					
30	120					
1,2k	150					

Sinal Quadrado						
f (Hz)	Amplitude (V)	T (s)	Vp CH-A	Vp CH-B	Vpp CH-A	Vpp CH-B
30m	1					
600m	2					
12	3					
350	5					
135k	6					
530k	8					
1M	10					

3.3 ELEMENTOS DIGITAIS

A partir do próximo exemplo você entrará no mundo da eletrônica digital.

Na eletrônica digital do Multisim há a possibilidade de trabalhar com elementos digitais virtuais ou reais do tipo TTL ou CMOS. Os dois últimos são baseados em códigos de circuitos integrados disponíveis no mercado, portanto para implementá-los é preciso conhecer comercialmente suas características.

Neste primeiro exemplo digital será visto como implementar as portas lógicas digitais virtuais.

Para isso basta clicar em **Place >> Component... >> Group >> Misc Digital >> TIL**.

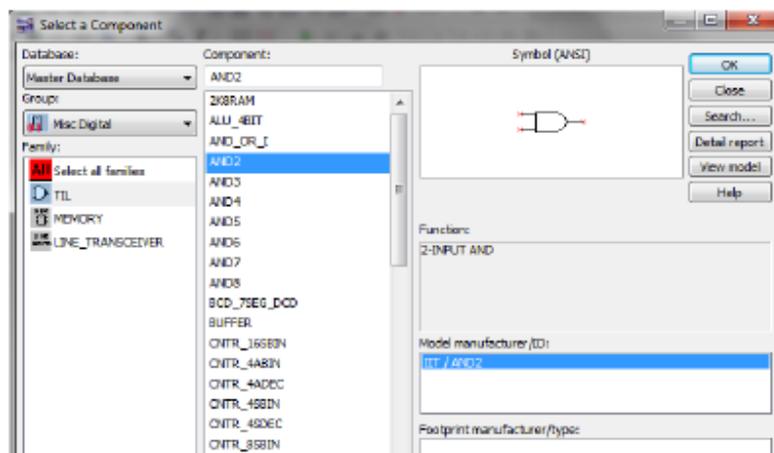


Figura 27: Inserção de elementos digitais virtuais.
Fonte: [4]

Na biblioteca **Misc Digital - TIL** todos os elementos digitais disponíveis são virtuais, ou seja, não podem ser transferidos para o Ultiboard, sendo

aplicáveis apenas para simulação e desenvolvimento de esquemas no Multisim.

A figura abaixo demonstra a aplicação das portas lógicas utilizando quatro portas lógicas para montar o circuito.

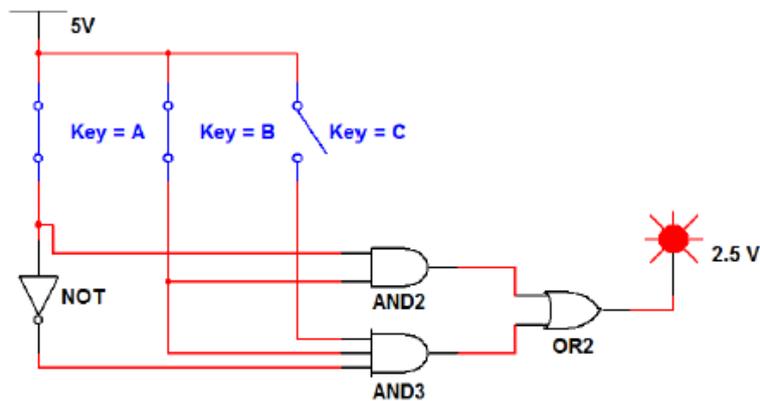


Figura 28: Circuito montado com portas lógicas.
Fonte: [4]

Para implementar as portas lógicas virtuais, já foi visto que deve-se acessar a biblioteca Misc Digital, porém há outros elementos a serem adicionados. Vejamos como inseri-los.

A fonte de alimentação pode ser implementada com característica TTL ou CMOS. No caso, o exemplo não utiliza nenhuma das tecnologias, porém será aplicada uma fonte do tipo TTL para simulação do circuito.

Para isso basta clicar em **Place >> Component... >> Group >> Sources >> Power_Sources >> VCC**.

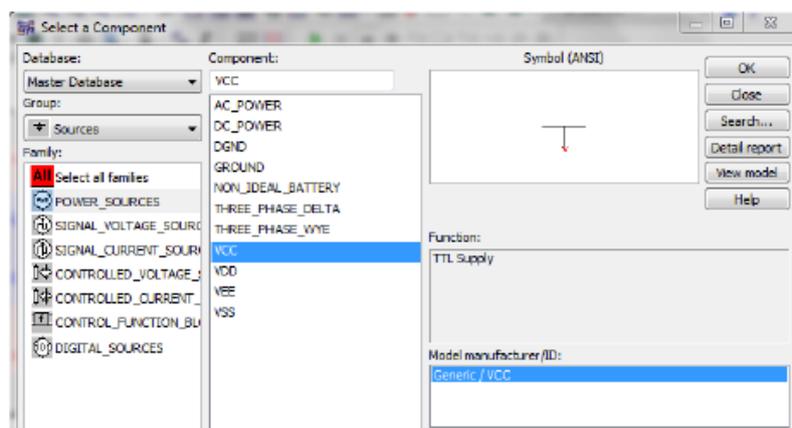


Figura 29: Inserção de uma fonte VCC.
Fonte: [4]

Para inserir as chaves on-off basta clicar em **Place >> Component... >> Group >> Basic >> Switch >> Dipsw1**.

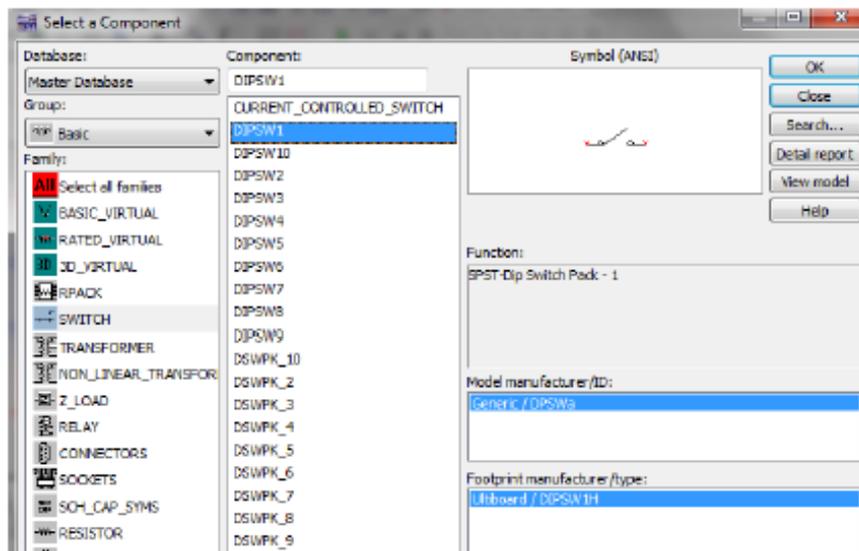


Figura 30: Inserção de uma chave liga e desliga.
Fonte: [4]

Para inserir o indicador luminoso basta clicar em **Place >> Component... >> Group >> Indicators >> Probe >> Probe_Dig**.

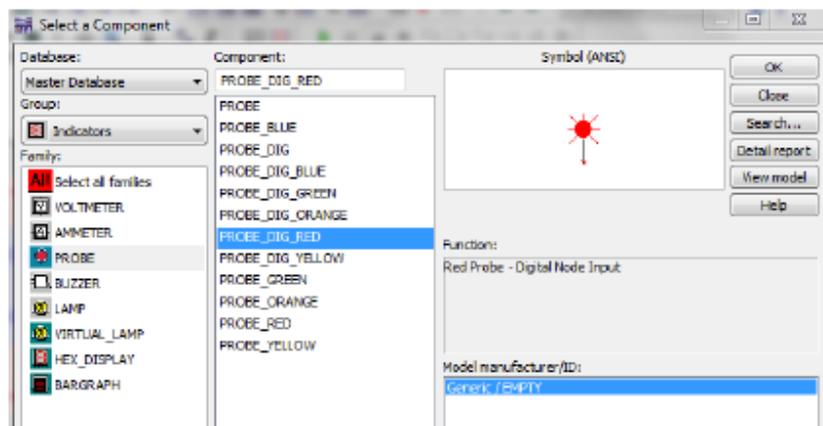


Figura 31: Inserção de indicador luminoso.
Fonte: [4]

3.3.1 Exercícios com elementos digitais

Coloque em prática os conhecimentos adquiridos anteriormente.

EX 6. A partir das expressões lógicas. Monte os circuitos e simule-os no Multisim.

$$\begin{aligned} \text{a. } S &= ABC + \overline{AB} + AD + ABC\overline{D} \\ \text{b. } S &= A\overline{B} + \overline{A}B + \overline{ACD} + C + \overline{B}D \end{aligned}$$

EX 7. Dada a tabela da verdade, encontre a máxima simplificação e simule o circuito no Multisim.

A	B	C	S1	S2
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

3.4 PORTAS LÓGICAS TTL E CMOS

Como já visto anteriormente, o Multisim possui uma biblioteca com componentes virtuais que podem ser implementados para simulação, porém quando há a necessidade de transferir o esquema para o Ultiboard ou representá-lo com informações comerciais é necessário trabalhar com os componentes reais. No caso da eletrônica digital, podem ser utilizados os circuitos integrados (CIs) com tecnologia TTL ou CMOS.

Primeiramente será mostrado como trabalhar com CIs com tecnologia TTL.

Para isso basta clicar em **Place >> Component... >> Group >> TTL**.

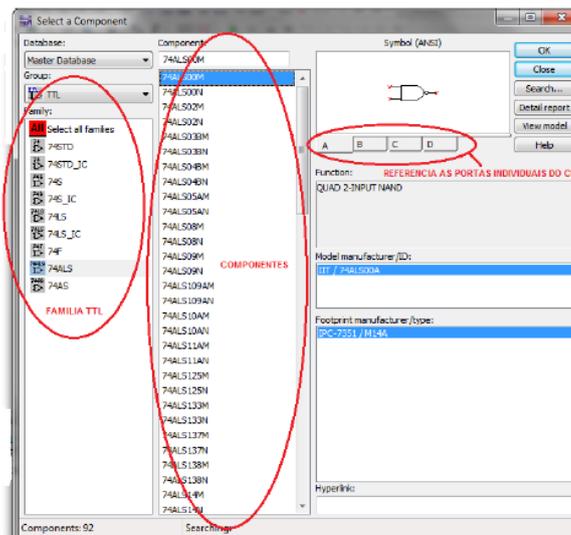


Figura 33: Seleção e inserção de CIs TTL.
Fonte: [4]

A figura abaixo mostra a família TTL com CI completo e porta lógica individual.

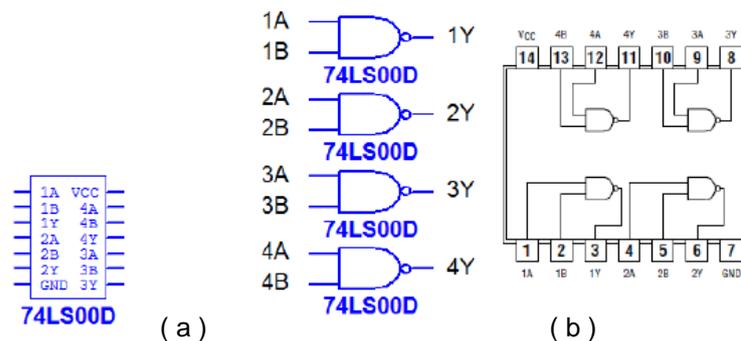


Figura 34: Detalhe do CI: (a) CI completo, (b) porta lógica individual
Fonte: [4]

As mesmas técnicas lógicas aplicadas à tecnologia TTL também se aplicam a tecnologia CMOS do Multisim, pois conceitualmente ambos são logicamente semelhantes. Porém eletronicamente falando TTL e CMOS se diferenciam.

Das diferenças entre uma tecnologia e outra uma das mais relevantes é a economia de energia que os integrados CMOS proporcionam em relação aos TTL, mas isso na prática é claro, pois no Multisim não há diferença.

Para inserir um elemento CMOS basta clicar em **Place >> Component... >> Group >> CMOS**.

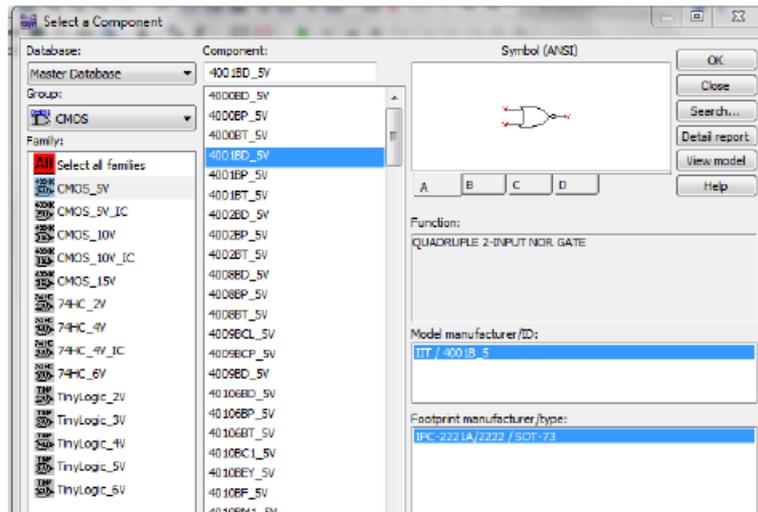


Figura 35: Seleção e inserção de CIs CMOS.
Fonte: [4]

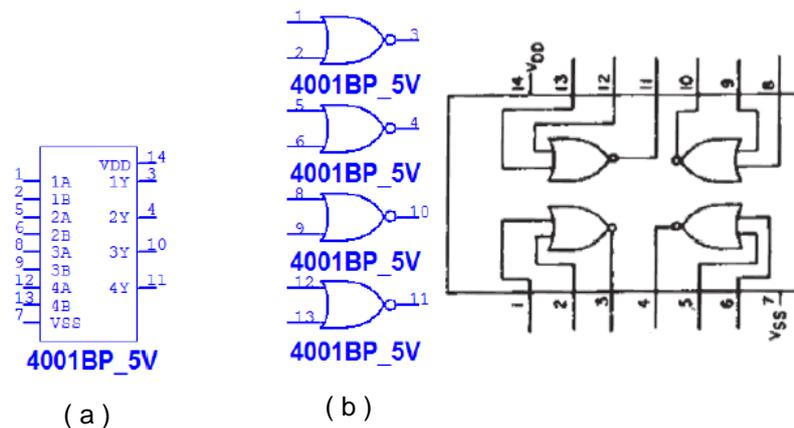
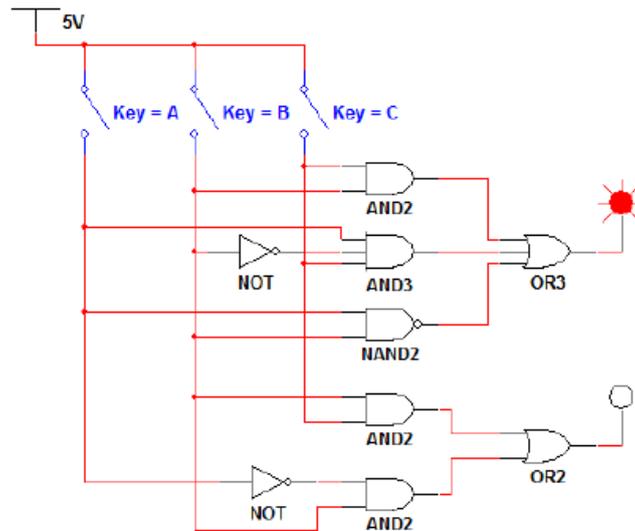


Figura 36: Detalhe do CI: (a) CI completo, (b) porta lógica individual
Fonte: [4]

3.4.1 Exercícios com TLL e CMOS

Coloque em prática os conhecimentos adquiridos anteriormente.

EX 8. A partir do circuito lógico virtual, monte-o novamente utilizando portas lógicas CMOS.



EX 9. A partir do circuito lógico virtual do EX 8, monte-o novamente utilizando o mínimo de CIs CMOS.

4. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS, FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPONENTES ELETRÔNICOS.

Os componentes eletrônicos possuem características elétricas. E essas características gerais são de extrema importância para se obter o correto desempenho do componente numa aplicação. Na documentação chamada *datasheet* (folha de dados) existe um cuidado muito especial em se garantir que as especificações sejam corretas e digam exatamente o que o projetista deseja saber. O uso dos termos é portanto quase que padronizado e todo o profissional que trabalha com eletrônica deve conhecê-los em profundidade suficiente para não fazer confusões.[6]

Os componentes eletrônicos, principalmente os semicondutores como diodos, transistores, tiristores e circuitos integrados têm diversas características elétricas que devem ser observadas com cuidado quando o usamos em qualquer projeto ou quando o usamos na substituição num trabalho de reparo. Normalmente, as folhas de dados dos componentes vêm em inglês e existem termos técnicos cujo significado pode confundir os leitores que não tenham muita familiaridade com o idioma. Será conveniente saber o significado exato

desses termos para que, por exemplo, não seja confundida a expressão “pode” com “deve”.

Para que o leitor tenha uma idéia de como essas especificações são dadas, vamos tomar um exemplo prático do livro “CMOS Sourcebook (Newton C. Braga - Prompt Publications – 2001)

“4013

Dual D-Flip-Flop

Description: This device is formed by two independent D-type flip-flops. Each flip-flop has its own data, set, reset and clock inputs. Each flip-flop has normal and complementary outputs

Electrical Characteristics:”

<i>Characteristic</i>	<i>Conditions (V_{dd})</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Drain/Source Current (typ)</i>	5 V	0.88	mA
	10 V	2.25	mA
	15 V	8.8	mA
<i>Maximum Clock Frequency (typ)</i>	5 V	5	MHz
	10 V	12.5	MHz
	15 V	15.5	MHz
<i>Quiescent Device Current (max)</i>	5 V	1.0	µA
	10 V	2.0	µA
	15 V	4.0	µA
<i>Supply Voltage range</i>	-	3 to 15	V

Tabela 01: Características elétricas de um CI CMOS

Fonte: [6]

Vocabulário:

Dual – duplo

Own – próprio

typ – típico

max – máximo

Drain – dreno, drenar

Source – fonte, fornecer, suprir

Quiescent – quiescente

Device – dispositivo

Range – faixa

Supply – alimentação

No texto que tomamos como exemplo, temos uma pequena descrição do que é o que faz o dispositivo, no caso um circuito integrado CMOS, e uma tabela com suas características elétricas. É comum que, além das características elétricas também sejam indicados os máximos absolutos (absolute maximum) que são as especificações de tensão, corrente e potência, além de outros parâmetros que, em hipótese alguma devem ser superadas.

Esses máximos absolutos são diferentes das “recommended operating conditions”, que são as condições de operação recomendadas que têm valores mais baixos para as grandezas indicadas. Por exemplo, um circuito integrado que tenha uma tensão absoluta máxima de operação de 7 V, terá uma faixa de tensões de alimentação recomendada de 2,7 a 6 V.

Finalmente, nos manuais e folhas de dados também é comum termos uma diferenciação entre as características elétricas, normalmente dadas para uma determinada temperatura ambiente e tensão de alimentação, das características de operação (operating characteristics) também dada sob determinadas condições.

Para as características elétricas, assim como para as demais, observamos a indicação de faixas em que temos valores mínimos (min), típicos (typ) e máximos (max). Essas faixas, em alguns componentes podem ser bastante amplas, o que exige muito cuidado quando fazemos substituições ou projetos que os envolvam. Podemos ser facilmente enganados num projeto se

levarmos apenas as condições típicas quando a faixa de valores é muito ampla.

Por exemplo, um amplificador operacional como o LM324, que tem uma corrente típica (typ) de alimentação de 1,5 mA, pode apresentar tipos que tenham um máximo de 3,0 mA (max). Da mesma forma, para o mesmo circuito integrado, o ganho típico de 100 V/mV corresponde a um mínimo (min) de 50 V/mV. Veja então que num mesmo lote de componentes podemos ter diferentes valores de corrente de repouso (quiescente) e diferentes valores de ganho.

Voltando agora à tabela de características, vemos que a corrente drenada/fornecida (drain/source) varia. Observe que “drain” tanto pode indicar o eletrodo de dreno de um componente (FET) como o verbo drenar e da mesma forma “source” tanto pode indicar o eletrodo de fonte de um FET como o verbo fornecer. Assim, para a tabela, os valores indicam as correntes que a saída do dispositivo CMOS pode drenar (quando está no nível baixo) ou fornecer (quando está no nível alto) e isso muda conforme a tensão.

Vemos ainda que tanto a frequência máxima de clock como a corrente quiescente dependem da tensão. Veja que a corrente quiescente é a corrente que circula pelo dispositivo quando ele está em funcionamento mas sem alimentar qualquer carga. É a corrente de repouso do dispositivo.

“Traduzindo o texto”:

“4013”

Flip-Flop Tipo D Duplo

Descrição: esse dispositivo é formado por dois flip-flops tipo D independentes. Cada flip-flop possui sua própria entrada de dados, set, reset e clock. Cada flip-flop possui saídas normais e complementares.”

A tabela fica como:

Características	Condições (Vdd)	Valor	Unidades
Corrente Drenada/fornecida (tip)	5 V	0.88	mA
	10 V	2.25	mA
	15 V	8.8	mA
Frequência máxima de clock (tip)	5 V	5	MHz
	10 V	12.5	MHz
	15 V	15.5	MHz
Corrente Quiescente do Dispositivo (max)	5 V	1.0	uA
	10 V	2.0	uA
	15 V	4.0	uA
Faixa de Tensões de Alimentação	-	3 to 15	V

Tabela 02: Características elétricas de um CI CMOS traduzido
Fonte: [6]

Observe que mantivemos na forma original os termos set (fixar), reset (rearmar) e clock que são utilizados normalmente na literatura técnica em português.

Abreviações

CMOS – Complementary Metal-Oxide Semiconductor

Vdd – Tensão positiva de alimentação

Vss – Tensão negativa de alimentação ou terra

MOSFET – Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

SCR – Silicon Controlled Rectifier

CLK – Clock

RST – Reset

NC – Not Connected – Não conectada (*)

Typ – Typical – típico

Max – Maximum - máximo

CL – Clear – apaga

(*) Quando um terminal de um componente tem a indicação NC, significa que ele não é ou não está conectado a nenhum lugar. Num circuito integrado, por exemplo, significa que ele está livre ou flutuante e num diagrama significa que aquele ponto não está ligado a nenhum lugar ou não é usado.

4.1 RESISTORES

Este é o mais básico componente eletrônico. Muitos o chamam erroneamente de resistência. Ainda assim o público leigo usa termos como a *resistência do chuveiro elétrico*, *resistência do aquecedor*. Esses dispositivos são resistores formados por fios metálicos com resistência baixa. Ao serem ligados em uma tensão elétrica, são atravessados por uma elevada corrente, resultando em grande dissipação de calor. Note que nas resistências desses aparelhos, o objetivo principal é a geração de calor. Já nos circuitos eletrônicos, suas funções são outras, e não gerar calor, no caso é para limitar a intensidade de corrente elétrica através de determinados componentes. Os resistores usados nesses circuitos devem ter valores tais que possam fazer o seu trabalho com a menor geração de calor possível.

- Os resistores são elementos que apresentam resistência à passagem de eletricidade. Podem ter uma resistência fixa ou variável. A resistência elétrica é medida em **ohms**.
- Chama-se de Resistência a oposição à passagem de corrente elétrica. Quanto maior a resistência, menor é a corrente elétrica que passa num condutor.

