

MANUAL DO ALUNO

DISCIPLINA ELETRÓNICA FUNDAMENTAL

Módulos 7, 8 e 9

República Democrática de Timor-Leste
Ministério da Educação



FICHA TÉCNICA

TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE ELETRÓNICA FUNDAMENTAL
Módulos 7 a 9

AUTOR

BRUNO MORAIS

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA
XXXXXXX

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO



DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA
EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

XXXXXX

ISBN

XXX - XXX - X - XXXXX - X

TIRAGEM

XXXXXXX EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE
2015



Índice

Amplificadores Operacionais	9
Caracterização do Módulo	10
Apresentação.....	10
Objetivos de aprendizagem	10
Âmbito de conteúdos	10
Conceitos Fundamentais.....	11
Definição.....	11
Simbologia	11
Descrição Básica de um AMPOP	12
Modo de funcionamento básico.....	12
Conceito de Amplificador Diferencial	12
Tensão de Offset	13
Ganho de Tensão de um Amplificador.....	14
Características de um Amplificador Operacional.....	15
Impedância de Entrada e Saída	15
Ganho de Tensão	16
Resposta de Frequência (BW).....	16
Sensibilidade à Temperatura (DRIFT).....	16
Modos de Operação	17
Sem Realimentação	17
Realimentação Positiva.....	17
Realimentação Negativa	18
Alimentação do AMPOP	18
Comparadores de Tensão	20
Comparador Não-Inversor com V_R Nula	20
Comparador Inversor com V_R Nula	21
Comparador Não-Inversor com $V_R > 0$	22



Comparador Inversor com $V_R > 0$	22
Comparador Schmitt-trigger.....	23
Circuitos Básicos com AMPOP	27
Amplificador Inversor	27
Amplificador Não-Inversor	27
Seguidor Unitário.....	28
Amplificador Somador.....	29
Amplificador Somador Não-Inversor	29
Amplificador Diferencial ou Subtrator	30
Diferenciador	30
Ajuste de Offset (Considerações Práticas)	31
Terminais Específicos	31
Resistência de Equalização (Balanceamento Externo).....	31
Proteção em Circuitos com AOP.....	34
Proteção das Entradas de Sinal.....	34
Proteção de Saída	35
Proteção nas Entradas de Alimentação	35
Proteção contra Ruídos	36
Análises Práticas de Falhas	37
Bibliografia	38
Tecnologias de Eletricidade.....	41
Caracterização do Módulo	42
Apresentação.....	42
Objetivos de aprendizagem	42
Âmbito de conteúdos	43
Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Eletrónica	44
Apresentação.....	44
Classificação geral dos materiais	45
A forma e a função dos materiais e aparelhagem	46



A escolha dos materiais	50
Propriedades e grandezas características dos materiais elétricos.....	51
Principais materiais condutores	53
Principais materiais isoladores	56
Materiais magnéticos	60
Materiais semicondutores: Bandas de energia, junção P-N	62
Especificação geral dos condutores e cabos elétricos	72
Introdução	72
Indicação para a escolha correta da especificação	73
Regulamentação e normas	88
Constituição dos condutores e cabos	91
Caraterísticas particulares dos condutores e cabos.....	93
Nomenclatura de condutores e cabos elétricos	98
Identificação e utilização dos condutores e cabos elétricos	100
Representação Esquemática	104
Apresentação.....	104
Circuitos de iluminação	104
Instalações Elétricas.....	107
Estudo, conceção e montagem de circuitos elétricos.....	109
Planeamento, programação e execução dos circuitos elétricos	111
Esquemas de instalação.....	111
Canalizações à vista	117
Canalizações embebidas.....	119
Instalações Elétricas	125
Apresentação.....	125
Montagem de circuitos de iluminação	125
Interrupção simples com lâmpada fluorescente	126
Comutação de lustre.....	128
Comutação de escada ou de quarto.....	129



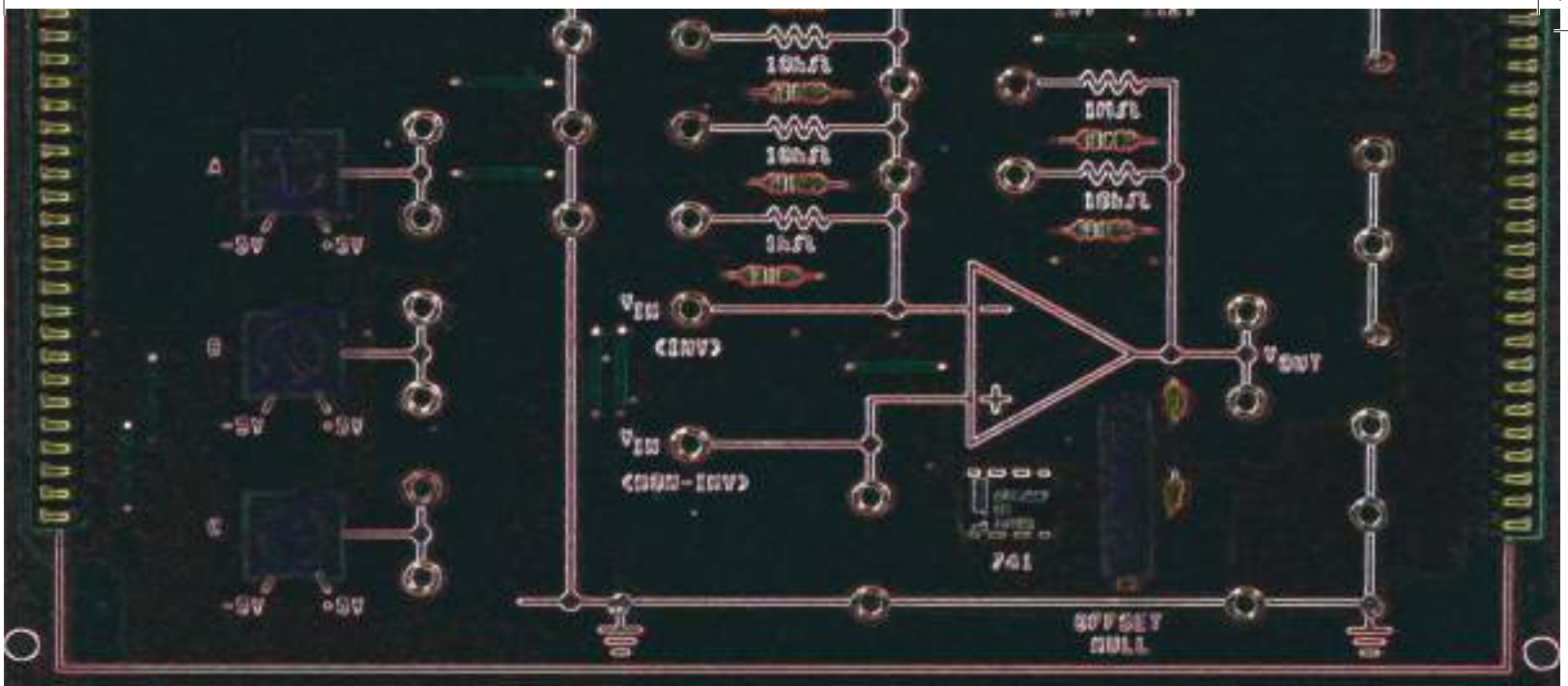
Comutação de escada com inversor	131
Dupla comutação de escada.....	133
Automático de escada	134
Telerruptor.....	136
Bibliografia	141
Circuitos Impressos.....	143
Caracterização do Módulo	144
Apresentação.....	144
Objetivos de aprendizagem	144
Âmbito de conteúdos	144
Utilização prática do programa EAGLE	146
Introdução	146
Instalar o Programa	146
Executar o Programa	149
Barra de ação.....	152
Barra de Ferramentas e Bibliotecas.....	153
Adicionar componentes à área de trabalho	156
Um exemplo: Dimmer light – Inserir os componentes	158
Um exemplo: Dimmer light – Ligar os componentes.....	161
Um exemplo: Dimmer light – Criar o layout	162
Um exemplo: Dimmer light – Furos de fixação.....	168
Um exemplo: Dimmer light – Impressão	170
DRC – Design Rule Check.....	173
Personalizar o dimensionamento das pistas.....	177
Inserir uma frame no esquemático	178
Exportar o esquema ou a board para o formato bmp.....	179
Circuito Impresso.....	181
Introdução	181
Fabrico manual de circuitos impressos.....	185



Método Transferência Térmica	185
Soldadura e dessoldadura em CI	199
Tipos de Dispositivos para Solda	199
Limpeza do ferro de soldar	200
Troca da Ponta ou da Resistência	201
A solda	201
O Fluxo	202
Aplicação de solda nos circuitos eletrónicos	202
Soldadura	203
Solda fria	205
Soldagem de transístores e circuitos integrados	206
Dessoldadura	207
Uso correto do chupa soldas	208
Acessórios para soldagem	208
Pistola de solda	209
Bibliografia	211







Amplificadores Operacionais

Módulo 7

Caracterização do Módulo

Apresentação

Este módulo tem carácter teórico-prático devendo decorrer, em parte, em instalações laboratoriais proporcionando ao aluno a verificação e confirmação dos conceitos teóricos estudados relativos às características e modos de operação básicos dos AO.

Objetivos de aprendizagem

Conhecer o funcionamento de amplificadores operacionais e outros circuitos integrados analógicos

Saber distinguir os diferentes tipos de andares implementados com circuitos integrados analógicos

Âmbito de conteúdos

Modelo de um AMPOP

Amplificador operacional (AMPOP) ideal

Operação diferencial e modo comum

AMPOP's práticos

Amplificadores inversores e não inversores

Cálculo de A_v , R_o e R_i

Amplificador somador

Circuito seguidor unitário

Circuitos comparadores

Comparador Schmitt Trigger

Produto $G \times W$

Máxima frequência de um sinal

Noção de slew-rate e compliance de saída

Especificações dos AMPOP's



Conceitos Fundamentais

É muito difícil enumerar a totalidade das aplicações desse fantástico componente denominado Amplificador Operacional. De modo geral, podemos dizer que as suas aplicações estão presentes nos sistemas eletrônicos de controlo industrial, na instrumentação industrial, na instrumentação médica (electromedicina ou bio eletrónica), nos equipamentos de telecomunicações, nos equipamentos de áudio, nos sistemas de aquisição de dados, etc.

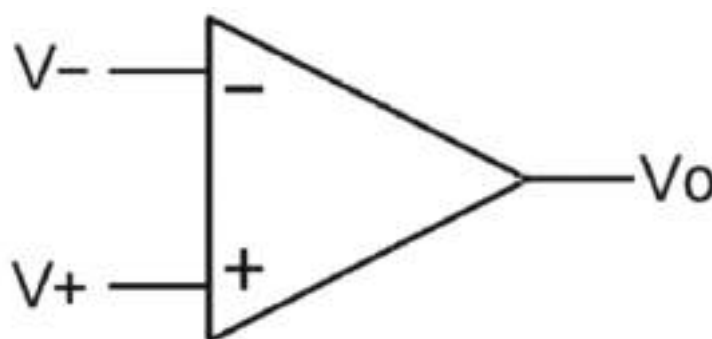
Definição

O Amplificador Operacional (AMPOP) é um amplificador multistagio com entrada diferencial cujas características se aproximam das de um amplificador ideal.

As características ideais de um AMPOO são:

- Impedância de entrada infinita;
- Impedância de saída nula;
- Ganho de tensão infinita;
- Resposta de frequência infinita;
- Insensibilidade a temperatura.

Simbologia



(V-) → Entrada inversora;

(V+) → Entrada não-inversora;

(Vo) → Saída.



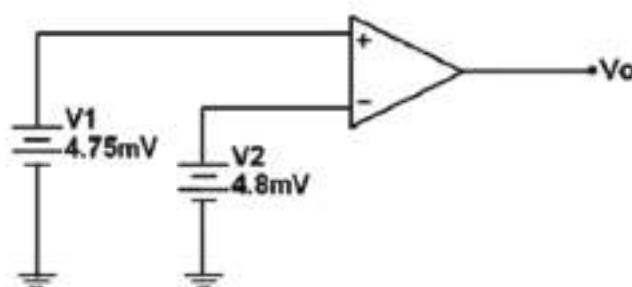
Descrição Básica de um AMPOP

O AMPOP possui duas entradas e uma saída, que possui um valor múltiplo da diferença entre as duas entradas. O fator “A” é o ganho de tensão do Amplificador Operacional, ou seja, a relação entre a tensão de entrada diferencial e a de saída do dispositivo:

$$V_0 = A[(V_+) - (V_-)]$$

Modo de funcionamento básico

Consideremos o circuito abaixo:



Supondo que o ganho A seja de 100.000, obtemos a tensão de saída V0:

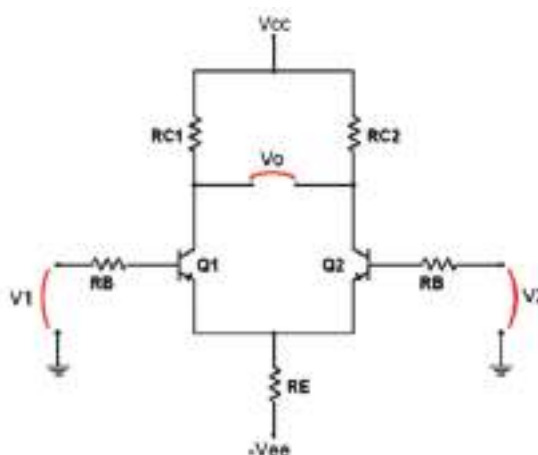
$$V_0 = 100000.(4,75 \times 10^{-3} - 4,8 \times 10^{-3})$$

$$V_0 = -5V$$

Por definição o fator A será sempre positivo e sempre que $V_1 - V_2$ for menor que zero a tensão de saída será negativa ou vice-versa.

Conceito de Amplificador Diferencial

Na figura abaixo, temos o circuito de um amplificador diferencial elementar:



Supondo idealmente o circuito simétrico, os transístores Q1 e Q2 idênticos, podemos observar que a tensão de saída V_0 será diretamente proporcional à diferença entre as tensões de entrada V_1 e V_2 , o que faz com que a tensão de saída seja zero quando $V_1=V_2$.

Tensão de Offset

Idealmente, a tensão de saída do amplificador diferencial da figura anterior deveria ser nula quando $V_1=V_2=0$. Todavia, devido às diferenças existentes nas características de Q1 e Q2, tem-se um desfasamento das correntes no circuito e, conseqüentemente:

$$V_{BE1} \neq V_{BE2}$$

A diferença, em modulo, entre esses valores de V_{BE} é denominada “Tensão de *Offset* de Entrada”, e será representada por V_i (offset):

$$V_i(\text{offset}) = |V_{BE1} - V_{BE2}|$$

Essa tensão de *offset* de entrada age como um sinal diferencial aplicado nas entradas do AMPOP e produz uma tensão diferencial na saída (proporcional ao ganho A) do mesmo. Essa tensão de saída é denominada “Tensão de ofset de Saída” (ou tensão de erro de saída) e será representada por V_0 (offset).

Em circuitos de alta precisão, é necessário minimizar ou eliminar essa tensão de erro na saída do dispositivo.

No caso de um AMPOP, o cancelamento ou balanceamento dessa tensão de erro é obtido através de um divisor de tensão conectado ao estágio diferencial de entrada. Esse divisor de tensão ira permitir o balanceamento das correntes de base e de coletor, de tal forma que a diferença entre os valores de V_{BE1} e V_{BE2} se anule. Esse ajuste deve ser feito com as entradas inversora e não inversora conectadas à terra. Apos o balanceamento, pode-se proceder à montagem do circuito desejado, tendo cuidado para não alterar o ajuste efetuado.

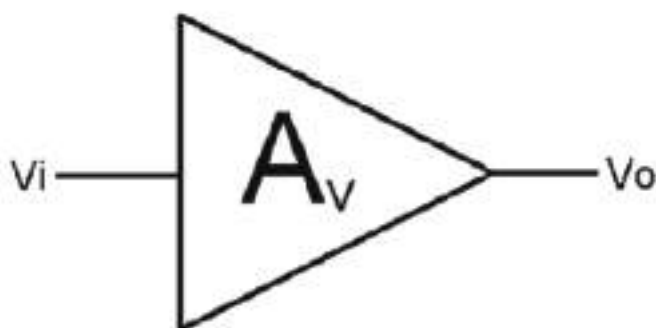
Alguns AMPOP's possuem os terminais próprios para o ajuste da tensão de *offset* de saída.



Entretanto, existem outros que não possuem esses terminais e o utilizador devesse montar um circuito externo convenientemente conectado às entradas do AMPOP para executar o ajuste. O procedimento para a execução do ajuste será abordado posteriormente.

Ganho de Tensão de um Amplificador

Na figura abaixo, temos o símbolo de um amplificador genérico:



Sendo:

$V_i \rightarrow$ Sinal de entrada;

$V_o \rightarrow$ Sinal de saída;

$A_v \rightarrow$ Ganho de tensão.

Conceitua-se ganho de tensão, o fator pelo qual a tensão de entrada é multiplicada resultando a saída do dispositivo.

Assim, podemos escrever:

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \quad A_v(dB) = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$$

A importância da utilização do ganho de tensão em decibéis (dB) justifica-se quando são utilizados grandes valores para A_v .

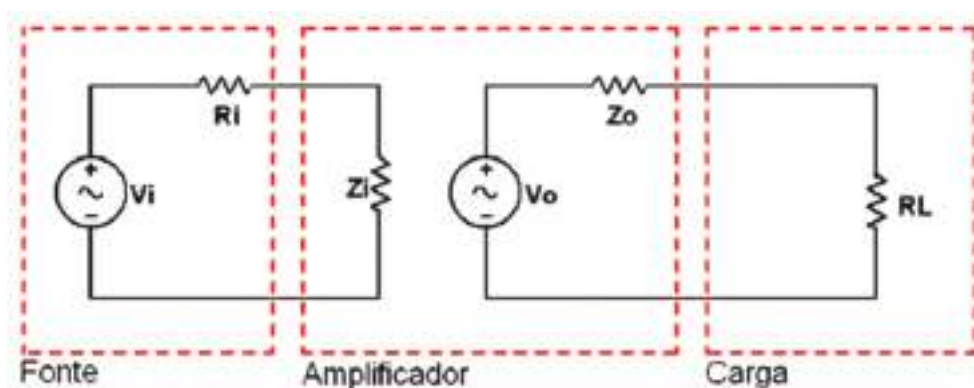


Características de um Amplificador Operacional

Discutiremos sobre as características ideais que qualquer amplificador deveria ter. Os AMPOP's reais tentam aproximar-se dessas características ideais.

Impedância de Entrada e Saída

Consideremos o circuito abaixo representa o modelo de uma fonte alimentando um amplificador, e este, alimentando uma carga:



Sendo:

$V_i \rightarrow$ Gerador;

$R_i \rightarrow$ Resistência interna do gerador;

$Z_i \rightarrow$ Impedância de entrada do amplificador;

$V_0 \rightarrow$ Gerador do sinal amplificado ($A \cdot V_i$);

$Z_0 \rightarrow$ Impedância de saída do amplificador;

$R_L \rightarrow$ Carga.

Observando o modelo anterior, podemos determinar que a tensão de entrada no amplificador (V_{Z_i}) é determinada por:

$$V_{Z_i} = \left(\frac{Z_i}{R_i + Z_i} \right) V_i$$

Ou seja, quanto maior for o valor da impedância de entrada (Z_i) do amplificador, maior será o *percentual* de tensão do gerador na entrada no amplificador, portanto podemos concluir que:

$$Z_i \rightarrow \infty \Rightarrow V_{Z_i} \rightarrow V_i$$



Já em relação a impedância de saída (Z_0), a partir da equação da malha de saída do amplificador, podemos concluir que:

$$V_{RL} = V_0 - i_L Z_0$$

Portanto, para se obter todo o sinal de saída sobre a carga, é necessário que a impedância de saída do amplificador seja muito baixa, ou seja:

$$Z_0 \rightarrow 0 \Rightarrow V_{RL} \rightarrow V_0$$

Ganho de Tensão

Para que a amplificação seja viável, inclusive para sinais de baixa amplitude, como sensores, é necessário que o amplificador possua um alto ganho de tensão. Idealmente esse ganho seria infinito.

Nos manuais dos fabricantes encontra-se o valor do ganho de tensão dos AMPOP's, o qual representaremos por A_v . Para o AMPOP 741 o valor típico de A_v é de 200.000, porem existem AMPOP's com A_v da ordem de 10^7 ou mais.

Resposta de Frequência (BW)

É necessário que um amplificador tenha uma largura de banda muito ampla, de modo que um sinal de qualquer frequência possa ser amplificado sem sofrer corte ou atenuação. Idealmente BW deveria se estender desde zero a infinitos hertz.

Nos manuais dos fabricantes encontra-se o valor de largura de banda máxima do AMPOP, geralmente de maneira gráfica, a qual representamos genericamente por BW {bandwidth}.

Sensibilidade à Temperatura (DRIFT)

As variações térmicas podem provocar alterações acentuadas nas características elétricas de um amplificador. A esse fenómeno chamamos DRIFT. Seria ideal que um AOP não apresentasse sensibilidade às variações de temperatura.

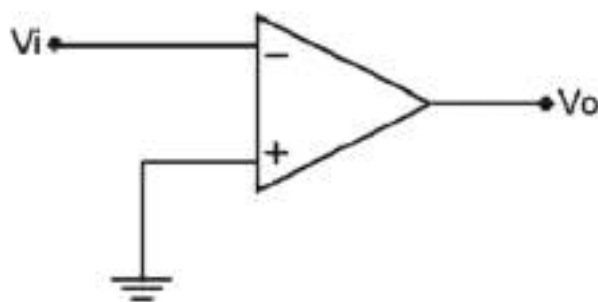


Nos manuais de fabricantes encontram-se os valores das variações de corrente e tensão no AMPOP, provocadas pelo aumento de temperatura. A variação da corrente é representada por $\Delta I/\Delta T$ e o seu valor é fornecido em $nA/^\circ C$. A variação da tensão é representada por $\Delta V/\Delta T$ e o seu valor é fornecido em $\mu V/^\circ C$.

Modos de Operação

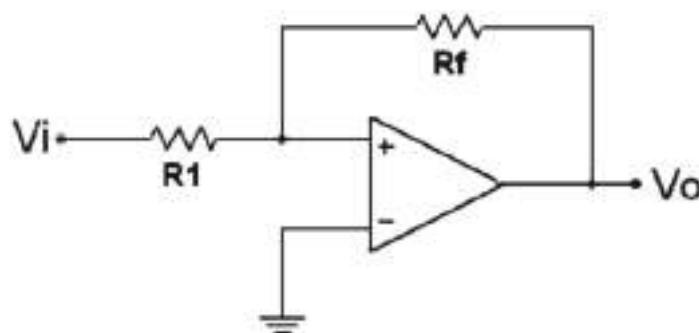
Sem Realimentação

Este modo é também denominado operação em malha aberta e o ganho do AOP é estipulado pelo próprio fabricante, ou seja, não se tem controlo sobre o mesmo. Esse tipo de operação é muito útil quando se utiliza circuitos comparadores. Na figura abaixo temos um AMPOP em malha aberta. Este circuito é um comparador e será estudado posteriormente:



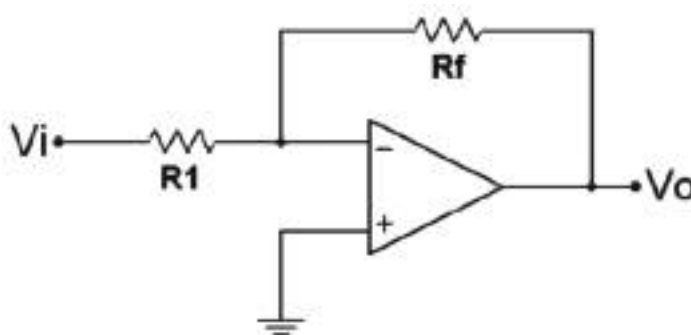
Realimentação Positiva

Este tipo de operação é denominado operação em malha fechada. Apresenta como inconveniente o fato de conduzir o circuito a instabilidade. Uma aplicação prática da realimentação positiva está nos circuitos osciladores. A figura abaixo mostra um AMPOP submetido a realimentação positiva:



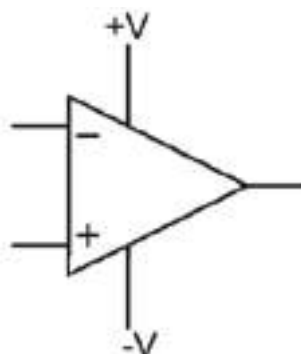
Realimentação Negativa

Esse modo de operação é o mais importante em circuitos com AMPOP, também é um modo de operação em malha fechada, porém com resposta linear e ganho controlado. Na figura abaixo temos um AMPOP a operar com realimentação negativa.



Alimentação do AMPOP

Os AMPOP são comumente representados pela simbologia abaixo, onde são representados os seus terminais de alimentação, denominados +V e -V:



Esses valores representam o máximo de tensão (positiva ou negativa) que o dispositivo poderá fornecer.

Num primeiro momento, idealmente, fixemos que esses são os potenciais extremos do dispositivo e, posteriormente, analisaremos situações específicas.



Exercícios

1. Defina AMPOP.
2. Citar as características ideais de um AMPOP e explicar o significado de cada uma delas.
3. Explicar o conceito de Tensão de *Offset*.
4. Conceituar ganho de tensão.
5. Se pelo Teorema da Máxima Transferência de Potencia obtemos o maior rendimento de transferência de potência quando a resistência da fonte e a resistência da carga (no caso na impedância de entrada do AMPOP) são iguais, explique por que, em termos de AMPOP, se procura uma impedância de entrada que tende para infinito (idealmente) e não uma impedância igual à resistência do gerador.
6. Sabemos que os AOP são baseados em elementos semicondutores (principalmente transístores). Pesquise qual a influencia da temperatura nos semicondutores em termos de portadores de carga.



Comparadores de Tensão

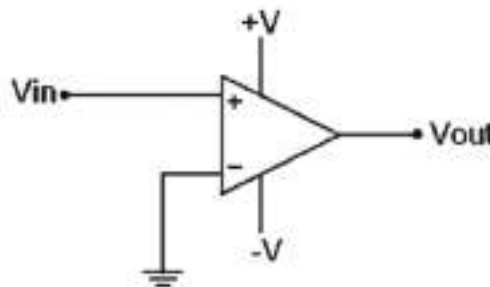
São circuitos que utilizam AMPOP's em malha aberta, sem realimentação, ou seja, com $A_v \rightarrow \infty$.

O valor de V_0 é determinado apenas pela alimentação do dispositivo.

Circuitos comparadores farão a comparação entre dois sinais distintos ou entre um sinal distinto e um de referência (V_R). Se a diferença entre os sinais foi positiva ($V_+ - V_- > 0$), o dispositivo ficará saturado (devido à relação $AV \rightarrow \infty$) e forçará uma saída $V_0 \rightarrow +V$, caso ocorra o inverso, devido à mesma saturação (em sentido inverso), a saída será $V_0 \rightarrow -V$, onde $\pm V$ são os valores da alimentação do AMPOP.

Observação: Em alguns AMPOP's, quando saturados, não enviam os seus sinais $\pm V$ para a saída, e sim valores menores que $+V$ e maiores que $-V$, devido à utilização de parte dessa tensão de alimentação para o funcionamento interno do dispositivo. Portanto podemos entender $+V$ e $-V$ como os limites máximos de tensão na saída do AMPOP.

Comparador Não-Inversor com V_R Nula

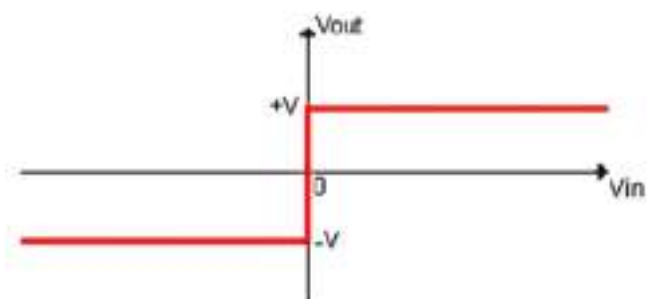


A partir do circuito podemos concluir que se:

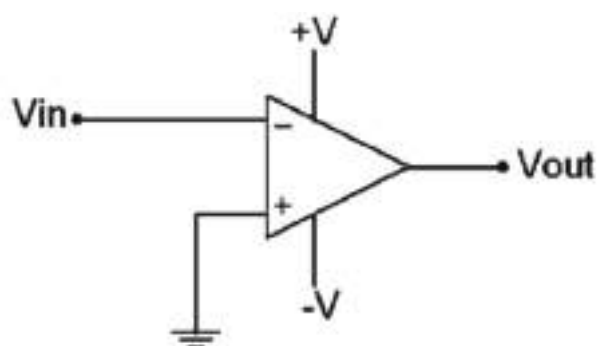
$$\begin{cases} V_{in} > 0 \Rightarrow V_{out} = +V \\ V_{in} < 0 \Rightarrow V_{out} = -V \end{cases}$$

Com essa conclusão, podemos construir um gráfico da função de transferência do circuito:





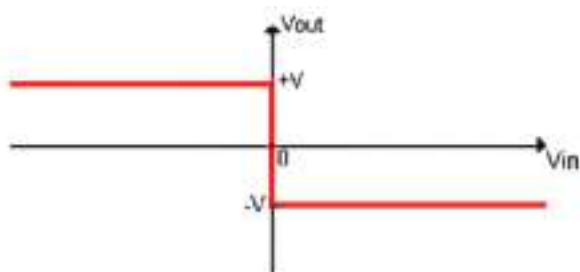
Comparador Inversor com V_R Nula



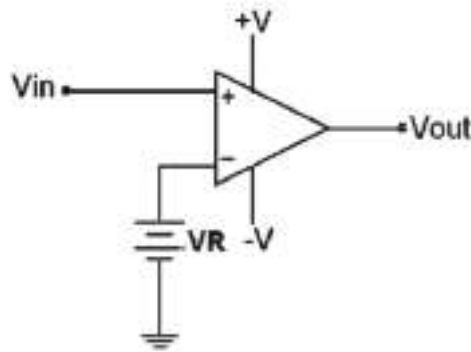
A partir do circuito podemos concluir que se:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{in} > 0 \Rightarrow V_{out} = -V \\ V_{in} < 0 \Rightarrow V_{out} = +V \end{array} \right.$$

Com esta conclusão, podemos construir um gráfico da função de transferência do circuito:



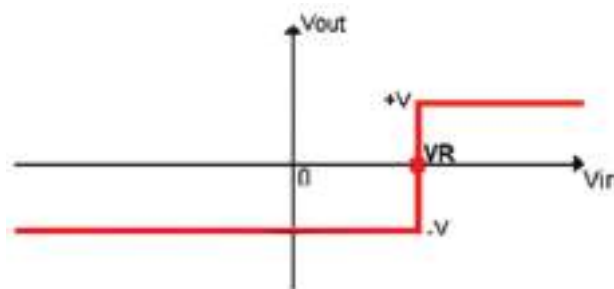
Comparador Não-Inversor com $V_R > 0$



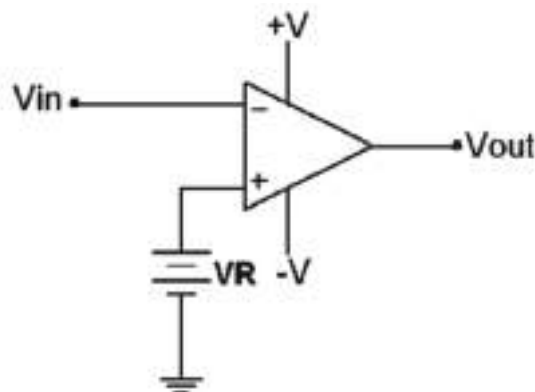
A partir do circuito podemos concluir que se:

$$\begin{cases} V_{in} > V_R \Rightarrow V_{out} = +V \\ V_{in} < V_R \Rightarrow V_{out} = -V \end{cases}$$

Com esta conclusão, podemos construir um gráfico da função de transferência do circuito:



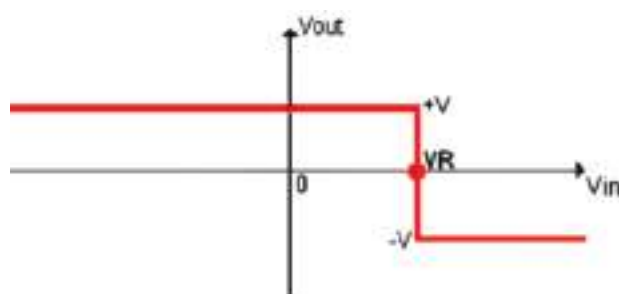
Comparador Inversor com $V_R > 0$



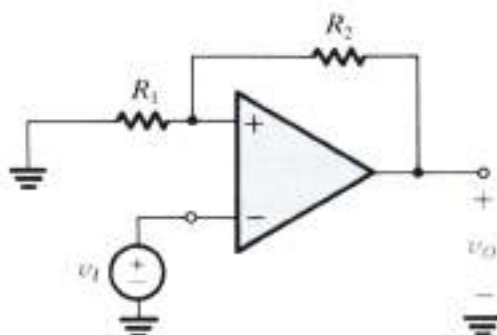
A partir do circuito podemos concluir que:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{in} > V_R \Rightarrow V_{out} = -V \\ V_{in} < V_R \Rightarrow V_{out} = +V \end{array} \right.$$

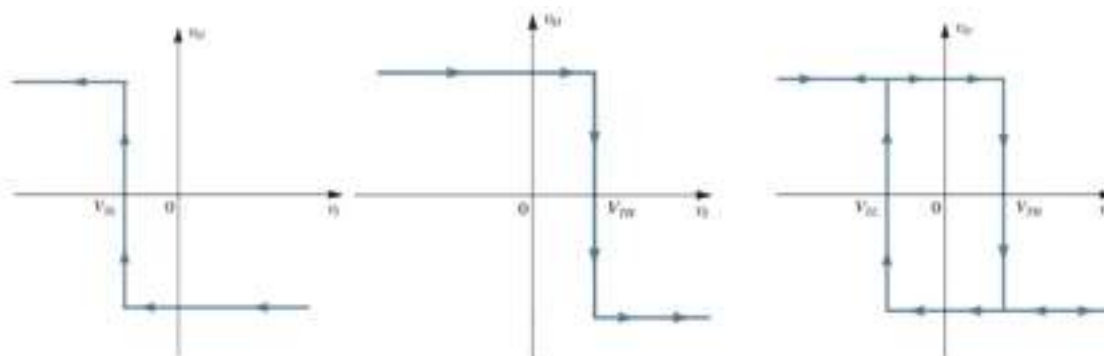
Com esta conclusão, podemos construir um gráfico da função de transferência do circuito:



Comparador Schmitt-trigger



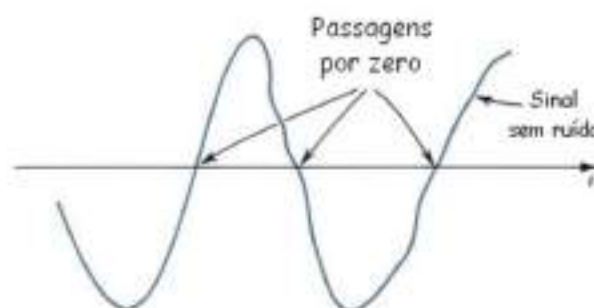
O comparador *Schmitt-triggered*, também conhecido como circuito bi-estável, difere de um comparador normal pelo facto de a sua função $v_o(v_i)$ incluir uma zona não unívoca na vizinhança da tensão de comutação, vulgarmente referida como zona de histerese, tal como é apresentado na seguinte figura.

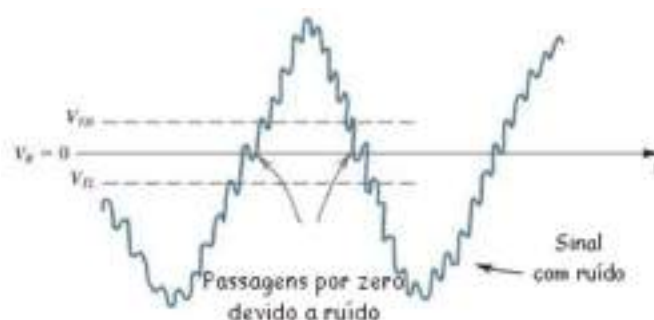


A característica completa $V_O(V_i)$ – figura da direita – pode ser descrita pela sobreposição das outras duas, sendo a primeira válida se o AMPOP estiver inicialmente na zona de saturação negativa, e sendo válida a segunda no caso de o AMPOP estar inicialmente na zona de saturação positiva. Ou seja, a tensão de saída do comparador na zona correspondente a $V_{TL} < v_i < V_{TH}$ – zona de histerese – depende do seu estado anterior, tal como é descrito pelo sentido das setas. Os valores das tensões que delimitam a zona de histerese V_{TL} e V_{TH} dependem da relação entre as resistências R_1 e R_2 e são dados pelas seguintes equações:

$$V_{TL} = V_{SS} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{e} \quad V_{TH} = V_{DD} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Esta característica pode ser usada em sistemas de comunicação para evitar possíveis problemas de comutação devido à existência de ruído sobreposto com o sinal de entrada. A zona de histerese evita que aconteçam oscilações na saída do comparador provocadas por ruído que afecte o comparador na zona em que acontece a comutação, dado que cria uma margem de proteção a esse ruído. A figura seguinte mostra a zona crítica em causa. A primeira onda representa um sinal sem ruído aplicado na entrada do comparador. A segunda onda representa a mesma entrada com ruído de alta frequência. A saída de um comparador normal apresentaria comutações devidas ao ruído na passagem por zero Volt. A utilização de um comparador Schmitt-trigger resolve este problema, dado que a comutação no sentido ascendente só acontece quando a tensão de entrada ultrapassa V_{TH} , ou no sentido descendente quando a tensão de entrada for inferior a V_{TL} . Ou seja, só há uma transição indesejada se o módulo do ruído for superior a $V_{TH} - V_{TL}$, esta diferença define a margem de ruído tolerada pelo comparador Schmitt-trigger.