Os resistores usados nos circuitos eletrônicos são de vários tipos e tamanhos. Seus dois parâmetros elétricos importantes são a resistência e a potência. Resistores que irão dissipar muita potência elétrica são de maior tamanho, e vice-versa. [7]

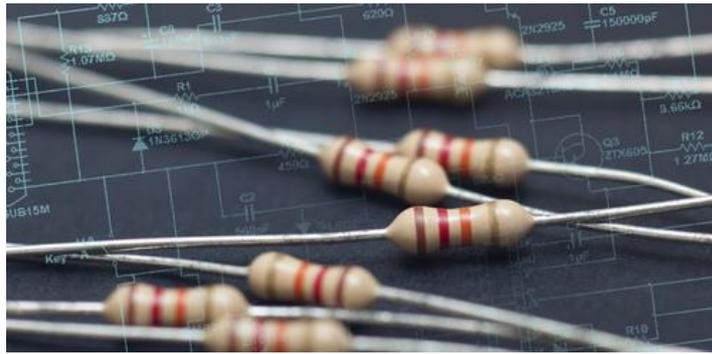


Figura 37: Resistores com a faixa de cores
Fonte: Francisco Javier Gil / Shutterstock.com

4.2 CAPACITORES

O capacitor é um componente eletrônico capaz de armazenar e fornecer cargas elétricas. Ele é formado por duas placas paralelas, separadas por um material isolante, chamado dielétrico. Quando o ligamos a uma tensão fixa, momentaneamente passa por ele uma pequena corrente, até que suas placas paralelas fiquem carregadas. Uma fica com cargas negativas e outra com cargas positivas. Podemos concluir que a função do capacitor é retificar e estabilizar a corrente elétrica, evitando que variações possam danificar qualquer dispositivo. [7]

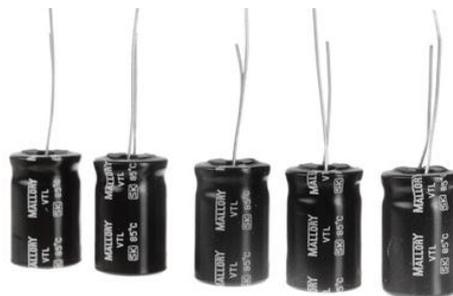


Figura 38: Capacitores Eletrolíticos polarizados
Fonte: Jeffrey B. Banke / Shutterstock.com

4.3 DIODO RETIFICADOR

O diodo é um componente classificado como semicondutor. Ele é feito dos mesmos materiais que formam os transistores e chips. Este material é baseado no silício. Ao silício são adicionadas substâncias chamadas genericamente de dopagem ou impurezas. Temos assim trechos tipo N e tipo P. A diferença entre os dois tipos está na forma como os elétrons são conduzidos. Sem entrar em detalhes sobre microeletrônica, o importante aqui é saber que quando temos uma junção PN, a corrente elétrica trafega com facilidade do trecho P para o trecho N, mas não consegue trafegar no sentido inverso.

O diodo possui seus dois terminais ligados às partes de uma junção PN. A parte ligada ao P é chamada de anodo, e a parte ligada ao N é chamada de catodo. A corrente elétrica trafega livremente no sentido do anodo para o catodo, mas não pode trafegar no sentido inverso.

Por causa desta característica, os diodos são usados, entre outras aplicações, como retificadores. Eles atuam no processo de transformação de corrente alternada em corrente contínua. [7]



Figura 39: Diodos Retificadores
Fonte: Knyazhetskiy Alexander / Shutterstock.com

4.4 TRANSISTOR

Este é sem dúvida o mais importante componente eletrônico já criado. Ele deu origem aos chips que temos hoje nos computadores. Um processador, por exemplo, tem no seu interior, vários milhões de microscópicos transistores. Inventado nos laboratórios Bell nos anos 40, o transistor é um substituto das velhas válvulas eletrônicas, com grandes vantagens: tamanho minúsculo e pequeno consumo de energia. Quanto ao sentido da corrente elétrica, os transistores são classificados como NPN e PNP.

Os transistores realizam inúmeras funções, sendo que as mais importantes são como amplificadores de tensão e amplificadores de corrente. Por exemplo, o sinal elétrico gerado por um microfone é tão fraco que não tem condições de gerar som quando é aplicado a um alto falante. Usamos então um transistor para elevar a tensão do sinal sonoro, de alguns milésimos de volts até alguns volts. Seria tensão suficiente para alimentar um alto falante, mas ainda sem condições de fornecer a potência adequada (a tensão está correta mas a corrente é baixa). Usamos então um segundo transistor atuando como amplificador de corrente. Teremos então a tensão igual à gerada pelo primeiro transistor, mas com maior capacidade de fornecer corrente. [7]

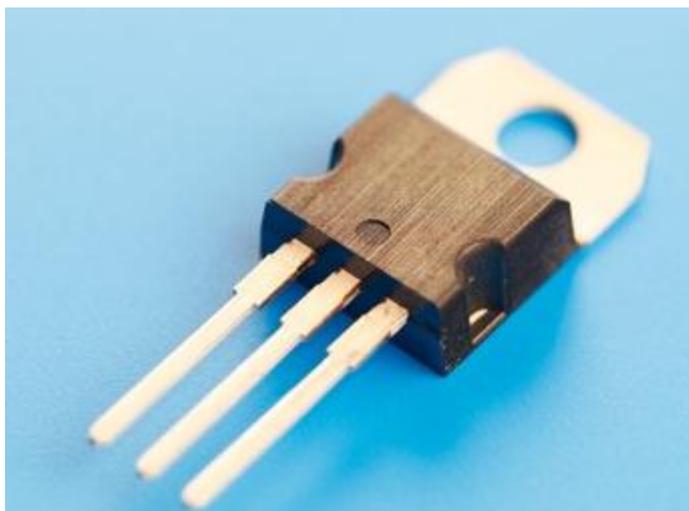


Figura 40: Diodos Retificadores
Fonte: Science Photo / Shutterstock.com

4.5 FUSÍVEL

O fusível possivelmente é o mais simples de todos os componentes utilizados num equipamento eletrônico. A função dele é proteger o equipamento de uma sobrecarga elétrica que poderia danificá-lo permanentemente ou ainda causar um incêndio dependendo do caso. O fusível se baseia na teoria de que ao aumentar a corrente num condutor, devido à maior quantidade de elétrons passando por este, ocorre o efeito Joule fazendo com que este condutor se aqueça. Todo circuito aquece devido à resistência que cada componente possui, mas dentro de certos limites. Se não existir um dispositivo para impedir que a corrente alcance níveis muito altos caso ocorra um curto circuito em um transistor, por exemplo, a corrente pode aquecer o circuito a ponto de literalmente pegar fogo no equipamento. A função do fusível é exatamente esta, proteger o circuito contra sobre tensão fundindo seu interior (daí seu nome) caso a corrente aqueça o circuito até certo limite impedindo a passagem da corrente pelo sistema.

Sua classificação é em relação à tensão e corrente por ele suportada sem queimar, ou seja, de acordo com o equipamento a ser protegido.

É o componente mais fácil de realizar sua verificação, quando possuem o invólucro em vidro como na figura pode ser visual a verificação, se estiver com o interior preto ou o fio interno partido está queimado, caso possua invólucro cerâmico ou outro material, será necessário um multímetro, ajusta-se para testar resistência pode ser em qualquer escala, ao colocar as pontas de prova em suas extremidades será 8 ou 80, ou estará em curto sinalizando que não está queimado, ou estará aberto sinalizando que algo o fez queimar.

Agora muita atenção, dificilmente um fusível se queima sozinho, algo o faz queimar, quando constatar que o fusível de seu equipamento está queimado, antes de trocar verifique se algum outro item não apresenta problemas, pois caso exista algum componente em curto, o fusível queimará novamente de forma instantânea. E sempre substitua o fusível por outro de mesma capacidade, pois está é definida de acordo com o equipamento, se um fusível for substituído por um de maior capacidade a sua proteção fica comprometida, ou seja, ele demorará muito pra abrir podendo o aparelho já

estar danificado quando isso ocorrer, ou pior um incêndio pode começar antes mesmo de o fusível desligar o circuito.

Apesar da simplicidade, este componente é de suma importância em qualquer equipamento que use energia elétrica. E nunca deve ser substituído por um pedaço de fio, o risco é enorme. [8]



Figura 41: Fusível
Fonte: [8]

4.6 INDUTOR

É um dispositivo elétrico passivo que armazena energia na forma de campo magnético, normalmente combinando o efeito de vários loops da corrente elétrica. O indutor pode ser utilizado em circuitos como um filtro passa baixa, rejeitando as altas frequências.

O indutor é capaz de armazenar energia em um campo magnético gerado pela corrente que o circula. Essa capacidade é chamada de indutância e é medida em Henrys (H).

A principal função de um indutor é impedir a mudança de um sinal elétrico tanto no sentido quanto na amplitude.

Como um indutor armazena energia, ou a sua capacidade de armazenar, depende de vários fatores. Primeiro de tudo, o número de bobinas envolvidas terão um efeito direto na capacidade. Quanto maior o número de bobinas, maior a indutância. A área de material e da seção transversal da bobina do indutor também influencia a capacidade como as bobinas com uma

área transversal maior têm capacidade mais elevada. Além disso, o comprimento da bobina desempenha um papel importante na determinação da capacidade, sendo que as bobinas mais curtas oferecem maior indutância porque são muitas vezes mais estreitas ou se sobrepõem. Muitas vezes o núcleo do indutor é um pedaço de metal e os ventos ao redor da bobina também podem influenciar no papel da indutância. Geralmente, bobinas com núcleos de ferro têm indutância significativamente maior do que os núcleos não-magnéticos ou de ar.

Indutores são freqüentemente usados isoladamente ou em conjunto com capacitores para filtrar os níveis de frequência e minimizar a corrente de saída. Quando se juntam, indutores criam transformadores, que são em grande parte responsáveis pela operação da rede nacional de energia e a transmissão de grandes quantidades de correntes de alta potência. Em dispositivos chaveados, os indutores podem efetivamente armazenar energia e controlar a tensão. Como eles impedem a interferência de rádio frequência, podem ser usados juntamente com capacitores de sintonia e com os circuitos normalmente encontrados em aplicações de rádio. [9]

A figura abaixo mostra alguns indutores encontrados em placas eletrônicas.



Figura 41: Indutores com núcleo de ferro.
Fonte: [9]

4.7 C.I – CIRCUITO INTEGRADO

Os circuitos integrados são circuitos electrónicos funcionais, constituídos por um conjunto de transístores, díodos, resistências e condensadores, fabricados num mesmo processo, sobre uma substância comum semicondutora de silício que se designa vulgarmente por **chip**.

Para os CI de baixa potência – **DIL** ou **DIP**

As cápsulas de dupla fila de pinos são as mais utilizadas, podendo conter vários chips interligados.

Nos integrados de encapsulamento DIL a numeração dos terminais é feita a partir do terminal 1 (identificado pela marca), vai por essa linha de terminais e volta pela outra (em sentido anti-horário).

Durante essa identificação dos terminais o CI deve ser sempre observado por cima. [10]

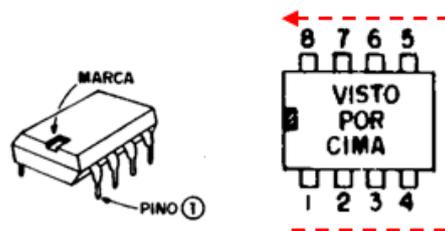


Figura 42: Identificação dos terminais do Ci.
Fonte: [10]

A classificação dos circuitos integrados quanto ao tipo de transístores utilizados: Bipolar e Mos-Fet.

Os circuitos integrados digitais estão agrupados em famílias lógicas.

Famílias lógicas bipolares:

RTL – *Resistor Transistor Logic* – Lógica de transístor e resistência.

DTL – *Diode Transistor Logic* – Lógica de transístor e díodo.

TTL – *Transistor Transistor Logic* – Lógica transístor-transístor.

HTL – *High Threshold Logic* – Lógica de transístor com alto limiar.

ECL – *Emitter Coupled Logic* – Lógica de emissores ligados.

I²L – *Integrated-Injection Logic* – Lógica de injeção integrada.

Famílias lógicas MOS:

CMOS – *Complementary MOS* – MOS de pares complementares NMOS/PMOS

NMOS – Utiliza só transístores MOS-FET canal N.

PMOS - Utiliza só transístores MOS-FET canal P. [10]

Um dos circuitos integrado mais utilizado na eletrônica é o circuito integrado 555. Foi criado originalmente para funcionar como timer e oscilador de uso geral. No entanto, esse circuito integrado se mostrou tão versátil, que milhares de aplicações foram criadas e continuam criadas ainda hoje. Assim quando se pensa em qualquer projeto em que a geração de formas de onda é necessária, retardos, temporizações ou o disparo de dispositivos a partir de sinais de todos os tipos o componente que em primeiro lugar vem à cabeça do projetista é o 555.

É composto por 23 transistores, 2 diodos e 16 resistores num chip de silício em um encapsulamento duplo em linha (DIP) de 8 pinos.

O CI 555 opera com uma faixa ampla de tensão : 5Vcc a 15Vcc, tornando este CI compatível com a família TTL e com a família CMOS. [6]

As figuras abaixo mostram a pinagem e a foto real do circuito integrado 555

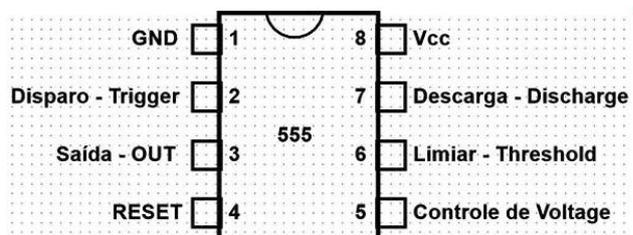


Figura 43: Pinagem do CI 555.

Fonte: [6]



Figura 44: CI 555.

Fonte: [11]

5. INTERPRETAÇÃO DE DIAGRAMAS ELETRÔNICOS

Ninguém pode montar aparelhos eletrônicos, reparar ou mesmo entender o seu princípio de funcionamento numa análise se não souber interpretar diagramas. A eletrônica utiliza símbolos padronizados e disposições que devem ser conhecidas de todos. Para os leitores iniciantes, saber como interpretar o diagrama que representa um aparelho eletrônico é essencial. Sem isso, a montagem é impossível, se não houver um desenho com o aspecto real dos componentes, e uma análise para localizar falhas, fazer o ajustes se torna extremamente complicada. [12]

Em revistas técnicas, livros de eletrônica e mesmo manuais de montagens os leitores podem perfeitamente encontrar desenhos que mostram a disposição de todos os componentes de um aparelho numa placa de circuito impresso, ou ponte de terminais e suas conexões. Um desenho deste tipo é mostrado na figura abaixo, facilitando bastante a montagem ou localização de partes pelos menos experientes.

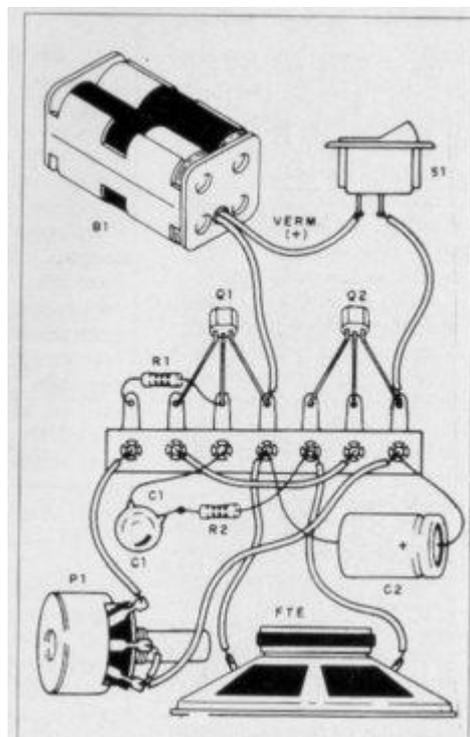


Figura 45: Desenho chapeado de uma montagem em ponte de terminais.

Fonte: [12]

No entanto, para uma análise de funcionamento, projeto ou mesmo para orientação de um técnico reparador, este tipo de desenho precisa ser complementado. Precisamos ter um desenho que dê mais informações técnicas, como por exemplo o tipo e o valor de cada componente e não simplesmente seu número de ordem como R1, R2, C1, C2, etc.

Precisamos, em alguns casos, saber que tensões e formas de onda existem em determinados pontos do aparelho e também qual é a polaridade de ligação de um componente. Um transistor que seja mostrado numa placa da forma indicada na figura 46 não permite que o montador saiba que terminal é a base, o emissor e o coletor, pois além de não estarem indicados, não temos também informações sobre o tipo de transistor que está sendo utilizado no local.

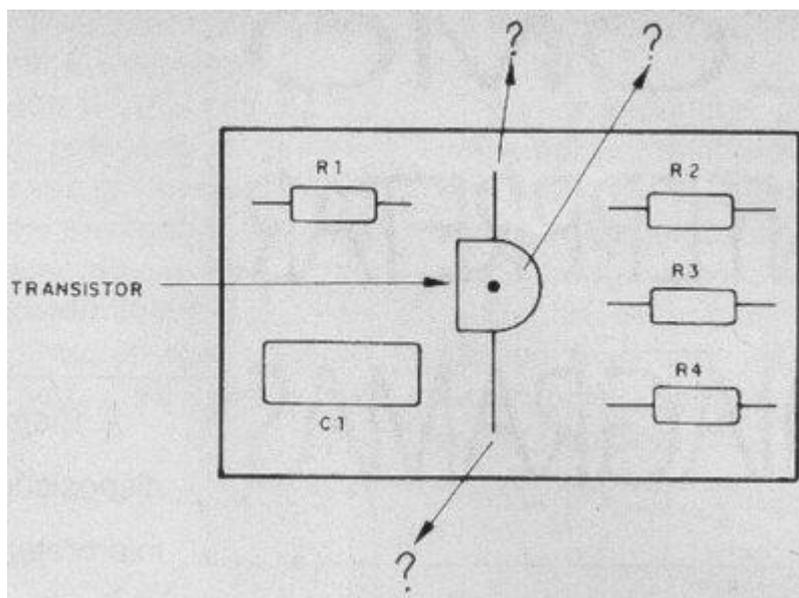


Figura 46: Transistor sem identificação de base, emissor e coletor.
Fonte: [12]

Evidentemente, fazer tudo isso num desenho em que o componente ainda deva ser apresentado com seu aspecto real pode se tornar muito complicado e exigir muito espaço. A solução para este problema consiste em se representar os componentes através de símbolos de tal forma que estes símbolos também possam trazer informações importantes adicionais. Obtemos então o que se denomina de "diagrama esquemático", "diagrama" ou ainda "esquema" de um equipamento eletrônico. Interpretar os símbolos que estes

desenhos utiliza é fundamental para qualquer praticante de eletrônica. Vamos dar algumas informações importantes de como o leitor pode chegar a isso.

5.1 OS SÍMBOLOS

Os símbolos adotados nos diagramas não precisam ter o aspecto do componente, mas devem "lembrar" este componente de alguma forma. Assim, observamos, em primeiro lugar, que os símbolos usados têm o mesmo número de terminais do componente real.

Um resistor, por exemplo, tem um símbolo com dois terminais ou fios, conforme mostra a figura 47.

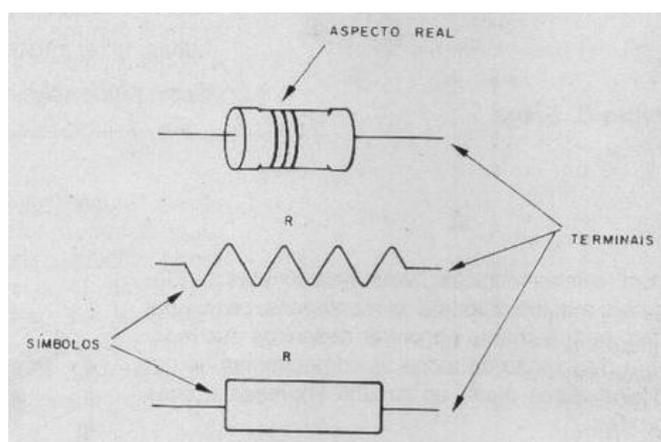


Figura 47: Simbologia do resistor e seu aspecto real.
Fonte: [12]

Um transistor tem um símbolo com 3 terminais. Um circuito integrado terá tantos terminais quanto sejam os utilizados no dispositivo representado. Em segundo lugar a representação pode também ter algo que se relacione com o funcionamento desse componente. Assim, na simbologia americana, um resistor é representado por uma linha tortuosa, como um percurso que apresenta uma "resistência" para a corrente elétrica. Um diodo é representado por uma seta que indica que a corrente só pode passar num sentido, conforme mostra a figura 48.

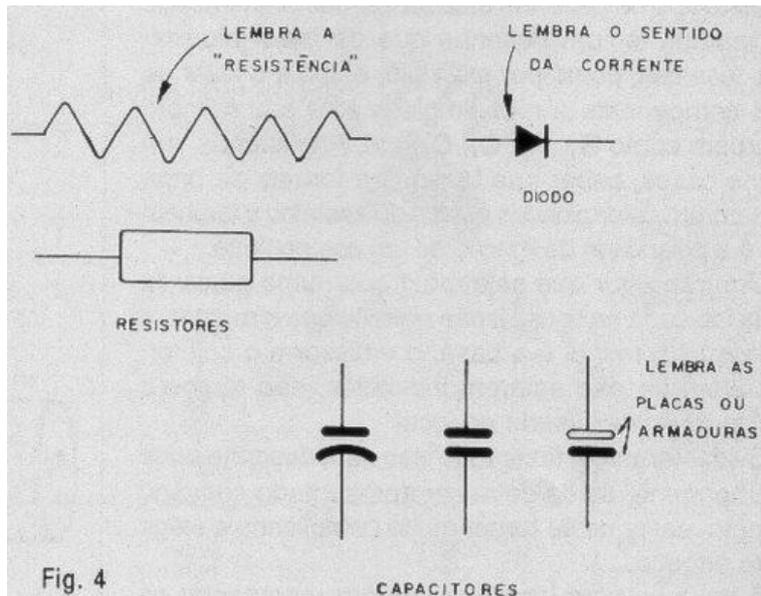


Figura 48: Simbologia do resistor, diodo retificador e capacitor.
Fonte: [12]

Na figura 49 temos uma relação de símbolos de componentes eletrônicos, visto anteriormente nas tabelas do primeiro capítulo.

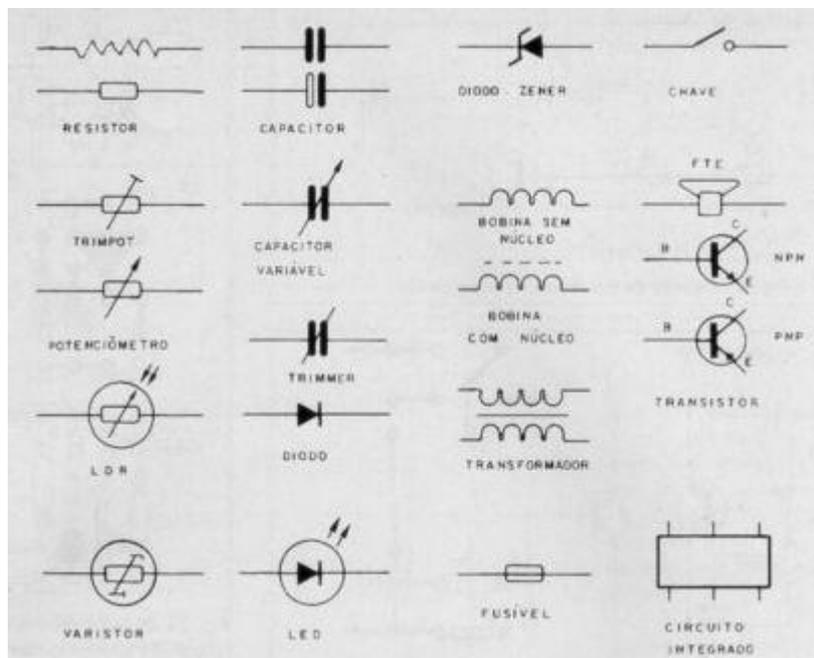


Figura 49: Símbolos encontrados nos diagramas.
Fonte: [12]

Variações na simbologia podem ocorrer, dependendo da origem do diagrama. O exemplo mais comum é o do resistor que na nossa simbologia é

um retângulo e na simbologia americana e mesmo japonesa é uma linha tortuosa. Para que seja facilitada a identificação dos componentes num diagrama e sua posterior localização no próprio aparelho, por exemplo, numa placa de circuito impresso, é comum atribuir-se no diagrama uma identificação simplificada numa certa ordem. Por exemplo, os resistores são identificados pela letra "R" com um número de ordem. Assim, temos R1, R2, R3, etc. de modo que, a partir de uma lista de materiais, ou do diagrama, não seja preciso colocar todas as características do componente impressas na própria placa. Para os capacitores usamos a letra "C", para os diodos D, para os transistores Q ou TR, para os circuitos integrados IC ou CI, para os transformadores T, para as bobinas L ou XRF, e assim por diante. O praticante de eletrônica deve memorizar estes símbolos se quiser saber como interpretar um diagrama. [12]

5.2 AS LIGAÇÕES

Evidentemente, num aparelho eletrônico, todos os componentes estão interligados de determinadas maneiras, ou seja, formam uma "rede" de ligações que devem ser representadas no diagrama. É justamente na interpretação do modo como são feitas essas interligações que os praticantes de eletrônica encontram as maiores dificuldades.

As ligações são representadas nos diagramas por linhas contínuas. Assim, na figura 50 temos um resistor ligado à base de um transistor, e o coletor deste transistor está ligado ao pólo positivo (+V) de uma fonte de alimentação.

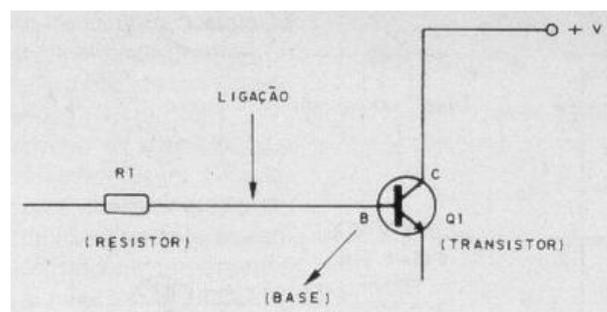


Figura 50: Ligação de um resistor à base Q1.
Fonte: [12]

No entanto existem casos de representações de ligações que merecem atenção. O primeiro é o mostrado na figura 51 em que temos duas ligações que se cruzam, sem haver contacto entre elas.

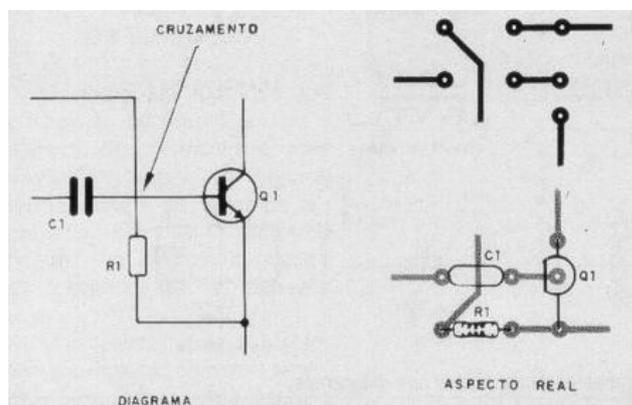


Figura 51: Cruzamento no esquema comparado a trilha.
Fonte: [12]

Veja que estas ligações não precisam, na realidade, no aparelho estar se cruzando.

Apenas na representação estas linhas "dizem" que R1 está ligado ao emissor de Q1 enquanto que C1 está ligado à sua base. Na prática, numa placa de circuito impresso, estas ligações não correspondem obrigatoriamente a fios ou trilhas que se cruzam.

Ocorre apenas, que da forma como o diagrama foi feito, essas ligações aparecem cruzadas. Isso acontece porque a disposição dos componentes num diagrama não precisa ser exatamente a mesma que encontramos no aparelho real. Na figura 52 temos um exemplo disso.

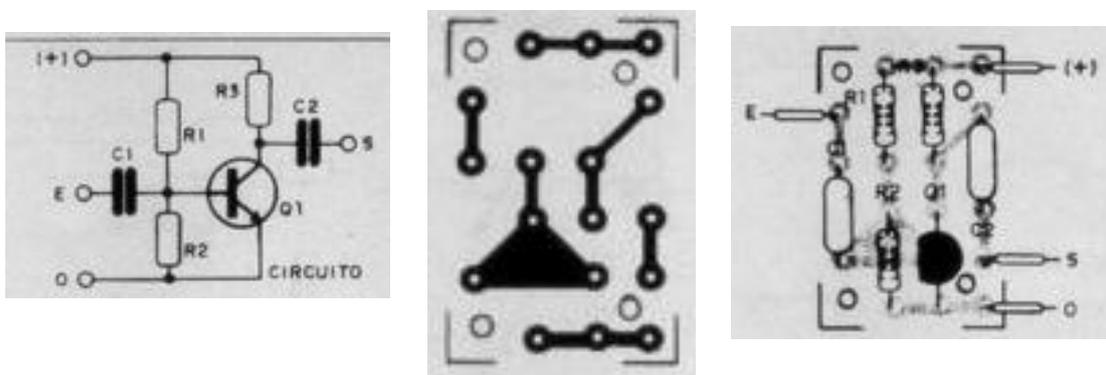


Figura 52: Circuitos iguais em esquemas diferentes.
Fonte: [12]

Veja como o diagrama e o aparelho são bastante diferentes. No entanto, o diagrama representa exatamente as ligações e os componentes usados na montagem definitiva.

Confira ligação por ligação e ver como isso é verdade. Um outro caso importante das ligações é o caso dos "nós" ou pontos para onde convergem várias ligações, conforme mostra a figura 53.

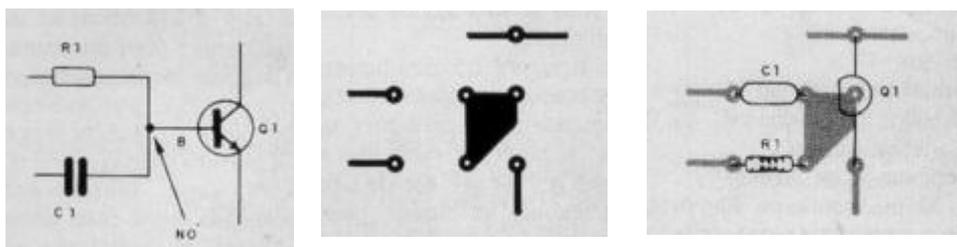


Figura 53: Demonstração do Nó nos esquemas elétricos.
Fonte: [12]

Na figura vemos que tanto o resistor R1 como o capacitor C1 são ligados à base do transistor. O ponto indica que ali convergem três fios de ligação ou três trilhas da placa.

Veja que, na prática, os pontos de conexão dos componentes não precisam estar no mesmo lugar, mas sim que deve haver contacto elétrico entre eles. É importante que o leitor mais uma vez note que a posição dos componentes no diagrama não precisa ser exatamente a mesma em que eles se encontram na montagem. O diagrama representa as ligações e não as posições. No entanto, pelas ligações, podemos chegar com certa facilidade às posições acompanhando-as com cuidado.

Assim, se sabemos que R1 está ligado à Q1, encontrando R1 numa placa, será fácil seguir suas ligações para chegar até Q1. Também saberemos que o ponto em que a ligação de R1 encontra Q1 corresponde à base deste componente, conforme mostra a figura 54.[12]

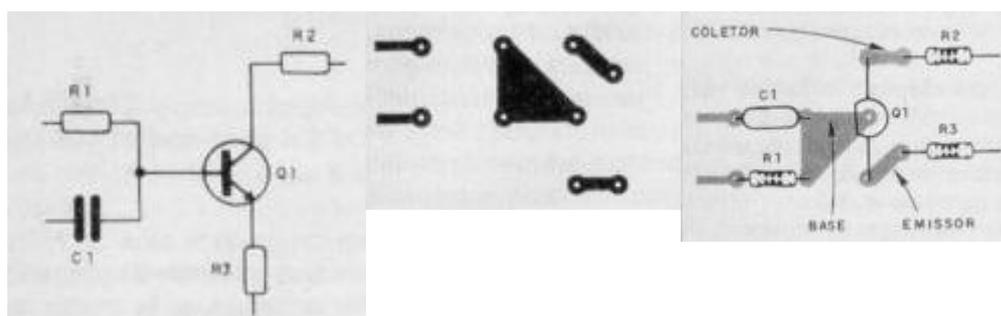


Figura 54: Identificando os terminais de um transistor pelos componentes conectados.
Fonte: [12]

5.3 CONFERINDO AS MONTAGENS

Um ponto muito importante para o montador e reparador de aparelhos eletrônicos é saber conferir uma montagem ou examinar uma placa de circuito impresso a partir do seu diagrama. Na realidade o melhor procedimento para se detectar falhas de montagem, encontrar problemas num aparelho é justamente esse. Nossa principal recomendação quando têm problemas com a montagem e não indicação alguma dos sintomas ou do que fizeram (sem isso, como podemos saber o que aconteceu realmente?) é justamente essa: confirmam a montagem pelo diagrama.[21]

Para isso o procedimento é simples:

A) Verifiquem, a partir do diagrama, quais são os componentes que estão ligados a linha positiva de alimentação e terra (0V).

Na figura 55 temos R1, R3, R6 e R7 ao positivo. R2, R4, R5 e R8 estão no 0V.

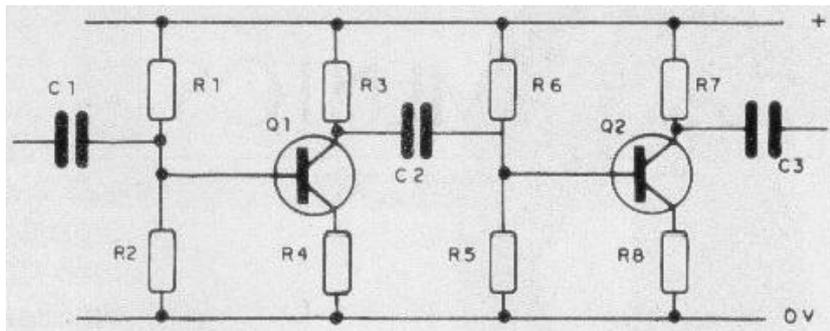


Figura 55: Diagrama mais complexo.
Fonte: [12]

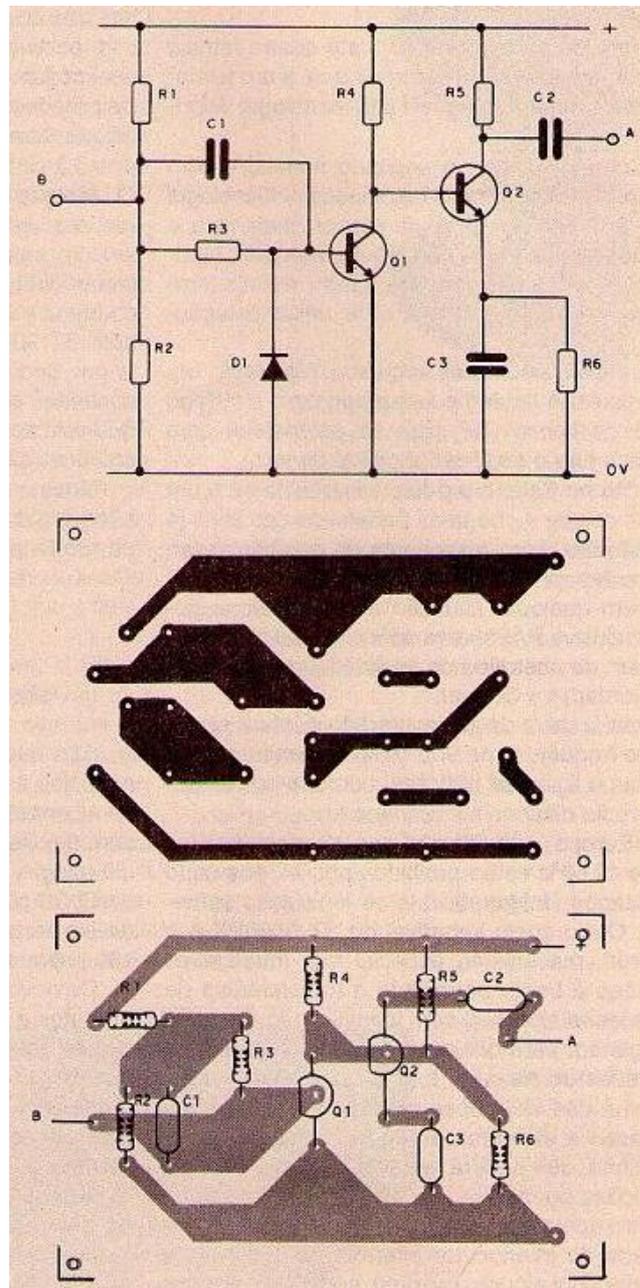
B) Confira seus valores.

C) Verifique os transistores se estão ligados corretamente (e circuitos integrados, se existirem)

D) Verifique os acoplamentos, ou seja, os componentes por onde passam os sinais. No diagrama C1, C2 e C3 fazem isso.

5.3.1 Exercício de interpretação de diagramas

Nas figuras abaixo existem erros de montagem. Verifique esses erros a partir do diagrama.



6. MATERIAIS ELÉTRICOS, QUÍMICOS E MECÂNICOS RELACIONADOS À CONFECÇÃO DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS

É difícil imaginar uma atividade que não tenha alguma dependência, se não direta, indireta com algum sistema eletrônico. Como dependência indireta entende-se a produção de utensílios usados na atividade, a análise de resultados da atividade, o transporte e/ou comercialização de bens e muitos outros exemplos.

Como conseqüência, a eletrônica está se tornando o maior mercado mundial (maior que a automobilística, a química, etc.). [13]

Todas estas maravilhas eletrônicas, no entanto são baseadas em materiais, sendo o semicondutor de silício o mais importante destes. Mesmo assim, os outros materiais usados em engenharia eletrônica e elétrica são também fundamentais e imprescindíveis e devem receber atenção no estudo de materiais elétricos. O principal objetivo deste material é oferecer o conhecimento básico e/ou os fundamentos sobre os diversos materiais usados na engenharia elétrica. [13]

Todos os corpos são compostos por átomos. Estes, por sua vez, são constituídos de pequenas partículas, denominadas nêutrons (que não possuem carga), prótons (partículas de carga positiva) e elétrons (partículas de carga negativa). Os nêutrons e os prótons compõem o núcleo do átomo, enquanto os elétrons ficam na chamada eletrosfera. [14]

Os elétrons movimentam-se aleatoriamente ao redor do núcleo central. Para mantê-los sempre em órbita, existem forças internas que os seguram, evitando que escapem. No entanto, quanto maior a distância do núcleo, menor é a força exercida sobre o elétron, o que facilita a sua movimentação, dando origem aos “elétrons livres”. [14]

É a existência destes elétrons livres que determina se um material é isolante ou condutor.

6.1 MATERIAIS CONDUTORES

São eles os responsáveis pelo transporte da corrente elétrica através do material. O que caracteriza um condutor, portanto, é a presença de elétrons livres na camada de valência — nome dado à última camada de distribuição dos átomos.

Os materiais condutores possibilitam o trânsito de corrente elétrica através dele. Alguns exemplos são os metais, soluções iônicas e gases ionizados. Muitos deles têm importante papel no dia a dia, utilizados nos fios condutores de eletricidade e na indústria de eletroeletrônicos. [13]

A maior parte dos exemplos de materiais condutores é baseado no cobre, por ser excelente condutor e ter um preço acessível, mas temos também como material condutor o alumínio, prata e o ouro, sendo o ouro o melhor condutor dentre eles, não é por acaso que os processadores de computadores são banhados a ouro. Vale salientar que a maioria dos metais são condutores.



Figura 56: Fios de cobre.
Fonte: [15]

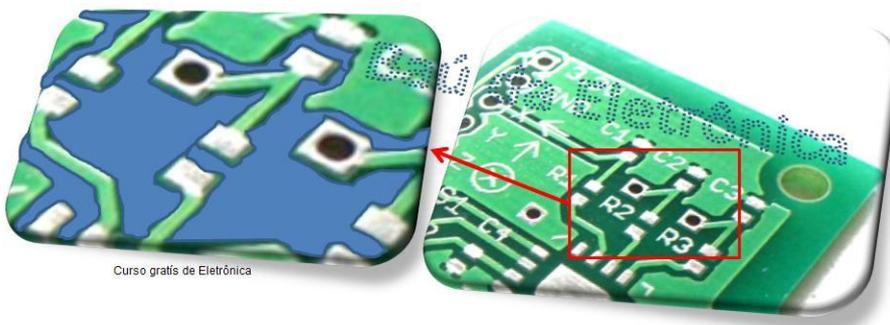


Figura 57: Condutor em uma placa de circuito impresso.
Fonte: [15]

6.2 MATERIAIS ISOLANTES

Já os isolantes fazem o processo contrário. Nesses materiais, os elétrons ficam próximos ao núcleo e são fortemente ligados a ele, contendo pouco ou quase nenhum elétron livre. São exemplos de isolantes o isopor, o vidro, o plástico, a cerâmica e a borracha.

Entre os componentes dos fios e cabos, a isolação é um dos mais importantes, pois, como o próprio nome sugere, serve para isolar eletricamente a parte metálica do produto – o condutor – de outros condutores e do ambiente. É importante lembrar que isolação é diferente de isolamento, termo que não se aplica a este tema, pois isolamento refere-se à quantidade, como resistência, e isolação refere-se à qualidade do produto.[15]

Há uma quantidade e variedade enorme de materiais isolantes, desde “tintas” e vidros são utilizados para isolar a condutividade.



Figura 58: (a) Fitas isolantes; (b) Tintas isolantes; (c) Vidros isoladores.
Fonte: [16]

6.3 MATERIAL SEMICONDUTOR

Os semicondutores possuem propriedades elétricas que são intermediárias entre aquelas apresentadas pelos condutores elétricos e pelos isolantes. São compostos por materiais específicos e similares aos de

cerâmicas. Além disso, as características elétricas destes materiais são extremamente sensíveis à presença de minúsculas concentrações de átomos de impurezas, concentrações que podem ser controladas ao longo de regiões espaciais muito pequenas. Os semicondutores tornaram possível o advento dos dispositivos e circuitos integrados eletrônicos, que revolucionaram totalmente as indústrias de produtos eletrônicos e de computadores (para não mencionar as nossas vidas) ao longo das últimas duas décadas.

A grande maioria dos semicondutores é feita a partir de um minério chamado Silício. Encontrado em abundância no planeta é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre (27,7%), ficando atrás somente do oxigênio. Ele é encontrado em praticamente todas as rochas, areias, barros e solos.

As propriedades únicas dos materiais semicondutores permitiram o seu uso em dispositivos para desempenhar funções eletrônicas específicas. Diodos e transistores, que substituíram as antigas válvulas (em tubos a vácuo), são dois exemplos típicos de dispositivos baseados em materiais semicondutores. A invenção dos dispositivos semicondutores foi a responsável pelo advento e o rápido crescimento de novas e inúmeras indústrias da área eletro-eletrônica nas últimas décadas. Suas principais vantagens incluem o tamanho reduzido (miniaturização de circuitos) baixo consumo de potência e a não necessidade de tempo prévio de aquecimento e podem servir vantajosamente como pontes ou filtros em circuitos elétricos. [13]

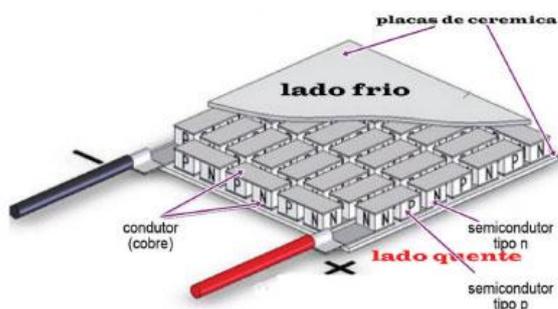


Figura 59: Desenho esquemático de uma pastilha de peltier.
 Fonte: <http://estacaodofriorefrigeracao.blogspot.com.br>

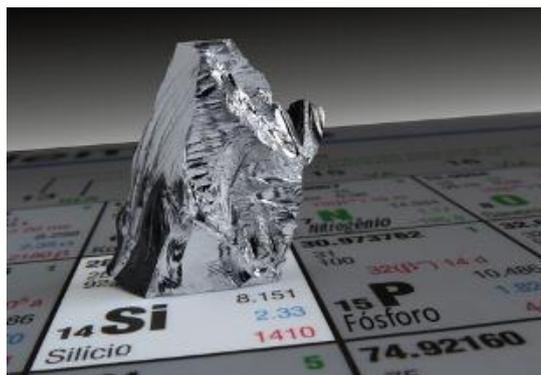


Figura 60: Silício .

Fonte: <http://alunosonline.uol.com.br/quimica/silicio.html>

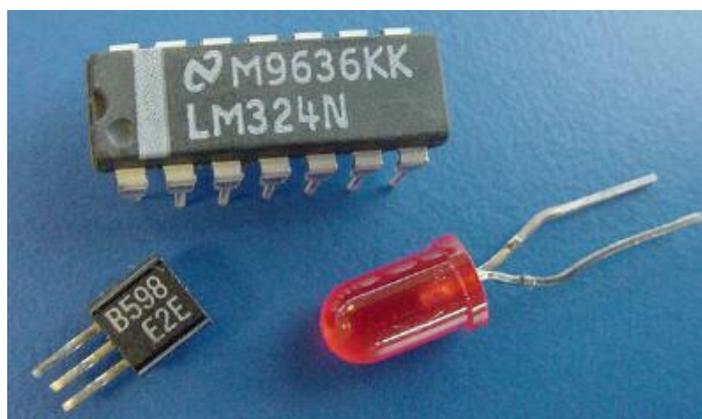


Figura 61: Componentes Semi Condutores.

Fonte: <http://tecnologia.hsw.uol.com.br>

6.4 PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO (PCI)

Na eletrônica utilizamos uma placa conhecida como Placa de Circuito Impresso (PCI). 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. [18]

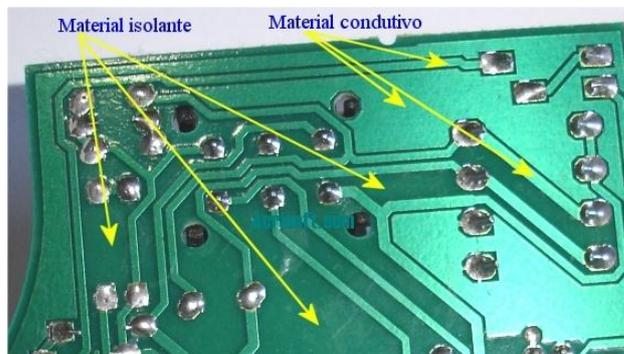


Figura 62: Placa PCI em detalhe com os condutores e isolantes.
Fonte: www.mundomaq.com

6.5 MATERIAL QUÍMICO NA CONFECÇÃO DAS PLACAS PCI

Para os processos semelhantes à serigrafia, fotografia ou desenho direto, é necessária a corrosão da superfície metalizada ou superfícies metalizadas da placa por mergulhamento ou por jato de solução química. A corrosão somente ocorrerá na superfície nua, isto é na superfície que não está coberta por tinta ou emulsão fotográfica queimada e revelada.

Artesanalmente ou em baixa escala de produção é utilizado o **percloro de ferro** ou **persulfato de amônia**, para produção industrial em alta velocidade de corrosão é muito utilizado o **ácido nítrico**, entre outros.

No caso de produção artesanal, o tempo de corrosão depende da área e da espessura do metal a ser corroído além das múltiplas reutilizações da solução. Em média para se corroer uma placa de dimensões 10 x 10 cm leva-se em torno de 10 minutos.

Na corrosão industrial, o processo leva de alguns segundos a três minutos no máximo. A velocidade de corrosão praticamente independe da espessura e área a ser corroída, pois é regulada pela concentração e velocidade do jato da solução lançada sobre as placas. [18]

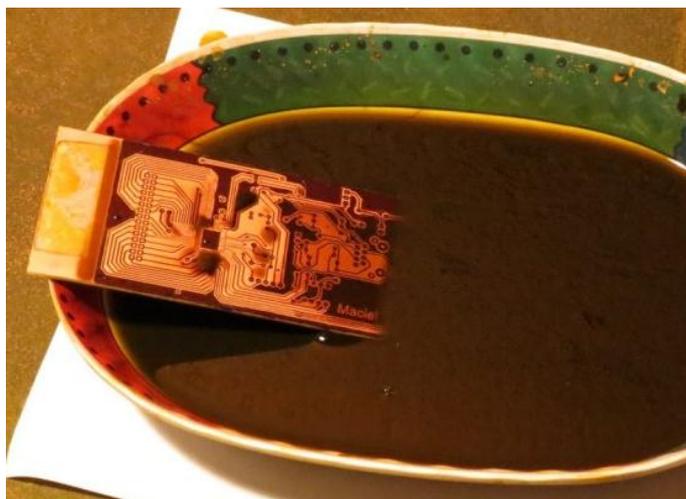


Figura 63: Placa mergulhada em Percloroeto de ferro na confecção de trilhas.
Fonte: <http://microcontrolado.com/>

6.6 MATERIAL MECÂNICO

Existe alguns materiais na confecção das placas que são necessários manuseá-los de forma mecânica, são o caso do perfurador da placa e ferro de solda.

Após confeccionar a trilha pelo processo químico com o percloroeto de ferro deve ser feito os furos por onde irão passar os terminais dos componentes. Para isto o melhor a se fazer é utilizar o perfurador manual e com cuidado fazer com que os furos sejam feitos no centro das vias, em cima das marcações que estava no projeto começo do processo. [18]



Figura 64: Perfurando as trilhas.
Fonte: [19]

Com todos os furos prontos, verifique se eles estão adequados para receber os componentes e, se for preciso, utilize uma pequena haste de metal para alargar os furos que tiverem muito pequenos.