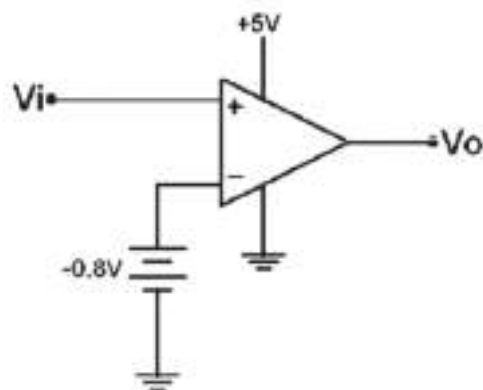
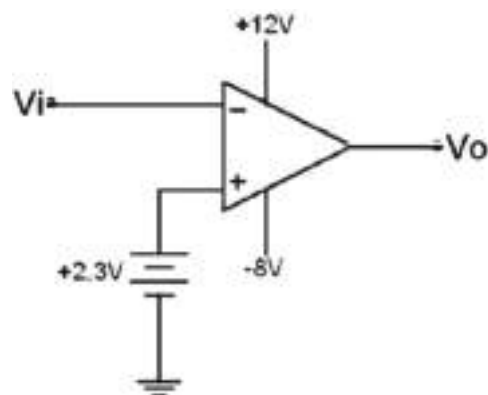




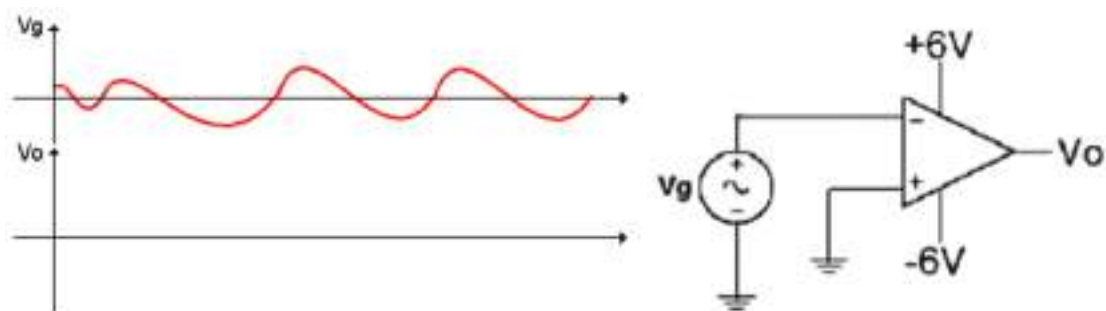
O dimensionamento da zona de histerese deve ter em conta a amplitude máxima de ruído previsível, pois uma margem muito alargada introduz um atraso considerável na comutação. Este atraso é devido ao facto de a comutação não se dar durante a passagem pela tensão de comparação ($0V$), e é tanto maior quanto maiores forem as margens V_{TL} e V_{TH} .

Exercícios

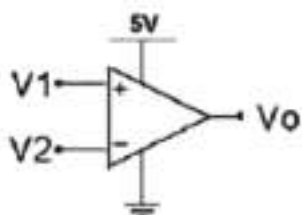
1. O que é um comparador?
2. Explicar os tipos básicos de comparadores, bem como os seus respetivos circuitos e características de transferência.
3. Construa as funções de transferência dos circuitos abaixo:



4. Com base no circuito e no gráfico da tensão de entrada no comparador abaixo, construa o gráfico da tensão de saída do AOP.



5. De acordo com o circuito abaixo, desenhe a forma de onda em V_0 , sabendo que os sinais de entrada V_1 e V_2 seguem a figura abaixo:

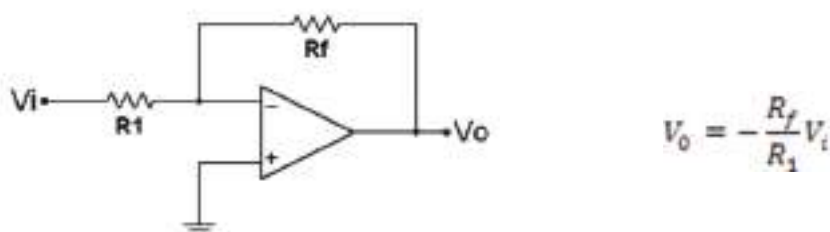


Circuitos Básicos com AMPOP

Vamos estudar alguns circuitos que utilizam AMPOP e suas principais características, além de algumas considerações práticas para o uso do AMPOP.

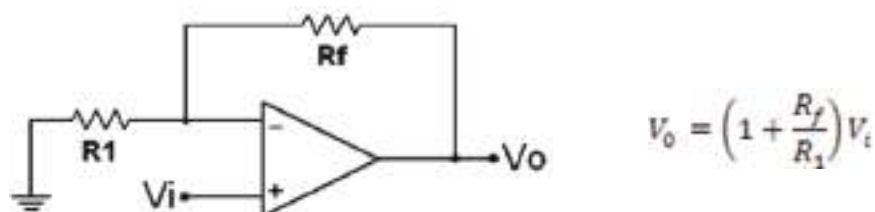
Amplificador Inversor

O amplificador de ganho constante mais amplamente utilizado é o amplificador inversor, apresentado em baixo. A saída é obtida pela multiplicação da entrada por um ganho (fator A) constante, fixado pela resistência de entrada R_1 e a resistência de realimentação R_f . Essa saída também é invertida em relação à entrada.



Amplificador Não-Inversor

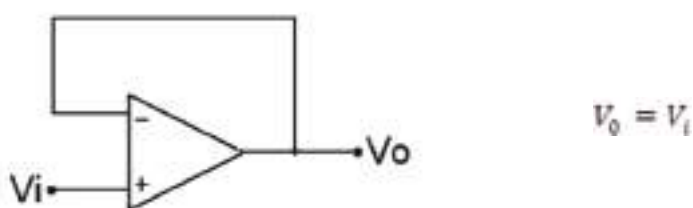
A figura em baixo mostra um circuito com AMPOP que trabalha como um amplificador não inversor ou multiplicador de ganho constante. Observe que a ligação do amplificador inversor é mais utilizada por ser mais estável entre as duas.



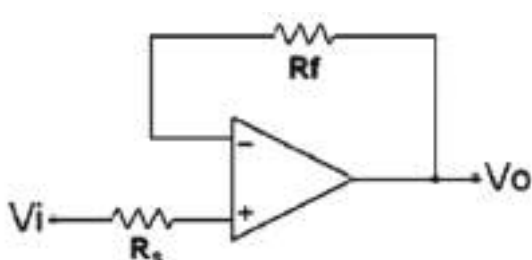
Seguidor Unitário

O seguidor unitário, mostrado em baixo, fornece um ganho unitário (1) sem inversão de polaridade ou fase. Portanto a saída possui a mesma amplitude, polaridade e fase da entrada.

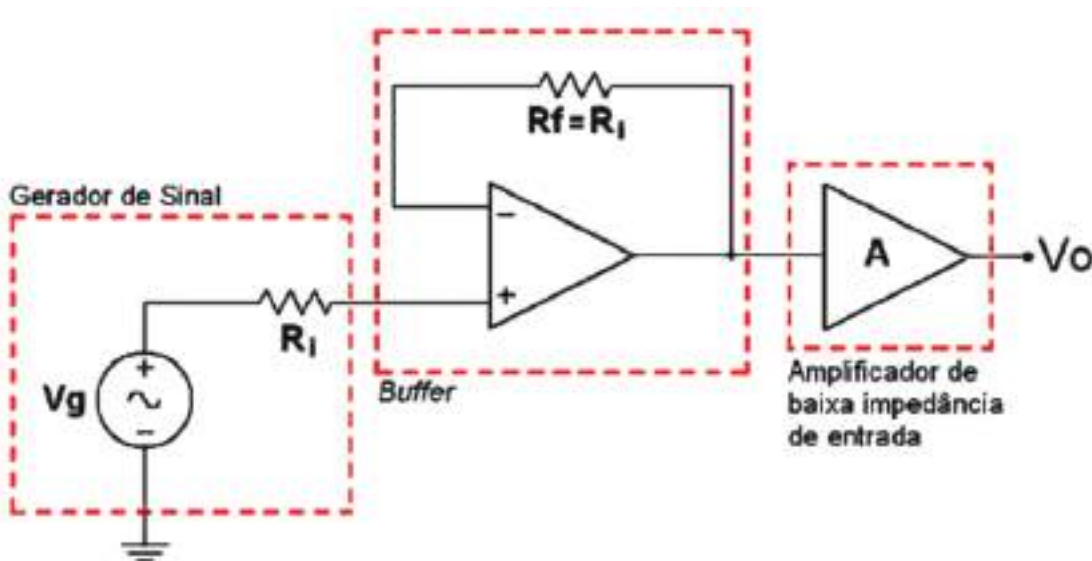
O circuito atua como isolador (*buffer*) de estágios, reforçador de correntes e junção de impedâncias.



Em alguns casos, um seguidor de tensão pode receber um sinal através de uma resistência em serie, colocada no terminal não-inversor (R_s). Neste caso, para que se tenha um equilíbrio do ganho, é usual a colocação de uma outra resistência de mesmo valor na malha de realimentação. Na figura em baixo devemos ter $R_s=R_f$ para $A_v=1$.

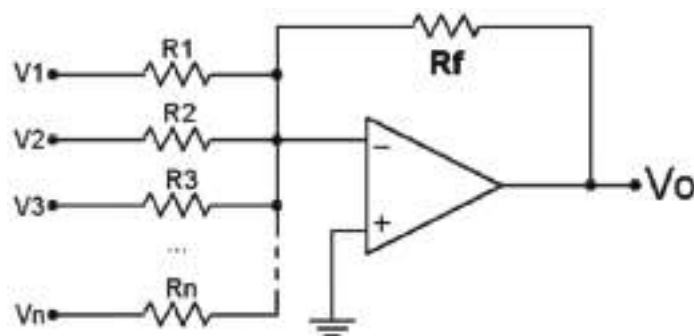


Uma aplicação prática do que foi dito é a utilização do *buffer* no casamento de impedância de saída de um gerador de sinal com um amplificador de baixa impedância de entrada, conforme ilustrado a seguir:



Amplificador Somador

O circuito a seguir mostra um circuito amplificador somador de n entradas que fornece um meio de somar algebricamente (adicionando) n tensões, cada uma multiplicada por um fator de ganho constante. Por outras palavras, cada entrada adiciona uma tensão à saída, multiplicada pelo seu correspondente fator de ganho.

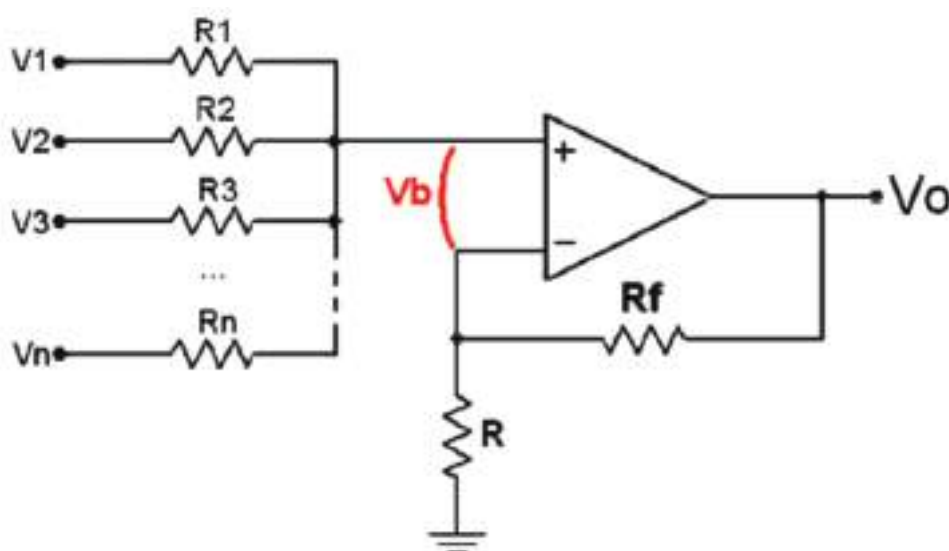


A saída V_0 é determinada por:

$$V_0 = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{R_f}{R_i} V_i \right) = \left(\frac{R_f}{R_1} V_1 + \frac{R_f}{R_2} V_2 + \frac{R_f}{R_3} V_3 + \dots + \frac{R_f}{R_n} V_n \right)$$

Amplificador Somador Não-Inversor

A figura abaixo apresenta-nos a configuração de um somador especial, no qual a tensão de saída não sofre inversão:

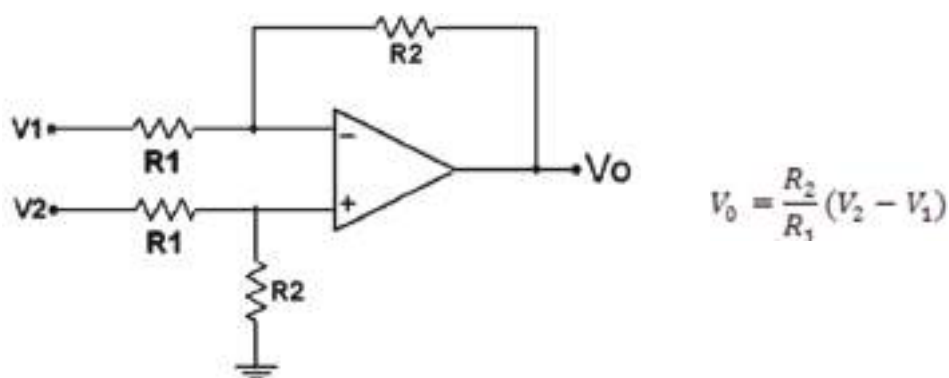


$$V_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) V_b, \text{ onde } V_b = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots + \frac{V_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) \left(\frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots + \frac{V_n}{R_n}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}\right)$$

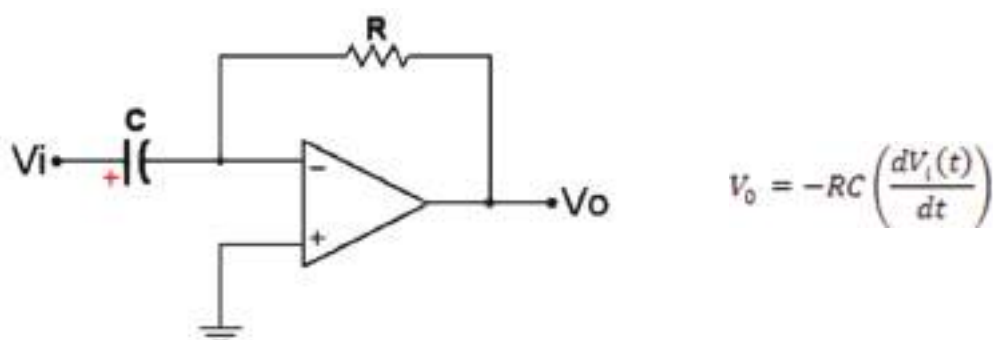
Amplificador Diferencial ou Subtrator

Este circuito permite que se obtenha na saída uma tensão igual à diferença entre os sinais aplicados, multiplicada por um ganho.



Diferenciador

O diferenciador é um circuito que realiza a operação matemática da diferenciação. Ele produz uma tensão de saída proporcional à inclinação da função da tensão de entrada (taxa de variação).



Ajuste de Offset (Considerações Práticas)

Já citamos que o AMPOP apresenta uma tensão de *offset* de saída mesmo quando as entradas estão ligadas à massa. Para cancelar esta tensão podemos utilizar dois métodos: Ajuste pelos terminais do AMPOP ou por circuitos resistivos externos.

Terminais Específicos

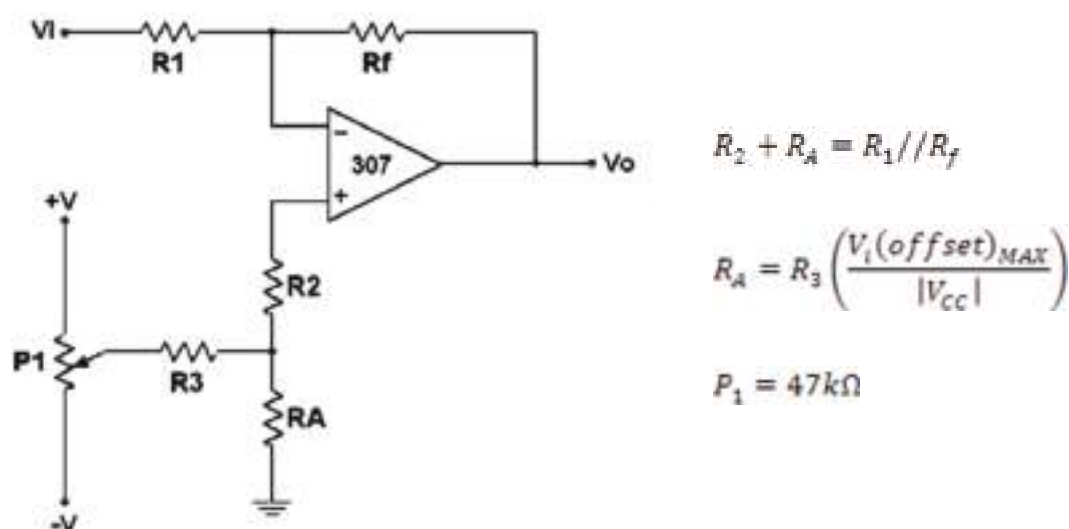
Os fabricantes de AMPOP's costumam fornecer dois terminais dedicados no AMPOP, aos quais se conecta um potenciômetro. O cursor do potenciômetro é levado a um dos pinos de alimentação para prover o ajuste ou cancelamento dessa tensão. O cancelamento dessa tensão dá-se pelo fato de os pinos citados estarem conectados ao estágio diferencial de entrada do AMPOP, permitindo, assim, o balanceamento/equilíbrio das correntes de coletor dos transístores.

Este balanceamento permitirá o cancelamento da pequena diferença de tensão existente entre os valores de V_{BE} dos transístores citados.

Em experiências práticas veremos como fazer esse ajuste.

Resistência de Equalização (Balanceamento Externo)

Quando o AMPOP não possui os terminais para o ajuste de *offset*, o mesmo deverá ser feito através de circuitos resistivos externos. A figura abaixo exemplifica o ajuste de offset por circuito resistivo externo em um AMPOP 307 numa configuração inversora:

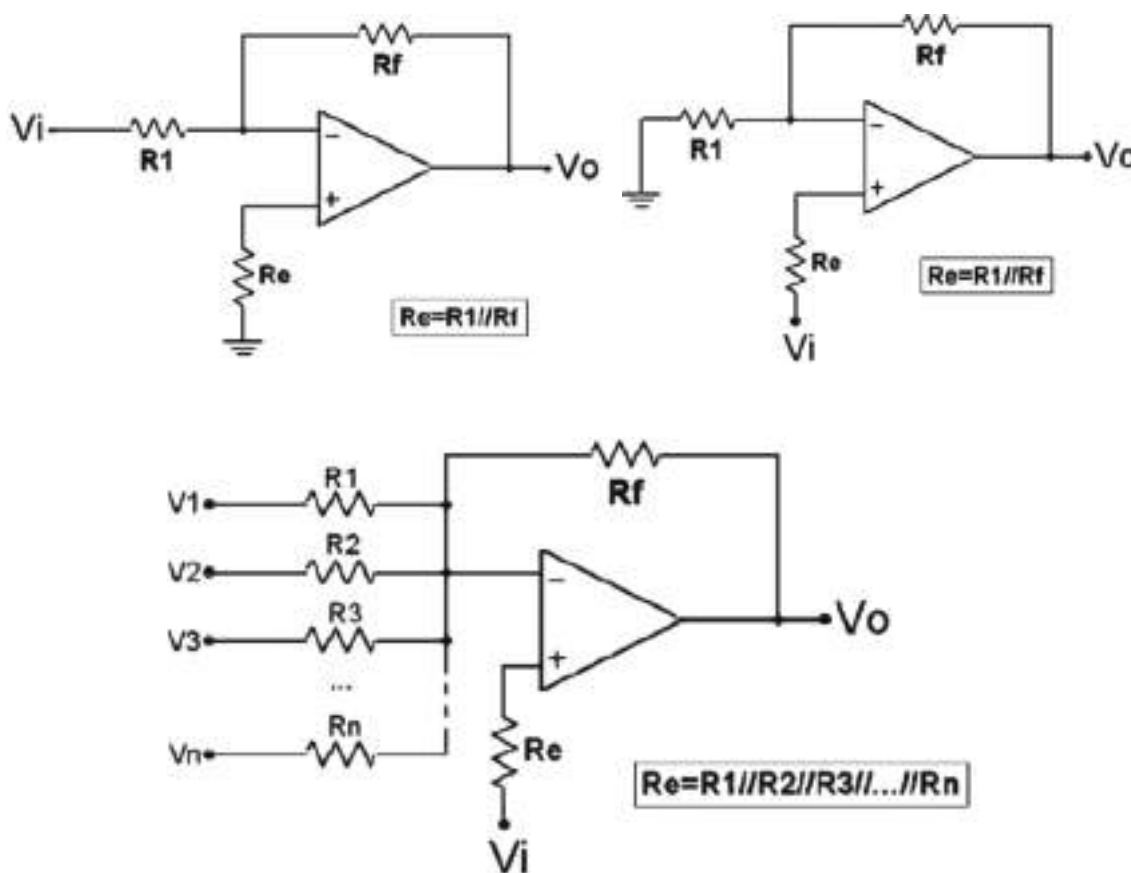


Percebe-se que a utilização de AMPOP sem terminais específicos para o ajuste de *offset* resulta numa grande perda de tempo e, dependendo do AMPOP e da precisão das resistências que deverão ser utilizadas, costuma sair mais caro do que a utilização de um AMPOP provido desses terminais específicos.

Porem, em qualquer caso, a tensão de *offset* poderá ser reduzida (mas não anulada), de forma bem mais simples e prática, colocando uma resistência de equalização no terminal não inversor.

Este procedimento é aconselhado pelos próprios fabricantes.

A resistência de equalização (R_e) nas figuras a baixo para cada um dos casos:



Exercícios:

1. Considere um amplificador inversor. Calcule o ganho de tensão para cada um dos conjuntos de resistências a seguir:
 - a. $R_1 = 1\text{k}\Omega$; $R_f = 2\text{k}\Omega$;
 - b. $R_1 = 1\text{k}\Omega$; $R_f = 7\text{k}\Omega$;
 - c. $R_1 = 2,4\text{k}\Omega$; $R_f = 4,7\text{k}\Omega$;
 - d. $R_1 = 2,7\text{k}\Omega$; $R_f = 8,2\text{k}\Omega$;
 - e. $R_1 = 1,2\text{k}\Omega$; $R_f = 2,3\text{k}\Omega$;
2. Para cada um dos conjuntos de resistências do exercício anterior, calcule o ganho de tensão para um amplificador não-inversor.
3. Considere um amplificador inversor com um sinal de entrada de 12mV. Calcule o valor da tensão de saída para cada um dos conjuntos de resistências do exercício 1.
4. Idem para um amplificador não-inversor.
5. O que é uma resistência de equalização? Explique sua finalidade.
6. Como se calcula uma resistência de equalização para um amplificador inversor? E para um não inversor?



Proteção em Circuitos com AOP

Abordaremos agora algumas técnicas de proteção para circuitos com AMPOP que permitem ao projetista aumentar a confiabilidade e a segurança de um sistema no qual esses circuitos estão inseridos.

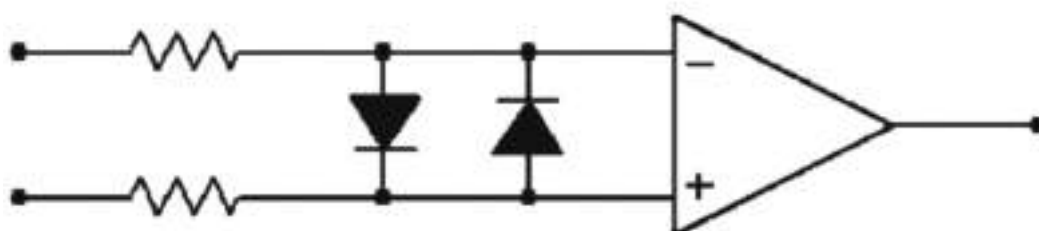
Sabemos que qualquer componente eletrónico possui especificações máximas para suas diversas características elétricas, tais como tensão, corrente, potência, etc. Se por algum motivo alguma dessas características for ultrapassada, o dispositivo poderá sofrer danos irreparáveis.

Proteção das Entradas de Sinal

O estágio diferencial de um AMPOP poderá ser danificado, caso a máxima tensão diferencial de entrada do mesmo seja excedida. Para o AMPOP 741 essa tensão é da ordem de $\pm 30V$. Por definição, a tensão diferencial de entrada é medida a partir da entrada não-inversora para a entrada inversora do AMPOP.

A maneira mais comum de se proteger as entradas de um AOP consiste na utilização de dois díodos em antiparalelos conectados entre os terminais das entradas de sinal do AMPOP. Os díodos utilizados devem ser díodos retificadores do tipo 1N4001 ou equivalente. Costuma-se colocar resistências nas entradas para evitar uma provável queima dos díodos e garantir, assim, melhor proteção para o AMPOP.

Já podemos concluir que essa proteção impede que a tensão diferencial de entrada ultrapasse 700mV.



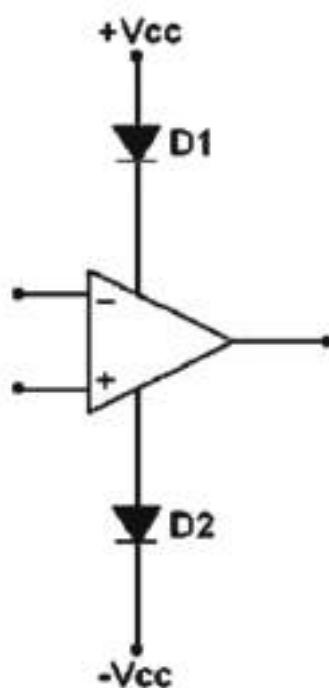
Proteção de Saída

Atualmente a maioria dos AMPOP's possui proteção interna contra curto-circuito na saída. O AMPOP 741, por exemplo, apresenta essa proteção. Se consultarmos a folha de dados do fabricante do AMPOP 741, encontraremos para a corrente de curto-circuito de saída um valor de 25mA. O fabricante garante que a duração do curto-circuito de saída pode ser ilimitada ou indeterminada, desde que a capacidade de dissipação térmica do componente não seja excedida. O AMPOP 709 não possui proteção interna contra curto-circuito na saída e, portanto, o fabricante recomenda a colocação de uma resistência externa para essa finalidade.

Proteção nas Entradas de Alimentação

Esta é uma das mais importantes técnicas de proteção de AMPOP, pois se a polaridade das tensões de alimentação do AMPOP forem invertidas, quase todos os componentes internos serão polarizados incorretamente, o que danificaria irreversivelmente o componente.

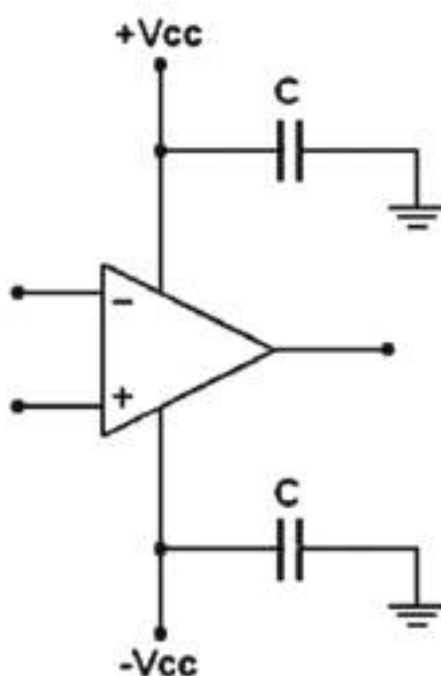
A figura abaixo mostra a forma correta de proteger um AOP contra uma provável inversão de polaridade da fonte de alimentação:



Proteção contra Ruídos

A presença de fontes geradoras de ruídos ou interferências, próximas dos circuitos com AMPOP's, podem alterar o nível de tensão CC de alimentação do circuito integrado, a qual deve ser estabilizada e de baixo *ripple*.

Essa alteração pode prejudicar a resposta do circuito e, dependendo da aplicação e dos níveis dos sinais processados, poderá provocar erros grosseiros e perigosos ao sistema. Para proteger o AMPOP contra ruídos e oscilações da fonte de alimentação, costuma-se colocar um condensador na ordem de 0,1 pF entre a terra e cada um dos terminais de alimentação do AMPOP. Os condensadores atuam como condensadores de passagem para as correntes parasitas, normalmente de alta frequência, produzidas ao longo dos condutores entre a fonte de alimentação e o circuito.



Análises Práticas de Falhas

Fazemos agora uma pequena lista de procedimentos para determinação de falhas em circuitos com AOP:

1. Conferir a polaridade da alimentação;
2. Conferir as conexões de todos os pinos;
3. Se o AOP estiver a aquecer, verificar se a saída está curto-circuitada ou se a carga é muito alta (baixo valor ohmico);
4. Se a saída de um amplificador (inversor ou não-inversor) estiver saturada, verificar se a malha de alimentação está aberta ($R_f = \infty$) ou se a resistência de entrada está em curto ($R_i=0$);
5. Verificar se a terra do sinal de entrada é a mesma do AMPOP;
6. Verificar se a impedância de entrada do circuito não está muito baixa, comparada a impedância de saída da fonte de sinal;
7. Verificar continuidade dos condutores;
8. Verificar se as pistas e pinos metalizados da placa de circuito impresso não estão abertos ou curto-circuitados;
9. Verificar todos os pontos de solda (solda fria).

Algumas condições ambientais influenciam nas condições de funcionamento do circuito, podendo ate mesmo danificá-lo, por isso deve-se ter em conta o grau de incidência dos seguintes fatores:

1. Humidade excessiva do ar;
2. Calor excessivo do ambiente;
3. Ácidos e gases corrosivos na atmosfera ambiente;
4. Partículas metálicas em suspensão;
5. Vibrações mecânicas frequentes;
6. Fontes de interferências frequentes.



Bibliografia

MALVINO, Albert Paul , *Princípios de Electrónica*, vol. 2, 6ª ed.. Lisboa: McGraw-Hill, 2000.

MATIAS, José, *Guia de Laboratório de Electricidade*. Lisboa: Didáctica Editora, 1993.

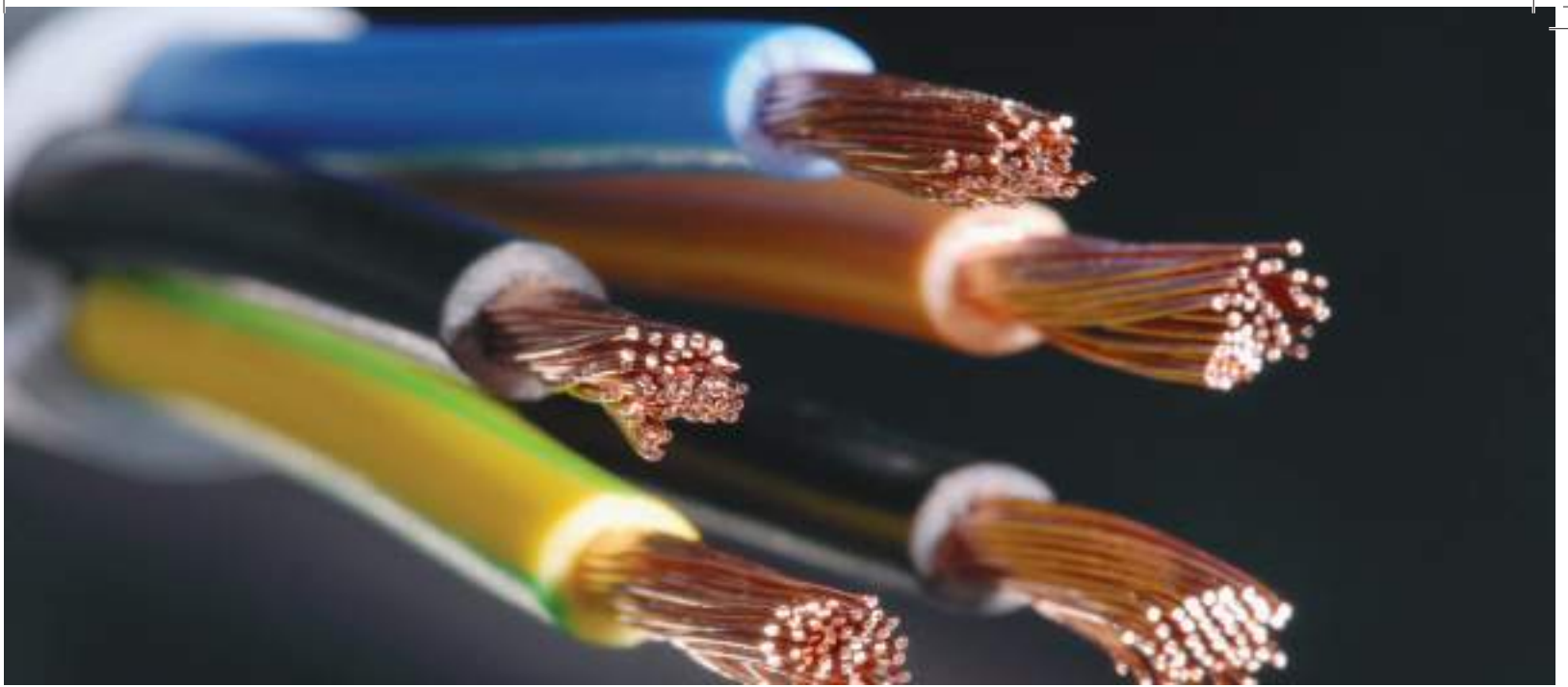
PADILHA, António, *Electrónica Analógica*. Lisboa: McGraw-Hil, 1993.

PINTO, António; CALDEIRA, José, *Tecnologias*, 12º Ano. Porto: Porto Editora, 1999.

VARANDA, Joaquim, *Tecnologias de Electricidade*, vol. 2, 11º Ano. Lisboa: Didáctica Editora, 2002.







Tecnologias de Eletricidade

Módulo 8

Caracterização do Módulo

Apresentação

Este módulo tem carácter teórico-prático, pelo que deve decorrer em ambiente laboratorial ou oficial de modo a permitir ao aluno verificar e comprovar os conhecimentos adquiridos relativos aos materiais usados na indústria elétrica e eletrónica, à conceção e realização de instalações elétricas e à proteção de instalações e pessoas.

Objetivos de aprendizagem

- Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Eletrónica (IEE):
 - Conhecer os materiais mais usados na indústria Elétrica e Eletrónica e respetivas aplicações.
 - Caracterizar os diversos tipos de materiais mais usados na IEE pelas suas propriedades elétricas e mecânicas.
 - Relacionar as características dos materiais com as suas aplicações.
- Representação esquemática:
 - Identificar os diversos tipos de esquemas.
 - Interpretar e desenhar esquemas elétricos, respeitando as normas do desenho esquemático.
- Instalações Elétricas:
 - Escolher o tipo de canalização em função do local.
 - Conhecer o conceito de potência instalada.
 - Compreender a necessidade da subdivisão das instalações de utilização.
 - Descrever uma canalização a partir da sua designação simbólica pela consulta de tabelas.
- Proteção de Instalações e Pessoas:
 - Identificar anomalias de funcionamento dos circuitos e os efeitos que produzem.
 - Conhecer os diferentes tipos de aparelhos de proteção e suas aplicações.



- Circuitos de Iluminação, Sinalização e Alarme:
 - Interpretar esquemas elétricos de circuitos de iluminação, sinalização e alarme.
 - Aplicar regras e normas na execução dos trabalhos, ligando corretamente a aparelhagem no circuito.