Abaixo segue a imagem com a placa confeccionada pronta pra receber os componentes e solda-los

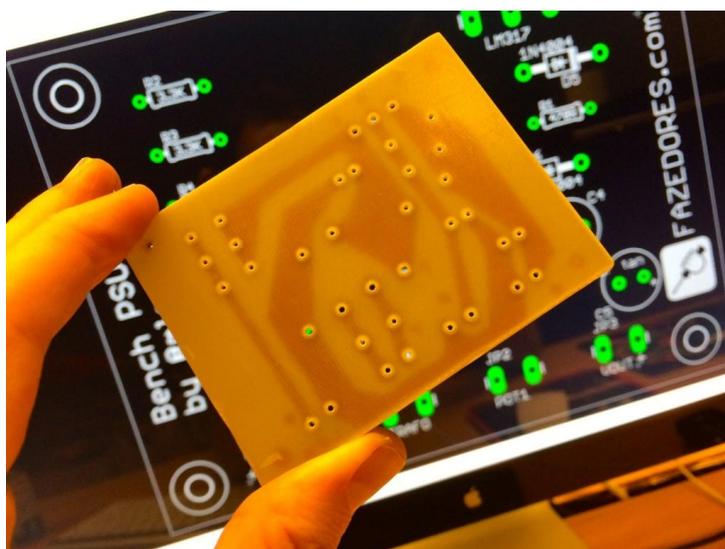


Figura 65: PCI devidamente perfurada.
Fonte: [19]

A seguir a imagem do perfurador manual, o perfurador possui uma broca de espessura exata para a entrada dos terminais, mas pode ser utilizado uma broca com a haste bem fina desde que não danifique as trilhas de cobre da placa.



Figura 66: Perfurador de PCI.
Fonte: www.eletrodex.com.br

Outro processo mecânico utilizado na confecção de placas e o manuseio da estação de solda. É o processo final, não menos importante que os outros, pois se um componente for mal conectado as trilhas o circuito não funcionará corretamente, podendo até causar curto circuito e danificar outros componentes.

Algumas estações de solda possuem um regulador de temperatura onde por meio de um potenciômetro posso aumentar a resistência ou seja esquentar mais o ferro de solda ou deixar em uma temperatura mais baixa, e tem outras estações mais simples que é só ligar na tomada e esperar que o ferro esteja bem quente para iniciar o processo.



Figura 67: Estação de Solda Digital.
Fonte: www.usinainfo.com.br



Figura 68: Estação de Solda simples.
Fonte: www.schamrek.com.br

Antes de começar a fazer a soldagem do componente na placa, é necessário realizar um processo no ferro de solda que se chama **estanho** a

ponta do ferro, depois de estar bem quente passasse a solda na ponta do ferro para que essa ponta fique molhada com o estanho (nome dado a solda). Assim será mais fácil derreter a solda e ligar os terminais a placa.



Figura 69: Estanhando a ponta.
Fonte: www.mecatronicaatual.com.br/

Depois de soldar o componente a placa deve ser observado se o componente ficou devidamente ligado a placa, os terminais não devem ficar frouxos e a solda também não deve ter brilho opaco ou fosco. [8]

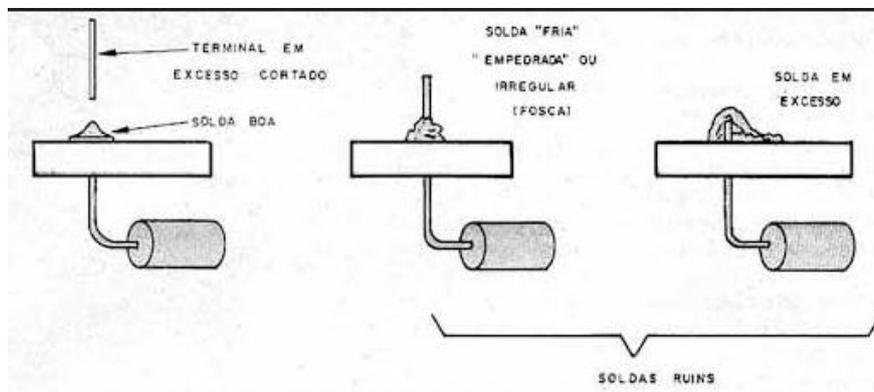


Figura 70: Exemplo de solda boa e soldas ruins.
Fonte: www.newtoncbraga.com.br/

7. TÉCNICAS DE IMPLEMENTAÇÃO DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS

A busca de falhas é um processo rigoroso e lógico que jamais devia ser considerado “a solução por tentativa”. O processo generalizado da busca de falhas é ilustrado no fluxograma da figura 71. Em primeiro lugar é preciso verificar se o equipamento realmente apresenta falha, e se não deixou passar algo óbvio (tal como bateria defeituosa ou um cabo de sinal desconectado ou trilha condutora com falhas). Isto pode parecer tolice, mas em alguns casos uma falha pode ser atribuída a um desajuste ou a má conexão. Além disso, onde diversos itens de equipamentos estão interconectados, pode não ser fácil destacar o único item do equipamento falho.



Figura 71: Fluxograma de busca de falhas.
Fonte: Circuitos Eletrônicos - Por Mike Tooley

O segundo estágio é a coleta de todas as informações relevantes. Esse processo envolve fazer perguntas como:

- Em que circunstâncias o circuito falhou?
- O circuito funcionava de forma correta antes, e o que mudou exatamente?
- A deterioração do desempenho foi rápida ou levou um certo tempo?
- Que sintomas de falha foi observado?

As respostas a essas questões são cruciais e uma vez que as informações tenham sido analisadas, o estágio seguinte envolve separar os “efeitos” da “causa”. Aqui, é preciso relacionar cada uma das causas possíveis. Feito isso, deverá estar apto a identificar e se concentrar na causa mais provável. Portanto, a ação corretiva (tal como remoção e substituição de componente, o ajuste ou o alinhamento) pode ser aplicada antes que as verificações funcionais subsequentes sejam executadas. Deve ser possível, então, determinar se a falha foi identificada de forma correta ou não. No entanto, repare que a falha de um componente pode resultar, muitas vezes, no mau funcionamento ou na falência completa de outro.

Como exemplo, um capacitor em curto-circuito causará quase sempre a queima de um fusível. Quando o fusível for substituído e a alimentação reconectada ele queimará mais uma vez porque o capacitor ainda está defeituoso. Portanto, é importante considerar que outros problemas podem existir quando a falha é localizada.

7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE SEGURANÇA

Antes de delinear as etapas básicas da busca de falhas em alguns circuitos eletrônicos simples, é fundamental que esteja ciente dos riscos potenciais associados com equipamentos que usam alimentação principal AC, com 127 Volts ou 227 Volts.

Enquanto muitos circuitos eletrônicos operam a partir de fontes de baixa voltagem e, com isso podem ser manuseados de forma bem segura as voltagens AC elevadas presentes nos equipamentos operados com rede elétrica representam um perigo potencial de choque elétrico. As regras gerais seguintes deveriam ser sempre seguidas quando se manipular um equipamento como esse:

- 1- Desligue a alimentação principal e remova o conector da tomada sempre que qualquer das tarefas seguintes estiver sendo realizada:
 - a) Desmontar o equipamento.
 - b) Inspeccionar os fusíveis.
 - c) Desconectar ou conectar módulos internos.
 - d) Retirar a solda ou soldar componentes.
 - e) Realizar testes de continuidade em comutadores, enrolamentos de transformador, retificadores em ponte etc.

2 – Ao medir as voltagens AC e DC presentes dentro da unidade de potência, tome as seguintes precauções:

- a) Evite contato direto com a fiação de entrada da tomada.
- b) Verifique se o equipamento está conectado a um terra efetivo.
- c) Use ponteiras de teste dos multímetros isoladas.
- d) Selecione escalas de medidor apropriadas antes de tentar fazer quaisquer medições.
- e) Se tiver alguma dúvida sobre o que está fazendo, desligue em da tomada e pense.

7.2 ESTRATÉGIA PARA A BUSCA DE FALHAS

A busca de falhas na maioria dos circuitos é um processo relativamente objetivo. Além disso, e supondo que o circuito foi montado de forma correta e que a fiação foi bem implementada, em geral há uma quantidade limitada de “falhas padrão” (como a falha de um transistor ou de um circuito integrado) que podem ocorrer. Para auxiliar nesse processo, é uma boa idéia identificar alguns pontos de testes nos quais as voltagens existentes (tanto AC quanto DC)

podem ser usadas como indicadores do funcionamento do circuito. Tais pontos de teste devem ser identificados antes da construção do circuito e marcados com pinos terminais apropriados.

7.2.1 Identificando falhas no transistor

Até o ponto em que poucas regras básicas podem ser lembradas, reconhecer as voltagens corretas presentes nos terminais de um transistor é um processo bem simples. Os potenciais aplicados aos terminais do transistor são úteis para determinar as condições de polarização corretas para a operação como um amplificador, oscilador ou comutador. Se o transistor estiver defeituoso, as voltagens de polarização habituais estarão alteradas. O estado funcional do transistor pode, portanto, ser determinado de forma rápida ao se medir os potenciais DC presentes nos eletrodos do transistor enquanto ainda esta no circuito.

O potencial que se desenvolve através da junção base-emissor polarizada diretamente de um transistor de silício é de cerca de 0,6 V. No caso de um transistor NPN, a base será positiva em relação ao emissor, enquanto para um transistor PNP a base será negativa em relação ao emissor, como mostra a figura 72. A queda de tensão base- emissor tende a ser maior quanto o transistor é operado como um comutador saturado (e está no estado “ligado”) ou quando é um tipo de potência conduzindo uma corrente de coletor considerável. Nessas aplicações as voltagens base-emissor entre 0,65V e 0,7 não são incomuns. Os amplificadores de pequeno sinal, por outro lado operam com valores de corrente de coletor bem mais baixos, sendo típicos os valores de voltagem base-emissor no intervalo de 0,55V a 0,65V.

Um valor de voltagem base-emissor medindo com muito mais que 0,6V é uma indicação de transistor defeituoso com uma junção base-emissor em circuito aberto. Um potencia base-emissor medindo muito menos de 0,6 V indica que o transistor não esta sendo alimentado com uma polarização de base, e embora isso possa ser normal para um transistor de comutação de

estado “desligado”, é indicativo de uma falha no circuito no caso de um estágio amplificador de pequeno sinal linear. No caso com uma voltagem coletor-emissor de aproximadamente a metade da alimentação do coletor. A voltagem coletor-base será um pouco menor que isso. Logo, para estágio operado a partir de um barramento de alimentação desacoplado de 8,5V, uma voltagem coletor-base razoável estaria em algum ponto no intervalo de 3V a 4V. Em geral os amplificadores sintonizados com cargas de coletor indutivas operam com um valor um tanto maior de voltagem coletor-emissor, já que não há queda de tensão direta mensurável através da carga. Como resultado, a queda de tensão coletor-base é maior (sendo 6V um valor típico).

Quando um transistor é operado como um comutador saturado, os potenciais da junção dependem de se o transistor está no estado ligado ou desligado. Na condição desligado a voltagem base-emissor será muito baixa (em geral, 0V), enquanto a voltagem coletor-base será muito alta. [20]

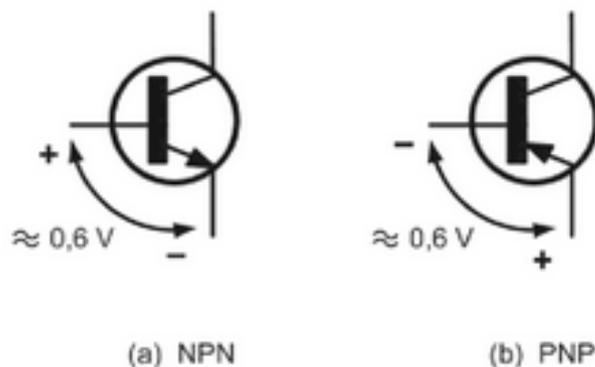


Figura 72: Voltagem Base-Emissor transistores de silício NPN e PNP.
Fonte: Circuitos Eletrônicos - Por Mike Tooley

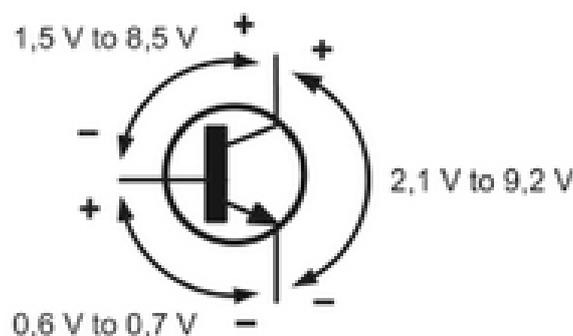


Figura 73: Voltagens típicas em um amplificador de pequeno sinal NPN
Fonte: Circuitos Eletrônicos - Por Mike Tooley

7.2.2 Identificando falhas no diodo

Para identificar um diodo retificador com defeito é mais simples que no transistor. Quando polarizados no sentido direto, os diodos apresentam uma baixa resistência e quando polarizados no sentido inverso, uma alta resistência.

Podemos testar um diodo justamente verificando o estado de sua junção, se ela apresenta as propriedades indicadas. No exemplo a seguir será testado um diodo com um multímetro digital, o teste é bastante simples e eficaz. Como exemplo um diodo 1N4004, mas o teste serve para outros modelos também. Primeiramente, antes de começar o teste precisamos saber identificar os terminais de um diodo, os diodos possuem dois terminais o Catodo que é o terminal negativo representado pela letra *K*. e o Ânodo que é o terminal positivo representado pela letra *A*, como demonstrado na figura abaixo. [21]

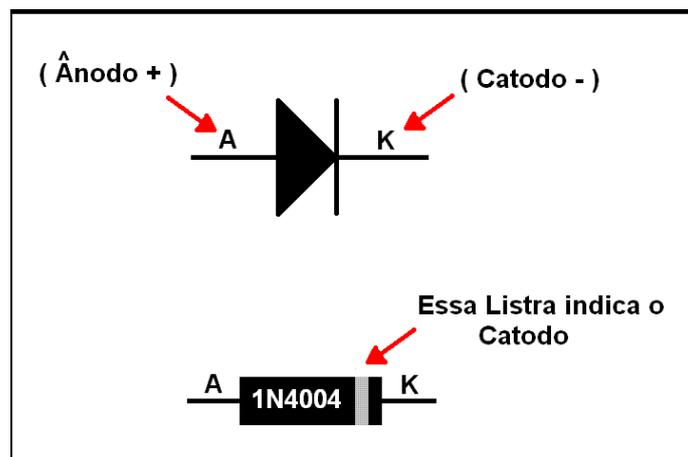


Figura 74: Polarização de um diodo
Fonte: <http://testandoeletronica.blogspot.com.br/>

Como ilustrado na imagem o Catodo do diodo é o ponto principal para a identificação de seus terminais, pois possui uma listra, também conhecida como chanfro ao seu lado. Agora que já foi identificado o terminal correspondente ao catodo e ao anodo é possível começar o teste. Posicione seu multímetro na escala de diodo, aquela que possui o símbolo do diodo, Encoste as pontas de prova do multímetro nos terminais do diodo em teste, não importa a polaridade, apenas coloque uma ponta de cada lado do diodo,

verifique o valor indicado no display do multímetro, depois inverta as pontas do multímetro e verifique o valor indicado no display.

Como demonstrado na figura 75, se o diodo estiver em bom estado, em uma medição deverá ter sido apresentado uma certa resistência no display, e na outra medição ser apresentado o dígito 1, o qual significa uma resistência muito alta ou infinita. [21]

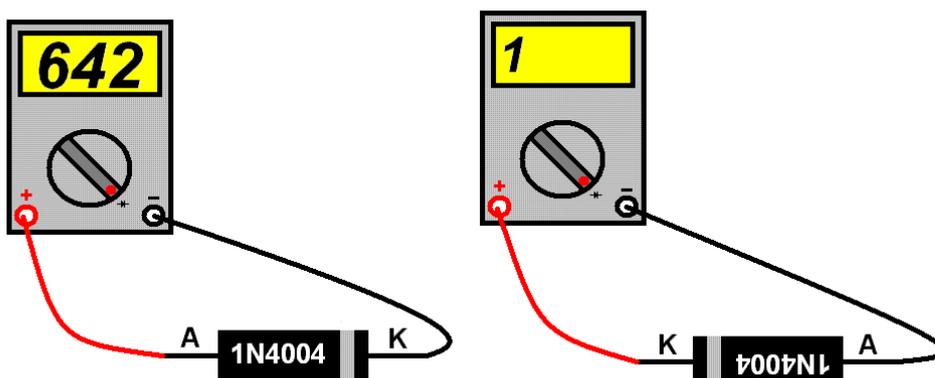


Figura 75: (a) Teste no diodo polarizado; (b) Teste no diodo com polaridade invertida
Fonte: <http://testandoeletronica.blogspot.com.br/>

A figura mostra diodo em bom estado apresentando uma baixa resistência em um sentido (polarização direta) e uma alta resistência no sentido oposto (polarização inversa). Isso acontece devido ao diodo permitir que a corrente passe por ele somente em um sentido, no sentido Anodo para o Catodo.

Caso nos dois testes o valor apresentado no display seja 0, como mostrado na próxima figura, o diodo está em curto circuito, ou seja, irá conduzir livremente independentemente de sua polarização. [21]

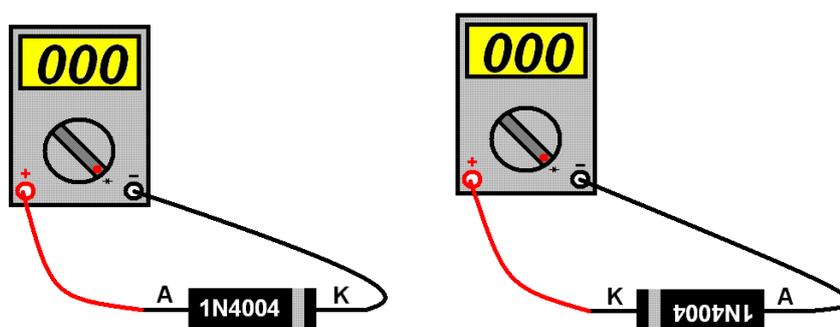


Figura 76: Diodo em curto circuito (diodo com defeito)
Fonte: <http://testandoeletronica.blogspot.com.br/>

E se nos dois testes o valor apresentado no display for 1 (resistência alta ou infinita), como mostrado na figura a seguir, significa que o diodo está aberto, ou seja, não irá conduzir independentemente de sua polarização. [21]

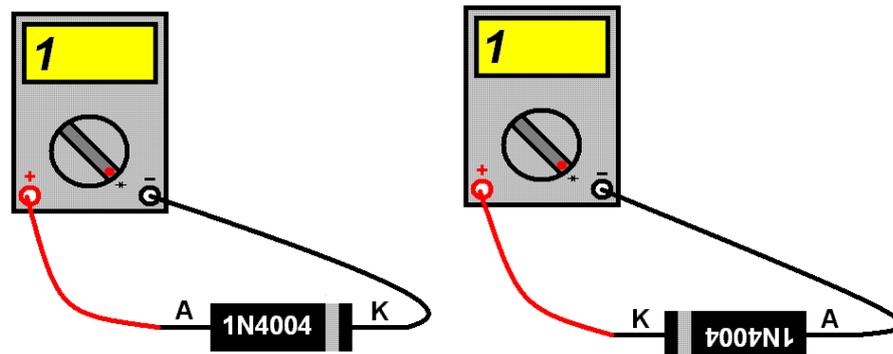


Figura 77: Diodo em aberto (diodo com defeito)
Fonte: <http://testandoeletronica.blogspot.com.br/>

7.2.3 Identificando falhas no capacitor

Os capacitores costumam ser os componentes que mais problemas trazem aos circuitos eletrônicos, pois a taxa de falha que apresentam é das mais elevadas. Isso leva ao profissional da eletrônica a preocupação de saber com certeza se o problema que ele está encontrando num circuito é devido a este tipo de componente ou não. Como testar um capacitor com segurança e como fazer o teste que realmente revele aquilo que você precisa saber?

De todos os componentes eletrônicos, os capacitores costumam apresentar o maior número de falhas e também um número elevado de tipos de falhas. Capacitores abrem, entram em curto, alteram seus valores, apresentam fugas e até defeitos intermitentes.

Como testar um capacitor é um problema para muitos, pois o resultado obtido no teste também depende do tipo de instrumento ou de recurso de que se dispõe para isso. A seguir vamos comentar alguns tipos de testes, para isso, é preciso entender como funciona o capacitor.

Um capacitor é definido como um componente formado por duas armaduras ou placas metálicas entre as quais é colocado um isolante denominado dielétrico. Um capacitor pode armazenar cargas elétricas e com

isso energia elétrica. A capacidade de armazenamento de um capacitor ou sua capacitância é medida em Farads (F). Seus submúltiplos, microfarad (μF), nanofarad (nF) e picofarad (pF) são bastante usados.

Diversas tecnologias de fabricação levam a uma grande quantidade de tipos de capacitores fixos que normalmente recebem o nome do dielétrico, na figura abaixo temos os símbolos e os aspectos dos principais tipos de capacitores.

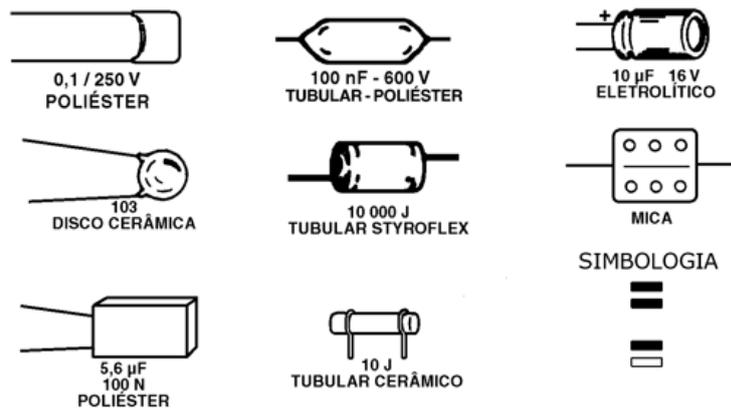


Figura 78: Variedades de capacitores
Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br>

A propriedade elétrica básica, além da capacitância, que nos ajuda a comprovar o estado de um capacitor reside no fato de que entre as armaduras existe um isolante. Assim, um capacitor em bom estado deve, em princípio apresentar uma resistência infinita.

Quando um capacitor apresenta problemas, um deles consiste no dielétrico perder a sua capacidade de isolamento. Assim, o teste mais simples consiste justamente em verificar a continuidade de um capacitor. Com alguns artifícios podemos ir além e também verificar a capacitância do componente, pois um outro problema que ele pode apresentar é justamente "abrir", ou seja, perder a capacitância.

Para capacitores de valores algo elevados, como o caso dos eletrolíticos, o teste de continuidade também pode indicar algo sobre a capacitância, com a possibilidade, neste caso, de se detectar falta de capacitância ou capacitor aberto. Como fazer esses testes é justamente o que veremos a seguir:

Prova de Fuga/Curto

A prova mais simples é a de fuga/furto que pode ser feita com um provador de continuidade ou um multímetro comum. O procedimento é o seguinte:

a) Coloque o multímetro na escala mais alta de resistências (x 100 ou x 1k) se usar esse instrumento. Zere o multímetro. Se usar o provador de continuidade não será preciso fazer escolha de escala.

b) Retire o capacitor do circuito em que ele se encontra ou desligue um de seus terminais.

c) Meça a resistência entre os terminais do capacitor ou sua continuidade.

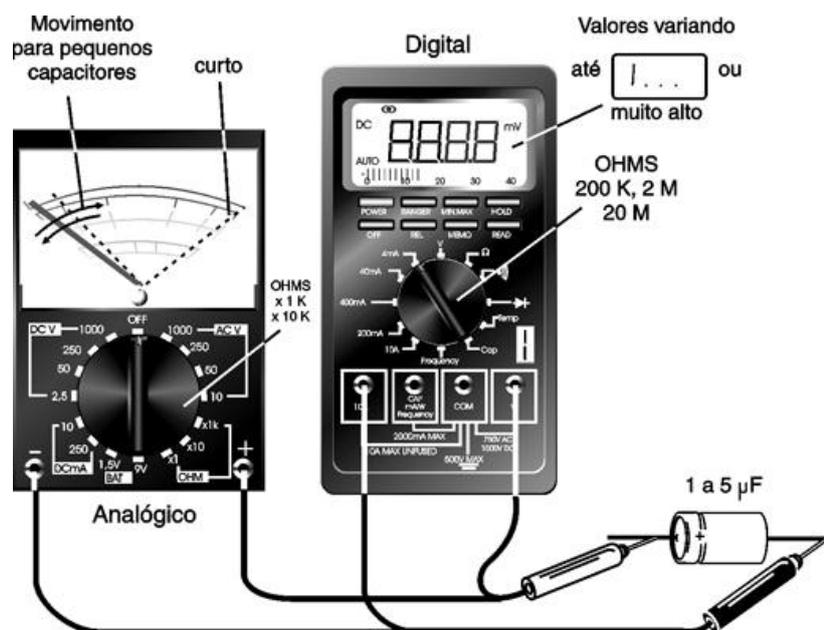


Figura 79: Testando fuga e ou curto no capacitor eletrolítico
Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br>

Deve ser lida uma resistência muito alta, mais de 2 MΩ ou infinito para os capacitores em bom estado. Para eletrolíticos de alto valor, a resistência pode estar na faixa de alguns megas. Uma leitura de resistência muito baixa, menor que 1 kΩ, significa um capacitor em curto.