Âmbito de conteúdos

- Identificar materiais
 - Condutores
 - Isoladores
- Circuitos de tomadas
 - Conhecer os vários tipos de canalizações; embebida, à vista
 - Conhecer os tipos de aparelhagem mais utilizados
- Quadros elétricos
 - Aparelhagem de corte
 - Aparelhagem de protecção
- Interpretar
 - Funcionamento dos equipamentos eléctricos associados aos sistemas e redes de dados
 - Representações esquemáticas simples de circuitos e quadros eléctricos
 - Dados técnicos dos principais equipamentos e materiais utilizados em pequenas instalações eléctricas de tomadas
- Ensaiar
 - Equipamentos
 - Pequenas instalações de utilização de tomadas
- Representar esquematicamente uma pequena instalação eléctrica de utilização de tomadas



Materiais utilizados na Indústria Elétrica e Eletrónica

Apresentação

Observa-se que em todos os segmentos da vida diária se encontra a presença de materiais, como seja nos transportes, na habitação, no vestuário, nos meios de comunicação, processamento de dados, comércio, lazer, produtos alimentares, artigos de saúde, ensino, produção e transporte de energia, entre muitos outros.

Assim, o conhecimento e a capacidade de produzir e manipular os materiais afeta de modo direto o nível de bem-estar da população.

O desenvolvimento de um povo está diretamente relacionado com a sua habilidade em produzir e manipular os materiais.

Nos nossos dias, podemos apontar o silício como o material base para a fabricação de componentes eletrónicos, lembrando que os equipamentos eletrónicos estão presentes na maioria da atividade humana, seja nos transportes (rodoviários, aéreos, ferroviários, marítimos, etc.) nas comunicações, informática, controlo de processos industriais, medicina, instrumentos de análise e de pesquisa de diversas áreas, desporto, e muitas outras.

É difícil imaginar uma atividade que não tenha alguma dependência, se não direta, pelo menos indireta, com algum sistema ou equipamento eletrónico.

Como dependência indireta entenda-se a produção de utensílios usados numa determinada atividade, a análise de resultados dessa atividade, o transporte e/ou comercialização de bens, entre muitos outros exemplos.

Como consequência, a eletrónica tornou-se no maior mercado mundial (maior que a indústria automóvel, a indústria química, etc.).

Todas as aplicações eletrónicas, são no entanto baseadas em materiais, sendo o silício (semicondutor) o mais importante destes. Também o germânio é utilizado de modo mais corrente, mas em muito menor escala que o silício.

Mesmo assim, os outros materiais usados em engenharia elétrica e eletrónica (eletrotécnica), são também fundamentais e imprescindíveis, e devem ser objeto de atenção no estudo dos materiais elétricos.



O principal objetivo destes materiais é fornecer o conhecimento básico e/ou os fundamentos sobre os diversos materiais usados na engenharia eletrotécnica.

No campo desta engenharia, destacam-se as aplicações de materiais metálicos nas diversas formas de geração de energia elétrica, como sejam a eólica, a solar, as termoelétricas, ou as hidroelétricas.



Fig. 1 – Aplicação de materiais na construção de cabos elétricos

Classificação geral dos materiais

A classificação dos materiais, faz-se tendo em conta as suas propriedades mais relevantes e o tipo de aplicação que se pretende para os mesmos.

Assim, os materiais encontrados na matéria e que se utilizam nas diversas aplicações eletrotécnicas, dividem-se em:

- Materiais condutores (incluem-se aqui as resistências e os supracondutores);
- Materiais isoladores;
- Materiais semicondutores;
- Materiais magnéticos.

Na figura seguinte, apresenta-se esta classificação de modo mais detalhado.





Fig. 2 – Classificação geral dos materiais

Atendendo ao facto de poderem ser encontrados nos três estados da matéria, como exemplos destes tipos de materiais, podem referir-se (como condutores e como isoladores):

- Materiais no estado sólido (cobre – condutor; vidro – isolador);
- Materiais no estado líquido (mercúrio – condutor; óleo mineral – isolador);
- Materiais no estado gasoso (ar bastante húmido – condutor; ar seco – isolador).

De entre as diversas propriedades que podem referir-se, destaca-se a resistividade de cada material, podendo referir-se para cada um dos principais grupos:

- Materiais condutores: Valores entre 10^{-4} e $10^2 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;
- Materiais isoladores: Valores entre 10^{14} e $10^{26} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;
- Materiais semicondutores: Valores entre 10^4 e $10^{10} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

A forma e a função dos materiais e aparelhagem

A forma dada aos materiais resulta de um compromisso entre a função que se pretende para esse material e os custos necessários à obtenção dessa forma.

O mesmo raciocínio é feito quando se tratar de aparelhagem, elétrica ou eletrónica.

A sua forma será determinada por um conjunto de condicionantes de ordem técnica, de acordo com o comportamento que se pretenda de um determinado tipo de material ou materiais, moldada por aspetos de ordem funcional.



Por exemplo, um mesmo tipo de aparelho construído para ser utilizado como ferramenta portátil ou móvel, ou para colocação fixa numa bancada de trabalho, terá necessariamente formatos diferentes, embora possa apresentar o mesmo tipo de características eletrotécnicas.

O outro parâmetro determinante será o seu custo.

Habitualmente, os preços irão subindo, à medida que as especificações técnicas sejam mais rigorosas (elevadas).

Resultará daqui um compromisso entre estes dois aspetos, conforme se indica na figura seguinte.

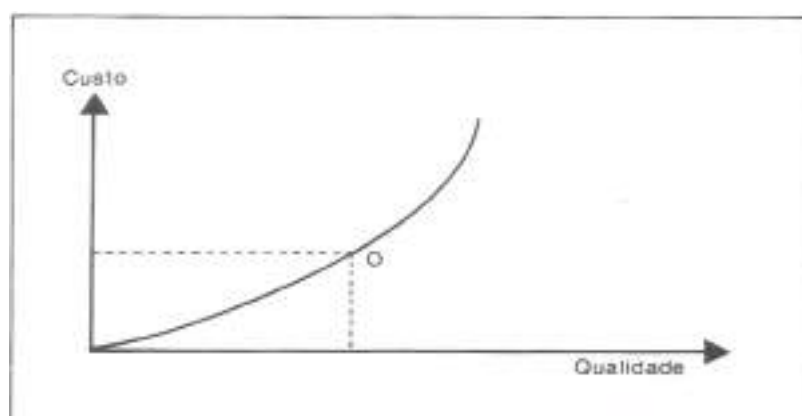


Fig. 3 – Escolha custo versus qualidade

O ponto **O** será aquele que corresponde à escolha ideal.

Esta escolha corresponderá ao melhor compromisso entre os custos necessários à sua produção, comercialização e operações de manutenção, e o nível de qualidade ou especificações que se pretendam.

Entre as diversas aplicações dos materiais, dois grupos se destacam pelo tipo de exigências a que estão sujeitos, e que se prendem essencialmente com os níveis de tensões elétricas e intensidades de corrente que irão suportar. Eles são o grupo de aplicações em eletricidade (poderemos chamar-lhe “correntes fortes”) e o grupo de aplicações em eletrónica (poderemos chamar-lhe “correntes fracas”).

Ao nível das “correntes fortes” podemos tomar como exemplo as instalações de produção de energia elétrica, onde se destaca o uso do aço para a construção das pás e eixo das turbinas (devido à elevada resistência mecânica).

Já nos geradores (estátor, rotor, coletores, barras estatóricas, etc.), destaca-se o uso do cobre eletrolítico (devido às suas propriedades elétricas).



Na etapa de transformação (em que há elevação da tensão), para a construção dos transformadores, destaca-se o uso de materiais isolantes sólidos (papel termicamente estabilizado, madeira, resinas, etc.), isolantes líquidos (óleo mineral isolante) e isolantes gasosos (SF_6 , ar sintético muito seco, nitrogénio e CO_2 como meio de extinção).

Materiais ferromagnéticos são também utilizados para fabricação do núcleo, destacando-se as chapas de aço silício laminado a frio, sendo o cobre usado para os enrolamentos de transformadores e máquinas elétricas.

Nas subestações, os meios isolantes mais utilizados (ver figura seguinte), são o ar natural ou comprimido e o SF_6 , assim como a porcelana, o vidro e os polímeros.



Fig. 4 – Exemplos de isoladores

Nas linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica, além do uso do vidro, da porcelana e dos polímeros para o isolamento, é usado o aço galvanizado para a construção das estruturas. As linhas são construídas de ligas de alumínio, aço e cobre, devido a apresentarem características como resistência mecânica e boa condutividade (ver figura seguinte).





Fig. 5 – Isolador em linha de transporte de energia

Tanto para as referidas “correntes fortes” como para as “correntes fracas”, são utilizados diversos tipos de materiais, de acordo com as características necessárias ao bom funcionamento e integração destes nas diversas aplicações.



Fig. 6 – Diversos tipos de aplicações de material isolante



A escolha dos materiais

De acordo com o que já foi referido, a escolha dos materiais baseia-se num conjunto de necessidades em função da aplicação em causa, e das propriedades apresentadas por cada um desses materiais.

Deste modo, deveremos entrar em linha de conta com as propriedades seguintes.

- Condutibilidade elétrica;
- Nível de isolamento elétrico;
- Calor libertado por efeito Joule, enquanto conduz a corrente;
- Estabilidade do valor da resistividade com a temperatura e a intensidade de corrente;
- Imunidade a agentes atmosféricos ou químicos;
- Boa resistência a esforços de tração, compressão, torção, ou dobragem;
- Baixo peso;
- Resistência a choques (pancadas secas);
- Flexibilidade mecânica;
- Elasticidade;
- Valor do seu ponto de fusão;
- Condutividade com a temperatura;
- Imunidade a agentes atmosféricos ou químicos;
- Boa resistência a esforços de tração, compressão, torção, ou dobragem;
- Baixo peso;
- Resistência a choques (pancadas secas);
- Características gerais com a temperatura;
- Flexibilidade mecânica;
- Elasticidade;
- Valor do seu ponto de fusão;
- Condutividade com a temperatura.



Propriedades e grandezas características dos materiais elétricos

Podemos caraterizar os materiais por várias propriedades que lhes conferem um conjunto de diferenças, necessárias à sua perfeita diferenciação e que se irão relacionar com a função para os quais serão selecionados.

Enumerando estas propriedades, encontramos o seguinte conjunto de definições:

- a. Condutibilidade elétrica – Propriedade que os materiais têm de conduzirem a corrente elétrica, com maior ou menor facilidade.
O material com melhor condutibilidade é a prata.
- b. Rigidez dielétrica – É a tensão máxima por unidade de comprimento, que se pode aplicar aos isolantes, sem romper as suas características isolantes (expressa-se em kV/cm ou em kV/mm).
O material com melhor rigidez é a mica.
- c. Condutibilidade térmica – Propriedade que os materiais têm de conduzirem com maior ou menor facilidade o calor.
Normalmente, os bons condutores térmicos também são bons condutores elétricos, o que pode ser uma vantagem ou uma desvantagem.
Como bons condutores térmicos temos a prata e o cobre.
- d. Maleabilidade – Propriedade que os materiais têm de se deixar reduzir a chapas, (exemplos: ouro e prata).
- e. Ductilidade – Propriedade que os materiais têm de se deixar reduzir a fios, ou à feira, (exemplos: ouro, prata, cobre e ferro).
- f. Tenacidade – Propriedade que os materiais têm de resistirem à tensão de rotura, por tração ou compressão.
A tensão de rotura é expressa em kg/mm², (exemplos de materiais tenazes: bronze silicioso, cobre duro).
- g. Maquinabilidade – Propriedade de os materiais se deixarem trabalhar por qualquer processo tecnológico, através de máquinas-ferramentas, (exemplo: ferro).



- h. Dureza – Propriedade de os materiais riscarem ou se deixarem riscar por outros, (exemplos de materiais duros: diamante, quartzo).
- i. Densidade – É a relação entre o peso da unidade de volume de um dado material e o peso de igual volume de água destilada a 4,1 °C, à pressão normal, (materiais condutores mais pesados: prata, mercúrio).
- j. Permeabilidade magnética – Propriedade de os materiais conduzirem com maior ou menor facilidade as linhas de força do campo magnético, (exemplos: ferro-silício, aço, ferro-fundido, etc.).
- k. Elasticidade – Propriedade de retomarem a forma primitiva, depois de deformados por um esforço momentâneo.
- l. Dilatabilidade – Propriedade de aumentarem de comprimento, superfície ou volume, por ação do calor.
- m. Resiliência – Propriedade de os materiais resistirem à rotura, por pancadas “secas”.
- n. Resistência à fadiga – É o valor limite do esforço sobre um material, resultante da repetição de manobras.
Cada manobra vai progressivamente provocando o “envelhecimento” do material, perdendo progressivamente as suas propriedades.
- o. Fusibilidade – Propriedade de os materiais passarem do estado sólido ao líquido, por ação do calor.
Tem interesse conhecer o ponto de fusão de cada material, para sabermos quais as temperaturas máximas admissíveis na instalação onde o material está integrado.
- p. Resistência à corrosão – Propriedade que os materiais têm de manterem as suas propriedades químicas, por ação de agentes exteriores, (atmosféricos, químicos, etc).
Tem importância nos materiais expostos e enterrados (linhas, cabos ao ar livre ou enterrados, contactos elétricos, etc).



Principais materiais condutores

Os materiais condutores em termos de eletricidade, são aqueles que apresentam uma grande apetência (ou que opõem pouca resistência), à passagem ou atravessamento pela corrente elétrica.

Os metais são bons condutores porque os eletrões se encontram mais afastados dos núcleos atômicos, e têm por isso grande mobilidade.

Estes eletrões designam-se por eletrões livres, movimentando-se desordenadamente no interior dos metais.

Contudo, ao fechar-se um circuito elétrico, estes eletrões organizam-se de imediato num movimento ordenado, formando uma corrente elétrica.

Existem também soluções que são boas condutoras. Somente as soluções que são formadas por iões e por sais é que são boas condutoras de corrente elétrica.

Assim quando se fecha o circuito elétrico, os iões movimentam-se organizadamente, dirigindo-se os iões negativos para o eletrodo positivo e os iões positivos para o eletrodo negativo.

Este movimento organizado constitui a corrente elétrica no líquido.

Por entre os diversos materiais condutores existentes, salientam-se pelas suas propriedades e pela habitual utilização para este efeito, os seguintes:

- Cobre (cobre duro e o cobre macio);
- Alumínio;
- Prata;
- Ouro;
- Carvão.

Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais condutores e ligas condutoras.



CONDUTORES E LIGAS CONDUTORAS	COMPOSIÇÃO	RESISTIVIDADE A 20°C ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	COEFICIENTE DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	DENSIDADE (A 20°C)	TEMPERATURA DE FUSÃO ($^{\circ}\text{C}$)	TENSÃO DE ROTURA (Kg/mm^2)	APLICAÇÕES
Cobre macio	Cobre	0,0172	0,00393	8,89	1080	25	Condutores, contactos
Cobre duro	Cobre (+ estanho ou silício)	0,0179	0,0039	8,89	1080	37	Linhas aéreas
Alumínio	Alumínio	0,0282	0,0040	2,70	657	15 a 20	Cabos e linhas aéreas
Prata	Prata	0,016	0,0036	10,50	960	28	Contactos, fusíveis
Bronze silicioso	Cobre + estanho + zinco + silício	0,025	0,002	8,90	900	70	Linhas aéreas
Latão	Cobre + zinco	0,085	0,001	8,40	940	22	Contactos, terminais
Almelec, Aldrey	Alumínio + magnésio + silício	0,0323	0,0036	2,70	660	30	Cabos e linhas aéreas
Mercúrio	Mercúrio	0,962	0,0009	13,60	-39	-	Contactos, interruptores

Fig. 7 – Principais características dos condutores e ligas condutoras



Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características das ligas resistentes.

LIGAS RESISTENTES	COMPOSIÇÃO	RESISTIVIDADE A 20°C ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	COEFICIENTE DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	DENSIDADE (A 20°C)	TEMPERATURA DE FUSÃO ($^{\circ}\text{C}$)	TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO ($^{\circ}\text{C}$)	APLICAÇÕES
Mailhehort	Cobre + zinco + níquel	0,30	0,0003	8,5	1290	400	Reóstatos
Constantan	Cobre + níquel	0,49	0,0002	8,4	1240	400	Resistências padrão
Manganina	Cobre + manganês + níquel	0,42	0,00002	8,15	910	500	Resistências de precisão
Ferro-níquel	Ferro + níquel + crómio	1,02	0,0009	8,05	1500	500	Resistências de aquecimento
Níquel-crómio	Níquel + crómio	1,04	0,00004	8,0	1475	1000	Resistências de aquecimento
Grafite	Carvão	0,5 a 4	-0,0004	2,25	-	-	Resistências para fornos de alta temperatura, escovas para motores, elétrodos para soldadura, resistências para eletrónica
Carvão amorfo	Carvão	32 a 65	-0,0004	2,25	-	-	

Fig. 8 – Principais características das ligas resistentes



Principais materiais isoladores

Os materiais isoladores em termos de eletricidade, são aqueles que apresentam uma grande resistência, à passagem ou atravessamento por parte da corrente elétrica.

Pode-se dizer que são materiais maus condutores ou isoladores aqueles que não se deixam atravessar pela corrente elétrica e que, portanto, dificilmente a conduzem.

Por entre os diversos materiais isoladores existentes, salientam-se pelas suas propriedades e pela habitual utilização para este efeito, os seguintes:

- Mica;
- Porcelana;
- Vidro;
- Plásticos;
- Borracha;
- Carvão.

Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes minerais.



MATERIAIS ISOLANTES (MINERAIS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Mica	10 ⁷	100 - 200	500 - 600	Suporta temperaturas e tensões muito elevadas.	Suportes para resistências de aquecimento; isolante das lâminas do coletor das máquinas elétricas.
Porcelana	> 10 ⁵	35	-	Estável ao longo do tempo; porosa; recoberta de esmalte, torna-se impermeável.	Base para terminais; isolante para linhas.
Vidro	> 10 ⁶	10 - 40	200 - 250	Elevada resistência mecânica.	Tubo para lâmpadas fluorescentes e incandescentes.
Quartzo	> 10 ¹⁸	20 - 30	-	Suporta temperaturas elevadas.	Lâmpadas de vapor de mercúrio.
Óleos	10 ⁷ - 10 ¹⁸	10 - 25	60 - 200	Devem ser isentos de impurezas; incombustíveis.	Isolante para transformadores, disjuntores, etc.
Amianto	10 ⁹	3	200 - 250	Resiste a temperaturas elevadas; absorve a humidade.	Isolante de condutores, apoios para resistências.
OUTROS: Fibrocimento, mármore, breu, etc.					

Fig. 9 – Principais características dos materiais isolantes (minerais)



Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes orgânicos.

MATERIAIS ISOLANTES (ORGÂNICOS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Borracha natural	10 ⁸	20 - 30	-	Elástica; resistente; muito sensível à oxidação e agentes exteriores	Isolador de condutores; luvas; tapetes isoladores.
Neopreno	-	10 - 15	-	Borracha sintética; grande resistência à penetração da água e grande duração.	Isolamento de condutores.
Chartterton	-	-	-	Funde facilmente.	Enchimento de caixas para cabos subterrâneos.
Algodão	> 10 ³	5 - 10	-	Muito flexível na sua forma.	Fios e fitas para cobrir condutores e bobinas de máquinas elétricas.
Papel impregnado	10 ⁶	7 - 8	100	Barato; higroscópico.	Isolante de cabos subterrâneos.
OUTROS: Ebonite, verniz, cartão, madeira.					

Fig. 10 – Principais características dos materiais isolantes (orgânicos)

Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes plásticos.



MATERIAIS ISOLANTES (PLÁSTICOS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Polietileno	10 ¹⁸	40	60 – 80	Resistente à ação solar e dos ácidos; grande resistividade.	Suporte de enrolamentos; caixas para rádio e televisão; isolamento de condutores.
Policloreto de Vinilo	10 ² – 10 ⁵	30 - 50	70 - 105	Não é inflamável; resiste às ações químicas.	Isolamento de condutores; fabrico de tubos.
Poliestireno	10 ¹⁰	55	80 - 90	Resina sintética, facilmente moldável; bastante resistente.	Fabrico de placas e caixas com alto poder isolante, difusores para aparelhagem de iluminação.
Resina epóxi (araldite)	10 ⁹ - 10 ¹⁰	20 – 45	80 - 120	Pode ser facilmente moldada, produzindo diversos aparelhos e peças; boa resistência mecânica e isolante.	Isolador de suporte travessia; pára-raios; caixas para cabos.
Resina fenólica (baquelite)	> 10 ¹²	10 - 20	120	Inalterável aos agentes exteriores; grande resistividade.	Fabricação de peças para aparelhagem elétrica.

Fig. 11 – Principais características dos materiais isolantes (plásticos)



Na tabela seguinte, apresenta-se uma relação das principais características dos materiais isolantes gasosos.

MATERIAIS ISOLANTES (GASOSOS)					
MATERIAL	RESISTIVIDADE A 20°C (MΩ.cm)	RIGIDEZ DIELÉTRICA (KV/mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DE UTILIZAÇÃO (°C)	PROPRIEDADES	APLICAÇÕES
Ar	10 ⁸	3	Sem limite	Isolante barato; humidifica com facilidade.	Como isolante natural na extinção de arco elétrico em aparelhagem de proteção.
OUTROS: Azoto e hexafluoreto de enxofre.					

Fig. 12 – Principais características dos materiais isolantes (gasosos)

Materiais magnéticos

A capacidade de certos materiais - notadamente o ferro, o níquel, o cobalto e algumas de suas ligas e compostos - de adquirir um alto e permanente momento magnético, é de grande importância para a engenharia eletrotécnica. As aplicações de materiais magnéticos são muitas e fazem uso de quase todos os aspetos do comportamento magnético.

Existe uma variedade extremamente grande de diferentes tipos de materiais magnéticos e é importante saber primeiro porque, estes e somente estes materiais, possuem propriedades magnéticas e em seguida, saber o que leva a comportamentos diferentes nestes materiais (por exemplo porque é que um material carrega um momento permanente, enquanto outro não).

As pesquisas por materiais magnéticos com melhores características são motivadas pela possibilidade de redução nas dimensões dos equipamentos e de diminuição de limitações no desempenho, devido à saturação e perdas magnéticas.



Para a melhor compreensão dos materiais magnéticos, serão analisados seguidamente alguns conceitos e definições necessários.

Materiais magnéticos – São aqueles que têm permeabilidade magnética maior que a do ar.

Permeabilidade magnética – É a propriedade que estes materiais têm de “conduzirem” as linhas de força do campo magnético.

Por entre os diversos materiais magnéticos existentes, salientam-se pelas suas propriedades e pela habitual utilização, os seguintes:

- Ferro macio.
- Aço.
- Ferro fundido.
- Aço vazado.
- Cobalto.
- Níquel.

Apresenta-se de seguida uma relação das principais características importantes às funções em que são utilizados, para os diversos materiais magnéticos.

Ferro macio – Trata-se de ferro quase puro, com uma pequena percentagem de carbono. É utilizado no fabrico de núcleos e armaduras para eletroímãs, fios, chapas, veios e parafusos.

Aço – É uma liga de ferro e carbono, em que a percentagem de ferro e carbono varia entre 0,3 e 1,5 %.

O aço silicioso (2 a 5% de silício), é utilizado no fabrico de chapas magnéticas para os circuitos das máquinas de corrente alternada.

Ferro fundido (ou coado) – É uma liga de ferro e carbono, em que a percentagem deste é superior a 2,5%, tendo permeabilidade magnética inferior à do ferro macio e do aço. É utilizado no fabrico de carcaças e tampas para máquinas elétricas, caixas para instalações elétricas e outras aparelhagens para instalações elétricas.

Aço vazado – O aço vazado contém menos carbono que o ferro fundido e tem maior permeabilidade.

É utilizado no fabrico de carcaças para alguns motores.

Cobalto – É o metal mais tenaz que se conhece.

É utilizado em todas as situações em que os materiais sejam submetidos a grandes esforços.



É utilizado no fabrico de aços e de corantes.

Níquel – Não se altera quando exposto ao ar.

Por isso, é bastante utilizado no revestimento de outros metais, como proteção, principalmente contra a corrosão.

Materiais semicondutores: Bandas de energia, junção P-N

Os semicondutores possuem propriedades elétricas, que são intermédias entre aquelas apresentadas pelos condutores elétricos e as apresentadas pelos isolantes.

São compostos por materiais específicos e similares aos dos materiais cerâmicos.

Os materiais cerâmicos são compostos por elementos químicos metálicos e não-metálicos, como por exemplo, óxidos, nitretos e carbetos.

A grande variedade de materiais que se enquadra nesta classificação inclui cerâmicos que são compostos por minerais argilosos, cimento e vidro.

Estes materiais são tipicamente isolantes à passagem de eletricidade e calor (não possuem elétrons livres para a condução), apresentam boa resistência a altas temperaturas e a ambientes adversos (alta estabilidade química) e são abrasivos (mais resistentes do que os metais e polímeros).

Com relação ao comportamento mecânico, os cerâmicos são duros, porém muito quebradiços que aqueles.

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.

No caso dos semicondutores de Silício (Si), estes apresentam também propriedades mecânicas excelentes, o que os torna utilizáveis em dispositivos micromecânicos (micromotores, microinjetores, microsensores, etc).

Os materiais semicondutores mais utilizados são:

- Silício;
- Germânio;
- Selênio.



De entre estes, o silício e o germânio são os semicondutores mais utilizados, com uma maior predominância do silício face ao germânio, por ser mais estável termicamente. Quando puros têm uma condutividade muito baixa, comportando-se como isoladores. É portanto necessário, que apresentem determinadas impurezas, na sua constituição (como o antimónio, o fósforo, o boro, o índio, etc.), para assim se tornarem materiais semicondutores.

Nesta situação dizemos que se encontram dopados.

Para uma melhor compreensão do funcionamento dos semicondutores, é importante abordar alguns conceitos relativos à constituição atómica da matéria.

Começaremos então pelo estudo do conceito de bandas de energia.

A matéria que se pode encontrar no estado sólido, líquido ou gasoso é constituída por moléculas e estas podem ainda ser subdivididas em partículas menores, que são os **átomos**.

O exemplo representado na figura seguinte, mostra a decomposição de uma molécula de água em dois átomos de hidrogénio e um átomo de oxigénio.



Fig. 13 – Exemplo de constituição atómica da matéria

Na sua estrutura, o átomo é basicamente formado por três tipos de partículas elementares, os eletrões, os protões e os neutrões.

Os protões e os neutrões encontram-se no núcleo do átomo, enquanto os eletrões giram em órbitas eletrónicas à volta do núcleo do átomo (ver figura seguinte).

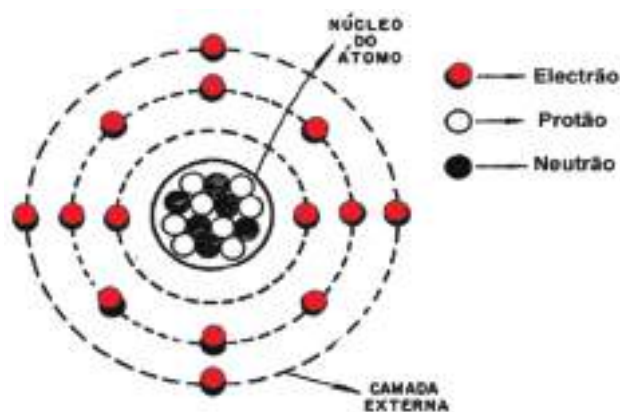


Fig. 14 – Estrutura do átomo



As órbitas, embora concêntricas, não são complanares, antes se distribuindo ao longo de uma região do espaço, como se pode ver na figura representada a seguir.

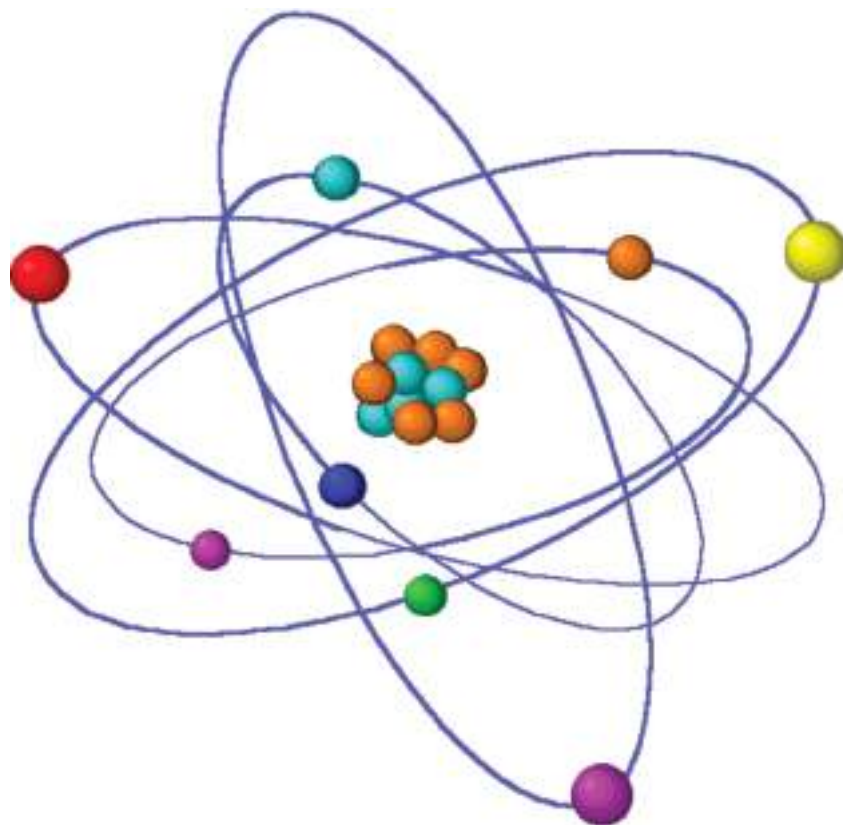


Fig. 15 – Órbitas eletrônicas em redor do núcleo

A carga elétrica do eletrão é igual à carga do protão, porém de sinal contrário. O eletrão possui carga elétrica negativa (-) e o protão carga elétrica positiva (+). O neutrão não possui qualquer carga elétrica, ou seja, a sua carga é nula.

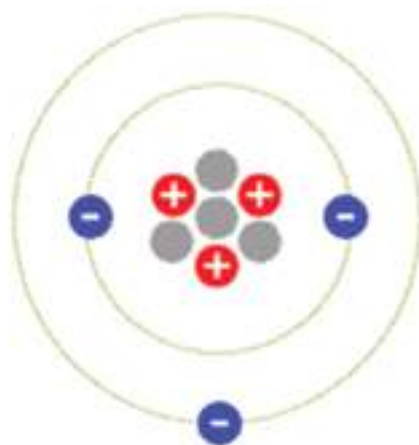


Fig. 16 – Carga elétrica das partículas



Num átomo, os eletrões que giram em volta do núcleo distribuem-se em várias órbitas ou camadas eletrónicas, num total máximo de sete (K, L, M, N, O, P, Q).

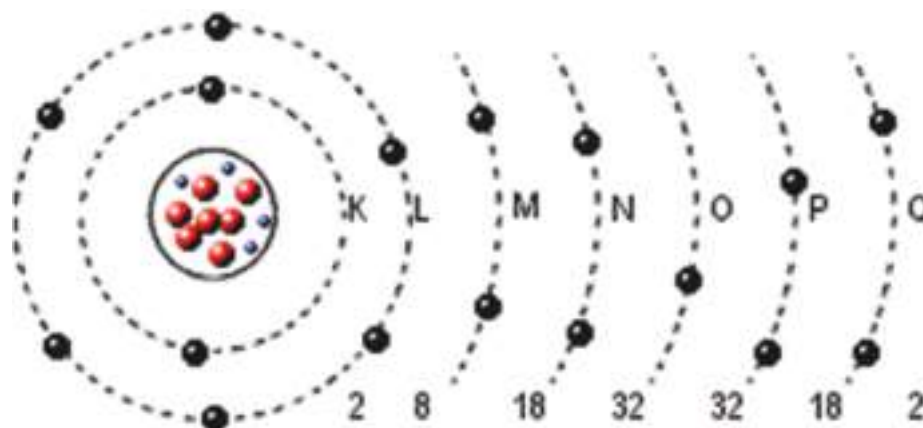


Fig. 17– Camadas eletrónicas do átomo

Em qualquer átomo, o número de prótons contidos no seu núcleo é igual ao número de eletrões que giram à volta dele, ou seja, a carga elétrica do átomo é nula, pois a carga positiva dos prótons é anulada pela carga negativa dos eletrões.

Um átomo nesse estado está eletricamente neutro.

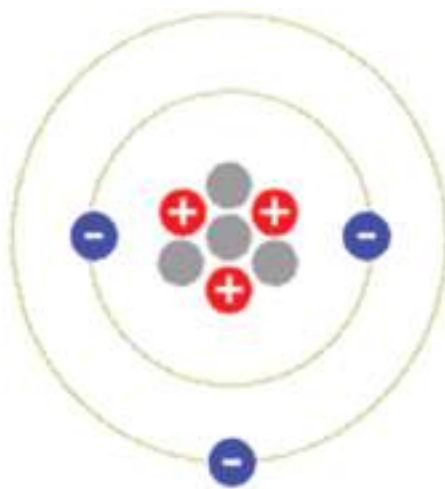


Fig. 18 – Carga elétrica do átomo

Um átomo quando eletricamente neutro, poderá ganhar (receber) ou perder (ceder) eletrões.

Quando ele ganha um ou mais eletrões, dizemos que se transforma num ião negativo.

Quando um átomo perde um ou mais eletrões, dizemos que ele se transforma num ião positivo.



Como exemplo, teremos que se um átomo de sódio (Na) ceder um elétron ao átomo de cloro (Cl), passamos a ter um ião positivo de sódio e um ião negativo de cloro (ver figura).

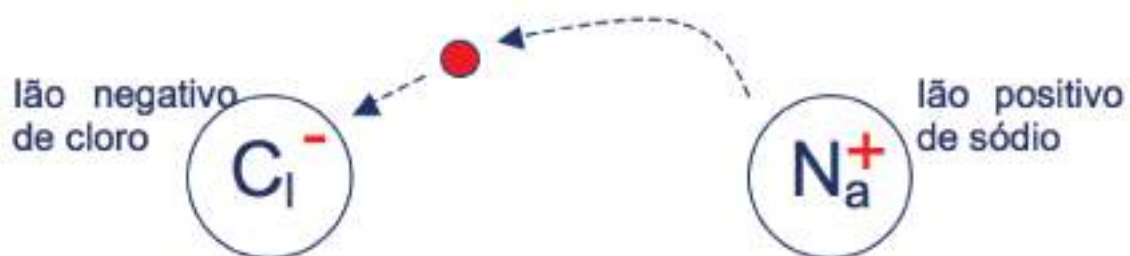
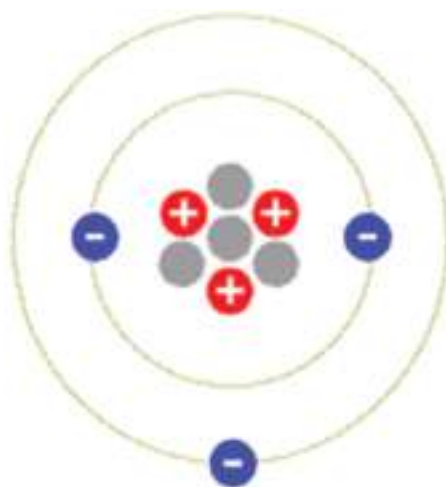


Fig. 19 – Formação de íons

A órbita eletrónica ou camada mais afastada do núcleo é a camada de valência e os elétrões dessa camada são chamados de elétrões de valência.



Elétron de valência

Fig. 20 – Elétron de valência

Num átomo, o número máximo de elétrões de valência é de oito.

Quando um átomo tem oito elétrões de valência diz-se que o átomo tem estabilidade química ou molecular.

Os átomos com um, dois ou três elétrões de valência têm uma certa facilidade em cedê-los, já que a sua camada de valência está muito incompleta (para estar completa deveria ter oito elétrões de valência).



Como exemplo, consideremos um átomo de cobre que tem um elétron de valência, o que faz com que ele ceda com muita facilidade esse elétron (elétron livre).

Número atômico do cobre = 29 (número total de elétrons no átomo)

$$K=2 \quad 2n^2 = 2 \times 1^2 = 2$$

$$L=8 \quad 2n^2 = 2 \times 2^2 = 8$$

$$M=18 \quad 2n^2 = 2 \times 3^2 = 18$$

$$N=1$$

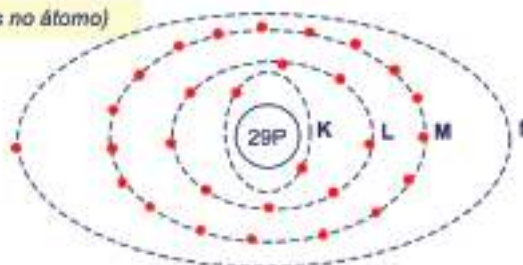


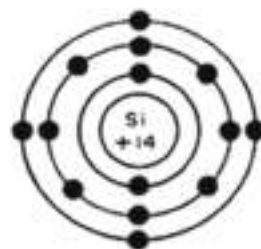
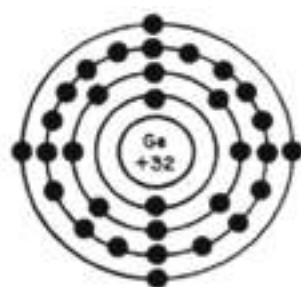
Fig. 21 – Cedência de elétron livre

No caso dos isoladores, os átomos que têm entre cinco e oito elétrons de valência não cedem facilmente elétrons livres, já que a sua camada de valência está quase completa (para estar completa deveria ter oito elétrons de valência).

O vidro, a mica, a borracha estão neste caso, sendo portanto isoladores.

Estes materiais não são condutores da corrente elétrica porque não têm elétrons livres, sendo necessário aplicar-lhes uma grande energia para fazer passar os elétrons de banda de valência para a banda de condução.

No caso dos semicondutores, os átomos com quatro elétrons de valência, geralmente não ganham nem perdem elétrons, situação que acontece com os materiais semicondutores, germânio (Ge) e silício (Si), já referidos.



Número atômico do
Germânio: 32

Número atômico do
Silício: 14

Fig. 22 – Estrutura atômica do germânio e do silício

Importa compreender agora o conceito de bandas de energia, de acordo com o que se indica na figura seguinte.



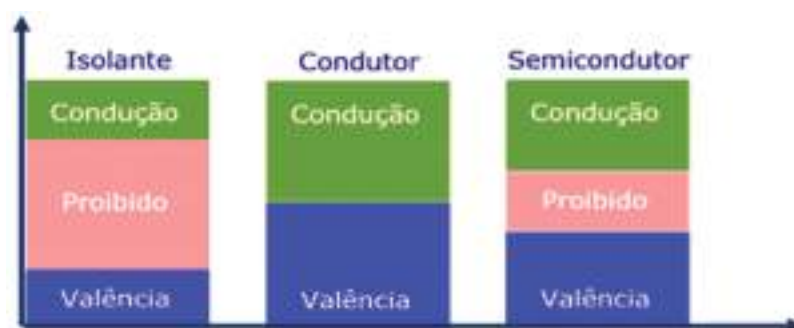


Fig. 23 – Bandas de valência

Num material isolante é necessário aplicar muita energia (por exemplo, muita tensão elétrica), para fazer passar os eletrões da banda de valência para a banda de condução, já que a banda proibida é muito larga, requerendo portanto muita energia para esse processo.

Pelo contrário, num material condutor a passagem dos eletrões da banda de valência para a banda de condução faz-se facilmente, já que não existe banda proibida.

Os materiais semicondutores encontram-se numa situação intermédia, entre os materiais isoladores e os materiais condutores.

A existência dos semicondutores com os diferentes níveis de cargas positivas (P) e de cargas negativas (N), se os unirmos através de uma zona de contacto, conduz-nos ao conceito de junção PN.

Se considerarmos que um átomo que perdeu eletrões ficou com falta destes (lacunas, ou faltas de eletrões, quando se trata de carga elétrica e do seu respetivo equilíbrio), podemos facilmente entender que a junção de um material semicondutor do tipo P (com excesso de lacunas) com um material semicondutor do tipo N (com excesso de eletrões livres), origina uma junção PN.

Se reforçarmos a sua carga eletrónica através de uma bateria (pilha) externa, obtemos uma junção polarizada de modo direto.



Fig. 24 – Junção P-N diretamente polarizada



Se ao contrário, contrariarmos a sua carga eletrónica através de uma bateria (pilha) externa, montada em sentido inverso da anterior, obtemos uma junção polarizada de modo inverso.

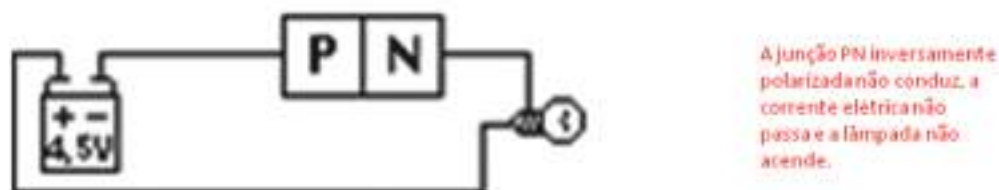


Fig. 25 – Junção P-N inversamente polarizada

Na zona da junção, os eletrões livres do semiconductor N recombina-se com as lacunas do semiconductor P, formando uma zona sem portadores de carga elétrica, que se designa por zona neutra ou zona de depleção.

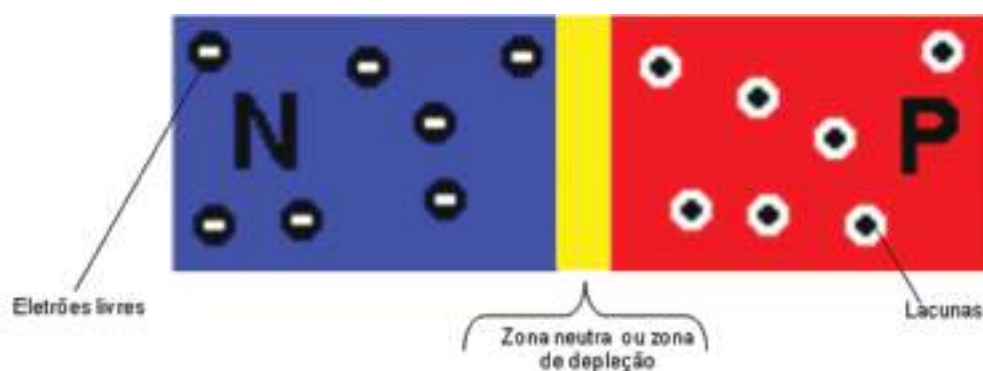


Fig. 26 – Zona neutra ou zona de depleção

A junção PN está diretamente polarizada, quando o potencial negativo da alimentação está ligado ao semiconductor N e o potencial positivo da alimentação está ligado ao semiconductor P (ver figura seguinte).

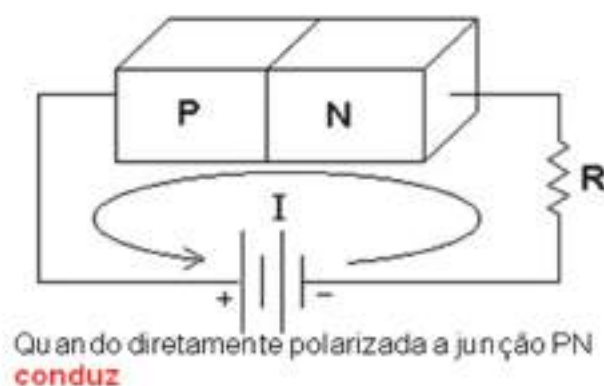


Fig. 27 – Junção P-N em condução



A junção PN está inversamente polarizada quando o potencial negativo da alimentação está ligado ao semiconductor P e o potencial positivo da alimentação está ligado ao semiconductor N (ver figura seguinte).

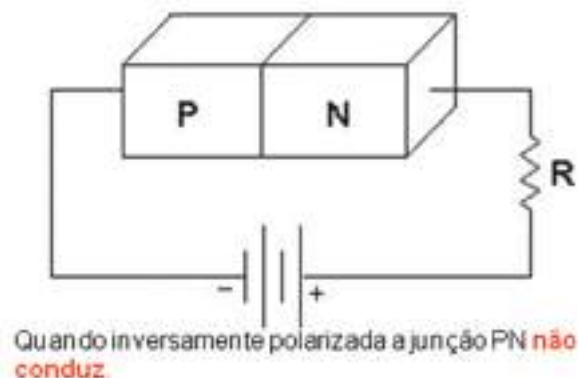


Fig. 28– Junção P-N em bloqueio

Quando polarizada diretamente a junção PN conduz, porque nesta junção a zona neutra ou zona de depleção (zona sem portadores de carga elétrica) se torna mais estreita e a resistência elétrica diminui, facilitando assim a passagem da corrente elétrica.

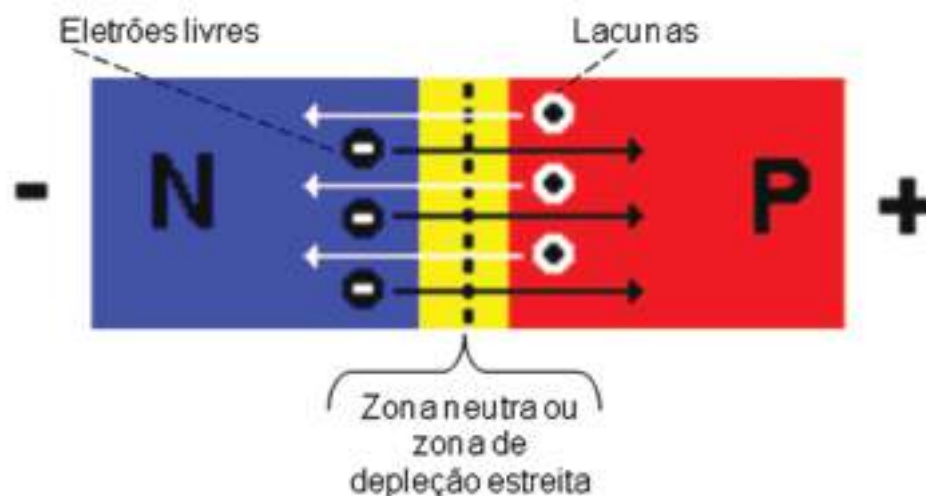


Fig. 29 – Estrangulamento da zona neutra ou de depleção

Ao invés, quando polarizada inversamente a junção PN não conduz, porque nesta junção a zona neutra ou zona de depleção (zona sem portadores de carga elétrica) tende a alargar, a resistência elétrica aumenta significativamente e a corrente elétrica deixa de passar.



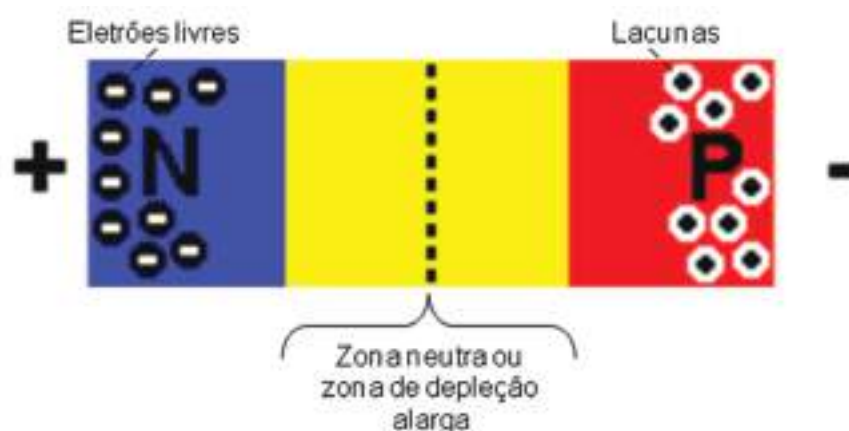


Fig. 30 – Alargamento da zona neutra ou de depleção

Este efeito de maior ou menor alargamento da zona neutra ou de depleção provoca de modo correspondente uma maior ou menor queda de tensão.

Assim sendo, quando a junção PN está polarizada diretamente, a corrente elétrica ao passar pela zona neutra ou zona de depleção, que apresenta um determinado valor de resistência elétrica, origina uma conseqüente queda de tensão ($U = R \times I$).

Nas junções PN de silício, essa queda de tensão pode variar entre 0,6V (Volt) e 1V (Volt). Nas junções PN de germânio, essa queda de tensão pode variar entre 0,2V (Volt) e 0,4V (Volt).

Exercícios:

1. Em termos gerais, como se classificam os materiais?
2. Que aspetos contribuem para definir a forma dada aos materiais?
3. Que propriedades são importantes na escolha de um material?
4. O que se entende por condutibilidade elétrica?
5. O que se entende por rigidez dielétrica?
6. O que se entende por ductilidade?
7. Indique quais os principais materiais isoladores que conhece.
8. Quais os principais materiais semicondutores utilizados?
9. Que designação se atribui a um átomo eletricamente neutro quando ganhar ou receber um eletrão?
10. O que se entende por camada de valência?



Especificação geral dos condutores e cabos elétricos

Introdução

A definição dos diversos aspetos relacionados com a instalação elétrica, fornecerá os elementos fundamentais para a adequada especificação das canalizações elétricas.

Os condutores e cabos utilizados nestas instalações, abrangem vários tipos, em função das variadas aplicações para que estão destinados.

Os cabos destinados à transmissão de energia elétrica distinguem-se principalmente:

a) Pelo tipo de instalação:

- Doméstica;
- Industrial;
- Distribuição;
- Aplicações particulares;

b) Pela tensão de serviço entre fases U :

- Baixa tensão (BT), $U \leq 1000V$;
- Média tensão (MT), $1000V < U < 45000V$;
- Alta tensão (AT), $45000V \leq U \leq 225000V$;
- Muito alta tensão (MAT), $U > 225000 V$.

Podem ainda ser cabos rígidos ou flexíveis, conforme a instalação a alimentar seja fixa ou móvel, respetivamente.

Em cada caso a considerar, a escolha deverá ser feita de maneira a conferir ao cabo as características e qualidades requeridas, quer no plano técnico quer no económico.

A escolha do cabo que melhor se adapte às necessidades, consiste em determinar os materiais apropriados para os diferentes elementos constituintes do cabo e dimensionar o mesmo em função das condições de funcionamento e instalação da canalização projetada, dentro do respeito pela regulamentação em vigor.

Para além da regulamentação, onde a houver, deverão sempre ser seguidas as boas técnicas e práticas recomendadas para a instalação dos cabos e condutores.

Importa também, introduzir algumas definições, fundamentais para a correta compreensão dos assuntos relacionados com esta temática.



Assim, consideram-se as seguintes definições:

Instalação elétrica – É constituída pela canalização elétrica e respetivos recetores elétricos.

Canalização elétrica – É o conjunto constituído por um ou mais condutores elétricos e pelos elementos que asseguram o seu isolamento elétrico, as suas proteções mecânicas, químicas e elétricas e a sua fixação, devidamente agrupados e com aparelhos de ligação comum.

Alma condutora (de um condutor isolado ou de um cabo) – É o elemento destinado à condução da corrente elétrica, podendo ser constituído por um conjunto de fios devidamente reunidos, ou por perfis adequados.

A alma condutora pode ser unifilar (com um só fio), multifilar (com vários fios), setorial e multissetorial.

Condutor nu – É um condutor que não possui qualquer isolamento elétrico.

Condutor isolado – É a alma condutora, revestida de uma ou mais camadas de material isolante, que assegura o seu isolamento elétrico.

Cabo isolado (ou simplesmente cabo) – É o condutor isolado dotado de bainha, ou conjunto de condutores isolados devidamente agrupados, provido de bainha, trança ou envolvente comum.

Indicação para a escolha correta da especificação

A determinação da especificação é um problema complexo, com um grande número de parâmetros em jogo, quer técnicos quer económicos.

Na maioria das situações, não é possível determinar com precisão a totalidade desses elementos, tanto mais que a interpretação de alguns é, por vezes, delicada.

É portanto necessária, uma abordagem cuidada dos diversos domínios.

Nestas as informações requeridas são necessárias, a fim de permitir a escolha mais apropriada no plano técnico.

A sua importância é avaliada em cada caso estudado.

As informações reunidas e disponibilizadas ao executante do projeto da instalação elétrica, permitirão a escolha global mais apropriada para a situação em questão.

E esta escolha global deverá tomar em linha de conta quer os critérios técnicos referidos,



quer os critérios económicos, que têm também um lugar muito importante na escolha de uma canalização elétrica.

Existe assim um conjunto de informações determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, aplicável à generalidade destes.

Relativamente aos cabos aéreos, não são diretamente aplicáveis todas as informações seguintes, cuja determinação precisa, requer o conhecimento de informações particulares mais específicas.

Teremos então a necessidade de obter elementos quanto a:

a) Relativamente à rede de alimentação

— Natureza da corrente e modo de distribuição:

- Corrente contínua;
- Corrente alternada;
- Modo de distribuição: Monofásica, bifásica, trifásica;
- Frequência da rede.

— Tensão entre condutores no ponto da alimentação (tensão composta no caso de corrente alternada):

- Tensão nominal de serviço;
- Tensão máxima de serviço.

— Ponto neutro:

- Diretamente ligado à terra;
- Ligado a terra por intermédio de uma impedância;
- Isolado (neste caso, é necessário precisar a probabilidade de ocorrência de defeitos fase-terra e as condições de eliminação dos mesmos).

— Sobretensões eventuais, de origem atmosférica ou outras:

- Probabilidade de ocorrência;
- Valor;
- Duração.

b) Relativamente à instalação a alimentar e às condições de funcionamento da canalização

— Tensão entre condutores no ponto da utilização ou queda de tensão admissível;

— Fator de potência;

— Potência a transmitir (ativa ou aparente), ou intensidade da corrente;



- Regime de carga:
 - Regime permanente;
 - Regime cíclico (diagrama de intensidade e duração correspondente);
 - Condições de sobrecarga (intensidade, duração, probabilidade);
 - Condições de curto-circuito na alma condutora e écran (intensidade, duração).
- c) Relativamente às características do cabo
- Tensão nominal (ou estipulada);
 - Tipo de cabo (rígido, flexível, de campo radial ou não, natureza do isolamento, etc.);
 - Comprimento total do cabo;
 - Número de condutores;
 - Natureza do metal dos condutores (alumínio, cobre);
 - Condições especiais, caso existam:
 - Caderno de encargos imposto;
 - Referências particulares;
 - Condições de receção;
 - Condições de entrega (comprimentos desejados, limitações no peso e dimensões das bobinas, etc.).
- d) Relativamente às condições de instalação do cabo
- Modo de colocação:
 - Ao ar:
 - Ao ar livre, exposto ou não às radiações solares;
 - Em galeria, caleira de betão, tabuleiros ou entubado (dimensões, ventilação eventual, etc.);
 - No solo:
 - Diretamente;
 - Em caleira de betão cheia de areia;
 - Em tubos (comprimento, tipo, dimensões e disposição dos tubos, etc.);
 - Características térmicas do local:
 - Temperatura do ar ambiente;
 - Temperatura do solo à profundidade de colocação;



- Resistividade térmica do solo;
- Proximidade com outros cabos (ou fontes de calor):
 - Número de cabos, tipo, natureza e secção das almas condutoras, potência a transmitir;
 - Disposição e distância em relação ao cabo considerado (esquema se possível);
- Agressividade do local:
 - Natureza do solo;
 - Imersão em água;
 - Contacto com produtos químicos (natureza dos produtos, concentração, temperatura, tipo de contacto, imersão temporária ou prolongada, etc.);
- Outras condições:
 - Colocação do cabo em instalação móvel (enrolador, grua, plataforma girante, etc.);
 - Particularidades do traçado: colocação vertical, com desnivelamentos importantes, com desníveis aéro-subterrâneos, travessias de estradas, rios, etc.
 - Esforços mecânicos na colocação ou em serviço;
 - Riscos de fenómenos de indução, provocados por outras canalizações nas proximidades;
 - Etc.

e) Relativamente aos acessórios da instalação

- Extremidades:
 - Disposição
 - No interior;
 - No exterior;
 - Em celas ou caixas (dimensões, natureza do material de enchimento);
 - Riscos de poluição (poeiras condutoras, atmosfera salina, etc.);
- Junções e derivações:
 - Execução;
 - Proteções particulares (mecânica, química, etc.);
- Condições de ligação à terra.



Para além deste conjunto de aspetos de carácter técnico genérico, dependendo das regulamentações e normalizações adotadas pelos diversos países, aplicam-se ainda especificações decorrentes destas, que são também ditadas por razões de índole técnica. Se por vezes, se tornam algo complexas, também é verdade que conferem aos projetos muito maior rigor e a garantia de uma instalação elétrica muito mais fiável.

Tendo por base as prescrições CEI (Comissão Eletrotécnica Internacional) e o CENELEC (Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica), analisaremos de seguida a sequência de procedimentos definida por estas, nos seis passos seguintes.

PASSO 1 – Avaliação das condições ambientais dos vários locais, as quais dependem de fatores de influências externas.

Estes fatores de influências externas são representados através de um código alfanumérico, constituído por duas letras e um algarismo.

As letras indicam a categoria destas influências externas, enquanto os algarismos indicam uma graduação dessas influências, de acordo com tabelas existentes.

Para as categorias das influências, temos:

A – Ambiente; **B** – Utilização; **C** – Construção dos edifícios.

CODIFICAÇÃO DAS INFLUÊNCIAS EXTERNAS				
ELEMENTOS CONSTITUINTES DO CÓDIGO	SIGNIFICADO DE CADA ELEMENTO	CATEGORIA DAS INFLUÊNCIAS		
		AMBIENTE	UTILIZAÇÃO	CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS
1ª LETRA DO CÓDIGO	CATEGORIA GERAL	A	B	C
2ª LETRA DO CÓDIGO	NATUREZA DA INFLUÊNCIA	A até S (17 naturezas)	A até E (5 naturezas)	A e B (2 naturezas)
NÚMERO	CLASSE	1 a 8	1 a 5	2 e 4

Fig. 31 – Tabela de codificação de influências externas



A – AMBIENTE

- **AA1 a AA8** – Temperatura ambiente;
- **AB1 a AB8** – Condições climáticas (influências combinadas da temperatura e da humidade);
- **AC1 a AC2** – Altitude;
- **AD1 a AD8** – Presença de água;
- **AE1 a AE6** – Presença de corpos sólidos estranhos;
- **AF1 a AF4** – Presença de substâncias corrosivas ou poluentes;
- **AG1 a AG3** – Impactos;
- **AH1 a AH3** – Vibrações;
- **AJ** – Outras ações mecânicas;
- **AK1 a AK2** – Presença de flora ou de bolores;
- **AL1 a AL2** – Presença de fauna;
- **AM1 a AM6** – Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes;
- **AN1 a AN3** – Radiações solares;
- **AP1 a AP4** – Efeitos sísmicos;
- **AQ1 a AQ3** – Descargas atmosféricas, nível cerâmico (N);
- **AR1 a AR3** – Movimentos do ar;
- **AS1 a AS3** – Vento.

B – UTILIZAÇÕES

- **BA1 a BA5** – Competência das pessoas;
- **BB1 a BB3** – Resistência elétrica do corpo humano;
- **BC1 a BC4** – Contactos das pessoas com o potencial de terra;
- **BD1 a BD4** – Evacuação das pessoas em caso de emergência;
- **BE1 a BE4** – Natureza dos produtos tratados ou armazenados.

C – CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS

- **CA1 a CA2** – Materiais de construção;
- **CB1 a CB4** – Estrutura dos edifícios.



Esta informação encontra-se condensada na tabela representada a seguir.

Ordem	1ª Letra	2ª Letra	Algarismo X	Estru- tura do código	Situa- ção normal	Designação da influência	
	Catego- ria geral	Natureza da influência	Classe da influência				
01	A (Ambien- te)	A	1 a 8	AAx	AA4 e	Temperatura ambiente	
02		B	1 a 8	ABx	AB4	Condições climáticas	
03		C	1 e 2	ACx	AC1, AD1, ..., AS1	Altitude	
04		D	1 a 8	ADx		Presença de água	
05		E	1 a 6	AEx		Presença de corpos sólidos	
06		F	1 a 4	AFx		Presença de corpos e substâncias corrosivas ou poluentes	
07		G	1 a 3	AGx		Ações mecânicas (impactos)	
08		H	1 a 3	AHx		Ações mecânicas (vibrações)	
09		J	1	AJx		Ações mecânicas (outros)	
10		K	1 a 2	AKx		Presença de flora e bolores	
11		L	1 a 2	ALx		Presença de fauna	
12		M	1 a 6	AMx		Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes	
13		N	1 a 3	ANx		Radiações solares	
14		P	1 a 4	APx		Efeitos sísmicos	
15		Q	1 a 3	AQx		Descargas atmosféricas, nível cerâmico (N)	
16		R	1 a 3	ARx		Movimentos do ar	
17		S	1 a 3	ASx		Vento	
18	B (Utiliza- ções)	A	1 a 5	BAx		BA1, BB1, ..., BE1	Competência das pessoas
19		B	1 a 3	BBx			Resistência elétrica do corpo humano
20		C	1 a 4	BCx	Contacto das pessoas com o potencial de terra		
21		D	1 a 4	BDx	Evacuação das pessoas em caso de emergência		
22		E	1 a 4	BEx	Natureza dos produtos tratados ou armazenados		



23	C (Construção dos edifícios)	A	1 a 2	CAx	CA1 e CB1	Materiais de construção
24		B	1 a 4	CBx		Estrutura dos edifícios

Fig. 32 – Tabela de codificação de influências externas

PASSO 2 – Escolha do tipo de canalização.

As três figuras seguintes dão uma ideia de aplicação de regulamentações técnicas para dimensionamento de canalizações

SELEÇÃO DAS CANALIZAÇÕES (QUADRO 52F – R.T.I.E.B.T.)								
Condutores e cabos	Sem fixação	Fixação direta	Condutas circulares (tubos)	Calhas	Condutas não circulares	Caminhos de cabos, escadas e consolas	Sobre isoladores	Cabos auto-suportados
Condutores nus	-	-	-	-	-	-	+	-
Condutores isolados	-	-	+	+	+	-	+	-
Cabos multicondutores (*)	+	+	+	+	+	+	0	+
Cabos monocondutores (*)	0	+	+	+	+	+	0	+
(+) Permitido	(-) Interdito		(0) Não aplicável ou não utilizado na prática					
(*) Incluindo os cabos armados e os cabos com isolamento mineral								

Fig. 33 – Seleção das canalizações

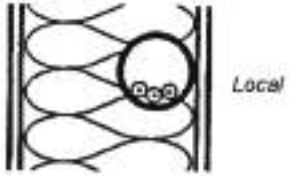

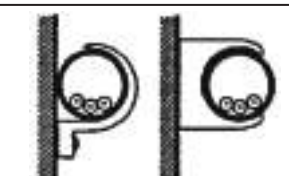


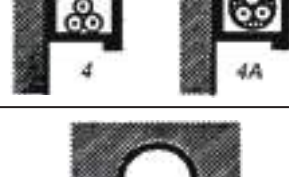




INSTALAÇÃO DAS CANALIZAÇÕES (QUADRO 52G – R.T.I.E.B.T.)								
Situação	Sem fixação	Fixação direta	Conduitas circulares (tubos)	Calhas	Conduitas não circulares	Caminhos de cabos, escadas e consolas	Sobre isoladores	Cabos auto-suportados
Ocos da construção	21, 25, 73, 74	0	22, 73, 74	-	23	12, 13, 14, 15, 16	-	-
Caleiras	43	43	41, 42	31, 32	4, 24	12, 13, 14, 15, 16	-	-
Enterradas	62, 63	0	61	-	61	0	-	-
Embebidas	52, 53	51	1, 2, 5	33	24	0	-	-
À vista	-	11	3	31, 32, 71, 72	4	12, 13, 14, 15, 16	18	-
Linhas aéreas	-	-	0	34	-	12, 13, 14, 15, 16	18	17
Imersas	81	81	0	-	0	0	-	-
(-) Interdito			(0) Não aplicável ou não utilizado na prática					

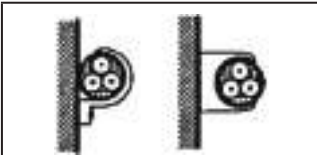
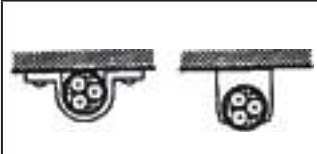
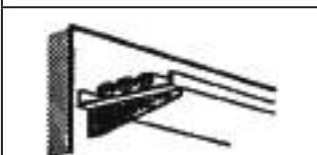

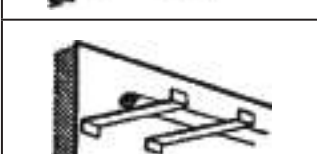
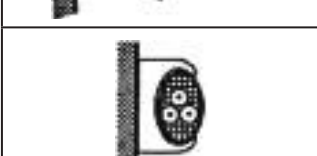
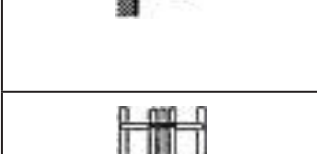
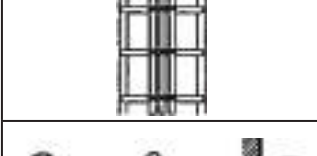


Fig. 34 – Instalação das canalizações

A indicação de um (ou de vários) número(s), corresponde ao da referência do modo de instalação caracterizado no Quadro da figura seguinte.



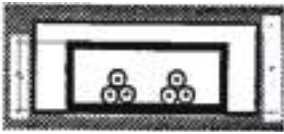
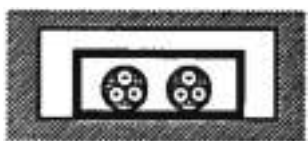
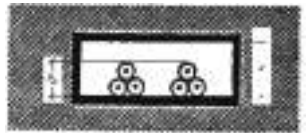
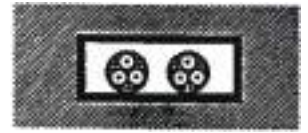
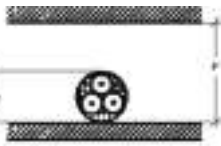
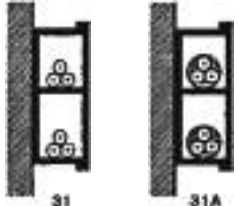


EXEMPLOS DE MODOS DE INSTALAÇÃO DAS CANALIZAÇÕES (QUADRO 52H – R.T.I.E.B.T.)			
Exemplo	Designação	Refª	Método de refª(1)
1	2	3	4
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) embebidas em elementos da construção, termicamente isolantes	1	A
	Cabos multicondutores em condutas circulares (tubos) embebidas em elementos da construção, termicamente isolantes	2	A2
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) montadas à vista	3	B
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) montadas à vista	3A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não circulares montadas à vista	4	B2
	Cabos mono ou multicondutores em condutas não circulares montadas à vista	4A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) embebidas nos elementos da construção, em alvenaria	5	B
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) embebidas nos elementos da construção, em alvenaria	5A	(em estudo)

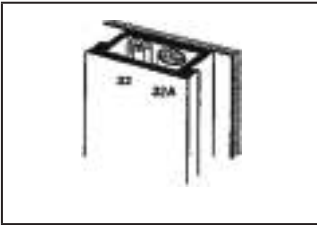
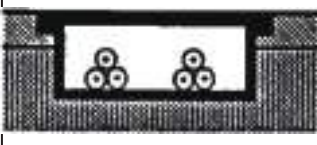
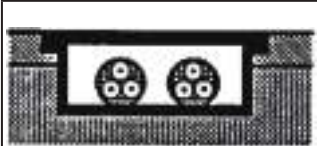
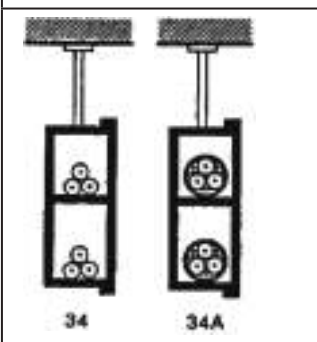
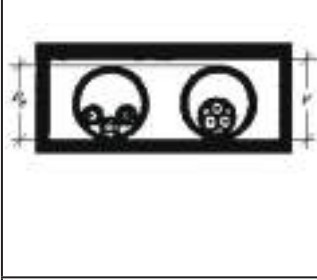

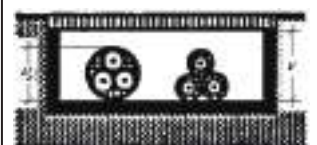
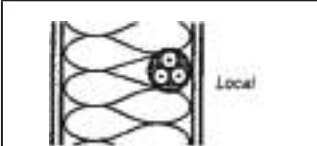


	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados às paredes	11	C
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados aos tectos	11A	C [3]
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos não perfurados	12	C [2](3)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em caminhos de cabos perfurados	13	E ou F [4](3)
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em consolas	14	E ou F [4] ou [5](2)(3) G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados por braçadeiras e afastados dos elementos da construção	15	E ou F [4] ou [5](2)(3) G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em escadas (para cabos)	16	E ou F [4] ou [5](2)(3) G
	Cabos mono ou multicondutores auto-suportados ou suspensos por fiadores	17	E ou G
	Condutores nus ou isolados assentes sobre isoladores	18	G
	Cabos mono ou multicondutores em aberturas da construção	21	B2 para: 1,5DeV5De B para: 5DeV50De (4)



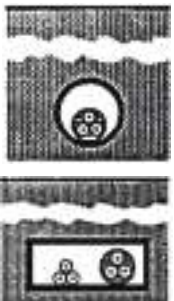

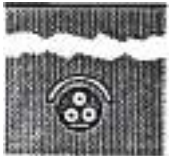
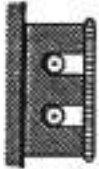



	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) em ocos da construção	22	B2 para: 1,5DeV20De B para: 20DeV50De (4)
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) em ocos da construção	22A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não circulares em ocos da construção	23	B2 para: 1,5DeV20De B para: 20DeV50De (4)
	Cabos mono ou multicondutores em condutas não circulares em ocos da construção	23A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não circulares embebidas durante a construção do edifício	24	B2 para: 1,5DeV5De B para: 5DeV50De (4)
	Cabos mono ou multicondutores em condutas não circulares embebidas durante a construção do edifício	24A	(em estudo)
	Cabos mono ou multicondutores em tetos falsos ou suspensos	25	B2 para: 1,5DeV5De B para: 5DeV50De (4)
	Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos horizontais	31	B(5)(8)



	Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos verticais	32	B(5)(8)
	Condutores isolados em calhas embebidas nos pavimentos e nas paredes	33	B(5)
	Cabos mono ou multicondutores em calhas embebidas nos pavimentos e nas paredes	33A	B2
	Condutores isolados em calhas suspensas	34	B(5)
	Cabos mono ou multicondutores em calhas suspensas	34A	B2
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) ou cabos multicondutores em caleiras fechadas, em percursos horizontais ou verticais	41	B2 para: 1,5DeV20De B para: 20DeV50De (4)
	Condutores isolados em condutas circulares (tubos) em caleiras ventiladas	42	B(6)(8)
	Cabos mono ou multicondutores em caleiras abertas ou ventiladas	43	B(6)
	Cabos multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, termicamente isolantes	51	A



	Cabos mono ou multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, sem proteção mecânica complementar	52	C
	Cabos mono ou multicondutores embebidos diretamente em elementos da construção, com proteção mecânica complementar	53	C
	Cabos mono ou multicondutores, em condutas enterradas	61	D(7)
	Cabos mono ou multicondutores enterrados, sem proteção mecânica complementar	62	D(7)
	Cabos mono ou multicondutores enterrados, com proteção mecânica complementar	63	D(7)
	Condutores isolados em calhas de rodapé	71	A(9)
	Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas de rodapé dotadas de separadores (* - compartimento para cabos de comunicações e de transmissão de dados)	72	B(8)





	<p>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) ou cabos mono ou multicondutores, protegidos pelos aros das portas</p>	73	A(9)
	<p>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) ou cabos mono ou multicondutores, protegidos pelos aros das janelas</p>	74	A(9)
<p>Nota: O algarismo indicado dentro de [] corresponde ao da referência do quadro 52E1 (fatores de correção).</p> <p>V - é a menor dimensão ou o diâmetro do oco ou a dimensão vertical do bloco alveolar do oco do pavimento ou do teto.</p> <p>D_e - é o diâmetro exterior dos cabos multicondutores ou o diâmetro equivalente dos cabos monocondutores ou o diâmetro exterior da conduta ou do bloco alveolar; quando os cabos monocondutores forem colocados em triângulo $D_e = 2,2d$ e quando forem colocados em linha $D_e = 3d$ (d - é o diâmetro exterior de um cabo monocondutor);</p> <p>(1) - Veja-se o Anexo III.</p> <p>(2) - Para certas aplicações, pode ser mais adequado utilizar fatores de correção específicos, como por exemplo, os indicados nos quadro 52E4 e 52E5.</p> <p>(3) - Os valores das correntes admissíveis podem também ser usados para os percursos verticais; quando as condições de ventilação forem limitadas a temperatura na parte superior do percurso vertical pode tornar-se muito elevada.</p> <p>(4) - Para $V50D_e$ devem ser usados os métodos de referência C, E ou F.</p> <p>(5) - Os valores das correntes admissíveis indicados para o método de referência B são válidos para um único circuito; quando se utilizar mais do que um circuito, devem ser aplicados os fatores de correção indicados no quadro 52E1, mesmo se houver divisórias ou separadores.</p> <p>(6) - Recomenda-se limitar a utilização destes modos de instalação aos locais acessíveis apenas a pessoas autorizadas.</p> <p>(7) - Em estudo; provisoriamente aplica-se o método D do Anexo III.</p> <p>(8) - Para os cabos multicondutores utilizar o método de referência B2.</p> <p>(9) - Quando a construção destas calhas for termicamente equivalente às utilizadas nos métodos de instalação 31 e 32, podem ser usados os métodos de referência B e B2 (veja-se a nota 7).</p>			

Fig. 35 – Exemplos de modos de instalação das canalizações



PASSO 3 – Determinação da secção mínima dos condutores, em função da corrente de serviço (potência a alimentar, número de fases e fator de potência), recorrendo a tabelas de fabricantes.