Uma leitura de resistência entre $50\text{ k}\Omega$ e $1\text{ M}\Omega$ significa um capacitor com fugas. Em algumas aplicações, capacitores eletrolíticos de valores muito altos podem ter uma fuga natural da ordem de $100\text{ k}\Omega$ a $1\text{ M}\Omega$.

Essa prova não revela se o capacitor está aberto a não ser em casos de capacitores acima de $10\text{ }\mu\text{F}$.

Capacitância

A capacitância de um capacitor pode ser conhecida de forma aproximada (indireta) ou direta com o uso do capacitímetro.

Para capacitores acima de $1\text{ }\mu\text{F}$ o multímetro comum analógico pode ser usado para se ter uma idéia se o capacitor está ou não aberto. Os capacitímetros digitais não são recomendados para essa prova, pois ela se baseia na variação de carga que pode ser observada melhor pelo movimento de um ponteiro.

O procedimento é o seguinte:

- Coloque o multímetro na escala de resistência mais alta que ele tiver. Zere-o antes de fazer o teste.
- Retire o componente do circuito ou desligue um de seus terminais.
- Encoste as pontas de prova nos terminais do componente e observe o movimento da agulha do instrumento.

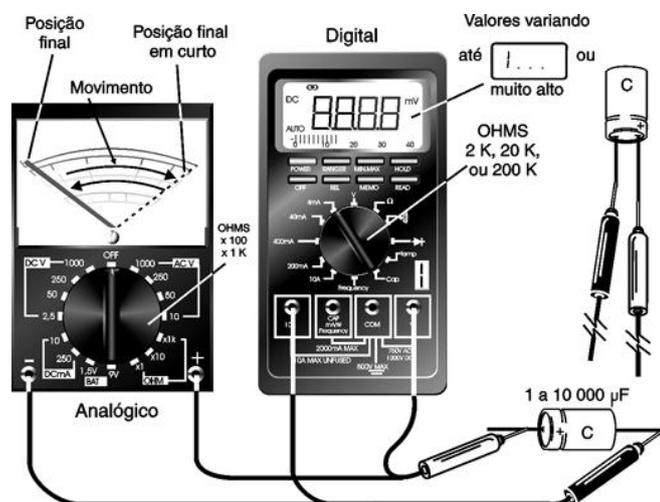


Figura 80: Testando capacitância.
Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br>

Quando encostamos as pontas de prova nos terminais do capacitor ele se encontra descarregado. A corrente de carga que flui é inicialmente elevada, o que será indicado pelo rápido movimento da agulha do instrumento em direção às baixas resistências.

Tão logo o capacitor esteja carregado ele passa a apresentar uma alta resistência, o que será indicado pela volta do ponteiro do instrumento à essa região, conforme mostra a figura 81.

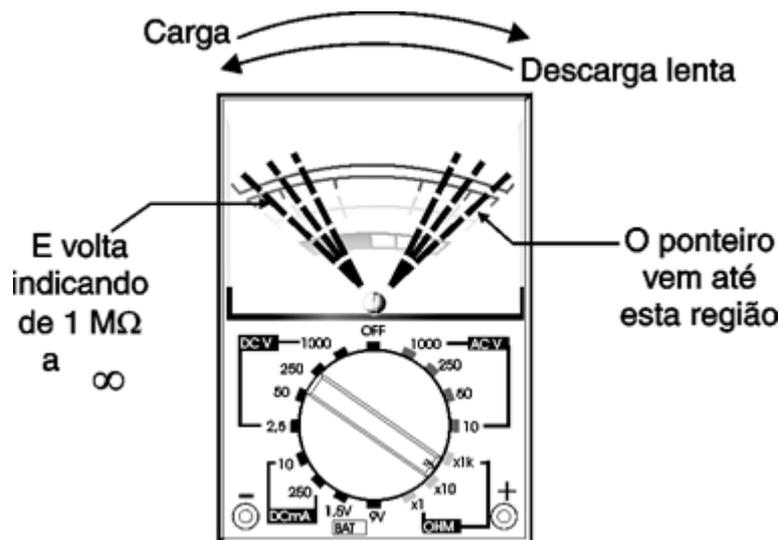


Figura 81: Carga e descarga do capacitor no multímetro.
Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br>

Em suma, o ponteiro se desloca para as baixas resistências e depois volta para as altas resistências. O movimento será tanto mais acentuado quando maior for a capacitância do componente testado.

Se a agulha não se mover é porque o capacitor está aberto. Se parar nas baixas resistências é porque está em curto e se ficar numa região intermediária é porque está com fugas.

Comparando o movimento obtido com um capacitor bom de valor conhecido é possível avaliar a capacitância do capacitor testado. [12]

UNIDADE 2 – PROCEDIMENTOS E NORMAS INDUSTRIAIS

2.1 NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS NA INDUSTRIA (ABNT)

Para as áreas de eletrônica e eletrotécnica existe uma variedade enorme de normas utilizadas nas indústrias. Nessa disciplina destacaremos algumas que podem vir a fazer parte do cotidiano do técnico em eletrônica. Talvez o leitor ache que as normas não sejam de grande relevância, pois está enganado. As normas definem uma atitude ou até o nível de organização de uma empresa ou indústria. As normas são feitas a partir de um estudo profundo e em campo com ajuda de diversos profissionais e engenheiros para que em qualquer área que a norma seja aplicada possa obter os melhores resultados e acima de tudo prezando pela segurança dos funcionários.

Porém vamos nos ater somente nas normas que se referem a eletricidade, o que não são poucas.

1.1 NORMAS DE SISTEMA DE ATERRAMENTO ELETRICO E PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

– **ABNT NBR 15749:2009** – Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento e,

– **ABNT NBR 15751:2013** – Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos.

– **ABNT NBR 7117:2012** – Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo – Requisitos.

– **ABNT NBR 16254:2014** – Materiais para sistemas de aterramento Parte 1: Requisitos gerais.

– **ABNT NBR 5419:2015** – Proteção contra Descargas Atmosféricas Partes 1 a 4

1.2 NORMAS DE TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Esta parte da ABNT NBR 5356 se aplica aos seguintes tipos de reatores: Reatores de derivação; Reatores série, incluindo reatores limitadores de corrente, reatores de aterramento de neutro, reatores para controle de fluxo de potência, reatores para partida de motores, reatores série para fornos a arco; Reatores de filtro (sintonia); Reatores de amortecimento para capacitores derivação; Reatores de descarga para capacitores série; Transformadores de aterramento (acoplamento de neutro); Reatores para supressão de arco; Reatores de alisamento para aplicações industriais e HVDC.

Esta versão corrigida da ABNT NBR 5356:2012 incorpora a Errata 1 de 19.09.2014. [\[1\]](#)

1.3 NORMAS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM UNIDADES MARÍTIMAS FIXAS E MÓVEIS

Esta parte da série ABNT NBR IEC 61892 prescreve condições para instalações elétricas, em unidades fixas e móveis, usadas na indústria marítima de petróleo, com a finalidade de perfuração, processamento e armazenamento, incluindo oleodutos, estações de bombeamento, estações de lançamento e recebimento de pigs, estações de compressão e monoboias de ancoragem expostas. ABNT NBR IEC 61892-1:2013 Unidades marítimas fixas e móveis — Instalações elétricas Parte 1: Requisitos e condições gerais [\[1\]](#)

1.4 EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, CIENTÍFICOS E MÉDICOS — CARACTERÍSTICAS DAS PERTURBAÇÕES DE RADIOFREQUÊNCIA — LIMITES E MÉTODOS DE MEDIÇÃO.

Esta Norma ABNT NBR IEC/CISPR 11:2012 aplica-se aos equipamentos industriais, científicos e médicos que operam na faixa de frequências de 0 Hz a 400 GHz e aos aparelhos domésticos e similares projetados para gerar e/ou utilizar localmente a energia de radiofrequência.

Para aplicar essa norma são necessárias outras normas em conjunto:

ABNT NBR IEC 60050-161:2005

ABNT NBR IEC 60601-1-2:2010 Versão Corrigida:2013

CISPR 16-1-1 amd.1 Ed. 3.0 b

CISPR 16-1-1 Ed. 3.1 b

CISPR 16-1-2 amd.1 Ed. 1.0 b

CISPR 16-1-2 amd.2 Ed. 1.0 b

CISPR 16-1-2 Ed. 1.2 b

CISPR 16-1-4 amd.1 Ed. 3.0 b

CISPR 16-1-4 Ed. 3.1 b

CISPR 16-2-3 Ed. 3.1 b

IEC 60601-2-2 Ed. 5.0 b

IEC 60974-10 Ed. 2.0 b

IEC 61307 Ed. 3.0 b

IEC 62135-2 Ed. 1.0 b

1.5. MATERIAL ISOLANTE ELÉTRICO — AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO TRILHAMENTO E EROÇÃO SOB CONDIÇÕES AMBIENTAIS SEVERAS

ABNT NBR 10296:2014 - Esta Norma estabelece os métodos para avaliação da resistência ao trilhamento e à erosão de material isolante elétrico para uso sob severas condições ambientais, em frequências industriais (48 Hz a 62 Hz), usando um líquido contaminante e corpos de prova em plano inclinado.

1.6. CABO TELEFÔNICO BLINDADO PARA REDES INTERNAS - ESPECIFICAÇÕES

ABNT NBR 10501:2001 - Esta Norma fixa os requisitos mínimos exigíveis na fabricação dos cabos telefônicos blindados internos. Estes cabos são indicados para instalações internas de centrais telefônicas, edifícios comerciais, industriais, residenciais e outros.

1.7 INDICADORES DOS MEDIDORES ELÉTRICOS DA TEMPERATURA E DO NÍVEL DO COMBUSTÍVEL – ESPECIFICAÇÃO

ABNT NBR 10853:1989- Esta Norma fixa as condições exigíveis para aceitação ou recebimento de indicadores dos medidores elétricos da temperatura e do nível de combustível, utilizados em veículos rodoviários e industriais automotores, máquinas rodoviárias e tratores agrícolas.

1.8 LÍQUIDOS ISOLANTES ELÉTRICOS - DETERMINAÇÃO DO FATOR DE PERDAS DIELÉTRICAS E DA PERMISSIVIDADE RELATIVA (CONSTANTE DIELÉTRICA) - MÉTODO DE ENSAIO

ABNT NBR 12133:1991 - Esta Norma prescreve o método para a determinação do fator de perdas dielétricas e da permissividade relativa de líquidos isolantes elétricos em frequência industrial.

1.9 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV

ABNT NBR 14039:2005 - Esta Norma estabelece um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço. Esta edição da ABNT NBR 14039:2005 equivale o conjunto ABNT NBR 14039:2003 mais a Emenda 1 ABNT NBR 14039:2005 de 31.05.2005. Confirmada em 07.08.2013.

Esta norma é necessária trabalhar em conjunto com estas outras normas relacionadas abaixo:

ABNT NBR 11301:1990

ABNT NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008

ABNT NBR 5413:1992 Versão Corrigida:1992

ABNT NBR 5433:1982

ABNT NBR 5434:1982 Versão Corrigida:1983

ABNT NBR 5460:1992

ABNT NBR 5463:1992

ABNT NBR 6251:2006

ABNT NBR 7282:1989

ABNT NBR 8451:1998

ABNT NBR 8453:1984

ABNT NBR 8456:1984

ABNT NBR 8669:1984

ABNT NBR 9511:1997

ABNT NBR IEC 60050(826):1997

IEC 60038:2002

IEC 60909-0:2001

IEC 60949:1988

IEC CISPR 18-1:1982

IEC CISPR 18-2:1996

IEC CISPR 18-3:1996

1.10. CABOS DE TELEMÁTICA DE 100 Ω PARA REDES INTERNAS ESTRUTURADAS — ESPECIFICAÇÃO

ABNT NBR 14703:2012 - Esta Norma especifica os requisitos mínimos exigíveis para a fabricação de cabos de telemática com impedância característica de 100 Ω . Estes cabos são indicados para aplicação em redes internas estruturadas de prédios comerciais, industriais, residenciais e outros.

1.11. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA — TERMINOLOGIA

ABNT NBR 10899:2013 - Esta Norma especifica os termos técnicos relativos à conversão fotovoltaica de energia radiante solar em energia elétrica.

1.12 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS - CLASSIFICAÇÃO

ABNT NBR 11704:2008 Esta Norma classifica os sistemas de conversão fotovoltaica de energia solar em energia elétrica.

São necessárias as seguintes normas para complementar :

ABNT NBR 10899:2006

ABNT NBR 5410:2004 Versão Corrigida:2008

ABNT NBR 5456:2010

1.13 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (FV) – CARACTERÍSTICAS DA INTERFACE DE CONEXÃO COM A REDE ELÉTRICA DE DISTRIBUIÇÃO

ABNT NBR 16149:2013 - Esta Norma estabelece as recomendações específicas para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica e estabelece seus requisitos.

1.14. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO - REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA INSTALAÇÃO EM ESTABELECIMENTOS ASSISTENCIAIS DE SAÚDE

ABNT NBR 13534:2008 - Aplica-se o disposto na ABNT NBR 5410, com as seguintes exceções: Adicionar: Os requisitos específicos desta Norma aplicam-se a instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde, visando garantir a segurança dos pacientes e dos profissionais de saúde. NOTA 1 Quando a utilização de um local médico for alterada, em particular com a introdução de procedimentos mais complexos, deve-se adequar a instalação elétrica existente à alteração promovida, de acordo com os

requisitos desta Norma. Essa é uma questão ainda mais crítica se envolver procedimentos intracardíacos e de sustentação de vida de pacientes. NOTA 2 Quando aplicável, esta Norma pode ser utilizada em clínicas veterinárias. Nota 3 Esta Norma não se aplica a equipamentos eletromédicos. Para equipamentos eletromédicos, ver série de normas ABNT NBR IEC 60601.

2. NOÇÕES DE PROJETOS INDUSTRIAIS; ANTE-PROJETO; ARRANJO FÍSICO; ESCOLHA, DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

O termo "*projeto*" representa o conjunto de estudos e realizações físicas que vão desde a concepção inicial de uma idéia (materializada através de documentos técnicos) até sua concretização na forma de um empreendimento em operação. No sentido mais geral do termo, é "apresentar soluções possíveis de serem implantadas para a resolução de determinados problemas" (LIMA, 2004, p.1). É um trabalho intelectual, de grande importância técnica, envolvendo experiência e abrangência significativa de conhecimentos normativos, físicos, matemáticos e da legislação, para proporcionar segurança e conforto, objetivando o melhor custo/benefício ao usuário e ao empreendimento. De maneira geral, representa as práticas e experiências (boas ou ruins) do projetista, onde, para este, a solução procurada visa atender a uma necessidade, um resultado desejado, um objetivo (BARRETO, 2000). Em essência, o projeto é uma antecipação detalhada de uma solução que deverá ser implantada para satisfazer determinado objetivo, sempre se preocupando com o ponto de vista técnico (o projeto é funcional e exequível?) e com o econômico (é possível a execução com custo razoável?).

É fundamental que todo projeto seja perfeitamente compreensível e esclarecedor, uma vez que o projetista não estará presente na execução do projeto (salienta-se que, legalmente, ele tem este direito, caso assim deseje). Portanto, a qualidade da informação disponibilizada no projeto deve ser a melhor possível, devendo ter o nível de detalhamento necessário para garantir a sua execução, sem dúvidas, conforme foi idealizado pelo projetista.

O ato de "projetar" não é uma atividade isolada, representada unicamente pelo projetista. Deve ser compreendida como uma interação dinâmica entre três sujeitos envolvidos, cada qual com a sua responsabilidade: o profissional projetista, o cliente e as entidades regulamentadoras e normalizadoras (ABNT, concessionárias, órgãos do poder público, etc).

a. CLASSIFICAÇÃO DOS PROJETOS

Dependendo da fase do empreendimento, a engenharia de projetos é classificada em:

1. Engenharia de Projeto Conceitual;
2. Engenharia de Projeto Projeto básico;
3. Engenharia de Projeto Projeto executivo;
4. Documentação "as built" (conforme construído).

É importante que o projetista guarde em seu arquivo (acervo técnico), além da documentação eletrônica referente ao projeto, cópia das guias de remessa dos documentos devidamente assinadas pelo cliente, constando a data da entrega e identificando a numeração, título e revisão dos documentos entregues. A guia de remessa retrata "o quê" foi entregue e "quando". Trata-se de uma maneira de diminuir a fragilidade jurídica em que se encontra grande parte dos profissionais e empresas de engenharia de projetos.

i. **Projeto conceitual**

A etapa de realização anteprojeto ou projeto conceitual é a fase inicial de projeto de um empreendimento (em termos da engenharia de projeto), sendo a transformação de uma série de dados em uma solução de engenharia que envolve várias linhas de raciocínio e informações interdisciplinares. É o elo das estratégias empresariais à engenharia propriamente dita.

É a engenharia de projeto desenvolvida para permitir uma avaliação das condições de viabilidade técnica e econômica de um empreendimento, instalação ou equipamento industrial.

É a etapa em que se desenha e especifica o resultado da análise de negócio que acabou de passar pela etapa do EVTE (estudo de viabilidade técnica e econômica).

É um momento em que é essencial para estratégia empresarial fazendo o elo entre as diretrizes estratégicas e os projetos de engenharia. Tem uma semelhança com o estudo de viabilidade, porém muito mais profundo, a ponto de formar tomadas de decisão com parâmetros necessários ao início dos projetos de engenharia.

O projeto conceitual deve fornecer os parâmetros gerais do empreendimento industrial para iniciar a engenharia básica. Nesta etapa surge uma excelente oportunidade de verificar a viabilidade técnica e econômica do empreendimento visto que o *layout* geral do projeto é determinado.

O produto desta etapa forma um conjunto de definições de parâmetros necessários para elaboração dos projetos de engenharia, definições estas decorrentes das decisões estratégicas e negócios da empresa. Alguns exemplos de produtos resultantes desta etapa são:

- Limites de recursos disponíveis
- Limites legais
- Limites de prazo
- Políticas ambientais
- Sazonalidade de produção

Os estudos desta etapa devem demonstrar que o empreendimento é tecnicamente viável. É nesta fase que as alternativas técnicas devem ser estudadas.

2.1.2 Projeto básico

No estudo do arranjo físico do empreendimento desenvolvido no projeto conceitual, a planta de locação geral (“plot-plan”) é obtida relacionando as várias unidades de produção entre si, e vinculando-as com as unidades administrativas.

As interligações de todas essas unidades típicas devem, no entanto, obedecer a uma série de premissas, normas e recomendações que permitam estabelecer para cada unidade no arranjo físico, qual a localização mais compatível com as funções que a mesma deve desempenhar, quais as restrições impostas, etc.

Para exemplificar, uma casa de caldeiras deve estar próxima dos pontos principais de consumo a vapor. De maneira análoga, uma subestação de energia elétrica deve estar próxima dos equipamentos e painéis principais que serão alimentados por esta subestação.

Desta forma, a fim de facilitar este estudo, que muito influirá na futura operação, cada unidade deve ser analisada individualmente, bem como seus fatores de localização. Uma vez definida a localização relativa da unidade no arranjo físico, será importante determinar ainda os elementos BÁSICOS para seu dimensionamento e a área requerida para sua instalação, definindo-se também os métodos construtivos recomendados para sua execução.

Assim, entra em “cena” a elaboração do chamado “projeto básico”. Somente após definido estes três parâmetros fundamentais do projeto básico (localização, dimensões e características construtivas) é que será iniciado efetivamente o detalhamento do projeto.

Os projetos básicos se destinam a consolidar diversos aspectos de engenharia de uma planta, antes que sejam efetuados dispêndios importantes com a aquisição de componentes e execução de obras, tais como:

- Permitir a obtenção das diversas aprovações em órgãos públicos ou financeiros;
- Permitir a compra dos equipamentos e a contratação de serviços necessários para a implantação do empreendimento ou instalação;

- Permitir a elaboração de cronogramas de implantação e estimativas de custo de referência mais detalhados.

Os documentos produzidos nesta etapa terão o nível de detalhe suficiente para a completa definição do escopo de fornecimento de equipamentos e os subsídios essenciais ao desenvolvimento da etapa posterior de engenharia detalhada.

Compreende, em geral, as seguintes atividades:

- Especificação, dimensionamento e arranjo de equipamentos e outros componentes físicos, tais como máquinas, calderaria, equipamentos industriais, motores e geradores elétricos, transformadores, quadros elétricos de distribuição e comando, fornos, estruturas, utilidades, etc;
- Elaboração de especificações mecânicas, elétricas, civis, entre outras;
- Dimensionamento geral dos equipamentos;
- Especificação e seleção de materiais e componentes;
- Atendimento às normas, padrões técnicos e comerciais e critérios de cálculos e de projeto;
- Orientação geral para o detalhamento.

Os serviços de engenharia relacionados nesta etapa deverão ser desenvolvidos por equipe multidisciplinar, liderada em cada disciplina por profissionais capacitados, conforme o exposto nos documentos referenciados.

Com referência ao histórico da indústria, as definições resultantes desta etapa da engenharia, na média mundial, suportam estimativas de investimento com imprecisões na faixa entre -10% a + 10%. No Brasil, algumas publicações chegam a fazer referência a uma taxa de incerteza de 15 a 30%.

De maneira geral, um projeto básico inclui:

- Layout da fábrica;
- Balanços de materiais e de energia;
- Transporte de materiais;
- Diagramas de tubulações;

- Esquemas elétricos unifilares e instrumentação;
- Definição dos sistemas de utilidades.

Observar, finalmente, o uso racional da área construída sem prejudicar o correio dimensionamento de vias de acesso, portas e corredores. Observar o uso de galerias e do espaço aéreo, prever facilidades e baixos custos de manutenção e conservação e finalmente, obedecer aos regulamentos legais e de segurança.

Questões a serem respondidas na definição dos equipamentos:

- Quais equipamentos estão previamente definidos e dimensionados?
- Quais seus respectivos fornecedores?
- Quais suas dimensões básicas e pesos?
- Algum equipamento impõe condições especiais: ruídos / vibrações / campos magnéticos / poluição / controle de temperatura ambiente, etc?
- Quais equipamentos são importados?
- Algum equipamento está sujeito a testes e inspeções?
- Quais exigências podem influir no detalhamento?
- O projeto deverá ser aprovado?
- Quais são os limites de fornecimento dos fabricantes?
- São fornecidos motores elétricos?
- São fornecidas chaves de partida?
- Quais as cargas aplicadas e quais os pontos de aplicação?
- Quais são os coeficientes de impacto recomendados no projeto de fundações?
- Consumo de energia elétrica (sob que tensão a freqüência)?
- Consumo de combustíveis
- Outros requisitos especiais.

2.1.3 Projeto detalhado

Os projetos detalhados, também chamados de "executivos", se destinam a fornecer os elementos para a construção e montagem de uma planta. O conjunto de informações necessárias e suficientes para a elaboração de um projeto executivo são aquelas que comumente são definidas como projeto básico, que, como visto, representa uma etapa prévia do desenvolvimento do projeto detalhado, em que se consolidam as condições técnico-econômicas e operacionais do projeto e se estabelecem os requisitos básicos para cada integrante do empreendimento.

Engenharia de Detalhamento é a etapa subsequente à Engenharia Básica, onde se detalharão todos os parâmetros de engenharia da planta, os quais permitirão comprar os materiais e componentes complementares, tais como tubulações, válvulas, instrumentos, projeto elétrico, automação industrial, etc.

O detalhamento do projeto será a fase definitiva para a implantação física do empreendimento

Hoje é possível a montagem de um projeto virtual para análise e ajuda para a descrição dos detalhes já mencionados, visando e antecipando possíveis falhas, possibilitando suas correções antes mesmo da montagem física.