PASSO 4 – Determinação da corrente máxima admissível na canalização (I_z), (ver exemplos através do Quadro 52H e do método de referência (Quadro 52C), das R.T.I.E.B.T., em anexo).

PASSO 5 – Verificação da condição de quedas de tensão.

PASSO 6 – Verificação da condição de aquecimento, para determinação do calibre da proteção da canalização.

Regulamentação e normas

Independentemente da adoção de normas para instalação e colocação em serviço de cabos e condutores pelos diversos países, a adoção de normas pelos fabricantes vem limitar e de algum modo regular, a existência daqueles no mercado.

Este facto conduz à limitação da sua utilização, pela necessidade de mecanizar e automatizar as linhas de produção, permitindo situações de economia de escala, de grande importância para a competitividade destes produtos, também no aspeto comercial.

A regulamentação tem assim, um papel essencial na definição de todo o material elétrico, particularmente das canalizações.

Tem por fim assegurar:

- A qualidade e a fiabilidade do fornecimento, pela escolha apropriada do cabo, das condições de instalação e de exploração;
- Segurança na utilização, pela prevenção do perigo de correntes elétricas que circulam na vizinhança imediata de pessoas e bens.

As prescrições regulamentares, destinadas a satisfazer as exigências dos utilizadores, não devem, no entanto, constituir uma limitação à evolução técnica e um travão ao seu progresso; por isso, elas devem estar de preferência, ligadas à determinação dos objetivos visados e ao controlo dos resultados obtidos.



Por outro lado, a regulamentação, sendo fruto de uma síntese entre os pontos de vista do utilizador, do instalador e do construtor, em vários domínios, por vezes complexos, não será de modo algum satisfatória com uma apresentação simplificada.

Por isso, os regulamentos e normas devem fornecer indicações sucintas e objetivas que lhes permitam ser de aplicação corrente.

Em cada caso, será necessário procurar, antes de mais, quais são os textos suscetíveis de influenciar a determinação da canalização projetada e qual a edição em vigor do texto original.

Esquemáticamente, a ação da regulamentação exerce-se, por um lado, nas características dos cabos e, por outro, nas características da instalação.

Analisemos sucintamente ambos os aspetos.

No domínio das características dos cabos, a regulamentação é constituída por normas, especificações técnicas, cadernos de encargos, recomendações, etc., que definem os tipos de cabos e fixam as suas dimensões e características principais, assim como os meios de as controlar.

Para cada tipo de condutor ou cabo, a referência ao documento de normalização correspondente indica as entidades que fazem a sua aprovação, o que permite uma avaliação prévia sobre quais os países em que essas normas estão em vigor.

Ao nível da regulamentação internacional, é importante referir que em 1905, foi criada a «Comissão Eletrotécnica Internacional» (CEI), cuja sede é em Genebra (Suíça).

Agrupa os representantes da indústria elétrica de mais de quarenta países. Ela constitui o ramo elétrico da Organização Internacional de Normalização (ISO). Comitês de estudo especializados são responsáveis por vários assuntos.

No que diz respeito aos cabos, distinguem-se principalmente os comitês:

- N.º 20, compreendendo o subcomité 20A (cabos MT e AT) o subcomité n.º 20B (cabos BT) o subcomité n.º 20C (problemas ligados ao fogo, a corrosividade e a toxicidade dos subprodutos do fogo);
- N.º 18, cabos para instalação a bordo dos navios;
- N.º 46, cabos de telecomunicações;
- N.º 64, regras de instalação.

Os documentos que definem o caminho da evolução, são usados pelos técnicos de cada país e provêm dos comitês de estudo.



Servem de base ao estabelecimento das normas nacionais, nomeadamente no plano europeu, por intermédio do CENELEC (Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica). O objetivo fundamental do CENELEC, criado em 1973 e agrupando atualmente cerca de vinte países, é, com efeito, a harmonização das diferentes normas nacionais e dos processos de certificação, de maneira a reduzir os entraves criados nas trocas entre países europeus no domínio eletrotécnico.

O processo de harmonização pode, consoante os casos, revestir-se de duas formas:

- Um documento de harmonização serve de base à revisão, num dado prazo, das diversas normas nacionais existentes; certas diferenças menores podem então subsistir nestas últimas;
- Uma norma europeia única é adaptada pelos vários países; as normas nacionais são idênticas neste caso.

Deste modo, inicialmente, os trabalhos do comité n.º 20 conduziram à aplicação da harmonização de um certo número de condutores e cabos de utilização corrente isolados em PVC ou borracha, de tensão nominal inferior ou igual a 450/750 V.

Todo o material fabricado em conformidade com uma norma harmonizada poderá ser considerado satisfatório, sem haver necessidade de o submeter às diversas normas nacionais correspondentes.

No caso dos cabos, isto traduz-se pela atribuição de uma marcação harmonizada HAR.

A dispensa disso, assim como a confirmação posterior da qualidade de produção são objeto de procedimentos, confiados em cada país, a um organismo nacional de aprovação.

No domínio das características das instalações, a regulamentação é constituída por textos oficiais que definem as condições gerais às quais devem satisfazer as instalações.

Para as canalizações elétricas, as prescrições abrangem essencialmente:

- A escolha dos condutores e cabos, segundo a natureza da instalação, fazendo referência, nalguns casos, às normas e especificações atrás enunciadas;
- As condições de instalação, de manutenção, de exploração e de proteção das canalizações.

Em primeiro lugar, figuram as prescrições administrativas (decretos e deliberações técnicas) tomadas pelos poderes públicos que fixam as regras de aplicação dos textos legislativos, precisam os casos em que é obrigatório o seu cumprimento e preveem eventualmente a sua anulação.



Uma mesma instalação poderá estar sujeita, simultaneamente a vários textos.

O controlo do seu cumprimento é assegurado pela administração respetiva.

Constituição dos condutores e cabos

Chama-se condutor ao conjunto constituído por uma alma condutora e a sua camada isolante.

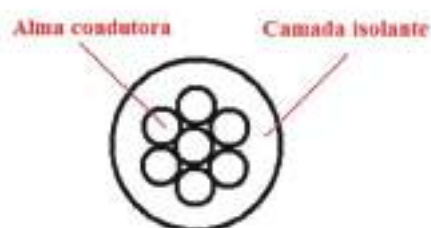


Fig. 36 – Constituição de um condutor

Um condutor munido de um revestimento exterior é designado por cabo unipolar (ou monopolar ou monocondutor).

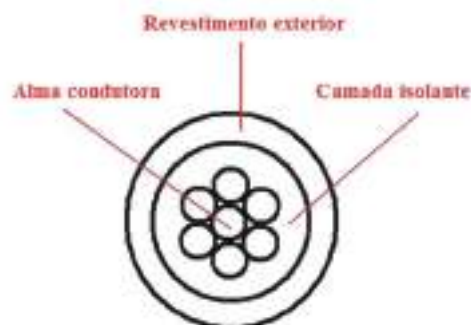


Fig. 37 – Constituição de um cabo monocondutor com alma circular

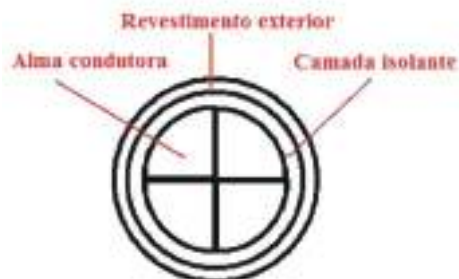


Fig. 38 – Constituição de um cabo monocondutor com alma setorial



Um cabo multipolar é formado por vários condutores eletricamente distintos e mecanicamente solidários.

A designação de cabo multicondutor é, em geral, usada para cabos com mais de três condutores.

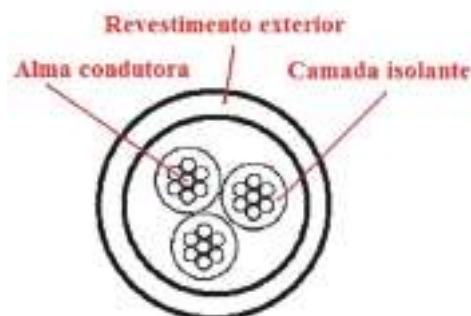


Fig. 39– Constituição de um cabo multicondutor com alma circular



Fig. 40 – Constituição de um cabo multicondutor com alma setorial

As funções da alma condutora e da camada isolante são óbvias. A alma condutora destina-se a conduzir a corrente elétrica, enquanto a camada isolante faz a separação da alma condutora com o exterior, impedindo o contacto direto com o material que conduz a eletricidade.

Os principais elementos constituintes dos cabos elétricos, são resumidamente os seguintes:

- *Isolamento* – Camada de material isolante que, envolvendo a alma condutora, assegura o seu isolamento elétrico.
- *Enchimento* – Material destinado a regularizar a forma do cabo, preenchendo os espaços vazios entre os condutores isolados, garantindo que não haja descontinuidades nem pontos fracos.



- *Blindagem (ou ecrã)* – Revestimento condutor ou semicondutor que envolve cada um dos condutores isolados ou o seu conjunto, com o fim de assegurar determinadas características elétricas, como: equalização de potenciais elétricos, redução de campos eletrostáticos, redução de correntes de fuga, evitar interferências de campos eletromagnéticos com outros cabos de energia ou de telecomunicações.
- *Bainha* – Revestimento contínuo que, envolvendo completamente o condutor isolado ou o conjunto cablado (ou torcido) de condutores isolados, contribui para a proteção dos cabos. Quando for metálica pode também desempenhar a função de blindagem.
- *Trança* – Revestimento constituído por fios entrançados, têxteis ou metálicos.
- *Armadura* – Revestimento metálico que tem como principal finalidade proteger o cabo contra ações mecânicas exteriores, para além de funções de natureza elétrica que possam desempenhar.

Na figura seguinte apresentam-se os elementos constituintes da generalidade dos cabos.



LEGENDA: 1 – Alma condutora, 2 – Isolamento (invólucro isolante), 3 – Bainha interior,
4 – Fios de continuidade, 5 – Ecrã (blindagem), 6 – Bainha exterior

Fig. 41 – Constituição de um cabo elétrico

Caraterísticas particulares dos condutores e cabos

Vamos analisar com mais cuidado os restantes constituintes, designadamente os ecrãs condutores e o revestimento exterior.

Os ecrãs condutores geralmente não são utilizados em baixa tensão.

Pela sua localização e função, distinguem-se os seguintes tipos:

- a) Ecrã sobre a alma condutora: ao criar uma superfície equipotencial uniforme à volta da alma, pretende-se evitar a concentração do campo elétrico nas irregularidades da superfície da mesma, o que seria prejudicial a um bom funcionamento do isolante. Este ecrã pode ser realizado por enfitamento ou por extrusão;



b) Ecrã sobre a camada isolante geralmente ligado à terra, permite:

- Criar uma superfície equipotencial à volta do isolante, orientando o campo elétrico;
- Prevenir contra os efeitos indutores dos campos eletrostáticos externos e internos;
- Assegurar o escoamento das correntes capacitivas bem como, a corrente de defeito à terra (curto-circuito homopolar);
- Assegurar a proteção das pessoas e bens em caso de perfuração do cabo, por um corpo condutor exterior, que é colocado desta maneira ao potencial da terra.

Para satisfazer estas últimas funções, emprega-se, geralmente, um écran metálico com a forma de uma bainha contínua, barras ou fios metálicos ou várias fitas enroladas em hélice, com interposição eventual, entre o écran e o isolante, de uma camada condutora não metálica enfitada ou extrudida.

Em certos tipos de cabos (cabos flexíveis para aplicação em minas por exemplo), a função essencial do ecrã é garantir a segurança em caso de incidentes que ponham em causa a integridade do cabo.

O ecrã, dito “de segurança”, pode ser constituído da mesma maneira que o anterior, ou então, por uma camada ou enchimento em matéria sintética condutora, contendo os condutores de escoamento da corrente.

O ecrã está permanentemente ligado a um potencial baixo e qualquer modificação do mesmo provoca o corte da alimentação do cabo.

Relativamente ao revestimento, este é constituído por um conjunto de camadas em materiais apropriados, destinados a conferir ao cabo uma forma determinada e a assegurar a sua proteção contra ações exteriores.

As partes deste revestimento, que formam um tubo de matéria contínua, recebem o nome de bainhas.

Nelas, distinguem-se:

- Os enchimentos ou bainha de enchimento que têm por objetivo preencher os espaços vazios entre condutores e dar ao conjunto uma geometria determinada, geralmente cilíndrica;
- A bainha de estanquidade, que deve assegurar a proteção do isolante, contra humidade ou agentes corrosivos, podendo ser metálica ou sintética;
- O revestimento exterior, que assegura a proteção química e mecânica do cabo, geralmente formado por uma bainha de material sintético.



Estes fatores vão exigir maior ou menor proteção nos cabos, bem como substâncias protetoras diferenciadas.

Os principais revestimentos protetores elétricos, mecânicos e químicos dos cabos, são os indicados na tabela seguinte:

MATERIAIS MAIS UTILIZADOS NO REVESTIMENTO DOS CONDUTORES E CABOS			
Isolamento	Bainha	Blindagem	Armadura
Policloreto de Vinilo (PVC)	Policloreto de		
Poliétileno (PEX)	Vinilo	Fita de	Fitas de aço
Borracha silicone	Chumbo	alumínio	Fios de aço
Papel seco ou impregnado	Poliétileno	Fita de cobre	Trança têxtil
(em óleo)	Borracha		

Fig. 42 – Materiais mais utilizados no revestimento de condutores e cabos elétricos

Os materiais mais utilizados na constituição das almas condutoras são, o cobre e o alumínio.

O cobre utilizado é o cobre macio recozido, que deve apresentar as seguintes características:

- Resistividade $\rho = 0,0172 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (a 20°C);
- Apresentar-se limpo, sem oxidação, isento de produtos e defeitos nocivos à sua finalidade.

O cobre, quando isolado a borracha, deve ser estanhado para evitar a corrosão provocada pela borracha vulcanizada, devido à ação do enxofre nela existente.

O alumínio utilizado como alma condutora, deve apresentar as seguintes características:

- Resistividade $\rho = 0,0282 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (a 20°C);
- Elevado grau de pureza;
- Apresentar-se limpo e isento de defeitos nocivos à sua finalidade.

No quadro da figura seguinte apresenta-se um resumo de características para os tipos de cobre e alumínio utilizados na fabricação de cabos.



Características	Cobre Recozido	Alumínio 3/4 duro	Liga de Alumínio (Al, Mg e Si)
Grau de Pureza, %.....	> 99,9	> 99,5 (*)	—
Resistividade a 20°C, ohm . mm ² /m.....	17,241 . 10 ⁻³	28,264 . 10 ⁻³	32,8 . 10 ⁻³
Coefficiente de variação da resistência óhmica com a temperatura, a 20°C, por °C..	3,93 . 10 ⁻³	4,03 . 10 ⁻³	3,6 . 10 ⁻³
Densidade a 20°C.....	8,89	2,70	2,70
Coefficiente de dilatação linear a 20°C, por °C.....	17 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶
Tensão de ruptura, MPa.....	230 a 250	120 a 150	295 a 350
Alongamento à ruptura, %.....	20 a 40	1 a 4	24
Temperatura de Fusão, °C.....	1080	660	780

Fig. 43 – Caraterísticas físicas elétricas e mecânicas



Fig. 44– Exemplos de cabos com diferentes constituições e revestimentos

As secções normalizadas das almas condutoras (mm²), são as seguintes:

0,5/0,75/0,5/2,5/4/6/10/16/25/35/50/70/95/120/150/185/240/300/400/500/630/800/1000.

As almas dos condutores rígidos não têm obrigatoriamente um só fio.

À medida que a secção vai aumentando, os condutores deixam de ser unifilares e passam a ser multifilares.

As secções mínimas que deverão utilizadas para os diversos circuitos em locais habitacionais, deverão ter os seguintes valores:



SECÇÕES MÍNIMAS EM LOCAIS HABITACIONAIS	
Natureza dos circuitos	Secção mínima (mm ²)
Iluminação	1,5
Tomadas	2,5
Máquinas de lavar louça	2,5
Máquinas de lavar e secar roupa	2,5
Termoacumuladores	2,5
Fogões	4
Climatização	2,5

Fig. 45 – Secções mínimas de cabos e condutores em locais de habitação

Na tabela seguinte indica-se a relação entre as secções mínimas dos condutores de fase e do condutor neutro e condutor de proteção.

RELAÇÃO ENTRE AS SECÇÕES MÍNIMAS DOS CONDUTORES DE FASE E DOS CONDUTORES DE NEUTRO E PROTEÇÃO (mm ²)	
Condutores de fase	Neutro e condutor de proteção
1,5	1,5
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10
16	10
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120



300	150
400	185
500	240
630	300
800	400
1000	500

Fig. 46 – Relação entre as secções mínimas dos condutores de fase e dos condutores de neutro e proteção

Nomenclatura de condutores e cabos elétricos

Os condutores e cabos que se fabricam em todo o mundo e que obedecem a padrões de normalização e respetiva certificação, apresentam características que estão de acordo com as normas referidas, como seja o caso do documento de harmonização HD – 361 do CENELEC (Comité Europeu de Normalização Elétrica).

Na tabela seguinte apresentam-se os símbolos que são utilizados de modo mais corrente, dos condutores e cabos de média e baixa tensão.

Símbolos utilizados nas designações de condutores e cabos isolados para instalações elétricas, segundo o HD 361																						
EXEMPLO ⁽¹⁾											H	05	V	V				-F	3	G	2,5	
											SÍM-BO-LO											
NORMALIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Harmonizado • Tipo nacional reconhecido • Tipo nacional não reconhecido 										H											
TENSÃO	<ul style="list-style-type: none"> • < 100 / 100 V • ≥ 100 / 100 V; 300 / 300 V • 300 / 300 V • 300 / 500 V • 450 / 750 V 										00											
											A											
											PT-N											
											01											
											03											
											05											
											07											



C O N S T I T U I N T E S	Isola- mento	<ul style="list-style-type: none"> • Borracha de etileno-propileno • Etileno acetato de vinilo • Borracha • Borracha de silicone • Policloreto de vinilo • Polietileno reticulado 	B G R S V X							
	Revesti- mento metáli- co / / arma- duras	<ul style="list-style-type: none"> • Bainha lisa de alumínio, extrudida ou soldada • Condutor concêntrico de alumínio • Blindagem de alumínio • Armadura em fita de aço, galvanizado ou não 	A2 A A7 Z4							
	Bainha	<ul style="list-style-type: none"> • Etileno acetato de vinilo • Trança de fibra de vidro • Policloropreno • Borracha • Trança têxtil • Policloreto de vinilo 	G J N R T V							
C O N S T R U Ç Ã O	Forma	<ul style="list-style-type: none"> • Cabo circular • Cabo plano: - condutores separáveis - condutores não separáveis 	Sem letra H H2							
	Natureza	<ul style="list-style-type: none"> • Cobre • Alumínio 	Sem letra - A							
	Flexibili- dade	<ul style="list-style-type: none"> • Condutor flexível da classe 5 • Condutor flexível da classe 6 • Condutor ou cabo flexível para instalação fixa • Condutor rígido circular cableado • Condutor rígido setorial cableado • Condutor rígido maciço circular • Condutor rígido maciço setorial • Condutor tinsel 	- F - H - K - R - S - U - W - Y							
Composi- ção ⁽²⁾	• Número de condutores									
	• Ausência de condutor verde/ amarelo		x							
	• Existência de condutor verde/ amarelo		G							
	• Secção do condutor (mm ²)									
	• Identificação por coloração		Sem letra							
	• Identificação por algarismo		N							



- (1) - Cabo harmonizado, para a tensão de 300 / 500 V, com isolamento em policloreto de vinilo, com condutores de cobre flexíveis da classe 5, constituído por três condutores de 2,5 mm², sendo um deles o de proteção (H05VV-F3G2,5).
- (2) - Quando as secções dos condutores neutro e de proteção forem diferentes das secções dos condutores de fase, a composição deve caracterizar essa alteração. Por exemplo, para um cabo com condutores de fase a 35 mm² e condutores neutro e proteção a 16 mm², a composição deve ser representada por 3X35+2G16.

Fig. 47– Símbolo usados nas designações condutores e cabos isolados

Identificação e utilização dos condutores e cabos elétricos

As instalações elétricas de corrente alternada podem ser monofásicas ou trifásicas.

As instalações monofásicas são constituídas por um condutor de fase, um condutor de neutro e um condutor de proteção (PE).

As instalações trifásicas são constituídas por três condutores de fase (fases distintas), um condutor de neutro e um condutor de proteção.

A identificação de cada condutor é feita pela cor do isolamento do condutor, ou por meio de pintura ou enfitamento, quando se trate de condutores nus.

Esta identificação permitirá uma maior eficiência na colocação ou reparação de uma instalação elétrica.

As cores normalizadas do isolamento para identificação dos condutores são as seguintes:

- Azul claro para o neutro;
- Castanho, preto ou cinzento para a fase;
- Verde e amarelo, para o condutor de proteção (PE).



Fig. 48 – Cores normalizadas para os condutores



CABOS E CORDÕES FLEXÍVEIS – Cor dos condutores isolados e respectiva ordem sequencial

Composição/ Número de condutores isolados	Código de cores actual				Novo código de cores (HD 308 S2)	
	Condutores rígidos		Condutores flexíveis		Condutores rígidos e flexíveis	
	C/cond.V/A	S/cond.V/A	C/cond.V/A	S/cond.V/A	C/cond.V/A	S/cond.V/A
2						
3						
4						
5						

Nota: Nas situações previstas com duas configurações dá-se preferência à configuração com condutor de isolamento cinzento.

Fig. 49 – Estrutura de cores nos cabos elétricos e cordões flexíveis

Nas instalações de corrente contínua (DC), as cores mais utilizadas são o vermelho, associado ao condutor positivo, e o preto, ao condutor negativo.



Fig. 50 – Condutores de corrente contínua

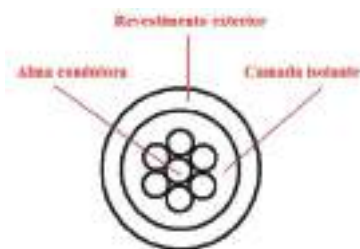
Exercícios:

1. Quais são os primeiros critérios para se poder distinguir ou seleccionar um condutor ou um cabo elétrico?
2. Que partes constituem uma instalação elétrica?
3. O que se entende por canalização elétrica?
4. O que se entende por alma condutora (de um condutor isolado ou de um cabo)?
5. O que é um condutor nu?

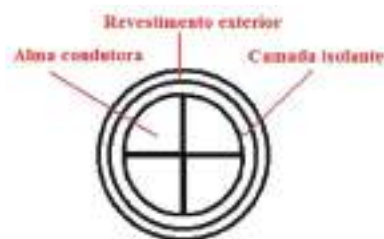


6. O que se entende por condutor isolado?
7. O que é um cabo isolado (ou simplesmente cabo)?
8. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente à rede de alimentação?
9. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente à instalação a alimentar e às condições de funcionamento da canalização?
10. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente às características do cabo a instalar?
11. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente às condições de instalação do cabo?
12. Que tipos de informações são determinantes para a escolha de um cabo ou condutor elétrico, relativamente aos acessórios da instalação?
13. Que passos deveremos seguir segundo as normas CEI e CENELEC para a especificação de cabos e condutores?
14. Quais as principais vantagens da adoção de normas e regulamentos internacionais?
15. Indique a que tipos de cabo se referem as imagens seguintes:

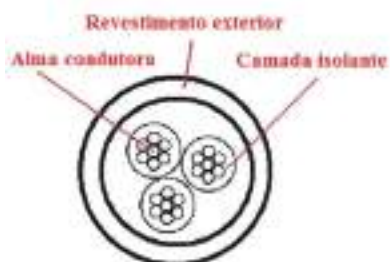
a.



b.



c.



d.



16 – O que é o isolamento de um cabo?

17 – O que se entende por enchimento de um cabo?

18 – O que é a blindagem ou ecrã?

19 – O que se entende por bainha de um cabo?

20 – O que é a trança de um cabo?

21 – O que se entende por armadura de um cabo?



Representação Esquemática

Apresentação

Este tema destina-se a introduzir o aluno no contexto do desenvolvimento da representação esquemática para assim desempenhar a interpretação e desenvolvimento de um circuito elétrico de uma habitação ou escritório.

Circuitos de iluminação

NOÇÕES PARA O DESENHO TÉCNICO

Formato do papel

O formato básico de papel designado de AO (A zero) considera um retângulo de 841 mm por 1189 mm correspondente a 1 m² de área. Deste formato derivam-se os demais formatos.

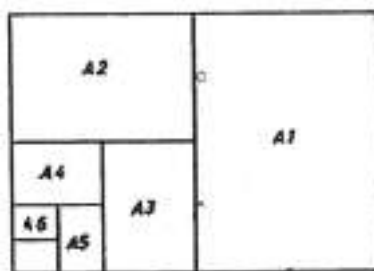


Fig. 51 - Obtenção de vários formatos da série A por subdivisão do formato AO

Designação	Dimensões mm	Margens (mm)		Área (m ²)
		Lateral esquerda	Outras	
AO	841X1189	25	5	1,0000
A1	594 X 841	25	5	0,5000
A2	420 X 594	25	5	0,2500
A3	297 X 420	25	5	0,1250
A4	210X297	25	5	0,0625
A5	148X210	25	5	0,0312
A6	105X148	25	5	0,0156

Fig. 52 – Tamanhos do papel



Fixação da folha de desenho

1. A fixação da folha de desenho ao tampo do estirador é indispensável no desenho rigoroso.
2. A fixação da folha pode fazer-se com «punaises», com fita gomada, ou ainda com etiquetas gomadas. O uso de fita ou etiquetas gomadas tem sobre os «punaises» a vantagem de não causar embaraço ao movimento das réguas e esquadros e de não danificar o tampo do estirador.
3. O papel deve fixar-se de modo que fique próximo do bordo esquerdo da prancheta
4. O papel deve, além disso, ficar a uma distância do bordo inferior da prancheta que seja suficiente para se poder utilizar a régua T, quando se desenha na parte inferior da folha.
5. Quando se pretende fixar a folha, começa-se por acertar o lado superior do papel com a régua T. Em seguida, desloca-se ligeiramente a régua, segurando o papel com a mão direita e fixam-se os cantos superiores. Finalmente, desloca-se a régua T até próximo do lado inferior do papel e fixam-se os cantos inferiores.

Réguas T e Esquadros

As regas T são constituídas por duas partes, a cabeça e a régua propriamente dita, em geral ligadas rigidamente entre si, de modo a manterem-se perpendiculares

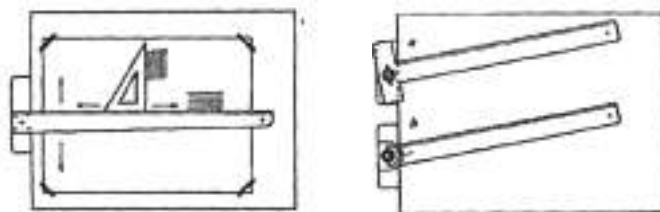


Fig. 53 – Réguas e Esquadros

Existem também regas T em que a cabeça e a régua não estão ligadas rigidamente entre si, mas por meio de um sistema de parafuso e porca de orelhas, que permite variar o ângulo entre eles. Este tipo de régua T pode ter ainda um transferidor que permite marcar diretamente o ângulo desejado.

A régua T deve trabalhar sobre o bordo esquerdo do tampo do estirador, porque se pretende que seja deslocada com a mão esquerda, ficando a direita livre para desenhar.



Pela mesma razão os desenhadores canhotos deverão poder dispor de estiradores com o bordo direito retificado e de regas T capazes de trabalhar sobre este bordo.

Sobre o bordo de trabalho da régua T deslizam os esquadros, permitindo o conjunto traçar facilmente linhas horizontais e verticais.

Os esquadros que se utilizam mais correntemente são ambos de forma triangular:

- Com ângulos de 90°, 60° e 30° que se designa por esquadro de 30° ou esquadro de 60°
- Com um ângulo de 90° e dois de 45° que se designa por esquadro de 45°.

Os esquadros de 30° e 45°, isolados ou combinados entre si, permitem traçar todos os ângulos múltiplos de 15° entre 0° e 345°.



Fig. 54 -Esquadro

Utilização dos esquadros de 30° e 45° para traçado de ângulos

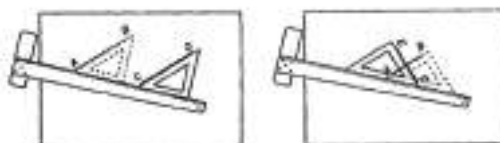


Fig. 55 – Desenho de ângulos

Escantilhões.

Os escantilhões são instrumentos que permitem realizar o traçado de:

- Curvas; • diversos polígonos; • letras; • instalações sanitárias;
- Telecomunicações; • química; • alta tensão; • etc.

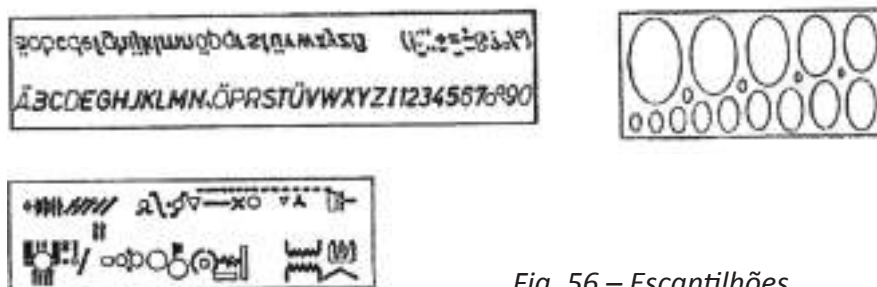


Fig. 56 – Escantilhões



Legendas dos desenhos

Quando se executa um desenho, há necessidade de fazer constar do próprio desenho certo número de indicações que interessam a sua identificação.

Legenda com as dimensões e a disposição, a utilizar nos desenhos de Projeto, Instalação e Conservação de Infra Estruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED).

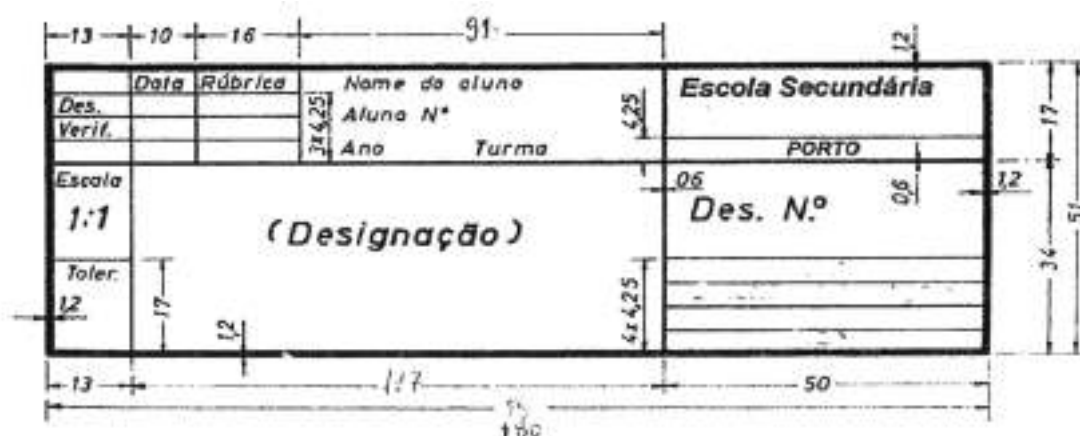


Fig. 57 – Legenda dos desenhos

Instalações Elétricas

Disposições Gerais

Toda a instalação elétrica deves obedecer a requisitos fundamentais que a obrigam a uma eficiência funcional e a um tempo de vida útil suficiente.

Para tal é necessário que a instalação elétrica mantenha, dentro de determinados parâmetros, os valores de tensão e corrente necessário ao seu funcionamento.

Deves também garantir a proteção dos utilizadores dos perigos da eletricidade (electrocuções) e da própria instalação das consequências graves, originadas por sobreintensidades (provocadas por curto-circuitos ou sobrecargas).

Para atingir estes objetivos, quando se realiza um projeto elétrico deve-se escolher os materiais das Instalações (condutores, tubos, quadros, aparelhos, etc.) que obedecem as disposições das “Regras Técnicas das Instalações Elétricas”, as normas e especificações nacionais existentes.

As características destes materiais dependem essencialmente do fim a que se destinam e das condições a que podem estar submetidos (IP e IK).



Assim, as instalações devem:

- Quanto a conceção

Ser concebidas com vista a garantir:

- a) A proteção das pessoas, dos animais e dos bens;
- b) O funcionamento da instalação elétrica de acordo com a utilização prevista.

Os circuitos devem ser convenientemente subdivididas de forma a limitar os efeitos de eventuais perturbações, facilitar a pesquisa e reparação de avarias.

- De uma forma geral deverão ser constituídas com circuitos distintos de iluminação, circuitos de tomadas e ainda circuitos distintos também para alimentação de aparelhos de potência elevada (por exemplo: máquinas de lavar roupa e louça).

- Em locais de habitação, cada circuito final não deve, em regra, alimentar mais do que oito pontos de utilização.

- Os aparelhos fixos de climatização ambiente devem ser repartidos por circuitos finais distintos dos de outras utilizações, para que cada circuito alimente, no máximo, cinco aparelhos.

Todos os circuitos devem ser dotados de condutor de proteção.

Os circuitos devem ser dimensionados para a potência total dos aparelhos de utilização que por eles são alimentados, afetada dos fatores de utilização e de simultaneidade.

- Quanto ao quadro de entrada

- Cada instalação elétrica de utilização deveser dotada dum quadro de entrada.

- O quadro de entrada deve ser dotado de um dispositivo de corte geral, que corte simultaneamente todos os condutores ativos.

- A corrente estipulada do dispositivo de corte geral deve ser, pelo menos, a correspondente a potencia prevista para a instalação, com o mínimo de 16 A.

- O quadro de entrada deve ser estabelecido dentro do recinto servido pela instalação elétrica e, tanto quanto possível junto ao acesso normal do recinto e do local de entrada da energia.

Quanto aos sistemas de proteção

- Deverão garantir a proteção contra contactos diretos e contactos indiretos.



Quanto a secção nominal mínima dos condutores

- As secções dos condutores dos circuitos das instalações de locais de habitação devem ser determinadas em função das potências previsíveis, com os valores mínimos indicados no quadro seguinte:

Nas instalações fixas de circuitos de sinalização e comando, a secção mínima dos condutores é de 0,5 mm². Admite-se a secção mínima de 0,1 mm² para os circuitos de sinalização e comando destinados a aparelhos eletrónicos.

Secções mínimas dos condutores dos circuitos em locais de habitação

Natureza dos circuitos	Secção (mm ²)
<i>Iluminação</i>	1,5
<i>Tomadas</i>	2,5
<i>Termoacumuladores</i>	2,5
<i>Máquinas de lavar e de secar roupa e loiça</i>	2,5
<i>Fogões</i>	4
<i>Climatização ambiente</i>	2,5

Fig. 58 – Secções dos fios

Estudo, conceção e montagem de circuitos elétricos

Normas de higiene e segurança no trabalho

As normas de higiene e segurança no trabalho revelam-se através de hábitos e técnicas, que tem como finalidade eliminar riscos, aumentando a segurança de quem trabalha e na melhoria das condições em que atua. Segundo estatísticas, 80% dos acidentes devem-se a falhas humanas.

A própria desarrumação e a limpeza dos locais de trabalho são causas de muitos acidentes.

Por exemplo: não se deve utilizar qualquer aparelho elétrico, nem mexer numa instalação elétrica, quando estiverem acidentalmente molhados ou quando se tiver os pés ou as mãos molhadas.



Também quer seja em casa, na escola ou um dia mais tarde no local de trabalho, a higiene e segurança deverão ser elementos da nossa preocupação, porque são fontes de boa disposição, evitando muitos acidentes e revelando um pouco da nossa personalidade.

O ruído, o espaço, a iluminação, a temperatura e a ventilação são fatores que contribuem para um bom ambiente físico de trabalho.

Descurar estes elementos, não lhes atribuindo a devida atenção e no mínimo, cometer a imprudência, provocando o acidente e deficiências nos trabalhos realizados.

Cuidados a ter com a ferramenta utilizada

A longevidade das ferramentas e a prevenção do acidente com a sua utilização está associada a adoção de algumas regras elementares:

1. Utilizar ferramentas de boa qualidade, isoladas e que o cabo ou punho tenham uma forma adequada.
2. Manter as ferramentas limpas e verificar o seu estado periodicamente.
3. Utilizar as ferramentas só nas tarefas para as quais foram idealizadas.
4. Ter sempre arrumadas as ferramentas, após a sua utilização.
5. Não colocar ferramentas nos bolsos.
6. Manusear as ferramentas corretamente.

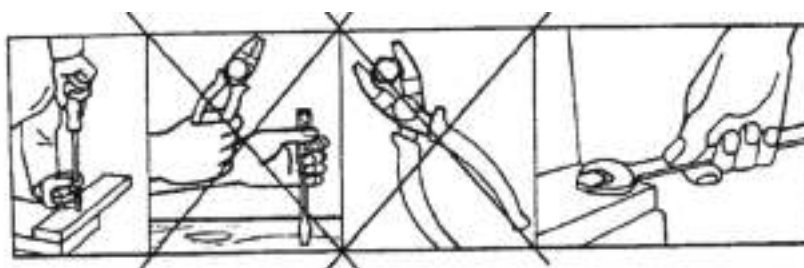


Fig. 59 – Utilização correta das ferramentas



Planeamento, programação e execução dos circuitos eléctricos

Para a execução de qualquer montagem, desde a sua idealização (definindo o tipo de instalação, de condutores e aparelhagem a utilizar em função das condições do local) até a sua concretização, várias são as fases do planeamento e programação a seguir.



Fig. 60 – Planeamento, programação e execução de circuitos eléctricos

Esquemas de instalação

No planeamento de uma instalação eléctrica deveremos representar simbolicamente através de diversos tipos de esquemas os aparelhos, o percurso dos cabos eléctricos e as ligações entre os diversos elementos que constituem o circuito eléctrico.

Simbologia para instalações de iluminação e sinalização



	Multifilar	Unifilar
Caixa de derivação		
Tomada monofásica		
Tomada monofásica com terra		
Lâmpada de incandescência		
Interruptor		
Comutador de lustre		
Comutador de escada		
Inversor		
Telemotor		
Automático de escada		
Transformador		
Campainha		
Botão de pressão		
Quadro de avios		
Trinco eléctrico		

Fig. 61 – Simbologia

Para isso existem vários esquemas

a) Esquema unifilar

Utilizando simbologia adequada, e representada a localização dos aparelhos elétricos e o percurso dos condutores com este tipo de esquema.

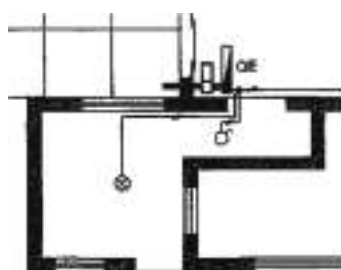


Fig. 62 – Representação de um esquema unifilar na planta de uma residência



Os condutores são representados por uma única linha, cruzada por pequenos traços oblíquos que indicam o número de condutores que representam.

Estes elementos permitem, com a planta à escala, o cálculo do comprimento dos condutores, cabos elétricos e restante material utilizado na montagem.

b) Esquema multifilar

Neste tipo de representação, representam-se os diferentes condutores e as suas ligações aos terminais dos diversos aparelhos que constituem o circuito elétrico.

Na elaboração do esquema, os trajetos da corrente elétrica (condutores), deverão ser representados por intermédio de linhas retas verticais e horizontais tendo em consideração as seguintes regras:

1. O condutor fase deverá ligar sempre primeiro ao aparelho de comando e só depois ao aparelho recetor
2. No suporte de lâmpada o condutor de fase deve ser ligado ao contacto central.
3. Na caixa de derivação o condutor neutro deverá ligar no terminal mais afastado em relação ao da fase, como norma de segurança, indo depois ligar ao aparelho recetor.
4. Evitar na representação dos condutores, o cruzamento de linhas, para que o esquema represente com o máximo de clareza as ligações dos condutores aos terminais dos aparelhos.

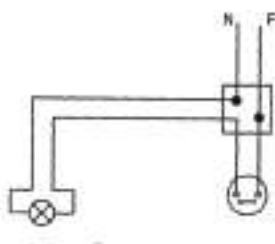


Fig. 63 – Esquema multifilar

c) Esquema de princípio ou de funcionamento

Este tipo de representação simplificada, que apenas considera as funções da aparelhagem, sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.



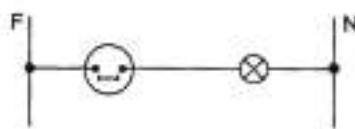


Fig. 64 – Esquema de princípio

Material a utilizar

O diverso material a utilizar na montagem da canalização elétrica, devera ser adequado na sua qualidade, forma e tipo, em função do ambiente existente no local, onde será inserido o circuito elétrico.

A) Condutores

Os condutores e respetiva secção deverão, segundo as normas de segurança, estar de acordo com as que constam no quadro.

	Condutores a utilizar	
	Instalação fixa a vista	Instalação embebida
Instalação de iluminação	H05VV-U2x1,5 (VV2 x 1,5mm ²)	H05V-U1x1,5 (V 1,5 mm ²)
Instalação de sinalização	H03VH - U2 x 0,5 (TV D 2 x 0,6 mm)	H03V- U1 x 0,5 (TV 0,6 mm)
Instalação de tomada	H05VV - U3G2,5 (VV 2 x 2,5 mm ² + T)	H05V-U1 x2,5 (V 2,5 mm ²)

Fig. 65 – Secção dos condutores

Quanto a coloração do seu isolamento para que sejam convenientemente identificados, o regulamento estabelece:

Condutor de fase preto ou castanho

Condutor neutro azul-claro

Condutor de terra verde/amarelo

B) Tubos

Em canalizações a tubo, estes deverão ter um diâmetro ou dimensões da secção recta, tais que permitam o fácil enfiamento e desenfiamento dos condutores isolados.



Secção reta: $S = \frac{\pi d^2}{4}$



Os tubos devem ser ligados através de união, ou caixas adequadas de modo a garantirem uma proteção eficaz em todo o seu comprimento.

Quadro de escolha do tubo VD a utilizar em função do número de condutores do tipo H05V-U e da sua secção.

Secção nominal dos condutores	Diâmetro nominal dos tubos (mm)				
	Número de condutores				
	1	2	3	4	5
1.5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	16	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	90
185	50	63	75	90	90
240	50	75	90	90	110
300	63	75	110	110	110
400	63	90	110	110	—
500	75	110	—	—	—

Fig. 66 – Simbologia



C) Canalizações

Os circuitos que fazem parte de uma instalação elétrica, a partir do quadro geral até aos recetores, podem ser executados de várias maneiras, utilizando os condutores e cabos mais apropriados para o efeito e tendo sempre em atenção o cumprimento das normas regulamentares de segurança. Assim, podemos obter pelo menos dois tipos de canalizações elétricas:

- Canalização a vista - é uma instalação em que os circuitos entre as caixas de derivação e entre estas e os aparelhos de manobra são fixados à parede por intermédio de braçadeiras.

Podem ser feitas:

- a condutor H05VV-U enfiado em tubo rígido do tipo VD;
- a cabo do tipo H05VV-U;

- Canalização embecida - é uma instalação em que os circuitos entre caixas de derivação e entre estas e os aparelhos de manobra são feitos no interior da parede, dentro de roços previamente abertos para o efeito. Só as caixas de derivação e os aparelhos de comando são visíveis e acessíveis ao utilizador.

- São feitas a condutor do tipo H05V-U enfiado em tubos rígidos do tipo VD ou em tubo anelado.



Tubo VD

Tubo anelado

Fig. 67 – Tipos de tubo

Exemplos de modos de instalação



Condutores isolados em condutas circulares (tubos) embecidas nos elementos da construção, em alvenaria




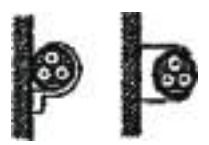
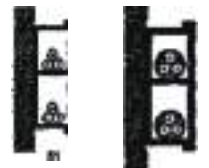

	<i>Condutores isolados em condutas circulares (tubos) montadas a vista</i>
	<i>Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados as paredes</i>
	<i>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos horizontais</i>
	<i>Condutores isolados ou cabos mono ou multicondutores em calhas fixadas a elementos da construção em percursos verticais</i>

Fig. 68 – Modos de instalação

Canalizações à vista

Canalizações a cabo

Estas canalizações são utilizadas em instalações fabris, garagens e locais temporariamente húmidos.

Os cabos, neste tipo de instalações, são fixas as paredes por braçadeiras, previamente colocadas por intermédio de pernos de aço. As caixas de derivação e de aparelhagem podem ser do tipo estanque ou blindado conforme se trate, respetivamente, de local húmido ou não.

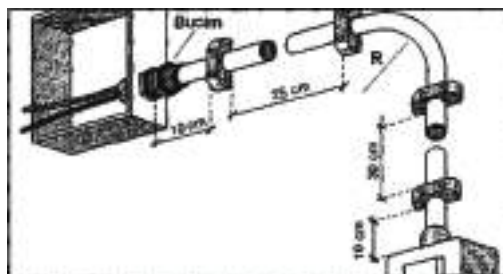
Devem ser utilizados buçins na união dos cabos com as caixas de derivação e a aparelhagem. As caixas de derivação e de aparelhagem para estas canalizações são do tipo exterior.

Normas de execução nas canalizações a vista a cabo do tipo H05 VV-U

As braçadeiras são fixadas na parede por parafuso ou perno de aço, devendo respeitar-se as distâncias indicadas na figura em baixo, para a sua colocação.

O cabo deve ser esticado e apertado pelas braçadeiras de modo a não encostar a parede.





As curvas não podem ter um raio (R) inferior a 10 vezes o diâmetro do cabo.

Bucim - dispositivo cilíndrico de PVC rígido dentro do qual se encontra um elemento de borracha que tem por fim vedar a passagem de água ou humidade para o interior da caixa.

Fig. 69 – Curvas nos tubos

Canalizações a tubo

Estas canalizações são utilizadas quando os condutores necessitam de ser protegidos contra ações mecânicas.

O tubo é fixo a parede por processo idêntico ao da fixação de cabos e o equipamento utilizado (caixas de derivação e aparelhagem) e, também, idêntico ao utilizado nas canalizações a cabo.

Neste tipo de instalações, os bucins são substituídos por boquilhas e são utilizadas uniões para a junção dos tubos topo a topo, para permitir a proteção adequada dos condutores que passam no seu interior.



União



Boquilhas com porca

Fig. 70 – União e Boquilhas

Normas de execução nas canalizações à vista a tubo

As curvas no tubo devem ser feitas com a ajuda de uma mola, adequada ao diâmetro do tubo



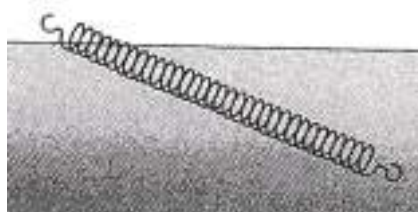


Fig. 71 – Mola

Distancias normalizadas para o afastamento de braçadeiras para instalações a vista com tubos do tipo VD.

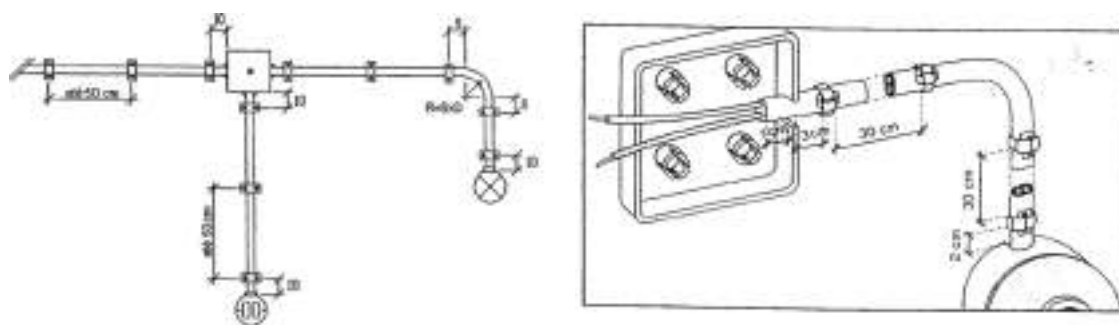


Fig. 72 – Distâncias

Canalizações embebidas

A canalização é embebida quando o seu traçado, desde o quadro geral até aos receptores, passando pelos aparelhos de comando, não é visível.

Estas canalizações são feitas a tubo do tipo VD ou tubo anelado, embebido na parede, permitindo o enfiamento do condutor do tipo H05V-U

Quadro da escolha do tubo anelado a utilizar em função do número de condutores e da secção.



Secção nominal dos condutores mm ²	Diâmetro nominal do tubo anelado (mm)			
	número de condutores			
	2	3	4	5
1.5	16	16	20	20
2,5	16	20	20	25
4	20	20	25	25
6	20	25	32	32
10	25	32	32	40
16	32	32	40	40
25	32	40	50	50
35	40	50	50	63
50	50	50	63	63
70	50	63	63	
95	63	63		
120	63			
150	63			

Fig. 73 – Diâmetro do tubo

Neste tipo de instalações são utilizados vários acessórios, como por exemplo:

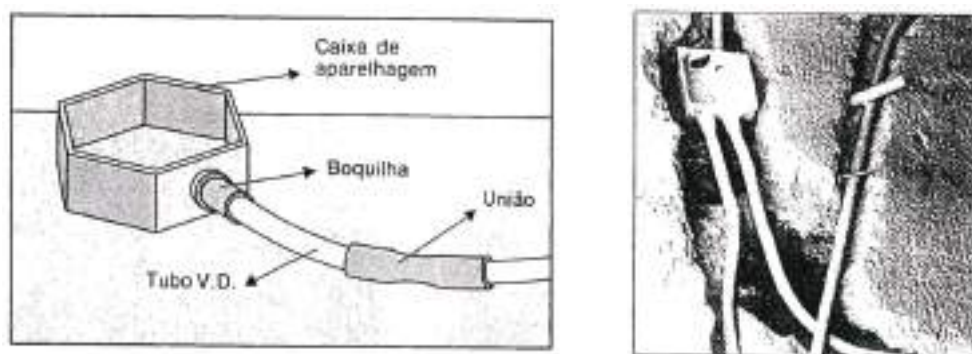
- Caixas de aparelhagem;
- Boquilhas;
- Uniões.

Caixas de aparelhagem - são caixas feitas em material plástico (PVC) dentro das quais são colocados os aparelhos de manobra e utilização e onde são feitas as ligações destes aparelhos aos condutores.

Boquilha - peça em plástico rígido ou flexível que permite estabelecer a união do tubo a caixa de derivação e a caixa de aparelhagem.

União - dispositivo em plástico rígido que permite unir dois tubos topo a topo.





Caixas de aparelhagem

Roço

Fig. 74 – Caixa e Roço

A tubagem, neste tipo de canalização, é colocada em roços feitos nas paredes para o efeito, e vai permitir a ligação entre as caixas de derivação e entre estas e as caixas de aparelhagem.

Roço - Abertura longa e estreita, feita num elemento da construção (parede, teto ou pavimento) para instalação de condutas ou de certos tipos de canalizações e tapada após a instalação destes.

As caixas de aparelhagem e de derivação devem ser embebidas na parede, para que se possam instalar posteriormente a aparelhagem e as placas de bornes.

Os condutores e os cabos só devem ser enfiados nas condutas embebidas em roços nos elementos da construção após a colocação destas.

Os condutores do tipo H05V-U devem de ser enfiados nos tubos antes de se taparem os roços com massa de cimento.

O raio de curvatura de uma canalização deve ser tal que os condutores e os cabos não possam ser danificados.

O percurso das canalizações embebidas em roços e que sejam fixadas rigidamente aos elementos da construção deve ser vertical, horizontal ou paralelo as arestas das superfícies de apoio. No caso de canalizações embebidas no betão, pode seguir-se o percurso prático mais curto.

Medidas regulamentares na colocação dos diferentes tipos de aparelhagem em instalações a vista ou embebidas



e) Aparelhos elétricos

Os aparelhos elétricos classificam-se em função da utilização em:

- Aparelhos de comando (ex:)



Interruptor



comutador



botão de pressão

- Aparelhos de ligação (ex:)



Tomada



placa de ligadores



caixa de derivação

- Aparelhos de utilização (ex)



Lâmpada



campainha

- Aparelhos de transformação (ex:)



Transformador

Medidas regulamentares na colocação dos diferentes tipos de aparelhagem em instalações à vista ou embebida.



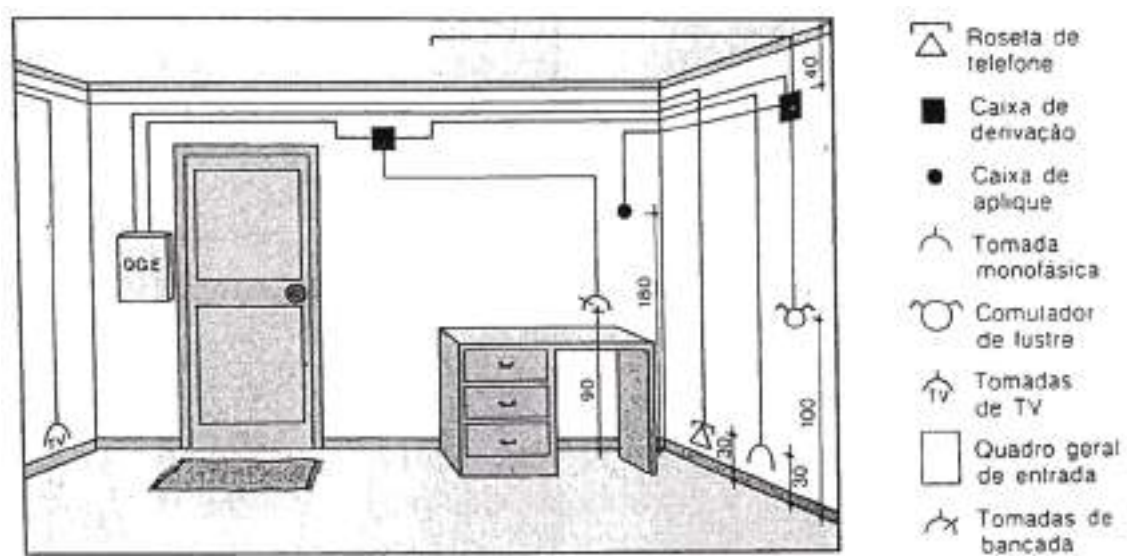


Fig. 75 – Medidas

Painéis de iluminação

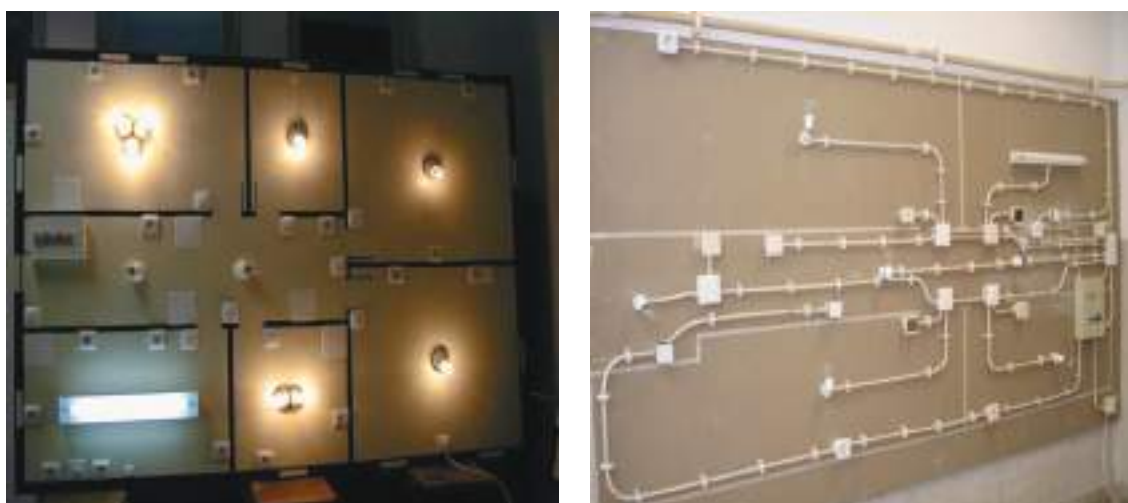


Fig. 76 – Painéis

Aplicações de algumas canalizações elétricas.

Planta de um andar: circuito de iluminação.



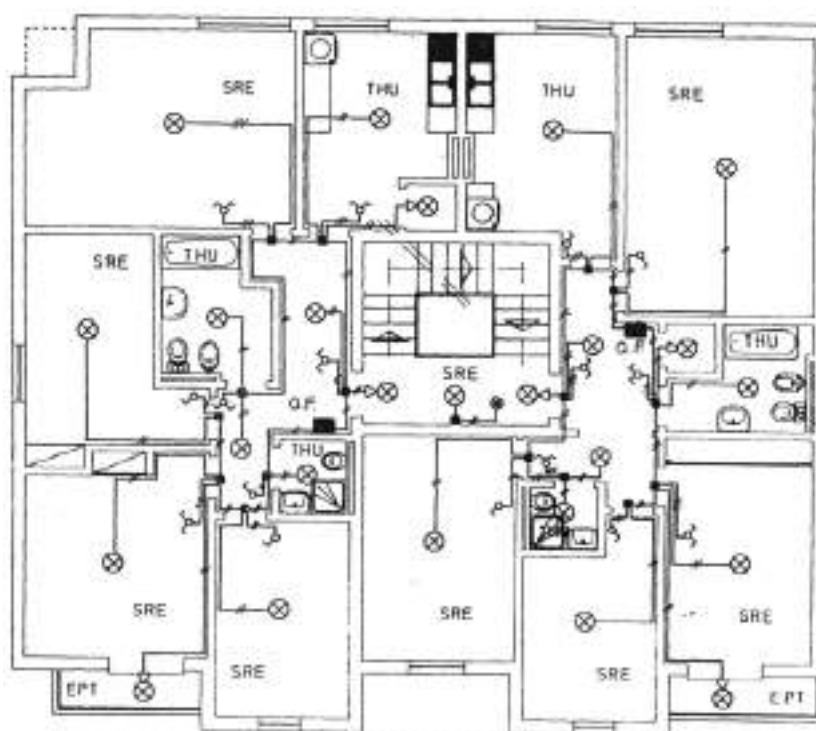


Fig. 77 – Planta

Locais SRE — Locais sem riscos especiais

Locais THU — Locais temporariamente úmidos

Locais HUM — Locais úmidos

Locais MOL — Locais molhados

Locais EPT — Locais expostos

Locais SUB — Locais submersos

Locais POE — locais poeirentos

Locais AGO — Locais de ambiente corrosivo

Locais ATP — Locais sujeitos a altas temperaturas

Locais BTP — Locais sujeitos a baixas temperaturas

Locais AMI — Locais sujeitos a ações mecânicas intensas

Locais RIN — Locais em risco de incêndio

Locais REX — Locais em risco de explosão



Instalações Elétricas

Apresentação

Neste tema vamos abordar os circuitos que poderemos ter de desenvolver de raiz ou reparar o circuito já existente numa habitação ou escritório.

Montagem de circuitos de iluminação

Interrupção simples com lâmpada de incandescência

É empregue sempre que se deseja comandar de um só lugar um único circuito, com uma ou mais lâmpadas.

Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

N – Neutro (potencial elétrico de 0 Volt)

F – Fase (potencial elétrico de 230 Volt)

Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.



Esquema estrutural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

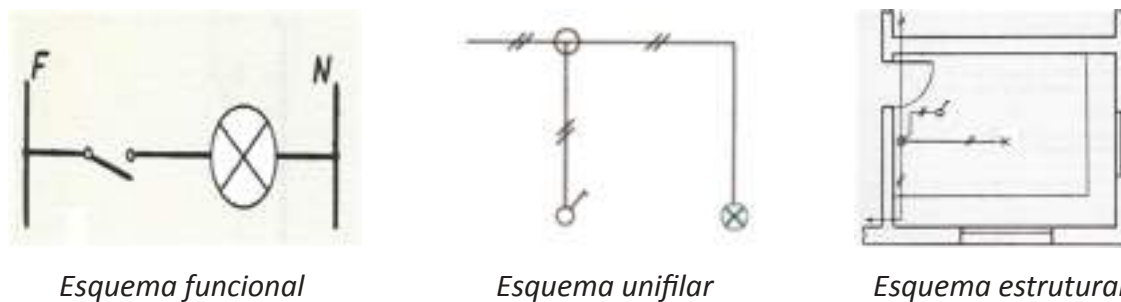


Fig. 78 – Esquemas

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

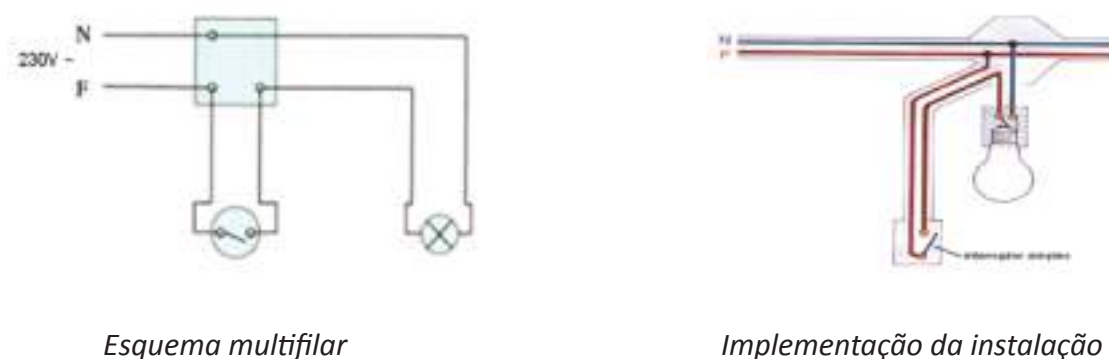


Fig. 79 – Esquema Multifilar

Interrupção simples com lâmpada fluorescente

Ao contrário das lâmpadas de incandescência, as lâmpadas fluorescentes necessitam de um balastro e arrancador para arrancarem.

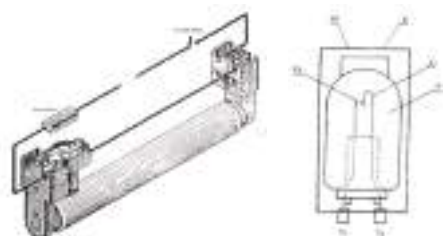


Fig. 80 – Lâmpada fluorescente



Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.



Esquema funcional

Esquema unifilar

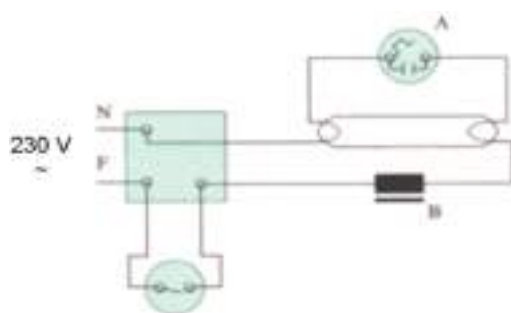
Esquema estrutural

Fig. 81 – Esquemas

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.





A – Arrancador B – Balastro

Fig. 82 – Esquema multifilar

Comutação de lustre

É empregue sempre que se deseja comandar de um só lugar dois circuitos, com uma ou mais lâmpadas.

Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

Esquema unifilar

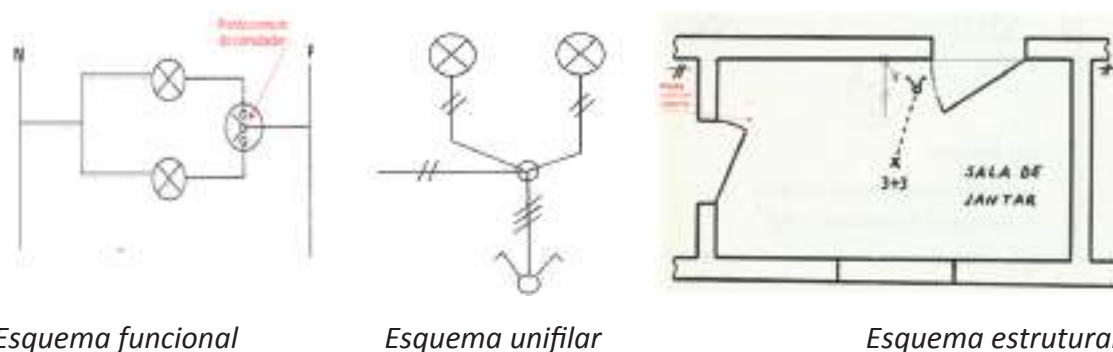
A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.





Esquema funcional

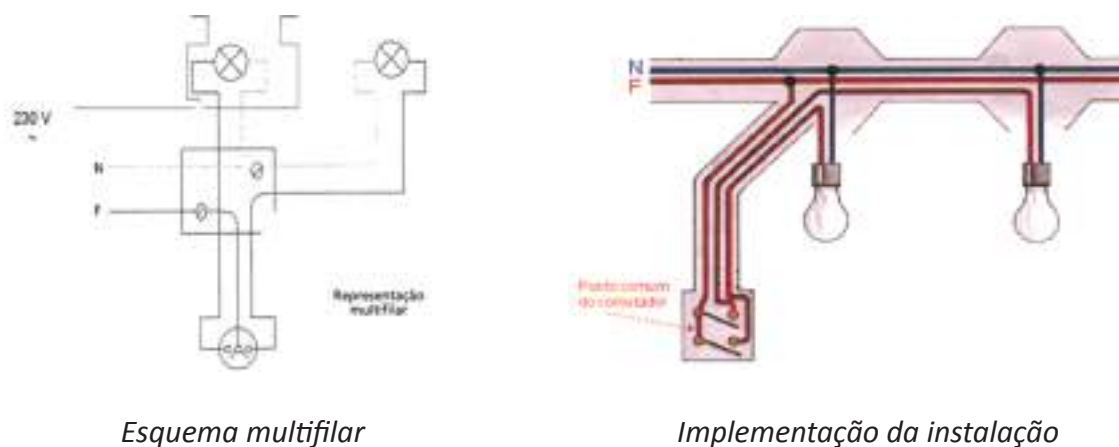
Esquema unifilar

Esquema estrutural

Fig. 83 – Esquemas

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.



Esquema multifilar

Implementação da instalação

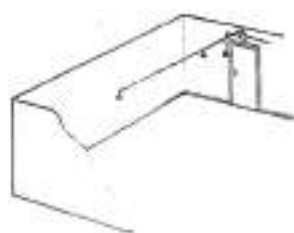


Fig. 84 – Esquemas

Comutação de escada ou de quarto

Montagem que tem por objetivo o comando de um só circuito elétrico de dois sítios diferentes.

As escadas, quartos, certos corredores e salas com duas entradas são exemplos de locais onde, por funcionalidade e comodidade, as lâmpadas devem ser comandadas de dois locais diferentes. Acende-se na “entrada”, apaga-se na “saída” e vice – versa.



Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise eléctrica do circuito.

Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto eléctrico da instalação.

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

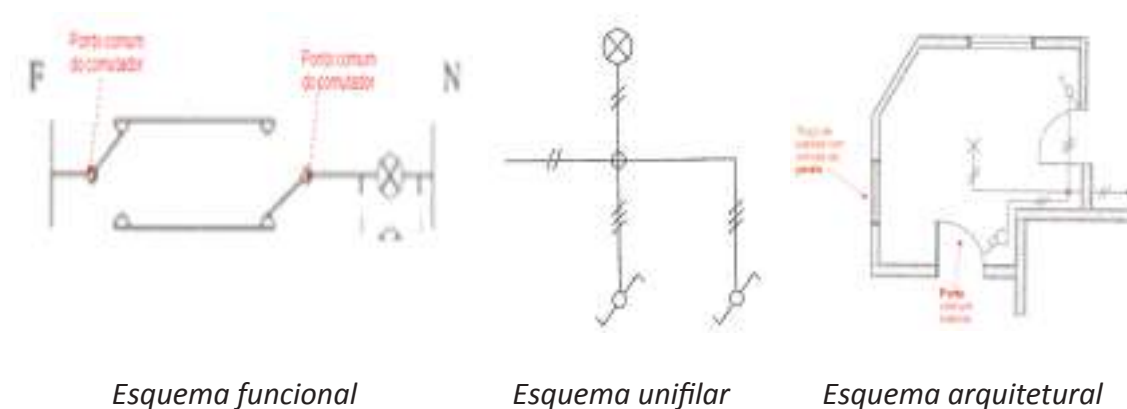
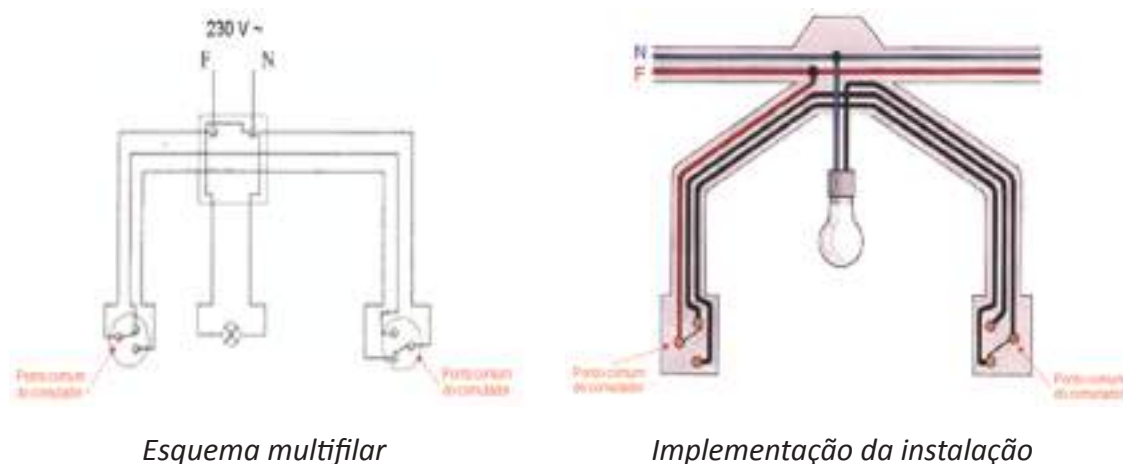


Fig. 85 – Esquemas

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.





Esquema multifilar

Implementação da instalação

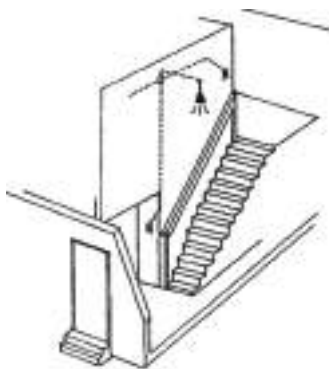


Fig. 86 – Esquemas

Comutação de escada com inversor

Montagem que tem por objetivo o comando de um só circuito elétrico de mais de dois sítios diferentes.

É utilizada em corredores compridos, corredores em ângulo, caixas de escada, etc.

Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento.



Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

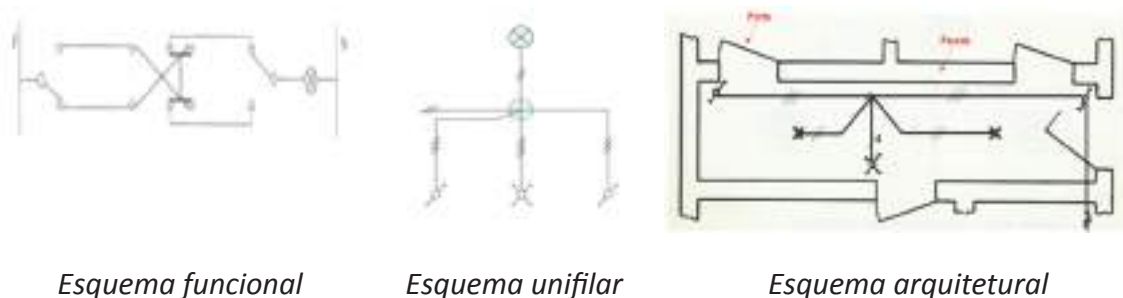


Fig. 87 – Esquemas

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

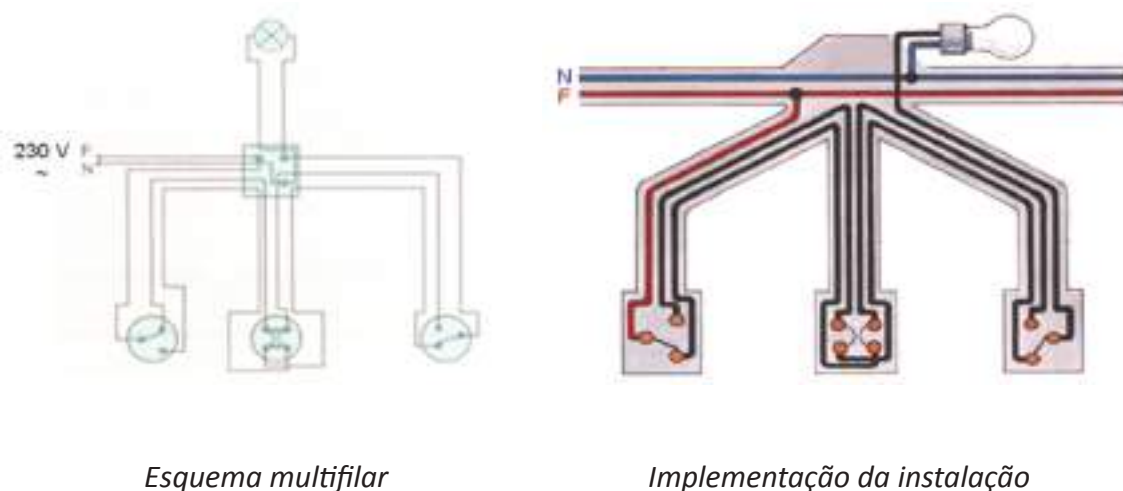


Fig. 88 – Esquemas



Dupla comutação de escada

Utiliza-se quando se pretende comandar dois circuitos elétricos de dois sítios diferentes.

Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

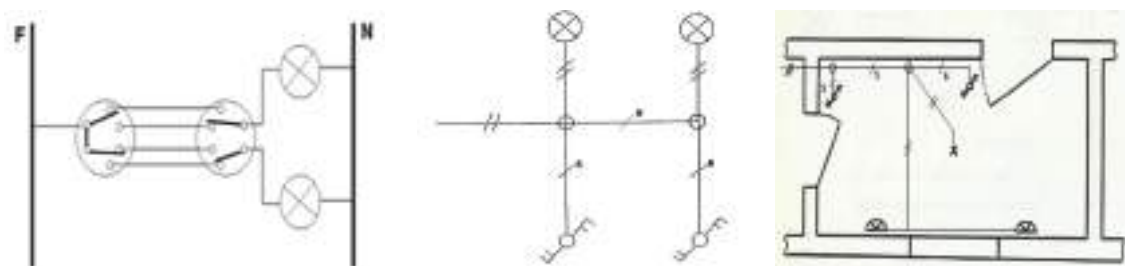
Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.



Esquema funcional

Esquema unifilar

Esquema arquitetural

Fig. 89 – Esquemas



Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

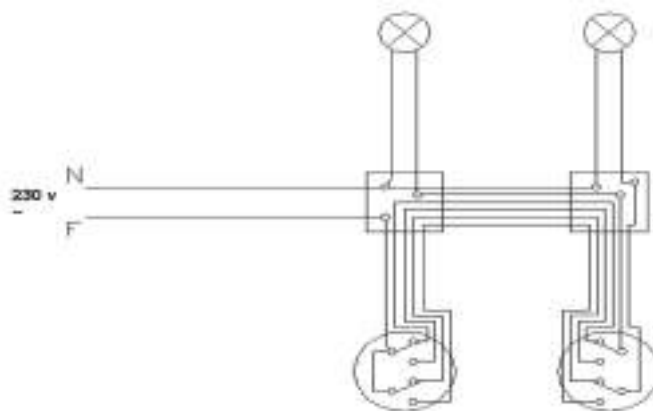


Fig. 90 – Esquema multifilar

Automático de escada

O automático de escada é um aparelho controlado à distância, por botões de pressão, que comanda um circuito e o faz de seguida abrir automaticamente ao fim de um determinado tempo.

Tem como função evitar que as lâmpadas das escadas de imóveis com vários andares fiquem, por esquecimento, constantemente ligadas

Esquema funcional

Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.



A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.



Esquema funcional

Esquema unifilar

Fig. 91 – Esquemas

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

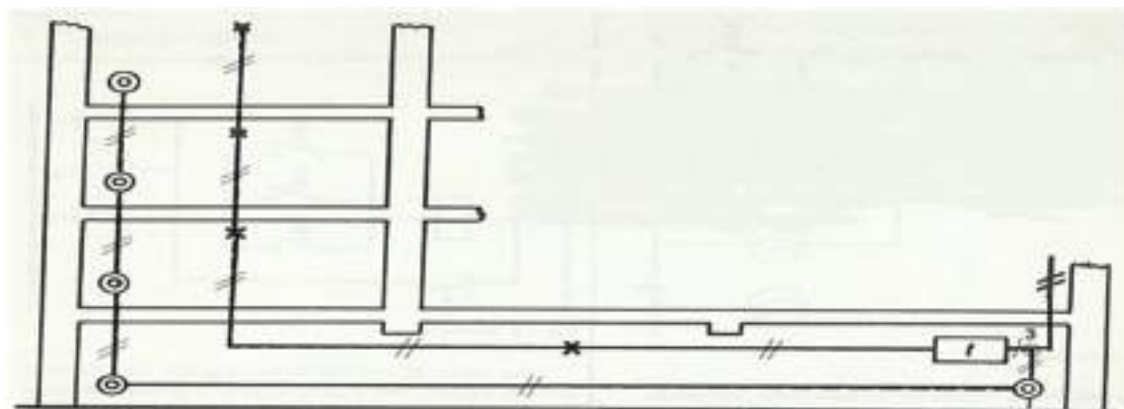


Fig. 92 – Esquema arquitetural

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.



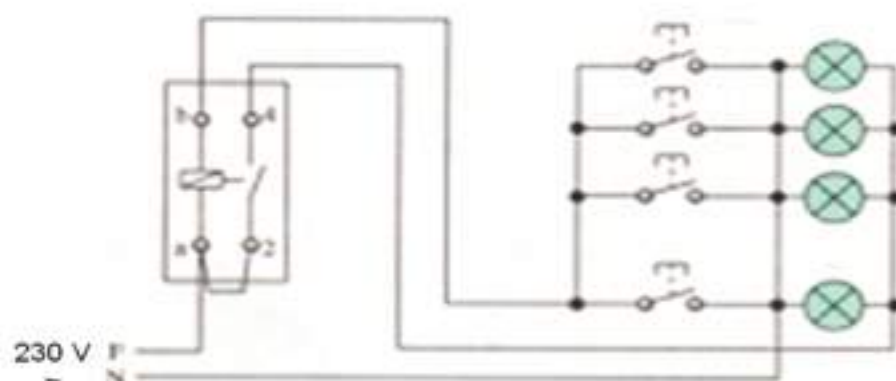


Fig. 93 – Esquema multifilar

Telerruptor

Tem como função comandar um circuito elétrico de vários sítios, através de botões de pressão.

As instalações com comando por telerruptor substituem os comutadores/inversores por botões de pressão, originando uma redução do número de condutores e de custos.

Esquema funcional

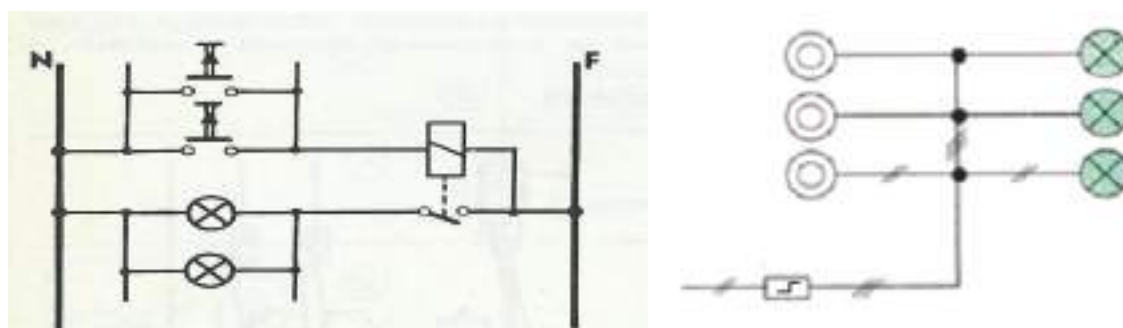
Apenas considera as funções da aparelhagem na montagem a realizar sem ter em conta a sua posição relativa. Tem a vantagem de mostrar quer o funcionamento quer as ligações principais, sem cruzamento de linhas, o que por si torna mais fácil a análise elétrica do circuito.

Esquema unifilar

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.





Esquema funcional

Esquema unifilar

Fig. 94 – Esquemas

Esquema arquitetural

Quando o traçado das canalizações e localização dos restantes elementos da instalação (caixas de derivação, aparelhos de comando, aparelhos de utilização, etc.) é executado em plantas, o esquema daí resultante diz-se arquitetural.

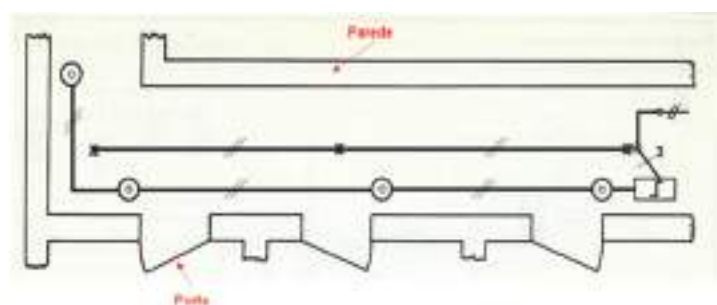


Fig. 95 – Esquema arquitetural

Esquema multifilar

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

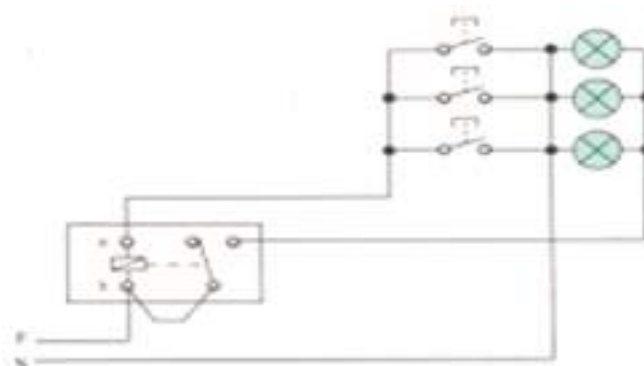


Fig. 96 – Esquema multifilar

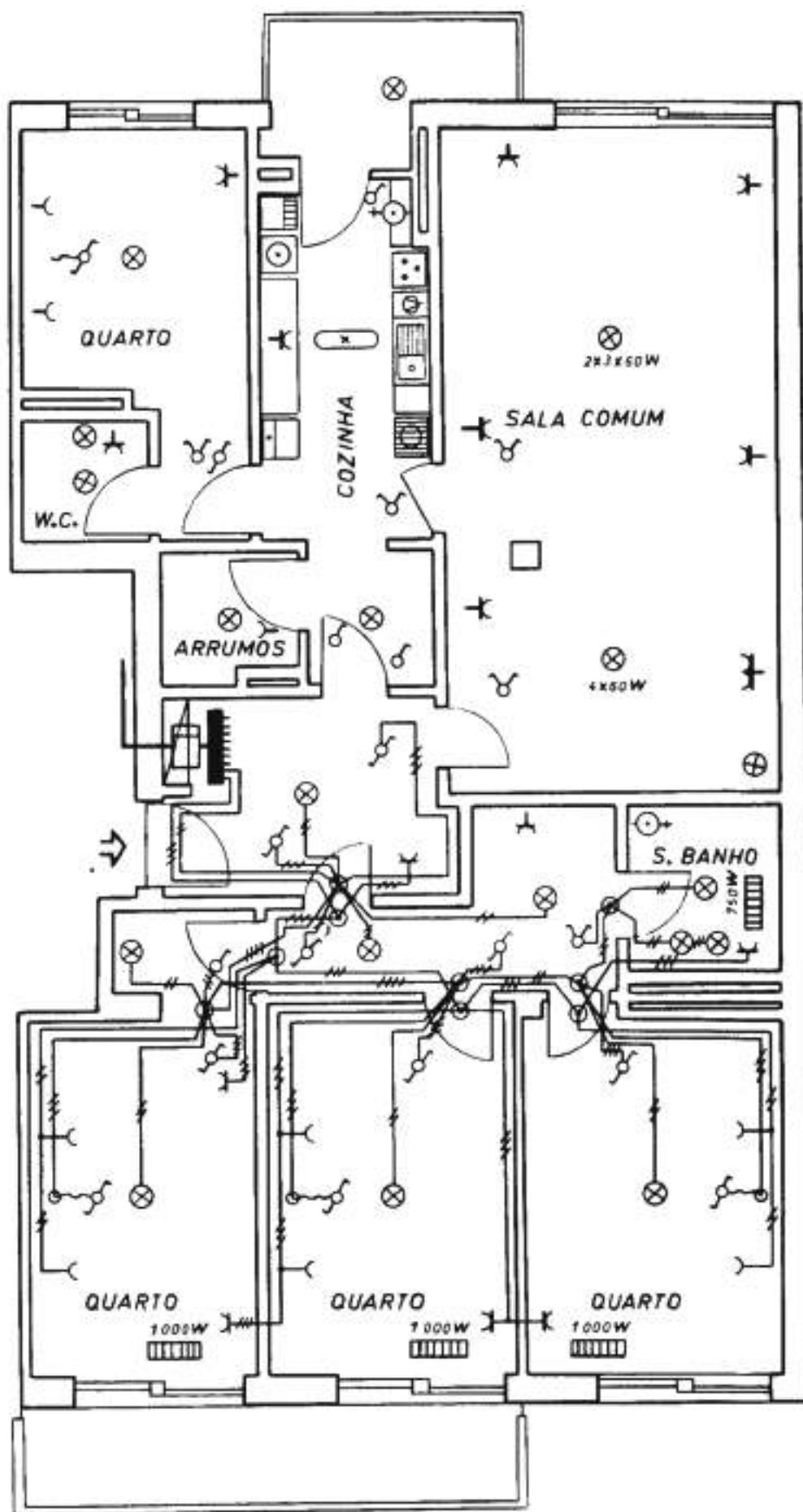


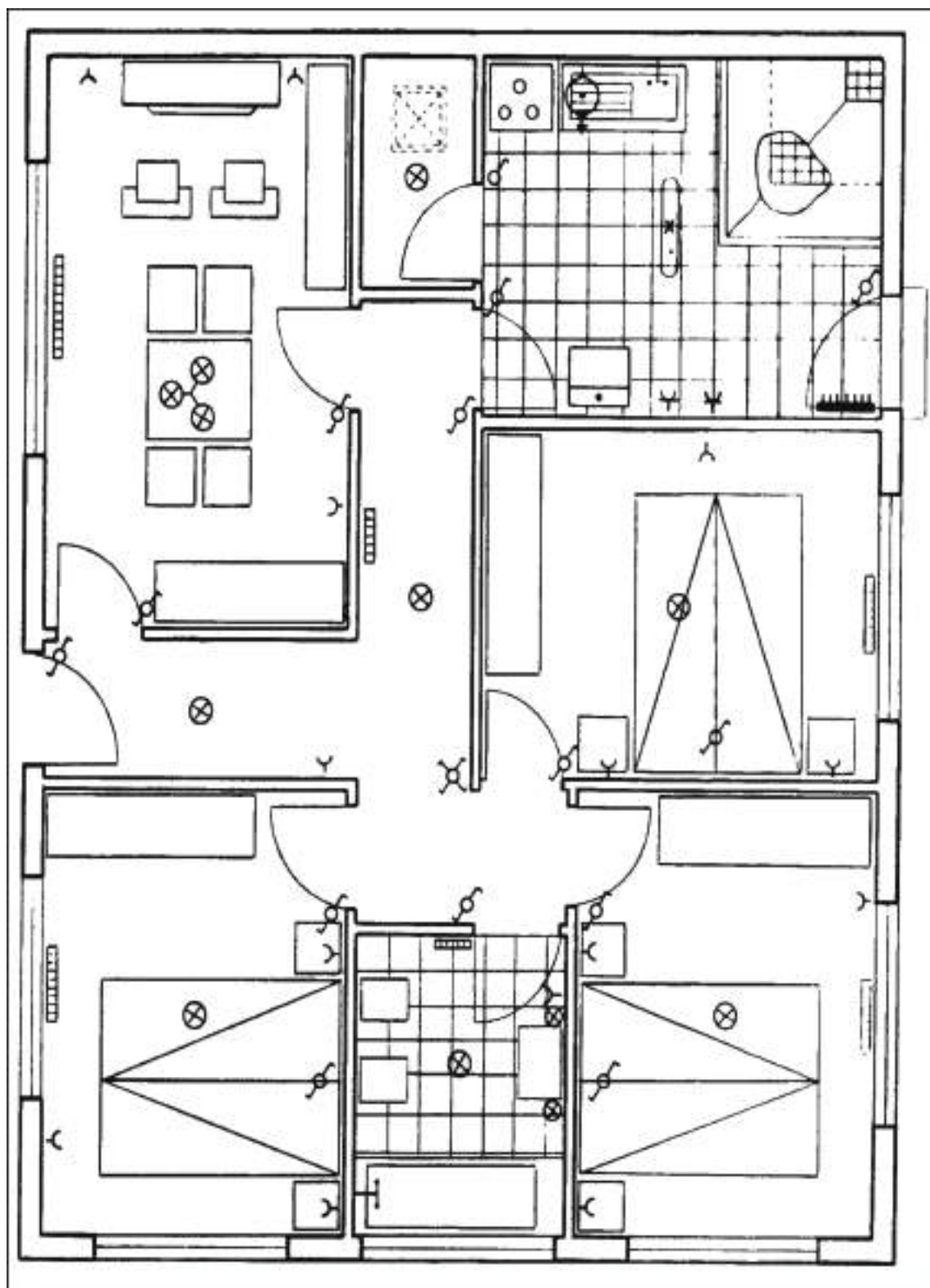
Material necessário



Fig. 97 – Plantas







Bibliografia

MATIAS, José, *Electricidade 1*. Lisboa: Didáctica Editora, 1997.

MATIAS, José, *Electrotecnia*. Lisboa: Didáctica Editora, 1992.

MATIAS, José, *Guia de Laboratório de Electricidade*. Lisboa: Didáctica Editora, 1993.

MATIAS, José, *Tecnologias da Electricidade*, vol 1e 2. Lisboa. Didáctica Editora, 2001.

PADILHA, António, *Electrónica Analógica*. Lisboa: McGraw-Hil, 1993.

PEREIRA, A., Silva, *Electricidade*, 10º ano. Porto: Porto Editora, 2004.

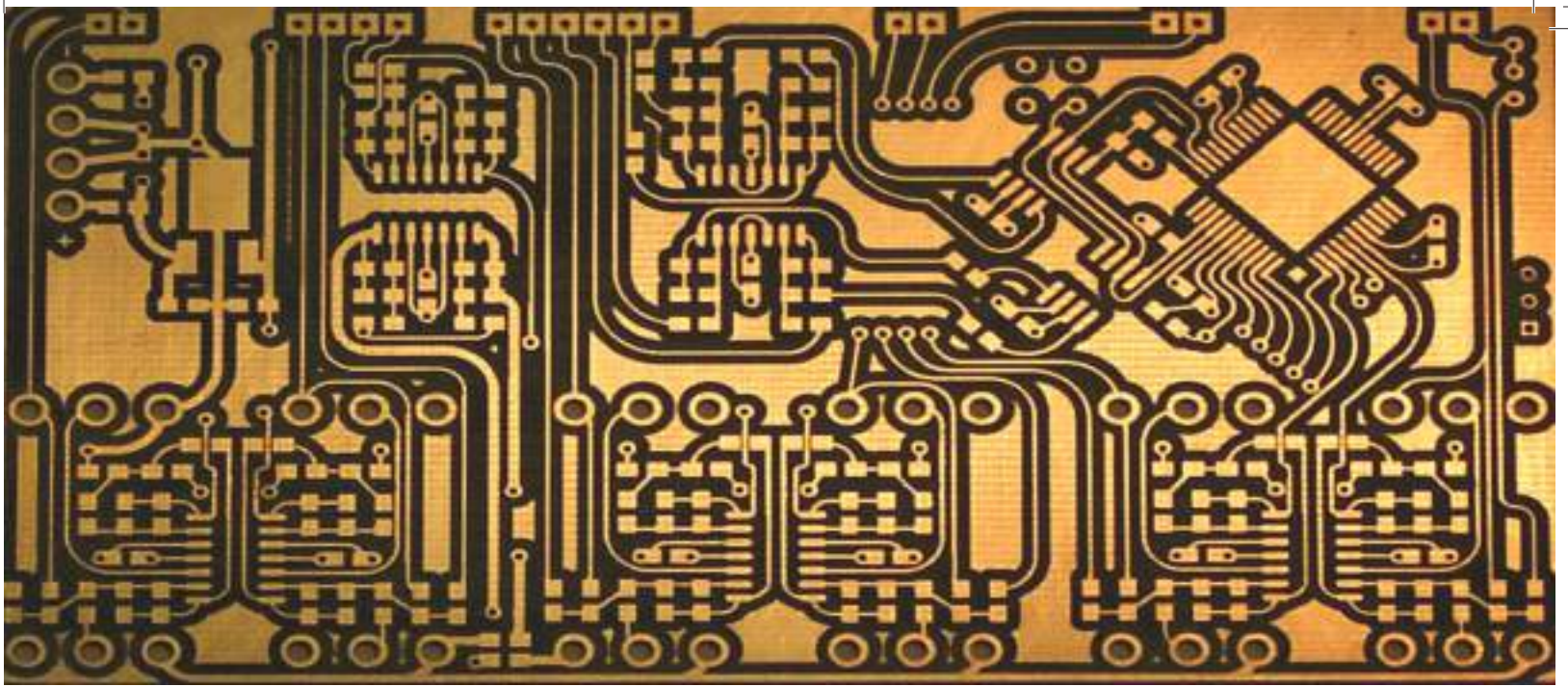
PINTO, António; ALVES, Vítor, *Práticas Oficiais e Laboratoriais*, 10º Ano. Porto, Porto Editora, 2002.

PINTO, António; ALVES, Vítor, *Tecnologias*, 10º Ano. Porto: Porto Editora, 2003.

ROSEIRA, António; SILVA, Fernandes da, *Electrotecnia: Corrente Alternada*, 10º e 11º Anos. Porto: Porto Editora, 1992.







Circuitos Impressos

Módulo 9

Caracterização do Módulo

Apresentação

Este módulo tem carácter prático pelo que as aulas deverão decorrer numa sala / oficina com condições ambientais corretas (boa iluminação, bem arejada, com água corrente e esgotos) e devidamente apetrechada (equipamentos, ferramentas e materiais) de modo a permitir aos alunos realizar placas de circuito impresso e efetuar operações de soldadura.

Objetivos de aprendizagem

- Conhecer os vários processos de fabrico de placas de circuito impresso
- Aplicar as regras de desenho de placas de circuito impresso
- Aplicar os processos de soldagem e dessoldagem de componentes electrónicos
- Aplicar os métodos de teste de circuitos electrónicos montados em circuito impresso
- Detectar avarias e efectuar as reparações em circuito impresso

Âmbito de conteúdos

- Técnicas de soldadura de componentes electrónicos
 - Soldadura com ferro de soldar
 - Soldadura com “banho” de solda
- Soldadura de componentes de montagem em superfície - SMD
- Desenho de circuitos impressos
 - Técnicas de interligação de componentes electrónicos em placa de circuito impresso
 - Desenho manual dos furos e pistas de interligação entre componentes
- Fabrico de circuitos impressos
 - Tipos de placas de circuito impresso virgens
 - Métodos de corte e limpeza das placas de circuito impresso



- Uso de um reagente químico para eliminar o cobre desprotegido das placas de circuito impresso
- Montagem de placas de circuito impresso
 - Cuidados a ter na montagem das placas de circuito impresso
 - Acabamentos e instalação das placas de circuito impresso montadas
- Teste de placas de circuito impresso
 - Análise e teste de circuitos electrónicos montados em placas de circuito impresso
 - Inspeção e levantamento de esquemas a partir de circuitos electrónicos montados em placas de circuito impresso



Utilização prática do programa EAGLE

Introdução

O programa Eagle é um programa de desenho de placas de circuito impresso (PCI).

Este programa é gratuito (freeware) e é relativamente fácil de utilizar, depois de se conhecerem os passos fundamentais.

Pode-se fazer download deste programa freeware (versão 4.14) em: <http://www.cadsoftusa.com/>

Em primeiro lugar deve desenhar-se o esquema elétrico pretendido (ficheiros de extensão *.sch) e, a partir desse esquema, o programa apresenta uma solução para o desenho das pistas. O desenho da placa de circuito impresso (PCI ou PCB) é apresentado em ficheiros de extensão *.brd.

Utilizando as bibliotecas de componentes existentes no programa, constrói-se o esquema elétrico que será usado como base no projeto da PCI. Assim sendo, é muito importante a seleção correta do componente, pois além da sua aplicação básica também servirão de referência as suas características gerais, tais como o tamanho, o encapsulamento, a potência, etc.

Após a elaboração do esquema é possível gerar uma PCI, através de um rascunho fornecido pelo programa. Este rascunho pode (e deve) ser alterado para a adequação e posicionamento físico dos componentes sobre a placa, de modo a facilitar a passagem das pistas, montagens, fixações mecânicas e outros requisitos.

Instalar o Programa

Localize no seu computador o disco onde está guardado o programa “eagle-4.14.exe”. Execute-o para iniciar a instalação e clique sobre a opção “Setup”.



Será apresentada a janela de boas vindas e de aviso de proteção do programa.
Clique sobre “Next”.



Em seguida será apresentada a janela de concordância com a licença e termos de utilização. Este software é de uso livre para fins educativos apresentando no entanto algumas limitações¹.

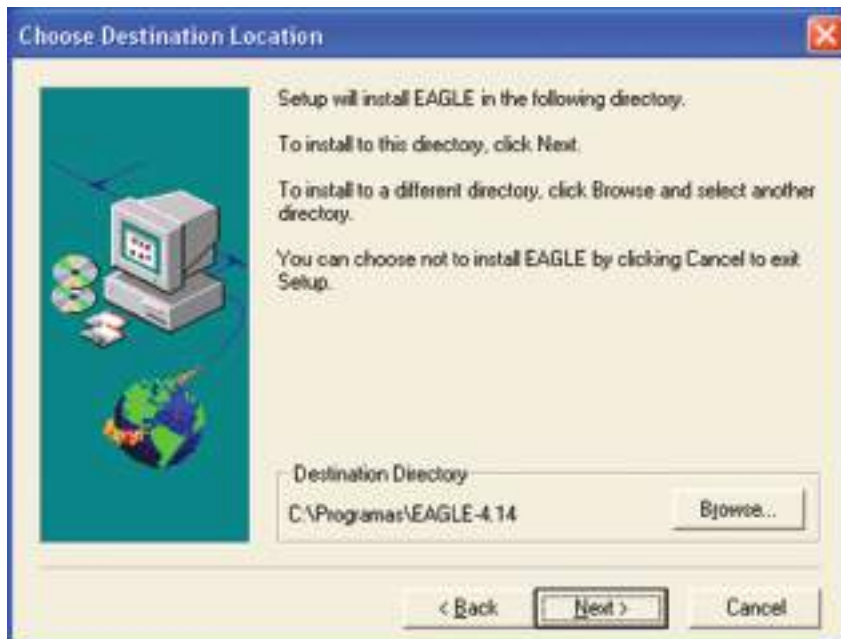
Clique sobre “Yes”.



¹ A área da placa (board) é limitada a 100 x 80 mm, o esquema elétrico fica limitado a uma só folha e só pode ser usado, no máximo, para placas de dupla face.



Será apresentada uma nova janela para a escolha da diretoria de destino da instalação do programa. Caso seja necessário, altere para a localização pretendida. Clique sobre “Next”.



A janela seguinte apresenta para simples conferência, um resumo dos parâmetros iniciais da instalação.

Clique sobre “Next”. Começará a instalação propriamente dita.



O processo de instalação é iniciado e pode ser acompanhado pela barra de progresso. Terminada a instalação, surge a janela de finalização. Caso não queira visualizar os ficheiros ou iniciar o programa, desselecione os quadrados. Clique em “Finish”.



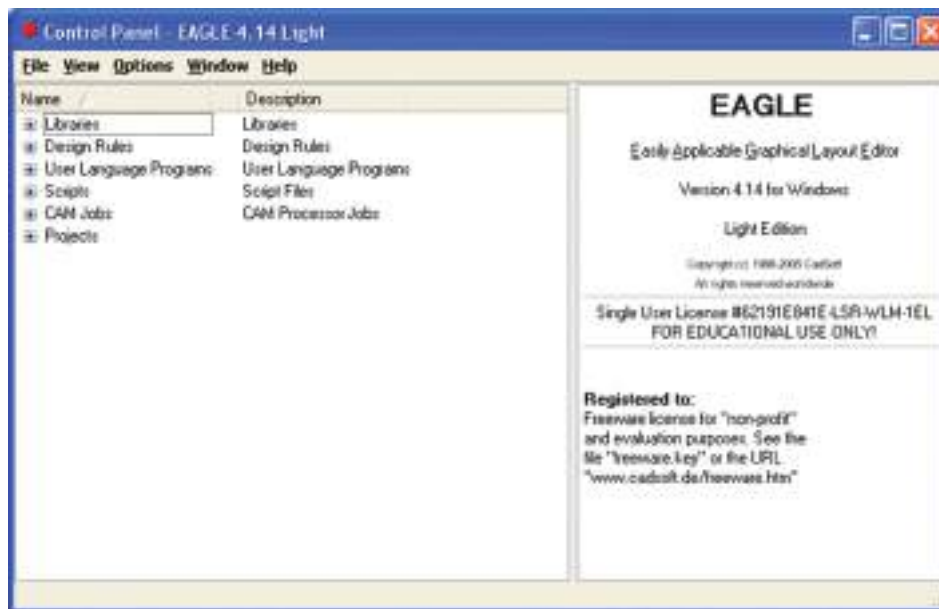
Quando executar o *software* pela primeira vez aparecerá uma caixa de diálogo a pergunta se tem uma licença pessoal. Selecione “**Run as Freeware**”.



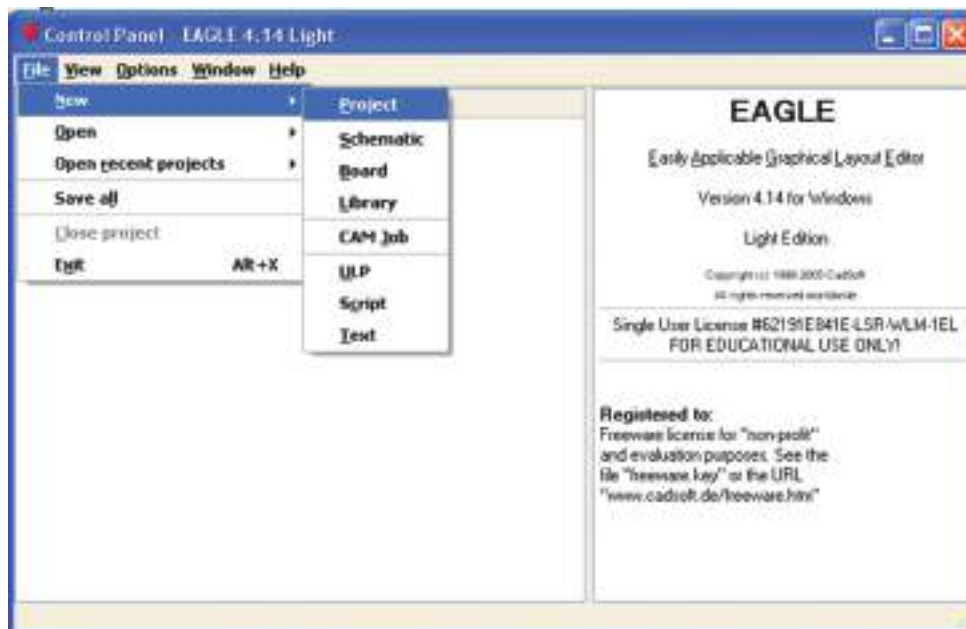
Executar o Programa

Executando-se o programa, surge a janela principal onde estão localizados os comandos básicos para criação e abertura de projetos. Entre estes, destacamos a diretoria “Projects”, onde originalmente são armazenados os projetos em elaboração ou já concluídos.





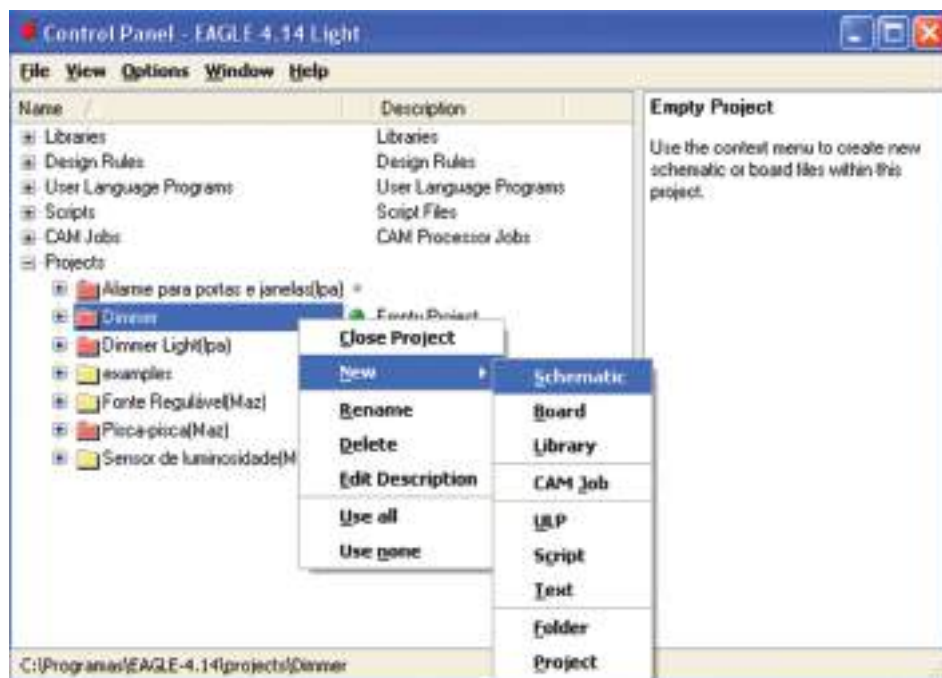
Como vamos realizar a aprendizagem através de um exemplo prático, devemos criar inicialmente um novo projeto para guardarmos os nossos trabalhos. Para esse efeito siga a seguinte sequência de comandos: (**File > New > Project**).



Vamos acrescentar um novo projeto ao qual vamos atribuir o nome “Dimmer”. Observe que à direita do nome, surge a frase “Empty Project”, indicando que ainda não tem nenhum conteúdo, ou seja, apenas a pasta foi criada.



Devemos então criar um novo esquema elétrico (**New> Schematic**), pressionando com o botão direito do rato sobre a pasta Dimmer, seguindo a sequência mostrada na figura a seguir.



Surge então a janela com os comandos e funções específicas para o desenho do esquema elétrico.



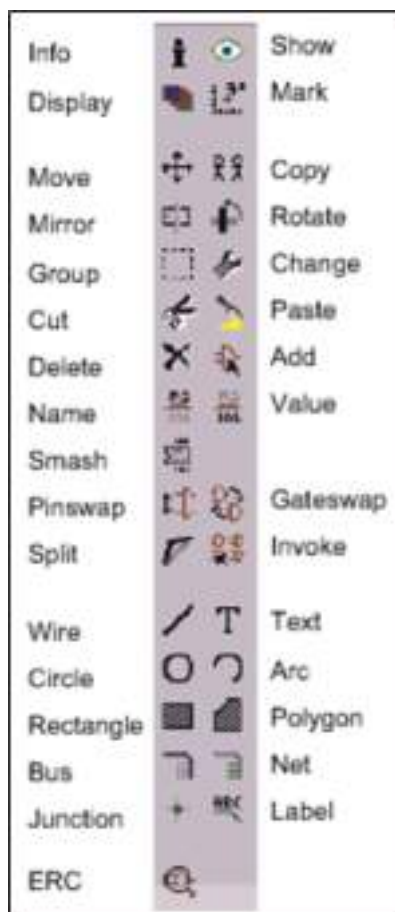
Barra de ação



- 1 - Abrir um documento.
- 2 - Gravar um documento.
- 3 - Imprimir um documento.
- 4 - Exportar um ficheiro para o formato de industrialização (CAM – Computer Aided Manufacturing).
- 5 - Passar do esquemático para a placa e vice-versa.
- 6 - Número de folhas.
- 7 - Utilizar a biblioteca.
- 8 - Executar um ficheiro script (*.scr).
- 9 - Correr um programa de linguagem de utilizador (*.ulp).
- 10 - Ajustar o desenho à janela.
- 11 - Ampliar o desenho.
- 12 - Reduzir o desenho.
- 13 - Redesenhar/limpar o desenho.
- 14 - Ampliar uma área seleccionada do desenho.
- 15 - Anular a última alteração.
- 16 - Refazer a alteração anterior.
- 17 - Cancelar comando.
- 18 - Executar comando.
- 19 - Ajuda do programa.



Barra de Ferramentas e Bibliotecas



INFO: Mostra as propriedades dos objetos selecionados.