O sucesso da Engenharia de Detalhe é altamente dependente do grau de acerto das decisões tomadas na fase da engenharia básica.

É a engenharia de projeto desenvolvida para:

- Permitir a compra de equipamentos auxiliares e dos materiais para a construção e montagem;
- Permitir a construção e montagem do empreendimento, instalação ou equipamento.

Nesta etapa são desenvolvidas atividades tais como: elaboração de cálculos, desenhos definitivos e listas de materiais para a construção e montagem da instalação.

Os dois tipos de projeto (básico e detalhado) diferem substancialmente quanto ao objetivo, sendo o primeiro fonte de informações para o segundo. Existirão projetos que dada a sua simplicidade e similaridade com outros já

executados anteriormente poderão dispensar a elaboração de Projeto Básico para alimentar o projeto detalhado.

O contrário não se aplica, ou seja, não há Projeto Básico que encerre todas as informações necessárias para a execução de obra ou montagem de equipamento.

Os dados resultantes da documentação produzida e as informações obtidas propiciarão uma precisão nos orçamentos da ordem de 95%.

Benefícios do projeto detalhado:

- a. Permite fornecer, fabricar, comprar, construir, montar e por em marcha ("start up") a instalação projetada;
- b. Facilita muito o entendimento e a montagem do projeto, bem como a aquisição e utilização adequada dos materiais especificados.

2.1.4 Documentação "as built"

A documentação "as built" ("como construído") contempla os dados do projeto inicial (básico e detalhado), acrescido ou modificado pelas informações (alterações) surgidas na fase de execução da instalação, ou seja, consiste na atualização dos documentos de projeto, elaborados nas etapas de engenharia anteriores, à real situação implantada.

Os serviços utilizados nesta etapa são constituídos do acompanhamento multidisciplinar de engenharia das atividades de fabricação, construção, montagem e pré-operação.

Como base para a atualização dos documentos do projeto da etapa de engenharia detalhada, as alterações e modificações observadas durante a fabricação, a construção, a montagem e a pré-operação são registradas em NAPS (notas de alteração de projeto) e posteriormente incorporadas aos documentos de engenharia detalhada.

Os serviços de engenharia relacionados nesta etapa devem ser desenvolvidos por engenheiros especialistas e técnicos (projetistas) adequadamente capacitados.

A NBR 5410, norma da área de eletricidade em baixa tensão, no item 6.1.8.2, estabelece que: "*depois de concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.8.1 deve ser revisada e atualizada de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação "como construído", ou "as built"). Nota: Esta atualização pode ser realizada pelo projetista, pelo executor ou por outro profissional, conforme acordado previamente entre as partes".* Também estabelece a NBR 14039, norma da área de eletricidade em média tensão, no item 6.1.7.2, que "*depois de concluída a instalação, a documentação indicada em 6.1.7.1 deve ser revisada de acordo com o que foi executado (projeto "como construído")".*

Com o exemplo acima na área de eletricidade, observa-se que, muito mais do que uma questão compulsória (aplicação normativa a qual se estende para as outras especialidades), o "as built" deve ser visto não apenas como "boa prática da engenharia", mas como um documento fundamental para o usuário da instalação, visando uma operação segura e futura manutenção da planta industrial.

Quando o instalador termina a execução das instalações, o projeto executivo deixa de ser o documento-base para o usuário daquelas instalações. Nesse caso, o usuário deverá receber o projeto como construído ("as built"), representando fielmente a instalação recebida, pois, como já mencionado, várias alterações podem ocorrer diante de diversas incertezas e modificações comuns em qualquer obra. Além de obrigatório (NBR 5410 e NBR 14039), este documento é importantíssimo para o instalador, pois é registrado tudo aquilo que ele efetivamente executou e entregou.

IMPORTANTE:

Não cabe ao responsável pela elaboração de um projeto "as built" a análise técnica dos fatos, mas, sim, a representação deles!

3. ENGENHARIA DE PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Uma instalação elétrica industrial é o conjunto das partes elétricas e não elétricas necessárias ao funcionamento de uma planta industrial, ou de uma parte determinada da mesma. Não se limitando apenas as abaixo relacionadas, podem compreender as ou algumas das seguintes partes:

- Sistema de Distribuição de Energia Elétrica: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem a ligação entre as fontes de fornecimento de energia elétrica e as várias cargas de uma instalação industrial.
- Sistema de Controle e Supervisão: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem controlar e supervisionar as instalações, processos e os equipamentos da instalação industrial e, em alguns casos, auxiliar a operação e a gerência em suas atividades de planejamento e controle.
- Iluminação: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem a obtenção de um nível de iluminação com a quantidade e a qualidade que atenda as necessidades das várias áreas de operação, manutenção e de apoio de uma instalação industrial.
- Aterramento de Equipamentos e Estruturas Metálicas: Compreende o conjunto de todos os condutores e peças condutoras utilizadas para ligação a terra dos equipamentos e estruturas metálicas de uma instalação industrial.
- Sistema de Comunicação: Compreende as instalações, equipamentos e materiais que permitem atender as necessidades de comunicação interna ou externa em todas as áreas de operação, manutenção e de apoio de uma instalação industrial.
- Conduitos Elétricos: Compreende as instalações e materiais do conjunto de conduitos destinados a conter exclusivamente os condutores elétricos, utilizados na interligação entre os diversos equipamentos de uma instalação industrial.

A elaboração do projeto elétrico de uma instalação deve ser precedida do conhecimento dos dados relativos às condições de suprimento e das características funcionais da indústria em geral. Normalmente, o projetista recebe do cliente um conjunto de plantas da indústria, contendo, no mínimo, os seguintes detalhes:

- Planta de situação: tem a finalidade de situar a obra no contexto urbano.
- Planta baixa de arquitetura do prédio: contém toda a área de construção, indicando com detalhes divisionais os ambientes de produção industrial, escritórios, dependências em geral e outros que compõem o conjunto arquitetônico.
- Planta baixa do arranjo das máquinas e equipamentos industriais (layout): contém a projeção aproximada de todas as máquinas, devidamente posicionadas, com a indicação dos motores a alimentar e dos respectivos painéis de controle.
- Plantas de detalhes: devem conter todas as particularidades do projeto de arquitetura que venham a contribuir na definição do projeto elétrico, tais como:
 - Vistas e cortes no galpão industrial;
 - Detalhes sobre a existência de pontes rolantes no recinto de produção;
 - Detalhes de colunas e vigas de concreto ou outras particularidades de construção;
 - Detalhes de montagem de certas máquinas de grandes dimensões.

3.1 REQUISITOS FUNDAMENTAIS DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA.

Uma instalação elétrica industrial, para garantir a segurança das pessoas, equipamentos e instalações, deve apresentar os seguintes requisitos fundamentais:

- Proteção contra contatos diretos - As pessoas, os equipamentos e as instalações devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com as partes vivas da instalação;
- Proteção contra contatos indiretos - As pessoas, os equipamentos e as instalações devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contato com as massas colocadas acidentalmente sob tensão;
- Proteção contra os efeitos térmicos em serviço normal - As instalações elétricas industriais devem estar dispostas de maneira a excluir todos os riscos de incêndio de materiais inflamáveis devido as temperaturas elevadas ou arcos elétricos. Além disso, em serviço normal as pessoas não devem correr riscos de queimaduras;
- Proteção contra sobrecarga - Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente neste circuito quando a intensidade em pelo menos um dos condutores do circuito atingir um valor superior ao da corrente admissível e que, em caso de duração prolongada, possa provocar uma deterioração da isolação dos condutores e dos equipamentos;
- Proteção contra curto-circuitos - Todo circuito deve ser protegido por dispositivos que interrompam a corrente neste circuito quando pelo menos um dos condutores for percorrido por uma corrente de curto-circuito;
- Proteção contra sobretensões - As pessoas, as instalações e os equipamentos devem ser protegidos contra as sobretensões, sejam elas de origem atmosféricas, de operações de manobras, entre outras;
- Seccionamento - Devem ser previstos dispositivos para permitir o seccionamento da instalação elétrica, dos circuitos e dos equipamentos individuais, para a manutenção, a verificação, a localização dos defeitos e os reparos;
- Independência das instalações elétricas - As instalações elétricas devem ser dispostas de maneira a excluir toda a influência danosa entre as partes elétricas e não elétricas da instalação industrial;
- Acessibilidade dos componentes - Exprime a facilidade de acesso a todas as máquinas e equipamentos de manobra. As instalações elétricas devem ser dispostas de modo a permitir espaço suficiente para a sua execução

e posterior substituição e para fins de serviços de verificação, manutenção e reparos;

- Condições de alimentação - As características das instalações devem ser adequadas às condições de alimentação, por exemplo, a tensão nominal dos componentes deve ser igual ou superior a tensão de alimentação;
- Condições de instalação - Todo componente deve possuir, por construção, as qualidades correspondentes às características do local das instalações. Se, no entanto, um componente não apresentar, por construção, as características correspondentes ao local, o componente deve ser utilizado sob a condição de que seja provido quando da execução da instalação, de uma proteção complementar apropriada;
- Flexibilidade - é a capacidade de admitir mudanças na localização das máquinas e equipamentos sem comprometer seriamente as instalações existentes;
- Confiabilidade - representa o desempenho do sistema quanto às interrupções temporárias e permanentes, bom como assegura proteção à integridade física daqueles que o operam;
- Continuidade - o projeto deve ser desenvolvido de forma que a instalação tenha o mínimo de interrupção total em qualquer um de seus circuitos. Para isso, muitas vezes faz-se necessária alguma redundância de alimentação da indústria ou de qualquer um dos setores de produção.

3.2. FORNECIMENTO DE ENERGIA NORMAL

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “análise inicial”. Nesta etapa deverão ser determinadas as condições em que a residência será alimentada com energia elétrica. Esta, na imensa maioria dos casos, provém de rede de distribuição pública de baixa tensão, de propriedade de uma concessionária de energia elétrica.

Assim, nessa fase, é imprescindível conhecer os regulamentos locais de fornecimento de energia e, quase sempre, estabelecer contato com a concessionária, a fim de determinar:

- O tipo de sistema de distribuição (rede aérea ou subterrânea, em média ou em baixa tensão) e de entrada (aérea ou subterrânea).
- O esquema ou esquemas de aterramento a utilizar em função do tipo de instalação.
- As tensões de fornecimento.
- Os pontos de entrega de energia em função dos regulamentos (legislação) e das condições do prédio. O padrão de entrada e medição a ser utilizado em função da potência instalada (ou de alimentação), das condições de fornecimento e do tipo de prédio. São várias as possibilidades: cabina primária, subestação, cabina de barramentos, caixas de entrada, um ou mais centros de medição, entre outras.
- O nível de curto-circuito no ponto de entrega de energia elétrica, a ser obtido da concessionária.

No caso de o prédio fazer parte de um conjunto de prédios (por exemplo, em uma indústria com diversos prédios independentes), é comum ter uma única entrada (por exemplo, uma única cabina primária) e o prédio ser alimentado por uma rede de distribuição interna, de propriedade do consumidor. Nessas condições, essa etapa é aplicável à referida entrada única.

3.2.1 Quantificação da instalação

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “análise inicial” e “Fornecimento de energia normal”.

Nessa etapa, devem ser determinadas as potências aladas e as potências de alimentação da instalação como um todo e de todos os setores e subsetores a serem considerados. A rigor, isso só poderá ser feito quando dos os pontos de utilização forem conhecidos. Lembre-se de que muitos deles (geralmente equipamentos de produção e/ou os relacionados com os sistemas de utilidades) já foram determinados na análise inicial. Portanto, agora deverão ser determinados, ou seja, localizados, caracterizados e marcados em planta:

- Os pontos de luz (aparelhos de iluminação), geralmente no(s) projeto(s) de luminotécnica.
- As tomadas de corrente (uso geral e específico).

- Outros equipamentos de utilização que possivelmente não tenham sido determinados.

É importante observar que, em muitos casos (por exemplo, grandes prédios industriais ou comerciais), é comum que, durante a elaboração do projeto, não tenham ainda sido escolhidos todos os equipamentos de utilização. É então necessário recorrer a informações ou previsões complementares, com dados obtidos, em geral, de instalações semelhantes, obviamente sujeitos a revisões posteriores.

Em qualquer tipo de prédio, a instalação elétrica deve ser dividida em setores, e estes, se possível, em subsetores. Assim, por exemplo, em um prédio industrial pode-se ter uma ou mais áreas de produção, nas quais cada uma pode ser dividida (em função do layout) em diversas subáreas, além de depósito, expedição e escritórios.

Em um prédio comercial ou residencial há conjuntos de salas, lojas ou apartamentos (a rigor, cada um constitui uma instalação separada, desde que possua medição própria) e a parte comum (geralmente uma instalação separada) formada em geral pelos subsetores, pelas garagens, pelo hall principal, pela escadaria, pelo hall dos andares e pelas casas de máquinas (elevadores e bombas).

A quantificação da instalação é feita, no caso mais geral, em vários níveis: em subsetores, setores e globalmente. Em cada um, os pontos de utilização devem ser agrupados, de acordo com seu tipo e características de funcionamento, ou seja, em "conjuntos homogêneos". Os demais pontos, que aparecem isoladamente, isto é, um de cada tipo, devem ser considerados individualmente. Por exemplo, em determinado setor de uma instalação industrial, em uma área de produção, é possível ter iluminação, tornos, pontos de força (tomadas para ligação de equipamentos móveis ou portáteis), forno (um ponto).

Em um prédio de escritórios, considerado globalmente, pode-se ter iluminação, tomadas de uso geral, chuveiros elétricos, elevadores e bombas.

Para cada conjunto de pontos de utilização, a potência instalada será a soma das potências nominais dos diversos pontos, e a potência de alimentação será obtida da aplicação dos fatores de projetos convenientes à potência instalada. Para pontos de utilização individuais, a potência de alimentação

será, exceto no caso da eventual aplicação de fator de utilização, igual à respectiva potência nominal.

Nessas condições, para cada subsetor, setor e instalação global, têm-se:

- Um valor de potência instalada e um valor de potência de alimentação (demanda) para cada um dos "conjuntos homogêneos" de pontos de utilização.
- Um valor de potência nominal e um valor de potência de alimentação (geralmente iguais) para cada um dos pontos de utilização de cargas individuais.
- Se necessário, um valor único de potência instalada e de potência de alimentação, obtido, em princípio, pela soma dos respectivos valores de cada conjunto e de cada ponto isolado do subsetor, do setor ou da instalação geral.

Cada subsetor, setor e instalação como um todo possuem seus centros de carga e, nesses pontos, deveriam idealmente se localizar os respectivos quadros de distribuição ou subestações. Na prática, apenas em casos excepcionais se efetua a determinação exata dos centros de carga, recorrendo-se quase sempre à determinação aproximada, considerando-se as exigências e as limitações de cada área.

Nessa etapa, devem ser localizados (incluindo marcação em planta) e quantificados os diversos centros de cargas "reais" do prédio, ou seja, os diversos quadros de distribuição e subestações. A cada um desses centros de carga devem ser associados um ou mais valores de potência instalada e de potência de alimentação, que são os valores correspondentes à área servida pelo quadro de distribuição ou pela subestação respectiva, já determinados anteriormente.

Também nessa fase deverão ser fixados os diversos níveis e valores de tensões a serem utilizados no prédio.

Em instalações de médio e de grande porte, existem geralmente três níveis de tensão:

1. Nível de entrada, com média ou alta tensão.
2. Nível de distribuição, com média tensão.
3. Nível de utilização, com baixa ou média tensão.

A escolha dos valores das tensões, nos diferentes níveis, é função de uma série de fatores, entre os quais se destacam:

- Tensões de fornecimento da concessionária.
- Tensões nominais dos equipamentos de utilização previstos.
- Existência, na instalação, de equipamentos especiais, por exemplo, grandes motores, fornos a arco, máquinas de soldas e equipamentos com ciclos especiais de funcionamento.
- Distâncias entre o ponto de entrega da concessionária e os centros de carga principais, e entre eles e os centros de carga secundários.

3.2.2 Escolha e dimensionamento dos componentes

São necessários todos os dados obtidos nas etapas “Esquema básico da instalação”, “Quantificação da instalação” e “Fornecimento de energia normal”. É a etapa fundamental de um projeto de instalações elétricas, que consiste basicamente nos seguintes passos:

- Em função de dados obtidos em etapas anteriores escolha os componentes de todas as partes da instalação e proceda a todos os dimensionamentos necessários. Devem ser considerados, em princípio:
 - Entrada (cabine primária, cabine de barramenta ou, simplesmente, caixa de entrada), incluindo ais; respectiva(s) linha(s) elétrica(s).
 - Subestação (ões) de distribuição.
 - Linhas elétricas relativas aos diversos circuitos de distribuição e terminais com as respectivas proteções.
 - Quadros de distribuição (quadros de luz, painéis de força, CCMs, entre outros).
 - Aterramento(s) de proteção e/ou funcional(is).
 - Sistema(s) de proteção contra descargas atmosféricas.
- Complementação dos diversos desenhos que vinham sendo elaborados ao longo das etapas anteriores.

- Cálculos de curto-circuito, obtendo valores de correntes de curto-circuito presumidas em todos os pontos necessários, o que poderá, eventualmente, alterar a escolha de certos dispositivos de comando e de proteção, e mesmo de certos condutores que haviam sido escolhidos e dimensionados previamente.
- Verificação da coordenação dos diversos dispositivos de proteção, o que também poderá conduzir a alterações nos dispositivos previamente escolhidos.
- Revisão final dos diversos desenhos, verificando e corrigindo possíveis interferências com outros sistemas do prédio.

Documentação gerada:

- Esquemas unifilares
- Esquemas trifilares
- Esquemas funcionais
- Desenhos de iluminação
- Desenhos de força
- Desenhos da entrada
- Desenhos de aterramento
- Desenhos de pára-raios
- Memória de cálculo

3.2.3 A documentação do projeto de instalações elétricas

Chamamos de "**documentação técnica do projeto**" o conjunto de conhecimentos e técnicas disponibilizadas para um determinado fim, fixadas materialmente e disposta de maneira que se possa utilizar para consulta ou estudo, permitindo a posterior execução do projeto. Infelizmente, a documentação das instalações elétricas é uma incógnita nos estabelecimentos (principalmente na construção civil), sendo as suas especificações, características e limitações raramente conhecidas pelo trabalhador ou usuário.

Um projeto, para atender as reais necessidades da engenharia, deve ir muito além de um conjunto de plantas, seja para atendimento à sistemas residenciais, prediais ou industriais, independente dos níveis de tensão envolvidas. Toda instalação deve ser elaborada a partir de um projeto específico, que deverá conter, no mínimo, os documentos básicos exigidos conforme NBR 5410 (item 6.1.8.1) e a NBR 14039 (item 6.1.7.1):

- a. Plantas;
- b. Esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;
- c. Detalhes de montagem, quando necessários;
- d. Memorial descritivo da instalação;
- e. Especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);
- f. Parâmetros de projeto (informações referentes aos parâmetros utilizados durante a concepção e o dimensionamento do projeto da instalação elétrica, necessários para que qualquer outro profissional possa compreender e avaliar as decisões tomadas. São exemplos de tais parâmetros: correntes de curto circuito, queda de tensão, fatores de demanda e reserva considerados, temperatura ambiente, classificação das influências externas, presença de harmônicas, critérios de proteção, temperatura ambiente etc.).

Outros documentos também normalmente elaborados são: Memorial de cálculo e Lista de Materiais.

Além dos documentos citados acima, a NBR 5410, no seu item 6.1.8.3, estabelece a necessidade de elaborar um "manual do usuário" (principalmente para as unidades residenciais e pequenos locais comerciais, ou seja, predomínio de pessoal BA1 - leigos), que contenha, no mínimo, os seguintes elementos:

- a. esquema(s) do(s) quadro(s) de distribuição com indicação dos circuitos e respectivas finalidades, incluindo relação dos pontos alimentados, no caso de circuitos terminais;
- b. potências máximas que podem ser ligadas em cada circuito terminal efetivamente disponível;

c. potências máximas previstas nos circuitos terminais deixados como reserva, quando for o caso;

d. recomendação explícita para que não sejam trocados, por tipos com características diferentes, os dispositivos de proteção existentes no(s) quadro(s).

Esta seção estabelece critérios a serem observados na elaboração de projetos executivos de Eletricidade, tendo em vista a apresentação e interpretação uniformes desses documentos técnicos, no sentido de permitir que os trabalhos executados apresentem, além da qualidade, a confiabilidade necessária. Estabelece, para cada documento técnico, as condições mínimas a serem atendidas na elaboração de cada um desses documentos. Os desenhos-modelo citados ao longo desta seção complementam a parte descritiva caracterizando e ilustrando o aspecto visual e a forma de apresentação dos documentos técnicos de projetos de eletricidade, a saber:

1. Esquemas Unifilares;
2. Diagramas Esquemáticos/Funcionais;
3. Arranjo Geral de Equipamentos Elétricos;
4. Plano de Bases e Aberturas para Cabos;
5. Aterramento;
6. Arranjo Geral de Conduitos Elétricos;
7. Iluminação;
8. Diagramas de Interligação;
9. Linhas de Dutos Subterrâneos;
10. Alimentação de Ponte Rolante;
11. Linhas Aéreas;
12. Planilha de Cabos;
13. Rota de Cabos;
14. Diagrama de Blocos;
15. Memória de Cálculo;
16. Memorial Descritivo;
17. Folha de Dados;
18. Especificação Técnica;
19. Lista de Materiais;

20. Análise de Proposta Técnica;
21. Proteção Contra Descarga Atmosférica (PCDA);
22. Arranjo de Rede de Telefonia;
23. Arranjo de Intercomunicação;
24. Arranjo de Rede de Teleprocessamento;
25. Verificação Gráfica de Coordenação/Seletividade;
26. Arranjo de Subestação
27. Lista de Conduitos Elétricos;
28. Arranjo de Circuito Fechado de TV;
29. Sonorização;
30. Detecção e Alarme Contra Incêndio.

Infelizmente, não existe ainda no Brasil um consenso a respeito da simbologia a ser utilizada nos desenhos de projetos de instalações elétricas. Salienta-se que a norma brasileira em vigor – NBR 5444:1989 – Símbolos Gráficos para Instalações Elétricas Prediais: Simbologia – por várias razões, nunca foi plenamente adotada pelos projetistas.

Para a elaboração gráfica dos documentos técnicos, em especial dos desenhos, algumas normas de simbologia merecem destaque:

- NBR 12521 - Símbolos gráficos de componentes passivos (resistores, capacitadores, indutores, núcleos de ferrite, matrizes de memória magnética, cristais piezoelétricos e linhas de retardo).
- NBR 12520 - Símbolos gráficos de condutores e dispositivos de conexão.
- NBR 5261 - Símbolos gráficos de eletricidade – Princípios gerais para desenho de símbolos gráficos.
- NBR 12523 - Símbolos gráficos de equipamentos de manobra e controle e de dispositivos de proteção.
- NBR 5259 - Símbolos gráficos de instrumentos de medição, lâmpadas e dispositivos de sinalização.
- NBR 12522 - Símbolos gráficos de produção e conversão de energia elétrica.

- NBR 12525 - Símbolos gráficos de sistemas de distribuição por cabos para som e televisão.
- NBR 12528 - Símbolos gráficos de transmissão em telecomunicações.
- NBR 12524 - Símbolos gráficos de usinas geradoras, subestações e linhas para sistemas energéticos para sistemas de telecomunicações.
- NBR 5444 - Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais.
- NBR 11467 - Símbolos gráficos para uso em equipamentos.
- NBR 5280 - Símbolos literais de identificação de elementos de circuito.
- NBR 5453 - Sinais e símbolos literais para eletricidade.
- IEC 60617 - Graphical Symbols for Diagram.

3.2.4 Esquemas unifilares

Os esquemas unifilares (também chamados de *diagramas unifilares*, embora esta não seja a terminologia correta) são a representação gráfica dos componentes elétricos e as suas relações funcionais e contêm apenas os componentes principais dos circuitos, representados por uma linha. Fornece uma visão compreensiva do sistema de distribuição de energia elétrica da instalação a ser projetada. Para o trabalhador autorizado, é o documento que informa, facilita e permite a realização de um trabalho mais seguro.

É importante salientar que pequenas, médias ou grandes instalações elétricas operam com tensões perigosas, seja em baixa ou alta tensão (acima de 50 V, já existe perigo eminente). Aparentemente, pelo menos para os observadores desavisados, a física que rege as instalações elétricas em 127 V ou 220 V, por exemplo, não é a mesma física que rege as demais instalações com tensões mais elevadas, ocasionando um total descaso com relação a documentação da instalação, principalmente o esquema unifilar.

Os esquemas unifilares correspondentes às subestações e aos quadros de distribuição devem indicar:

1. Quantidade, destino, formação e seções dos condutores de entrada e saída das subestações e dos quadros;
2. Dados elétricos das cargas (corrente, potência, tensão, frequência, número de fases);
3. Correntes nominais dos dispositivos de proteção, comando e seccionamento, indicando, se for o caso, sua função nos circuitos;
4. Dados e especificações do sistema de aterramento;
5. No caso de instalações mais complexas com sistemas específicos, podem ser necessários esquemas funcionais (caso típico de telecomando, comutação automática, painéis sinóticos, intertravamento etc).

Alguns outros esquemas técnicos que não os unifilares e trifilares são necessários para o bom entendimento e execução do projeto, a fim de representar as informações dirigidas à montagem de circuitos elétricos envolvendo os vários dispositivos de manobra, comando, seccionamento, sinalização, controle e proteção. Esquemas usuais são referentes aos quadros de distribuição, comando e proteção. Evitar desenhar na documentação do projeto esquemas padronizados e de conhecimento geral, tais como aqueles indicativos do modo de ligação de interruptores simples, paralelos e intermediários, relés fotoelétricos, *dimmers* etc.

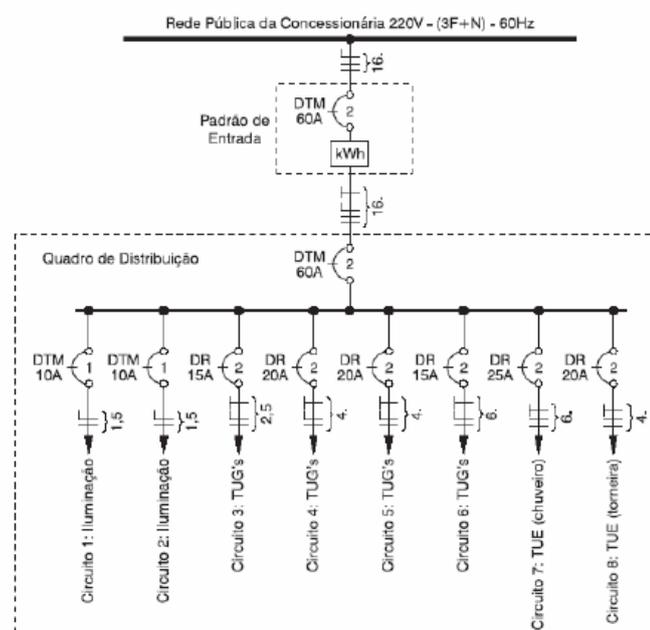


Figura 1: Diagrama Unifilar residencial/predial

Fonte: <https://pt.scribd.com/doc/47600130/APOSTILA-PROJETOS-INDUSTRIAIS> (2016).

Qualquer projeto de instalações elétricas industriais exige a elaboração de um ou mais dos seguintes esquemas unifilares:

- a. Esquema unifilar geral;
- b. Esquema unifilar de proteção e medição;
- c. Esquema unifilares de baixa tensão.

3.2.5 Aterramento

Os desenhos de aterramento elétrico visam mostrar o aterramento do sistema de distribuição de energia elétrica, das partes metálicas expostas dos equipamentos que não são transportadoras de corrente, mas podem tornar-se vivas em condições de faltas e defeitos (massas) e dos condutores estranhos à instalação (elementos condutores que não fazem parte da instalação, mas nela podem introduzir um potencial, geralmente o de terra, como é o caso de estruturas metálicas da instalação e canalizações).

As seguintes informações deverão necessariamente, serem dadas nos desenhos de aterramentos:

- Contorno das edificações, das fundações, das escavações e dos condutos elétricos;
- Malha de aterramento, mostrando as conexões e ligações de equipamentos e estruturas metálicas;
- Indicação da profundidade da malha, das seções nominais de cabos, dos tipos de conexões e dos detalhes de aterramento;
- Locação dos poços de aterramento;
- Cotas das distâncias entre cabos da malha, entre cabos da malha e linhas de centro de colunas, cercas, etc;
- Identificação dos equipamentos, através do número e nome, conforme lista de equipamentos do projeto.

O desenho de aterramento pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Os desenhos de aterramento devem consistir de plantas e detalhes da instalação. As seções devem ser mostradas, somente quando necessário, para esclarecer os detalhes da instalação, os níveis de pisos e plataformas.

3.2.6 Iluminação

Tem como objetivo a identificação de todo o detalhamento dos sistemas de iluminação de edifícios, galpões, escritórios, subestações, salas de motores, púlpitos, cabines de controle, salas elétricas, pátios, ruas, subsolos, galerias, escadas, plataformas ou qualquer área de operação da instalação industrial.

As seguintes informações deverão, necessariamente, serem dadas nos desenhos de iluminação:

- Indicação da posição de todos os pontos de utilização (pontos de luz e pontos de tomada);
- Indicação da potência de cada ponto de consumo, que deverá estar subentendida pela simbologia da luminária, da tomada de corrente ou através de notas;
- Indicação dos circuitos a que pertence cada um dos pontos de consumo. A indicação dos circuitos deve ser feita através de números;
- Ex.: Circuito 1.4 significa circuito nº 4 do quadro de distribuição de luz nº 1;
- Indicação da posição dos pontos de comando (interruptores), esclarecendo, inclusive, os pontos de consumo sobre os quais eles atuam.
- Se um eletroduto contiver mais de um (01) condutor de retorno, indicar a correspondência, por letras minúsculas, colocadas junto aos símbolos das luminárias, interruptores e condutor retorno;
- Indicação da posição e das dimensões dos condutos (por exemplo, diâmetro nominal de eletrodutos);
- Indicação da posição e seção de todos os condutores;

- Indicação da posição dos transformadores e quadros de iluminação;
- Detalhes de instalação dos vários componentes do sistema de iluminação;
- Quadro de carga de cada quadro de distribuição, identificando os circuitos, as capacidades de corrente dos disjuntores, a distribuição dos circuitos entre as fases disponíveis, a seção nominal dos condutores e a potência dos circuitos (identificando a quantidade de tomadas e lâmpadas).

O desenho de iluminação pode ser elaborado em um ou mais desenhos, preferencialmente em formato A1 padrão ABNT.

Como recomendação geral, as plantas (originárias dos desenhos de arquitetura da instalação) devem manter os vãos de portas, janelas e qualquer equipamento, estrutura ou tubulação, que possam influenciar na distribuição dos aparelhos de iluminação.

Não indicar a seção dos condutores e os diâmetros nominais dos eletrodutos que se utilizar em maior quantidade. Escrever, através de nota, a seção desses condutores e os diâmetros nominais dos eletrodutos.

Indicar através de nota as perdas nos reatores das lâmpadas de descarga e os fatores de demanda e potência considerados.

Deve ser prevista uma memória de cálculo (com base na NBR 5413 – Iluminação de interiores) constando da identificação da potência e tipo das lâmpadas, bem como o tipo e quantidade de luminárias para cada área ou dependência projetada.

3.3 FLUXO DE INFORMAÇÕES

As tabelas seguintes mostram para cada “atividade” da Engenharia de Projeto das Instalações Elétricas, os documentos técnicos gerados, as informações que deverão conter e as informações necessárias para a elaboração dos mesmos.

3.3.1 Setor de atuação: Sistema de distribuição de Energia Elétrica

Levantamento das cargas e estimativas de demanda e consumo

Tabela 01 - Atividade: Levantamento de Carga e estimativas de Demanda e consumo

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo.	- Relação das Cargas; - Demanda por unidade e demanda total da instalação; - Consumo por unidade e consumo total da instalação.	- Lista de equipamentos, contendo a identificação do equipamento, potência requerida e potência do motor; - Balanço energético; - Fluxogramas dos processos; - Dados de instalações similares.

Fonte: [3]

Definição do Fornecimento de Energia Elétrica

Tabela 02 - Atividade: Definição do Fornecimento de Energia elétrica

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Estudo Técnico-Econômico	- Características técnicas e econômicas de fornecimento pela Concessionária; - Características técnicas e econômicas de geração própria; - Análise das alternativas; - Recomendações e conclusões.	- Balanço energético; - Estimativa da demanda e consumo; - Datas de implantação do empreendimento; - Disponibilidade e confiabilidade do sistema da Concessionária local.
- Memória de Cálculo da Geração Própria	- Tipo do equipamento; - Quantidade e capacidades dos geradores;	- Balanço energético; - Estudo técnico-econômico de definição do fornecimento.

Fonte: [3]

Definição da Configuração do Sistema de Distribuição.

Tabela 03 - Atividade: Definição da Configuração do Sistema de Distribuição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Estudo Técnico-Econômico	- Alternativas de configurações possíveis, em função do tipo da instalação industrial; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa - Recomendações e conclusões	- Plano Diretor preliminar; - Estimativa de demanda por unidade da instalação industrial; - Definição do fornecimento de energia elétrica

Fonte: [3]

Definição das Tensões Nominais do Sistema de Distribuição.

Tabela 04 - Atividade: Definição das Tensões Nominais do Sistema de Distribuição

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Estudo Técnico-Econômico	- Alternativas de valores nominais das tensões, em função das potências das cargas; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa - Recomendações e conclusões.	- Plano Diretor preliminar; - Levantamento das cargas e estimativa de demanda por unidade da instalação industrial; - Configuração do sistema de distribuição.

Fonte: [3]

Definição da Localização da S.E. Principal e S.E. Centros de Carga.

Tabela 05. Atividade: Definição da localização do sistema elétrico principal e sistema elétrico dos centros de carga.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho de Planta	- Locação das S.E. em relação as demais unidades da instalação industrial; - Área estimada para cada S.E.	- Plano Diretor preliminar - Configuração do sistema de distribuição.

Fonte: [3]

Definição do Aterramento do Sistema de Distribuição.

Tabela 06 - Atividade: Definição do Aterramento do Sistema de Distribuição

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico Econômico	- Alternativas possíveis; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões.	- Configuração do sistema; - Tensões do sistema; - Normas aplicáveis.

Fonte: [3]

Dimensionamento dos Equipamentos da Distribuição Primária e Secundária.

Tabela 07 - Atividade: Dimensionamento dos Equipamentos da Distribuição Primária e Secundária

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memórias de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Características nominais de transformadores de potência, conjuntos de manobra, equipamentos de manobra e proteção, CCM's, conjuntos de baterias etc.	- Levantamento das cargas por unidade e total da instalação; - Definição do fornecimento de energia elétrica; - Definição da configuração do sistema; - Definição das tensões do sistema.

Fonte: [3]

Definição dos Arranjos Gerais de Equipamentos na S.E. Principal e nas S.E.'s Centro de Cargas.

Tabela 08 - Atividade: Definição dos Arranjos Gerais de Equipamentos na S.E. Principal e nas S.E.'s Centro de Cargas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas e Seções	- Locação das S.E.'s em planta chave; - Leiaute dos equipamentos e instalações auxiliares na área e interna e externa das subestações; - Dimensões básicas das S.E.'s; - Indicação das necessidades de vãos para entrada e saída de equipamentos; - Identificação dos equipamentos.	- Plano Diretor; - Dimensionamento dos equipamentos.

Fonte: [3]

Dimensionamento dos Alimentadores Principais.

Tabela 09 - Atividade: Dimensionamento dos Alimentadores Principais

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo	- Critérios de cálculo; - Normas aplicáveis; - Tipos de condutores; - Identificação dos circuitos; - Formação do circuito; - Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores e comprimentos aproximados dos circuitos.	- Plano Diretor; - Levantamento das cargas e estimativa das demandas; - Dimensionamento dos equipamentos.

Fonte: [3]

Elaboração do Diagrama Unifilar Geral

Tabela 10 - Atividade: Elaboração do Diagrama Unifilar Geral

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenho	- Fonte de fornecimento de energia elétrica; - Características nominais dos disjuntores, chaves seccionadoras e demais dispositivos de manobra e	- Características técnicas do fornecimento de energia elétrica; - Dimensionamento dos equipamentos;
Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
	Proteção; - Potência, método de refrigeração, ligação dos enrolamentos, relação de transformação e demais características nominais dos transformadores de potência; - Tensões nominais e capacidades de corrente dos barramentos; - Formações dos alimentadores principais.	- Dimensionamento dos alimentadores principais

Fonte: [3]

Análise do Sistema de Distribuição

Tabela 11 - Atividade: Análise do Sistema de Distribuição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo e Relatório do Estudo de Fluxo de Carga	- Fluxo de potência ativa e reativa nos circuitos e transformadores para as condições de carga consideradas; - Tensões nos barramentos para as diversas condições de carga; - Fator de potência para as diversas condições de carga; - Potência reativa a compensar; - Características do sistema de compensação de reativos.	- Levantamento das cargas e estimativa das demandas ativa e reativa por unidade e total da instalação; - Impedância dos circuitos e transformadores; - Características de operação e condições de carga da instalação; - Comutadores de derivações dos transformadores.
- Memória de Cálculo de Curto-Circuito	- Valores máximos e mínimos das correntes de curto-circuito em todos os barramentos do sistema.	- Potência máxima e mínima de curto-circuito do sistema da Concessionária; - Diagrama unifilar geral; - Impedâncias dos circuitos e transformadores; - Características de operação e condições de carga da instalação.
- Relatório do Estudo de Coordenação de Isolamento	- Níveis de isolamento dos equipamentos e componentes do sistema; - Distâncias de segurança; - Localização e características básicas dos dispositivos de proteção.	- Tensões do sistema; - Aterramento do sistema; - Dimensionamento dos equipamentos.
- Relatório do Estudo de Fluxo de Harmônicos	- Fontes de geração de harmônicos; - Tipo e caracterização dos harmônicos; - Caracterização das medidas de proteção.	- Diagrama unifilar geral; - Dimensionamento dos equipamentos; - Informações dos fabricantes de equipamentos geradores de harmônicos.

Fonte: [3]

Definição dos Critérios de Proteção e Medição.

Tabela 12. Atividade: Definição dos Critérios de Proteção e Medição.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	- Critérios básicos de proteção de transformadores, alimentadores, motores, barramentos etc; - Critérios básicos de medição; - Características nominais dos transformadores para instrumentos;	- Configuração do sistema; - Tensões do sistema; - Aterramento do sistema; - Estudo de fluxo de carga; - Estudo de curto-circuito.
	- Faixas de ajustes dos dispositivos de proteção.	

Fonte: [3]

Elaboração dos Diagramas Unifilares e Trifilares Detalhados.

Tabela 13 - Atividade: Elaboração dos Diagramas Unifilares e Trifilares Detalhados.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos	<ul style="list-style-type: none"> - Características da fonte de fornecimento de energia elétrica (nº de fases, tensão nominal, potência de curto-circuito); - Capacidade de corrente em regime permanente e capacidade de interrupção simétrica dos disjuntores, fusíveis e demais dispositivos de manobra e proteção; - Locação, quantidade e características nominais de para-raios ou outros dispositivos de proteção contra sobretensão; - Locação, quantidade e características nominais de capacitores, resistores de aterramento; - Potência, refrigeração, ligação dos enrolamentos, relação de transformação e impedâncias dos transformadores de potência; - Tensões nominais, capacidade de corrente em regime permanente e corrente suportável nominal de curta duração dos barramentos de conjuntos de manobra, subestações unitárias CCM's etc; - Formação dos alimentadores; - Relação nominal, classe de exatidão, fator de sobrecorrente nominal e polaridades dos transformadores de corrente; - Tipos, faixas de ajuste e indicação de atuação sobre os dispositivos de operação de todos os dispositivos de proteção; - Instrumentos de medição e escalas dos mesmos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Configuração do sistema; - Diagrama unifilar geral; - Estudos de análise do sistema.

Fonte: [3]

Especificação dos Equipamentos.

Tabela 14 - Atividade: Especificação dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Especificações Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos equipamentos - Escopo do fornecimento; - Aplicação dos equipamentos; - Características nominais; - Parâmetros operacionais; - Dimensões básicas; - Requisitos de Projeto, fabricação e montagem; - Normas aplicáveis; - Documentos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionamento dos equipamentos; - Diagramas unifilares; - Arranjo de equipamentos em subestações e salas de equipamentos elétricos.

Fonte: [3]

Estabelecimento das Interligações dos Equipamentos.

Tabela 15 - Atividade: Estabelecimento das Interligações dos Equipamentos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Diagramas de Interligações	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos equipamentos e/ou componentes de origem e término dos circuitos; - Identificação das régua e dos bornes, conforme desenhos dos fabricantes ou conforme os diagramas unifilares e trifilares de projeto; - Identificação dos circuitos; - Identificação da fiação de cada circuito; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagramas unifilares e trifilares de projeto ou dos fabricantes dos equipamentos; - Arranjo das régua e disposição dos bornes nas régua.

Fonte: [3]

Definição dos Circuitos

Tabela 16 - Atividade: Definição dos Circuitos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Listas de Circuitos ou Listas de Cabos	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos circuitos; - Finalidade dos circuitos; - Formação dos circuitos; - Tipo, seção e nível de isolamento dos condutores dos circuitos; - Comprimento dos circuitos; - Origem e término dos circuitos; - Percurso dos circuitos; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagramas unifilares e trifilares; - Diagramas de interligações; - Desenhos de detalhamento de arranjo dos condutos.

Fonte: [3]

3.3.2 Setor de atuação: Iluminação

Determinação da Quantidade e Qualidade da Iluminação.

Tabela 17 - Atividade: Determinação da Quantidade e Qualidade da Iluminação.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Memória de Cálculo.	<ul style="list-style-type: none"> - Áreas a iluminar; - Níveis de iluminamento recomendados; - Normas aplicáveis; - Critérios de cálculo; - Tipos de lâmpadas e de aparelhos de iluminação; - Quantidades de lâmpadas e de aparelhos; - Localização e altura de montagem e ângulos de focalização dos aparelhos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjos gerais das áreas, instalações e equipamentos a iluminar.

Fonte: [3]

Definição dos Circuitos de Distribuição e Circuitos Terminais.

Tabela 18 - Atividade: Definição dos Circuitos de Distribuição e Circuitos Terminais.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
<ul style="list-style-type: none"> - Memória de Cálculo; - Diagramas unifilares e trifilares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjo da distribuição; - Tensões nominais; - Formação dos circuitos de distribuição e circuitos terminais; - Arranjo e capacidade de corrente dos dispositivos de proteção e comando dos quadros de distribuição. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade e qualidade da iluminação; - Arranjos gerais das áreas, instalações e equipamentos a iluminar.

Fonte: [3]

Detalhamento das Instalações

Tabela 19 - Atividade: Detalhamento das Instalações.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Locação dos pontos de consumo (pontos de iluminação e de tomadas) e pontos de comando (interruptores); - Locação dos quadros de distribuição; - Indicação do circuito que pertence a cada um dos pontos de consumo; - Indicação do circuito que cada ponto de comando atua; - Diagrama de carga de cada quadro de distribuição, mostrando os circuitos, as capacidades e corrente dos disjuntores e a distribuição dos circuitos entre as fases disponíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade e qualidade da iluminação; - Arranjos gerais das áreas; Instalações e equipamentos a iluminar.
<ul style="list-style-type: none"> - Detalhes Típicos de Instalação 	<ul style="list-style-type: none"> - Luminária fluorescente, tipo plafonier com eletroduto embutido; - Luminária fluorescente, tipo pendente com eletroduto exposto; - Luminária a prova de tempo, tipo plafonier e arandela em ângulo; - Luminária a prova de tempo, tipo pendente e plafonier; - Luminária tipo refletor industrial, - Tipo pendente, plafonier e com suspensão antivibratória; - Luminária a prova de tempo em plataformas; - Fixação de quadros de distribuição em alvenaria e em estruturas metálicas/concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de plantas, seções e detalhes.
<ul style="list-style-type: none"> - Listas de Materiais 	<ul style="list-style-type: none"> - Unidades e quantidades; - Especificações detalhadas dos materiais; - Referências de fabricantes; - Desenhos de referência 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de planta, seções e detalhes; - Detalhes típicos de instalação.

Fonte: [3]

3.3.3 Setor de atuação: Sistemas de condutos e condutores elétricos.

Seleção dos Tipos de Condutos.

Tabela 20 - Atividade: Seleção dos Tipos de Condutos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativas possíveis dos tipos de condutos elétricos, para cada área da instalação e para os circuitos de potência, controle, instrumentação e de comunicação; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjos gerais das instalações; - Arranjos gerais das subestações, salas de equipamentos elétricos e sala de controle; - Lisa de circuitos preliminar.

Fonte: [3]

Definição das Rotas Primárias

Tabela 21 - Atividade: Definição das Rotas Primárias.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas e Seções	<ul style="list-style-type: none"> - Planta geral, mostrando as rotas das redes de condutos, interligando as subestações às unidades de processo; - Tipos de condutos e dimensões. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjos gerais das instalações; - Arranjos gerais das subestações, salas de equipamentos elétricos e sala de controle; - Lisa de circuitos preliminar.

Fonte: [3]

Detalhamento das Instalações

Tabela 22 - Atividade: Detalhamento das Instalações.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes do Arranjo de Eletrodutos e Leitões para Cabos	<ul style="list-style-type: none"> - Plantas gerais com locação dos equipamentos elétricos na instalação industrial, nas subestações, nas salas de equipamentos elétricos, nas salas de controle e cabines de comando; - Locação dos percursos seguidos pelos eletrodutos ou leitões para cabos; - Bitola dos eletrodutos e dimensões dos leitões para cabos; - Identificação dos eletrodutos e leitões para cabos; - Identificação e locação das caixas de passagem e/ou caixas de ligações; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjos gerais das instalações; - Arranjos de equipamentos nas subestações, salas de equipamentos elétricos, salas de controle e cabines de operação; - Desenhos das rotas primárias; - Listas de circuitos.

<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes de Redes de Dutos Subterrâneos 	<ul style="list-style-type: none"> - Planta da área, com indicação das principais curvas de nível do terreno, ruas, ferrovias, edificações, redes de utilidades que possam interferir com os percursos das redes de dutos; - Identificação, locação e dimensões básicas de cada caixa de passagem e poço de inspeção; - Perfil das redes de dutos com indicação das inclinações; - Seções transversais com indicação da disposição, identificação, bitolas dos dutos e dimensões das redes; - Detalhes específicos da instalação; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Plano Diretor; - Arranjos gerais das redes de utilidades; - Arranjos gerais dos sistemas de drenagem; - Desenhos do projeto geométrico das ruas e vias férreas; - Arranjos das subestações, salas de equipamentos elétricos e salas elétricas; - Listas de circuitos.
<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes das Linhas Aéreas de Distribuição 	<ul style="list-style-type: none"> - Planta da área, com indicação das principais curvas de nível do terreno, rodovias, ferrovias, edificações, cercas etc, que possam interferir com os trajetos das linhas de distribuição; - Identificação, locação e tipo de cada estrutura; - Perfil do terreno e projeção horizontal; - Bitola e formação dos condutores; - Características dos postes e torres; - Diagramas de tensões e flechas; - Diagramas de esforços mecânicos; - Detalhes de instalação; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Plano Diretor; - Arranjos gerais das redes de utilidades e sistemas de drenagem; - Desenhos do projeto geométrico das ruas e ferrovias; - Topografia e perfil do terreno; - Arranjo de equipamentos das subestações.
<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes da Alimentação Longitudinal das Pontes Rolantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Locação dos percursos e identificação das pontes rolantes; - Locação das pontes rolantes; - Locação dos condutores de contato; 	<ul style="list-style-type: none"> - Arranjos gerais dos edifícios; - Desenhos do projeto estrutural dos edifícios industriais; - Arranjo de condutos nos
	<ul style="list-style-type: none"> - Locação das chaves de segurança; - Dimensões dos condutores de contato; - Ligações dos circuitos alimentadores aos condutores de contato; - Detalhes específicos; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - edifícios industriais; - Lista de circuitos; - Desenhos do fabricante das pontes rolantes.
<ul style="list-style-type: none"> - Listas de Eletrodutos e Leitos para Cabos 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos eletrodutos e leitos para cabos, utilizados no projeto; - Largura dos leitos ou diâmetro nominal dos eletrodutos; - Identificação dos circuitos que passam através de cada leito ou eletroduto; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de planta, seções e detalhes das instalações de condutos e condutores elétricos.
<ul style="list-style-type: none"> - Detalhes Típicos de Instalação de Eletrodutos e Leitos para Cabos 	<ul style="list-style-type: none"> - Fixação de eletroduto em concreto ou alvenaria; - Fixação de eletroduto em estrutura metálica; - Fixação de eletroduto em leito para cabos; - Conexão de eletroduto flexível em eletroduto rígido; - Afloramentos de eletrodutos em pisos; - Saída de cabos em eletroduto com prensa-cabo; - Fixação de caixa de passagem ou de ligação; - Conexão de eletroduto rígido em caixa com furo sem rosca; 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de plantas, seções e detalhes de arranjo de eletrodutos e leitos para cabos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Conexão de eletroduto rígido em caixa com furo rosado; - Conexão de eletroduto flexível em caixa com furo rosado; - Conexão de eletroduto em motor; - Instalação de leito para cabos com tirantes; - Instalação de leito para cabos com suporte lateral; - Instalação de leito para cabos com mensola. 	
- Detalhes Típicos de Instalação de Redes de Dutos.	<ul style="list-style-type: none"> - Seções transversais típicas; - Arranjo com dimensões de poços de inspeção; - Arranjo com dimensões de caixas de passagem. 	- Desenhos de plantas, seções e detalhes das redes de dutos subterrâneos.
- Detalhes Típicos de Instalação de Alimentação de Pontes Rolantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Instalação de cantoneiras alimentadoras; - Conexão dos condutores de alimentação aos condutores de contato; - Emendas de cantoneiras alimentadoras; - Junta de dilatação de cantoneiras alimentadoras. 	- Desenhos de plantas, seções e detalhes da alimentação longitudinal de pontes rolantes.

Fonte: [3]

3.3.4 Setor de atuação: Aterramento de equipamentos e instalações

Definição do Sistema de Aterramento dos Equipamentos.

Tabela 23 - Atividade: Definição do Sistema de Aterramento dos Equipamentos.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico	<ul style="list-style-type: none"> - Alternativas possíveis; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Normas aplicáveis; - Recomendações e conclusões. 	<ul style="list-style-type: none"> - Configuração do sistema de distribuição de energia elétrica; - Plano Diretor; - Arranjos gerais das subestações, salas de equipamentos elétricos e salas de controle.

Fonte: [3]

Definição e Projeto da Malha Geral de Aterramento.

Tabela 24 - Atividade: Definição e Projeto da Malha Geral de Aterramento.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico e Memória de Cálculo.	- Arranjo da malha; - Tipo de cada componente da malha (eletrodos de terra, condutores da malha, condutor de aterramento, condutor de proteção, conexões). - Dimensionamento dos componentes; - Verificação das tensões de toque e de passo e da corrente de choque; - Análise da transferência de potenciais.	- Configuração do sistema de distribuição de energia elétrica; - Aterramento do sistema de distribuição de energia elétrica; - Correntes de curto-circuito para terra; - Plano Diretor; - Arranjo geral das subestações e salas de equipamentos elétricos.

Fonte: [3]

Definição do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

Tabela 25 - Atividade: Definição do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Relatório Técnico.	- Alternativas de proteção; - Características técnicas e econômicas de cada alternativa; - Recomendações e conclusões, inclusive sobre a interligação ou não da proteção contra descargas atmosféricas com o sistema de aterramento dos equipamentos.	- Índices isocerâmicos da região; - Plano Diretor; - Desenhos de projeto dos edifícios, instalações e equipamentos a proteger.

Fonte: [3]

Detalhamento das Instalações.

Tabela 26 - Atividade: Detalhamento das Instalações

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes do Sistema de Aterramento.	- Locação dos condutores e dos poços da malha de terra; - Profundidade de instalação da malha de terra; - Conexões e ligações entre a malha de terra e os equipamentos e estruturas metálicas; - Seções dos condutores e tipos de conexões; - Detalhes específicos de instalação; - Desenhos de referência.	- Definição e cálculo do sistema de aterramento; - Plano Diretor; - Arranjo geral das subestações, salas de equipamentos elétricos, salas de controle e cabines de operação; - Arranjo geral de equipamentos das unidades de processo, dos sistemas de manuseio de granéis e dos sistemas de utilidades e demais instalações.
- Desenhos de Plantas, Seções e Detalhes da Proteção Contra Descargas	- Locação e dimensões dos captadores; - Locação, fixação e proteção dos	- Plano Diretor; - Desenhos de projeto dos

Documentos técnicos gerados	Informações que devem conter	Informações necessárias
Atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> - captores de interligação dos captores à malha de terra; - Seções e formação dos condutores de interligação; - Locação dos condutores e dos poços, no caso de malha específica; - Seções dos condutores e tipos de conexões, no caso de malha específica; - Detalhes específicos de instalação; - Desenhos de referência. 	<ul style="list-style-type: none"> - edifícios, instalações e equipamentos a proteger; - Desenhos de plantas e seções da malha de aterramento geral.
- Detalhes Típicos de Instalações de Aterramento e de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.	<ul style="list-style-type: none"> - Poço de aterramento; - Conexão de cabo terra à barra, carcaça ou estrutura; - Fixação de cabo terra em concreto ou alvenaria; - Fixação de cabo terra em estrutura metálica; - Passagem do cabo terra em concreto e alvenaria; - Conexão de cabo terra principal e derivação; - Aterramento de cerca e portão metálicos; - Captor em lage e beiral; - Instalação de cabo de descida; - Proteção do cabo de descida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos de plantas, seções e detalhes de aterramento de equipamentos e instalações; - Desenhos de plantas, seções e detalhes dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

Fonte: [3]

4. FLUXOGRAMA

Fluxograma é uma representação de um processo que utiliza símbolos gráficos para descrever passo a passo a natureza e o fluxo deste processo. O objetivo é mostrar de forma descomplicada o fluxo das informações e elementos, além da sequência operacional que caracteriza o trabalho que está sendo executado. As etapas do fluxograma são apresentadas utilizando-se figuras geométricas que podem ser círculos, triângulos, retângulos, linhas ou setas, sendo que cada símbolo possui um significado importante. Quando pretendemos descrever um processo através de fluxogramas, as formas mais comuns de disposição são: de forma linear (Fluxograma Linear) ou de forma matricial (Fluxograma Funcional ou Matricial). O fluxograma linear é um diagrama que exhibe a sequência de trabalho passo a passo que compõe o processo. Esta ferramenta ajuda a identificar retrabalhos, redundâncias ou etapas desnecessárias. Já o fluxograma funcional tem como objetivo mostrar o fluxo de processo atual e quais as pessoas ou grupo de pessoas envolvidas em

cada etapa. Neste caso, linhas verticais ou horizontais são utilizadas para definir as fronteiras entre as responsabilidades. Este tipo de ferramenta demonstra onde as pessoas ou grupo de pessoas se encaixam em cada sequência do processo e como elas se relacionam com outro grupo. [4]

Veja na Figura abaixo a diferença dos 2 tipos:

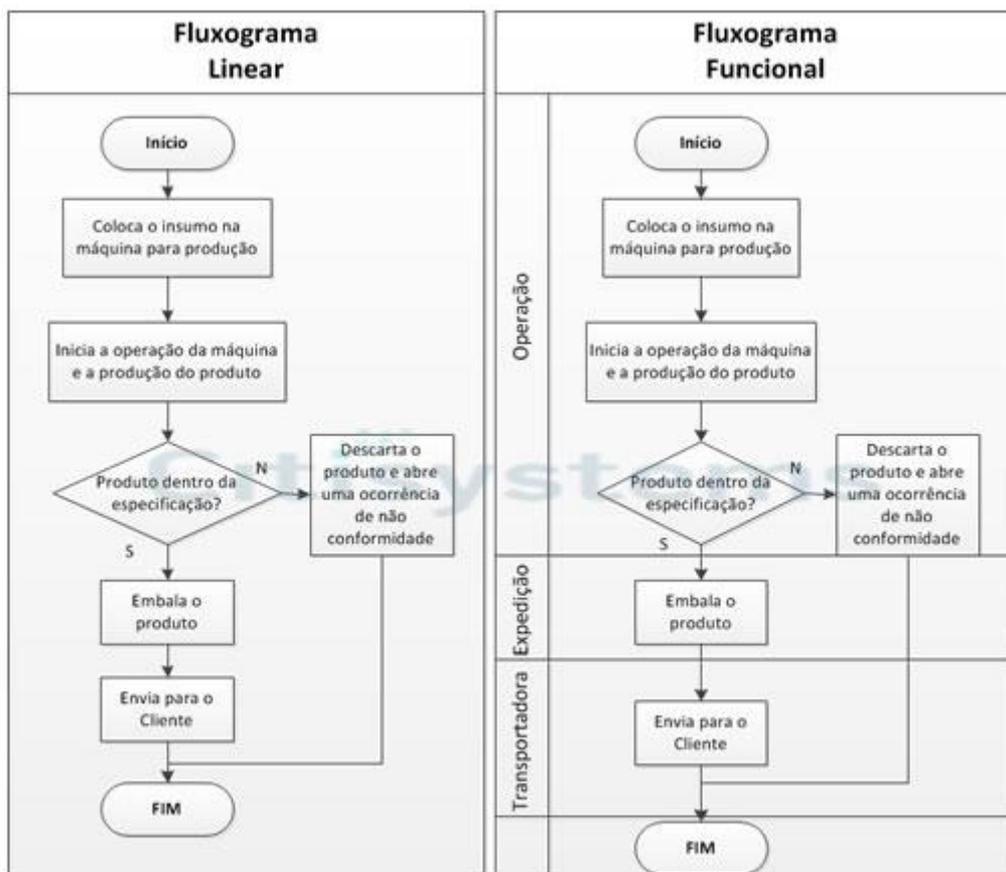


Figura 2 - Exemplo de Fluxograma Linear e Funcional
Fonte:

Com relação às formas básicas utilizadas para compor um fluxograma, como informado anteriormente, elas podem ser círculos, triângulos, retângulos, linhas, setas, entre outros, sendo que cada uma delas tem a sua devida importância. Abaixo, é possível visualizar na Figura 2 algumas formas básicas e seus significados.



Figura 3 - Formas básicas de um fluxograma
Fonte:

Os benefícios de se utilizar o fluxograma abrangem maior entendimento com relação aos seguintes itens:

- Quais são os principais passos de uma sequência;
- Quem é responsável por uma atividade;
- Quais são os principais momentos de decisão;
- Quais são as entradas e saídas do processo;
- Como flui a informação;
- Quais recursos envolvidos no processo;
- Qual é o volume de trabalho;
- Identificar os atrasos e gargalos do processo;
- Identificar os pontos fortes e fracos do processo;
- Identificar desperdícios;
- Permite uma visão ampla.

É importante ressaltar que quando um fluxograma é elaborado visando identificar melhorias de um processo, deve-se sempre ter a preocupação de pensar no processo exatamente como é e não como ele deveria ser. Somente com um cenário realista é possível identificar pontos de melhoria. Ao visualizar todo o processo, a empresa poderá evitar complexidades desnecessárias, identificar gargalos ou duplicidade de procedimentos. Os

fluxogramas simplificam e racionalizam o trabalho, facilitando a compreensão, otimização e melhorias na empresa.

Abaixo segue um exemplo de fluxograma das documentações do projeto elétrico eletrônico de uma industria.

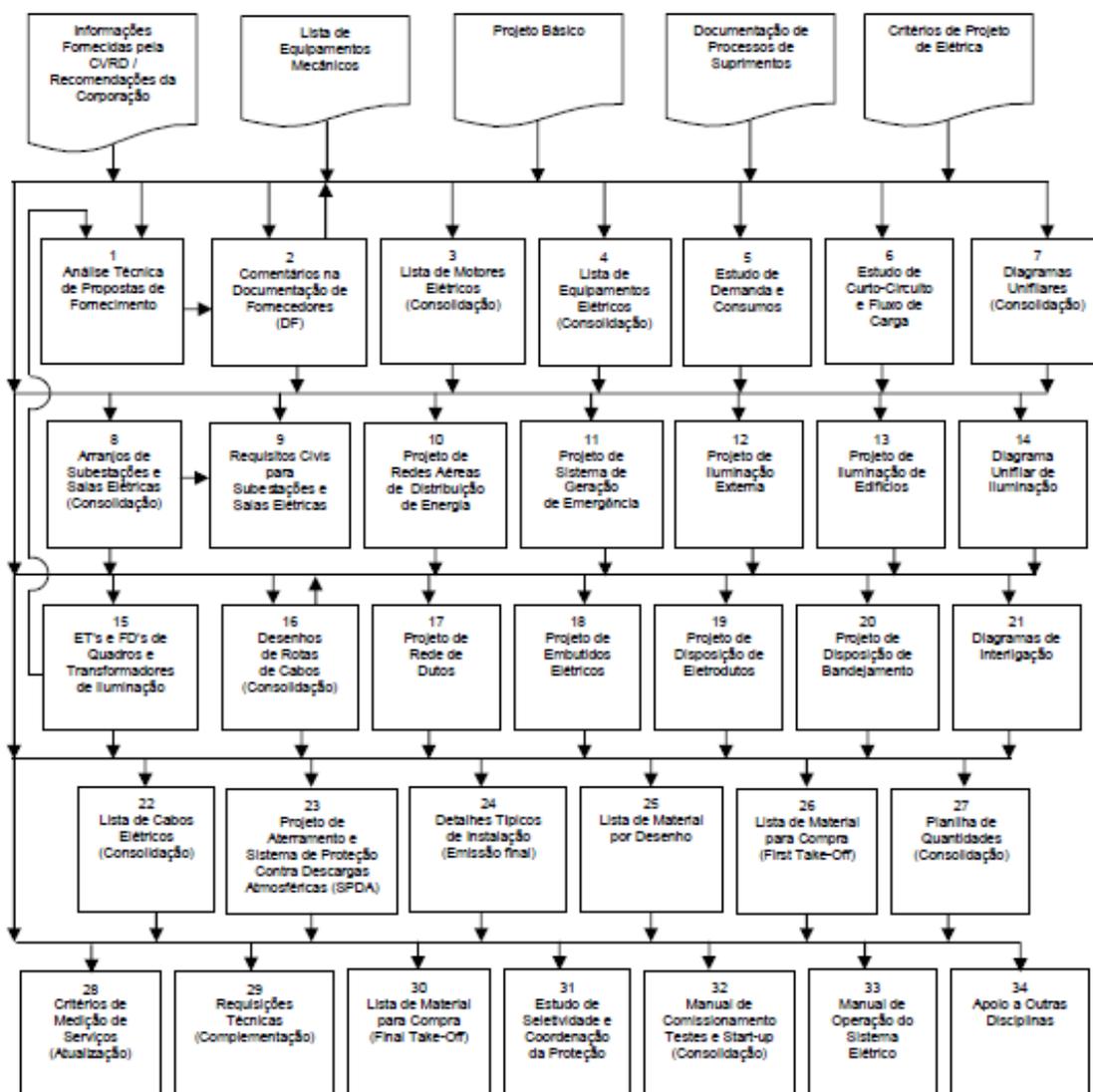


Figura 4 - Exemplo de Fluxograma de documentos de projetos

Fonte:

5. MANUTENÇÃO PREVENTIVA / CORRETIVA / PREDITIVA / DETECTIVA

A manutenção deve ser prática constante nas organizações, pois caso o equipamento quebre ou apresente defeitos em operação, o produto não terá o mesmo padrão de qualidade que poderia oferecer caso o equipamento não tivesse apresentado problemas. Além do mais, a interrupção do processo gera uma série de problemas que poderiam ser evitados caso tivesse sido realizada manutenção, tais como:

- reclamações e perda de confiabilidade dos clientes que não serão atendidos no prazo especificado;
- receitas que deixam de ser obtidas;
- custos de reparos dos equipamentos;
- aumento nos índices de acidentes de trabalho, entre outros.

a. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de uma máquina ou equipamento, ou ainda a degradação de um serviço prestado. É uma intervenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha, ou seja, é o conjunto de serviços de inspeções sistemáticas, ajustes, conservação e eliminação de defeitos, visando a evitar falhas.

É realizada em conformidade com um cronograma ou com índices de funcionamento da máquina. Normalmente, o período de revisão é baseado em históricos ou recomendações do fabricante. Enquadram-se nessa categoria as revisões sistemáticas do equipamento, as lubrificações periódicas, os planos de inspeção de equipamentos e os planos de calibração e de aferição de instrumentos. Devido à desmontagem do equipamento para revisão, alguns componentes são substituídos antes do fim da sua vida útil, e componentes substituídos apresentam falhas prematuras ou falhas de montagem. Outra desvantagem deste sistema é o alto custo envolvido na revisão.

A manutenção preventiva por tempo são os serviços preventivos preestabelecidos através de programação (preventiva sistemática, lubrificação, inspeção ou rotina) definidos por unidades de calendário (dia, semana) ou por unidade não-calendário (horas de funcionamento, quilômetros rodados, etc.).

A prevenção preventiva por estado são os serviços preventivos executados em função da condição operativa do equipamento (reparos de defeitos, preditiva, reforma ou revisão geral, etc.).

b. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Manutenção que consiste em substituir peças ou componentes que se desgastaram ou falharam e que levaram a máquina ou o equipamento a uma parada, por falha ou pane em um ou mais componentes. É o conjunto de serviços executados nos equipamento com falha.

Normalmente, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial. As horas extras do pessoal de manutenção são grandes, contribuindo em desgaste físico e mental, com condições desfavoráveis de trabalho. Os índices de acidentes também são altos, devido ao trabalho sob pressão de tempo e necessidade de colocar a máquina em condições de produção.

5.3. MANUTENÇÃO PREDITIVA

Manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação. Trata-se de um processo que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado. Assim, atua-se com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho do equipamento, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. A

manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos.

Quando é necessária a intervenção da manutenção no equipamento, a empresa estará realizando uma manutenção corretiva planejada. Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante: redução de custos de manutenção e aumento da produtividade. Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos vibrações das máquinas; pressão; temperatura; desempenho; e aceleração.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos. A manutenção preditiva, após a análise dos fenômenos, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados: estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências. No diagnóstico, detectada a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

Já a análise da tendência da falha consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo. Geralmente, adota-

se vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes: estudo das vibrações; análise dos óleos; análise do estado das superfícies e análises estruturais de peças.

5.4. MANUTENÇÃO DETECTIVA

Quando pensamos em estratégias de manutenção, as palavras preditiva, preventiva e corretiva vêm à mente. Há, porém, uma importante classe de tarefas que podemos fazer para garantir que os equipamentos e instalações continuem seguros e produtivos. Estas tarefas são baseadas em uma estratégia de manutenção detectiva. A manutenção detectiva ajuda na boa operação dos equipamentos e máquinas e garante a viabilidade em longo prazo. Com máquinas e plantas se tornando cada vez mais complexas, a proporção de tais tarefas no programa de manutenção total é crescente.

A gestão de um negócio de forma eficiente significa que é necessário gerir os riscos também. Por sua vez, isto requer dispositivos de segurança e sistemas de trabalho sob demanda. É possível chegar logicamente à disponibilidade necessária dos itens em questão e encontrar estratégias de manutenção adequadas de detecção. Enquanto a análise é relativamente fácil, existem vários obstáculos na implementação dos seus resultados. Esses desafios podem ser atendidos por uma gama de soluções. Mas estas soluções não são universais e precisam ser adaptadas a cada situação.

A palavra pró-ativa é muito popular, especialmente no contexto de manutenção. Estratégias de manutenção de detetive são pró-ativas. Mais do que isso, elas são essenciais para o sucesso competitivo de uma empresa em longo prazo.

Um negócio bem-sucedido pode ser conquistado através da maximização do ciclo de vida dos seus ativos. Algumas falhas têm um efeito imediato e direto sobre o desempenho do equipamento e do setor financeiro de uma empresa ou fábrica. Assim, um vazamento na vedação de uma bomba pode ter um impacto imediato na segurança, no meio ambiente e / ou na

produção. Um pneu furado significa que um carro não pode ser usado, pois se uma punção ocorrer enquanto você estiver dirigindo, sua segurança estará em risco.

Outras falhas não têm efeito imediato. E as falhas que não têm efeito direto e imediato são frequentemente muito mais perigosas e podem levar a eventos sérios. Imagine que o estepe do carro tem uma pressão muito baixa e o pneu sofre uma rachadura profunda durante a condução. Felizmente, é possível que o condutor pare o carro, mas ainda assim poderá enfrentar vários níveis de problemas.

O segundo tipo de falha é chamado de oculto ou não revelado, já que não se pode identificar de imediato o item que falhou e nem a causa da falha. Isso diz respeito a itens que permanecem latentes na maior parte de sua vida útil.

REFERÊNCIAS

[1] Celso Luiz Concheto – **Simbologia de Eletrônica de acordo com as Normas ABNT.** Disponível em: < <http://josematias.pt/eletr/wpcontent/uploads/05Simbologia%2520de%2520eletronica.pdf> > acesso em 8 de Fevereiro de 2016.

[2] Nestor Agostini - Sibratec – **Automação Industrial parte I – Funções lógicas Combinatórias.** Disponível em: < www.sibratec.ind.br >. Acesso em 8 de Fevereiro de 2016.

[3] Alexandre Veloso - **Desenho Básico da Eletrônica**

[4] Prof. Sergio Minas Melconian - **Apostila MultiSim Aplicações Práticas** – Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/danielcfx1/apostila-multisim-aplicaes-prticas> >. Acesso em 9 de Fevereiro de 2016.

[5] Prof. Alan Petrônio Pinheiro - **Apostila MultiSim para Eletrônica** – Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: < http://www.alan.eng.br/arquivos/multisim_analogica.pdf >. Acesso em 9 de Fevereiro de 2016.

[6] Prof. Nilton C. Braga – **Características Elétricas** - Disponível em: < <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/ingles-para-eletronica/546-electrical-characteristics> >. Acesso em 9 de Fevereiro de 2016.

[7] [Lucas Negri](#) - **Descrição e uso dos mais conhecidos componentes elétricos** – Disponível em: < <http://www.infoescola.com/fisica/eletronica-basica/> >. Acesso em 10 de Fevereiro de 2016.

[8] Onildo Henrique B. Filho - **[Componentes eletrônicos e unidades de medida, conceitos básicos](#)** - Disponível em: < <http://www.hardware.com.br/tutoriais/componentes-eletronicos-unidades->

medida-conceitos-basicos/componentes-eletronicos.html >. Acesso em 10 de Fevereiro de 2016.

[9] Flávio Saraiva - **Características do indutores e suas aplicações** - Disponível em: < <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/3486-como-os-indutores-funcionam/> >. Acesso em 11 de Fevereiro de 2016.

[10] Lucínio Preza de Araújo - **Circuitos Integrados** – Disponível em: < <http://www.prof2000.pt/users/lpa> >. Acesso em 11 de Fevereiro de 2016.

[11] **CI 555** - Disponível em: <<http://portaldaeletronica.comunidades.net/>>. Acesso em 11 de Fevereiro de 2016.

[12] Prof. Nilton C. Braga – **Como Interpretar Diagramas** - Disponível em: < <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/artigos/65-artigos-e-projetos-para-iniciantes/693-como-interpretar-diagramas-art082.pdf> >. Acesso em 11 de Fevereiro de 2016.

[13] Prof^a Nora Díaz Mora – **Apostila de Materiais Elétricos** -Disponível em: <<http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap1.pdf> >. Acesso em 12 de Fevereiro de 2016.

[14] **O que são condutores e isolantes elétricos** – Disponível em: < <http://www.tecnogeradores.com.br/blog/energia-eletrica/o-que-sao-condutores-e-isolantes-eletricos/> > Acesso em 12 de Fevereiro de 2016.

[15] Weruska Goeking - **Fios e cabos: condutores da evolução humana** – Disponível em: < <http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/223-fios-e-cabos-condutores-da-evolucao-humana.html> >. Acesso em 12 de Fevereiro de 2016.

[16] Mauro dos Reis – **Materiais Isolantes, Condutores e Semicondutores** – Disponível em: < <http://baudaeletronica.blogspot.com.br/2013/05/curso-gratis-de-eletronica-aula-1.html> > Acesso em 12 de Fevereiro de 2016.

[17] Ewaldo Luiz de Mattos Mehl – **Conceitos Fundamentais sobre Placas de Circuito Impresso** – Disponível em: < http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te232/textos/PCI_Conceitos_fundamentais.pdf > Acesso em 18 de Fevereiro de 2016.

[18] [Marcelo Maciel](#) – **Placa de Circuito Impresso, método de transferência térmica** – Disponível em: < <http://microcontrolado.com/placa-de-circuito-impresso-pci-metodo-de-transferencia-termica/> > Acesso em 15 de Fevereiro de 2016.

[19] Manoel Lemos – **Como fazer as próprias placas de circuito impresso** – Disponível em: < <http://blog.fazedores.com/como-fazer-suas-proprias-pcbs-placas-de-circuito-impresso/> >. Acesso em 19 de Fevereiro de 2016.

[20] CIRCUITOS ELETRONICOS - Por MIKE TOOLEY editora Campus – 3 eddição – 2008.

[21] **Como testar Diodos** – Disponível em: < <http://testandoeletronica.blogspot.com.br/> >. Acesso em 20 de Fevereiro de 2016.