SHOW: Mostra, na barra de *status*, os nomes e outros detalhes do objeto selecionado.

DISPLAY: Permite mostrar ou esconder as camadas (*layers*) que pretendemos que apareçam ou não no desenho ou impressão.

MARK: Permite selecionar a origem das coordenadas para a apresentação da posição relativa indicada na parte superior esquerda da janela (display de coordenadas).

MOVE: Permite mover um objeto selecionado.

COPY: Permite copiar um objeto.

MIRROR: Gera uma imagem invertida dos objetos e grupos relativamente ao eixo dos Y.

ROTATE: Permite rodar um objeto.

GROUP: Ativando esta função pode-se selecionar um conjunto de objetos.

CHANGE: Permite alterar as propriedades dos objetos.

CUT e PASTE: Com CUT pode-se guardar na memória um componente ou grupo e PASTE permite recuperá-lo e colocá-lo na área de trabalho



DELETE: Permite apagar um objeto selecionado.

ADD: Com esta função podem-se inserir no esquema os componentes que estão disponíveis nas bibliotecas.

NAME: Permite modificar o nome que o programa deu aos componentes e condutores utilizados.

VALUE: Permite definir ou modificar o valor de um objeto.

SMASH: Permite separar o nome do objeto do seu valor.

PINSWAP: Permite trocar pinos equivalentes.

GATESWAP: Permite trocar gates equivalentes.

SPLIT: Permite curvar uma linha já desenhada.

INVOKE: Pode ser utilizado para permitir a ligação do componente ativo a uma fonte de tensão diferente de VCC e GND.

WIRE: Permite desenhar linhas/condutores.

TEXT: Permite acrescentar etiquetas de texto a um elemento ou desenho.

CIRCLE: Permite desenhar círculos.

ARC: Permite desenhar arcos.

RECTANGLE: Permite desenhar retângulos.

POLYGON: Permite desenhar um polígono.

BUS: Permite desenhar barramentos de condutores paralelos.

NET: Permite fazer ligações elétricas ao bus e definir o dimensionamento das pistas.

JUNCTION: Serve para inserir um nó (numa derivação) ou para definir os terminais dos componentes.

LABEL: Permite colocar uma etiqueta com o nome dado a uma linha simples ou barramento.

ERC: (*Electrical Rule Check*) Esta é uma ferramenta que realiza uma verificação elétrica do circuito, detetando erros nos esquemas elétricos.

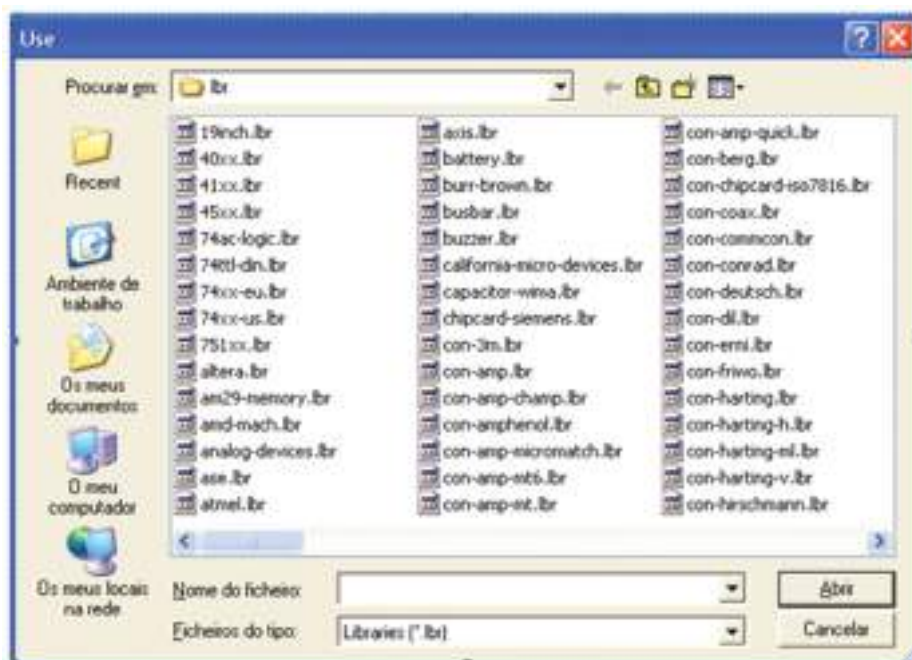
Os esquemas elétricos devem ser sempre desenhados com a grelha de 0,1 polegada (2,54 mm), porque as bibliotecas estão definidas para este valor. Os símbolos deverão ser colocados nesta grelha ou num múltiplo da mesma, uma vez que em caso contrário é possível que as pistas não possam ser ligadas aos pinos (terminais).

Vamos iniciar o desenho do esquema elétrico partindo da seleção e posicionamento dos componentes. Os componentes eletrónicos disponíveis estão agrupados por similaridade



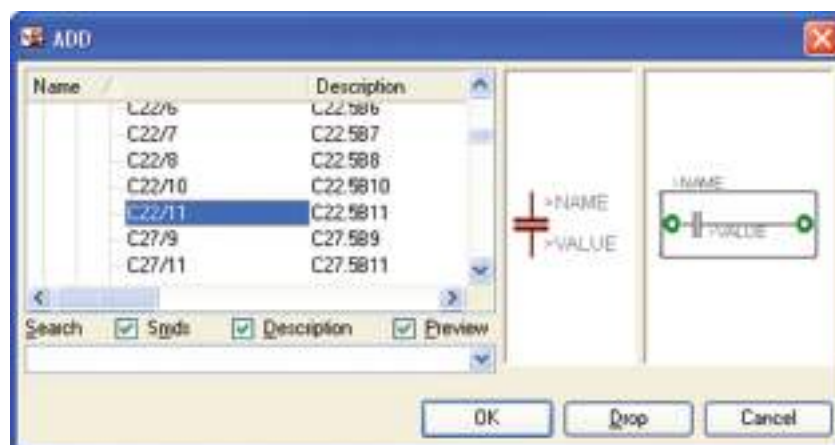
e/ou fabricante e organizados por ordem alfabética, em arquivos independentes denominados **bibliotecas** (ver anexo 1).

Se selecionarmos o menu **Library** e a opção **Use** podemos verificar que o Eagle já carregou todas as bibliotecas disponíveis.



Como podemos observar, em função da quantidade de bibliotecas, componentes e combinações entre os grupos, inicialmente haverá uma certa dificuldade em localizar o componente desejado.

Além disso, uma vez localizado, devemos decidir sobre qual entre as variações apresentadas é o mais adequado, para tal devemos utilizar as informações mostradas na janela à direita quando selecionamos uma biblioteca qualquer ou um componente.



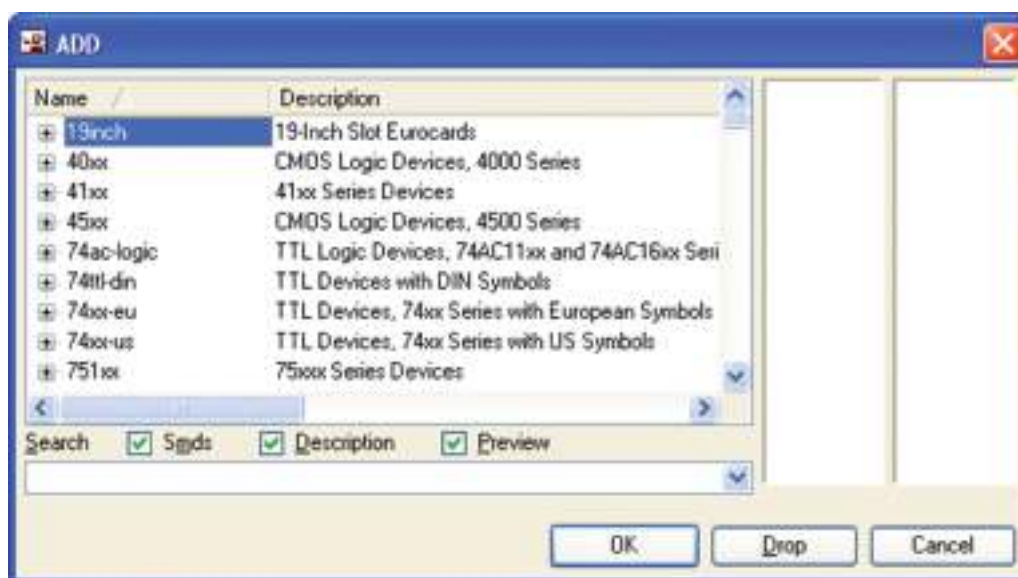
O componente selecionado **C22/11** é um condensador com as dimensões de 22mm x 11mm e com uma distância entre os terminais de 22,5 mm.



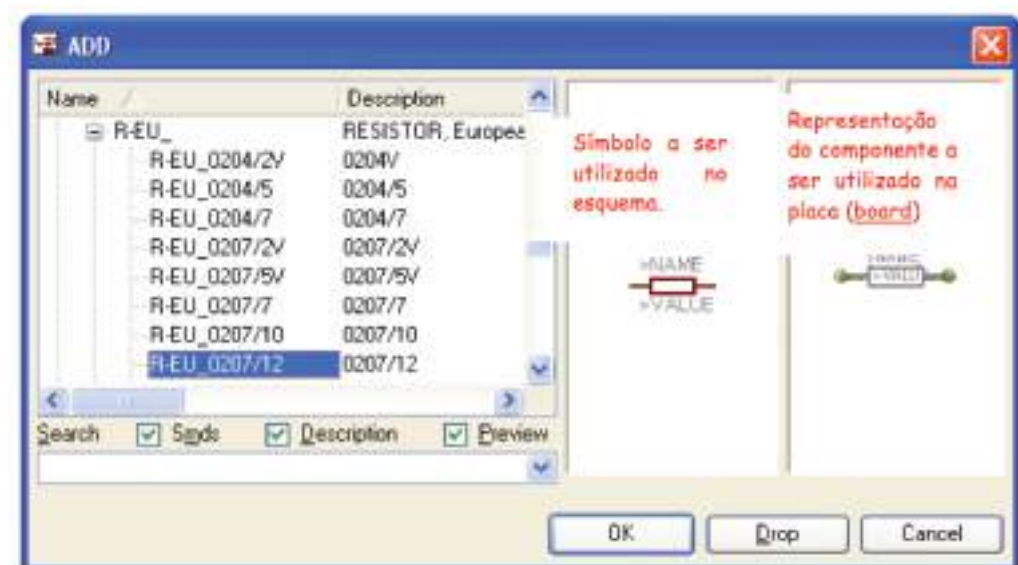
Adicionar componentes à área de trabalho

Uma vez que as bibliotecas estão disponíveis, para se inserir um componente utilizamos os comandos **Edit> Add** ou usamos o ícone

Surgirá a seguinte janela



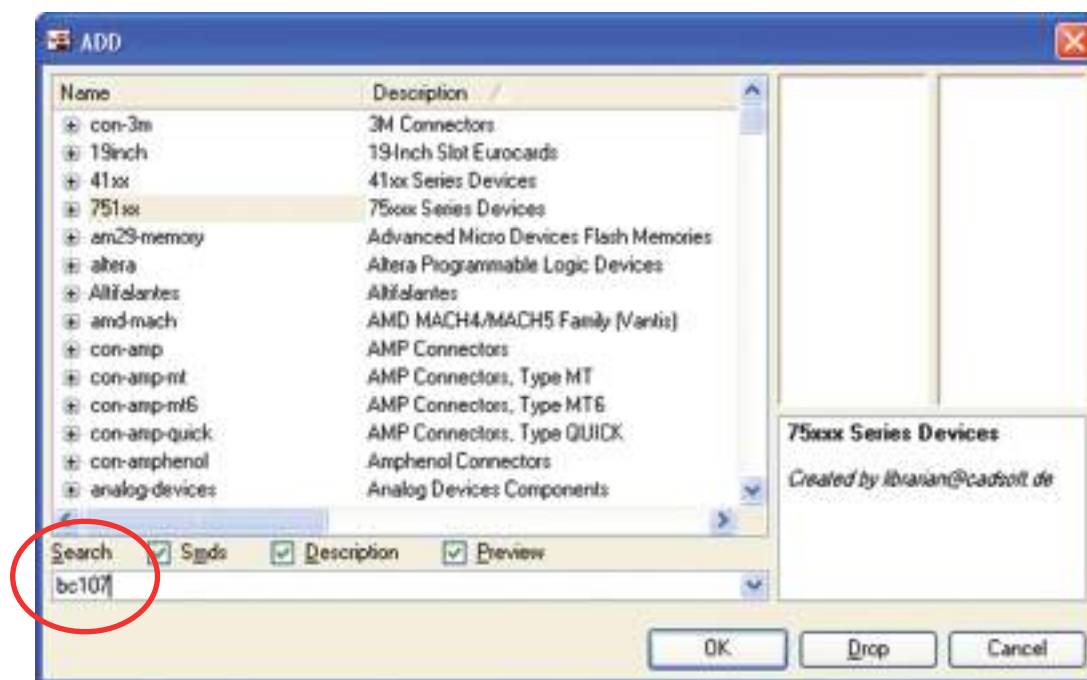
Faça um scroll da listagem de nomes, selecione e expanda a livreria “rcl “. Dentro desta biblioteca localize o componente “R-EU_0207/12” (lê-se: Resistência, símbolo **EU**ropeu, dimensões **2mm x 7mm**, distância entre as ilhas **12mm**).



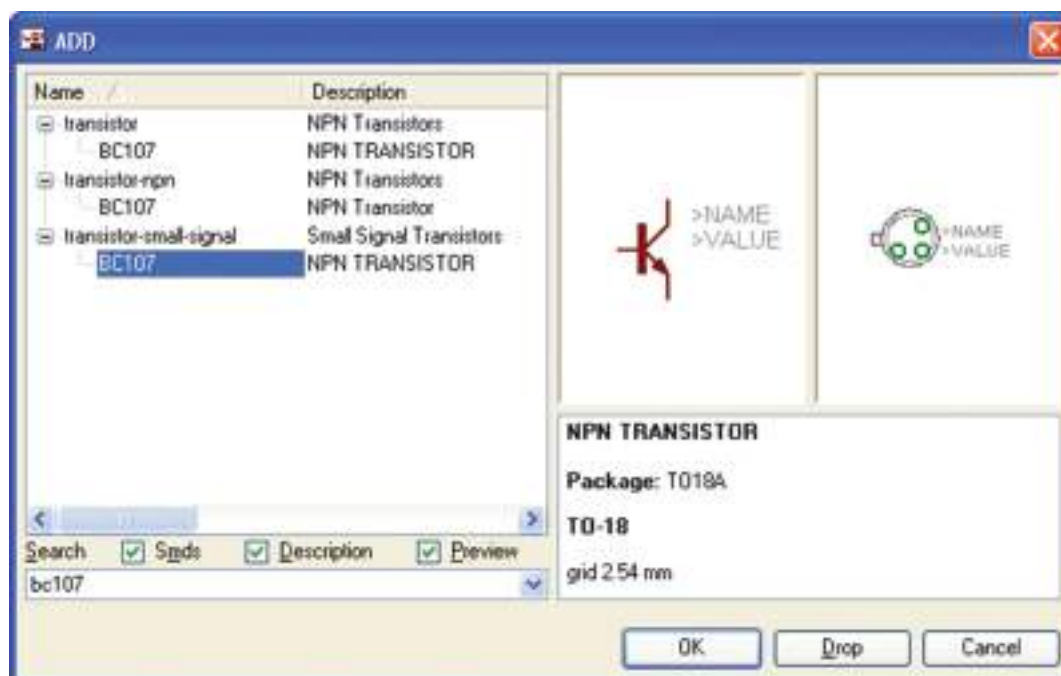
Nas janelas do lado direito pode ser vista a representação do componente (símbolo), a sua configuração física (ilhas, serigrafia) e o seu encapsulamento.



Para localizar nas bibliotecas um componente com um dado código alfanumérico específico deverá escrever esse código no campo “**Search**” da janela “**ADD**” e pressionar OK.



Surgirá a seguinte janela



Se pressionar em OK poderá colocar esse componente na área de trabalho.

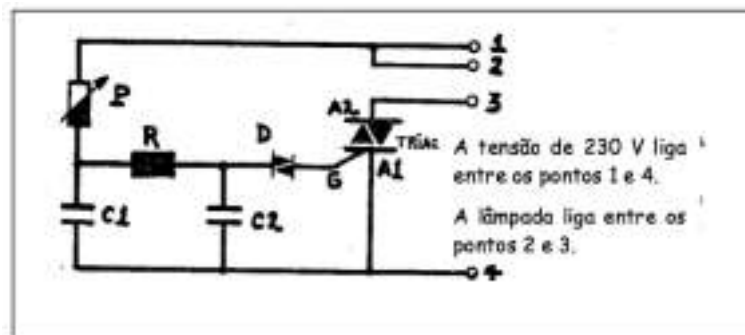
Nota: Se alguns dos componentes da listagem inicial parecem ter desaparecido quando usa a pesquisa dentro da janela do comando “Add” o que deverá fazer é dentro dessa janela apagar o que estiver no campo “Search” e pressionar OK.



Um exemplo: Dimmer light – Inserir os componentes

Para facilitar a aprendizagem vamos utilizar como exemplo o projeto de um regulador de intensidade luminosa.

Com base no esquema, devemos começar por dimensionar o tipo de componentes que serão utilizados e quais efetivamente serão montados na PCI.



Uma eventual primeira lista de componentes seria a seguinte:

- 1 - Resistência fixa linear de 18K
- 1 - Potenciômetro de 470K
- 2 - Condensadores de 47nF/400V
- 1 - Diac de 32V
- 1 - Triac BT137

Para obtermos previamente todas as dimensões dos componentes que vamos utilizar, a partir dos seus valores, podemos recorrer a um catálogo geral de componentes (por exemplo o catálogo geral da Farnell) ou comprar os componentes e medir as suas dimensões.

É de notar que nas bibliotecas deste programa, nem sempre existem os componentes com as dimensões exatas, tendo por isso de se escolher os que têm valores mais aproximados. Se um dado componente que é necessário não se encontra em nenhuma biblioteca, poder-se-á criar uma nova biblioteca de componentes.

Podemos iniciar o desenho do esquema elétrico no Eagle, para posterior geração da PCI. É de notar que o potenciômetro não será montado diretamente na PCI.

No caso da alimentação da rede por exemplo, deve ser prevista a sua ligação elétrica com a placa, colocando-se ilhas específicas onde serão soldados os fios. A mesma coisa

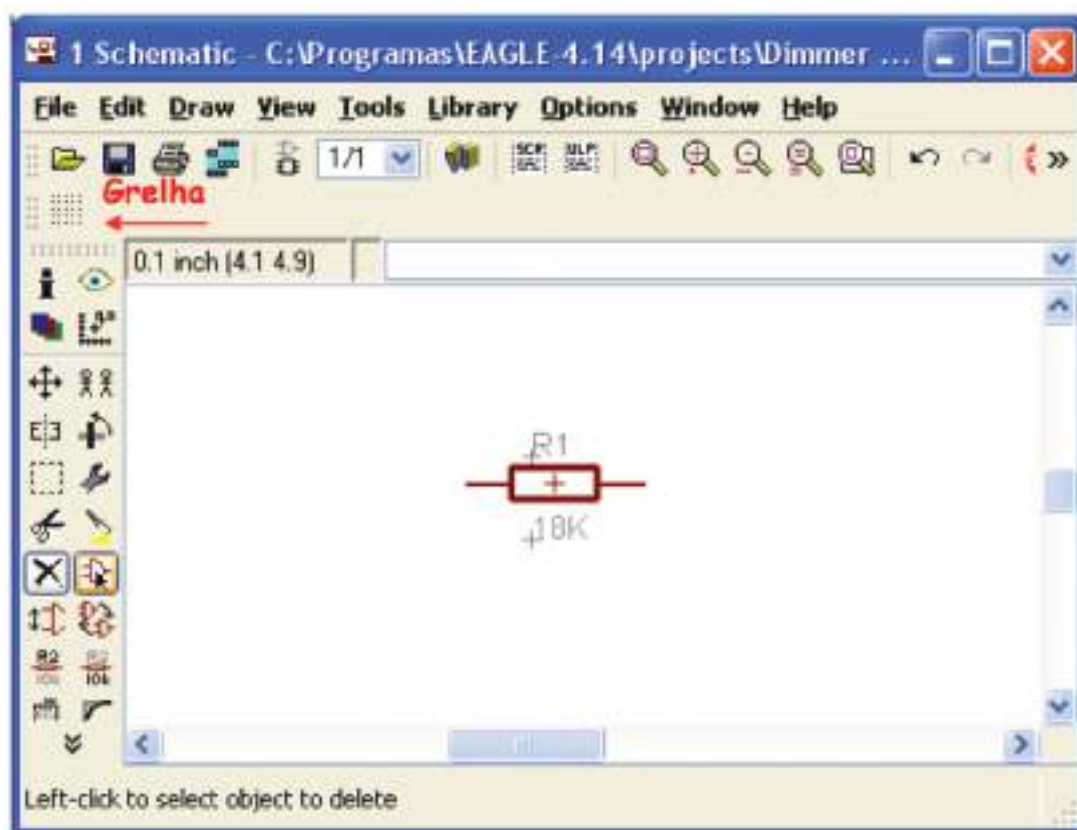


deve ser feita com a carga (lâmpada), onde deverão ser usadas duas ilhas para a ligação através de fios.

Temos que considerar a possibilidade de montar um dissipador de calor no triac, caso a potência da carga a controlar seja grande.

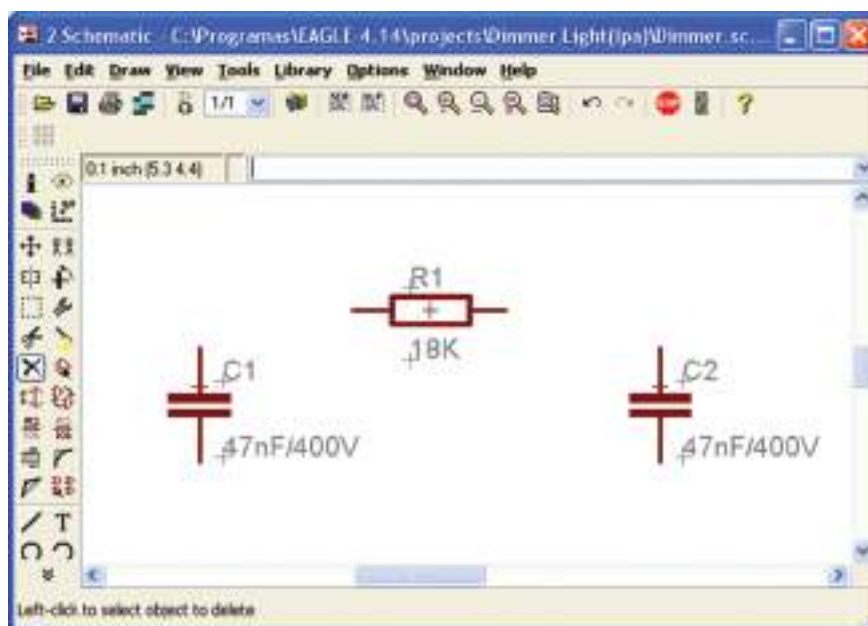
Selecione o projeto gravado anteriormente no Eagle (Dimmer) e crie um novo esquema. Execute o comando "Add".

Localize e abra a biblioteca "rcl". Selecione a resistência "R-EU_0207/12" e clique em OK. Posicione a resistência no esquema clicando uma vez com o botão esquerdo do rato. Para fazer a rotação do componente de 90° antes de posicioná-lo utilize o botão direito do rato. Pressione a tecla ESC para finalizar a colocação da resistência e voltar para a seleção de bibliotecas.



Utilizando os comandos "Name" e "Value" altere os nomes e valores dos componentes. Com o comando "Smash" (clique em **Smash** e em seguida use **Move**) podemos deslocar os nomes e valores dos componentes para posições mais adequadas no desenho. Ainda na biblioteca "rcl" selecione o condensador C-EU150-054 x 183 e clique em OK. Coloque os dois condensadores no esquema.

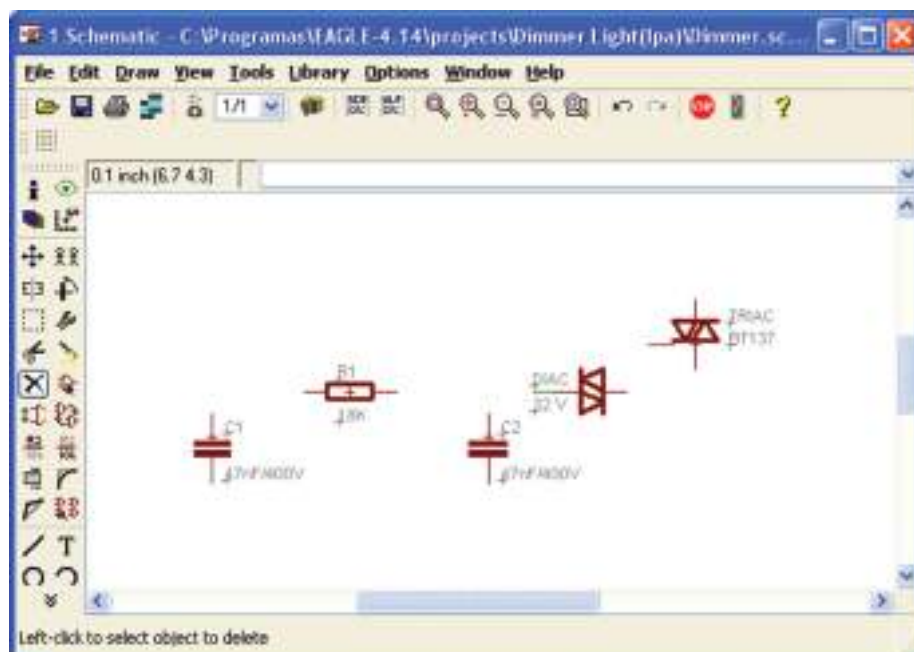




Se pretender mover um componente use o comando **“Move”**.

Deve utilizar o comando **“Rotate”** se pretender rodar um componente e o comando **“Delete”** se pretender apagá-lo.

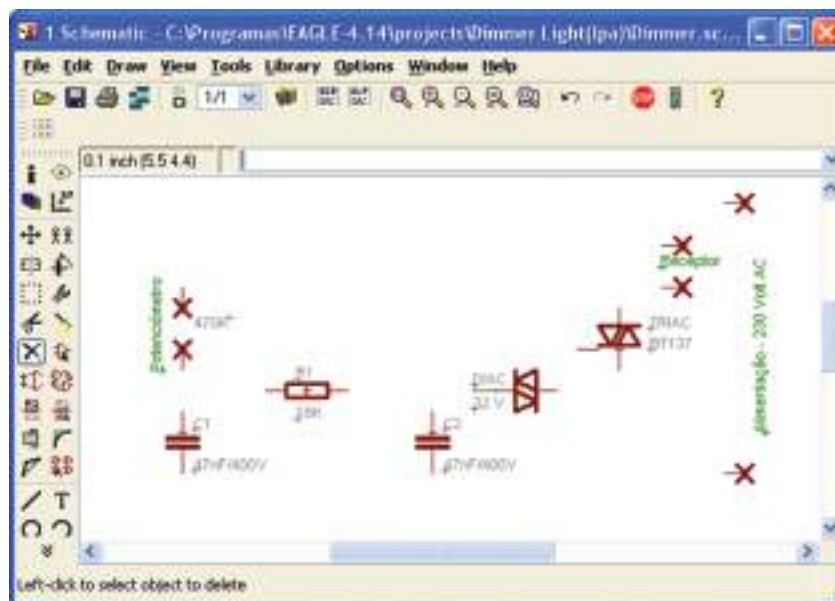
Feche a biblioteca **“rc1”**, abra a biblioteca **“triac”** e selecione o diac GT32. Coloque o componente no esquema. Na mesma biblioteca selecione o triac TIC225S e coloque-o no esquema.



Ainda necessitamos de colocar as ilhas para a soldagem dos fios do potenciómetro, alimentação da rede e recetor.

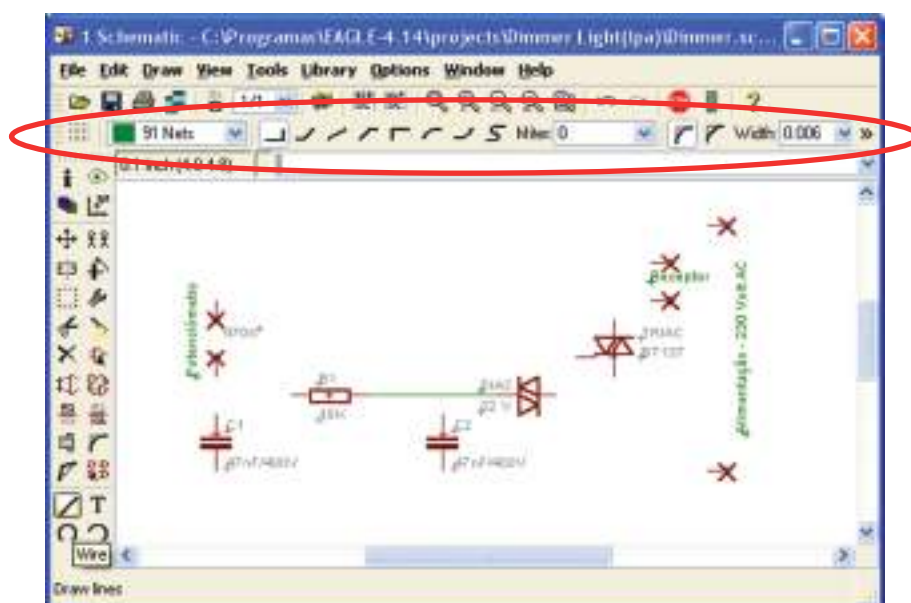


Feche a biblioteca “**triac**”, abra a biblioteca “**wirepad**” e escolha a ilha desejada conforme o seu diâmetro externo e o diâmetro do furo de solda. Neste exemplo utilizaremos a ilha de 2,54/1,0.



Para acrescentar texto ao esquema (potenciômetro, recetor...) utilize o comando “Text”. Pressione a tecla ESC para finalizar a colocação das ilhas e feche a biblioteca “wirepad”.

Um exemplo: Dimmer light – Ligar os componentes

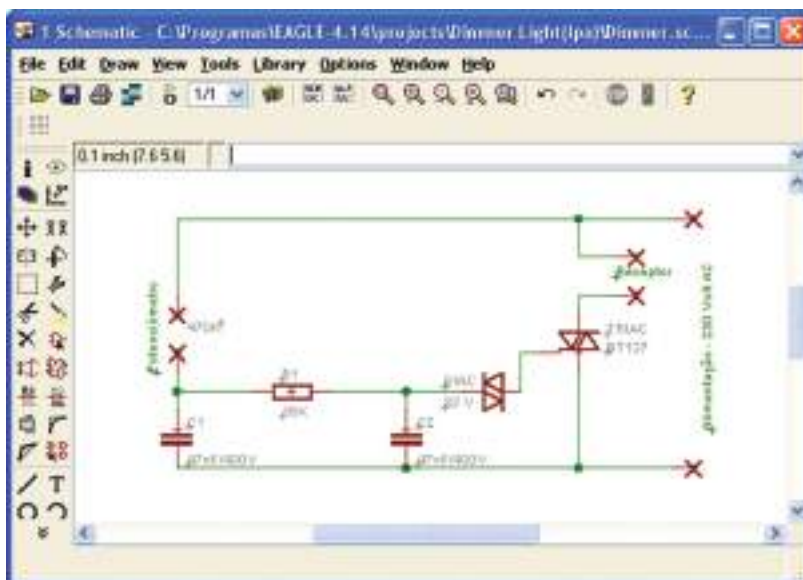


Selecione primeiro o comando “**Wire**” na barra de ferramentas e conforme o nosso esquema inicial comece a interligar os componentes.



Com um clique do rato num dos terminais inicia-se a linha e com dois cliques no outro terminal (ou Esc) conclui-se a ligação.

Observe que ao seleccionar o comando “Wire” surgem algumas opções de configuração na parte superior da janela do Eagle. Com estas opções podemos ajustar os parâmetros das linhas que iremos desenhar. Podemos alterar os “formatos” das linhas (ângulo reto, 45 graus, curvas e espessura da linha).



Continue a desenhar as linhas de interligação entre os componentes até completar o circuito. Finalize-o colocando os nós elétricos utilizando o comando “**Junction**”.

Para terminar, faça a verificação do esquema utilizando o comando “Erc” e corrija os eventuais erros apontados.



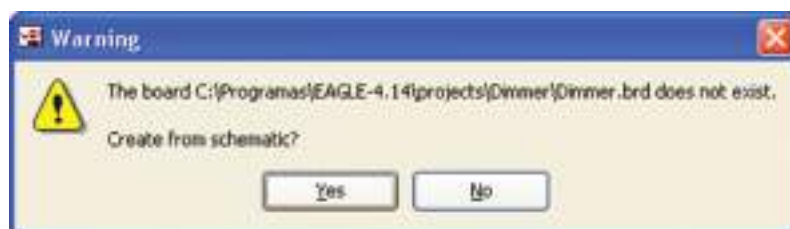
Certifique-se de ter gravado o esquema com o nome Dimmer e vamos passar para a criação da PCI.

Um exemplo: Dimmer light – Criar o layout

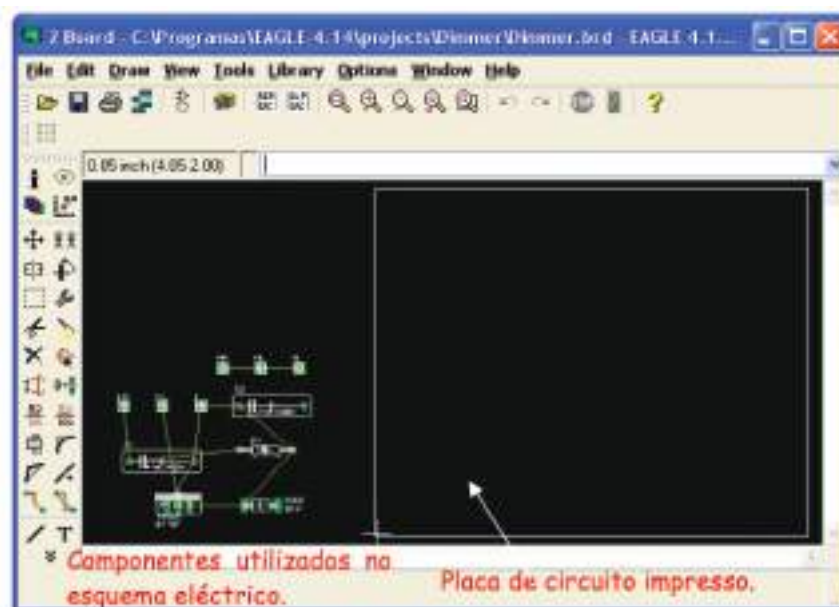
Utilize os comandos “**File**”>> “**Switch to board**” ou clique no ícone



Responda afirmativamente à pergunta se quer criar uma nova PCI.



Observe que automaticamente será criada uma nova janela apresentando à esquerda os componentes utilizados no esquema elétrico, com interligações cruzadas, posicionados ao lado de uma área retangular (PCI). A partir deste rascunho inicial iremos posicionar adequadamente estes componentes na placa para gerarmos o layout final da PCI.



Grave o ficheiro desta placa (“**File**”>> “**Save**”).

Antes de se iniciar a criação da PCI, observe que algumas novas funções (sublinhadas a vermelho) foram acrescentadas na barra de ferramentas.

REPLACE: Permite trocar o encapsulamento a um componente, por outro da mesma livreria

SPLIT: Permite quebrar uma pista.

OPTIMIZE: Unir segmentos de fio.

ROUTE: Permite criar manualmente uma pista a partir de uma ligação já estabelecida

RIPUP: Permite converter uma pista numa ligação não “routeada”.

VIA: Permite desenhar os furos quando é necessário passar uma pista de uma camada para outra.



SIGNAL: Permite gerar ligações entre ilhas de componentes (pads). Estas ligações devem ser logo “routeadas” manualmente (ROUTE) ou de forma automática (AUTO).

HOLE: Permite desenhar a marcação dos furos para a fixação da placa.

RATSNEST: Calcula a mínima distância entre os pontos de ligação eléctrica.

AUTO: Permite efectuar a traçagem das pistas automaticamente.

DRC (Design Rule Check): Faz a verificação das regras de desenho. (Ver anexo 4)

ERRORS: Apresenta os erros encontrados pela análise das regras de desenho (DRC) - (Ver anexo 4)


Semelhante ao que se fez no esquema eléctrico, também aqui é conveniente termos um rascunho da distribuição desejada, principalmente em função das dimensões mecânicas gerais da placa (tamanho da caixa, pontos de fixação, dissipação térmica, etc.).

A seguir deveremos mover os componentes para dentro da área da placa, para isso use o comando **Move** da barra de ferramentas



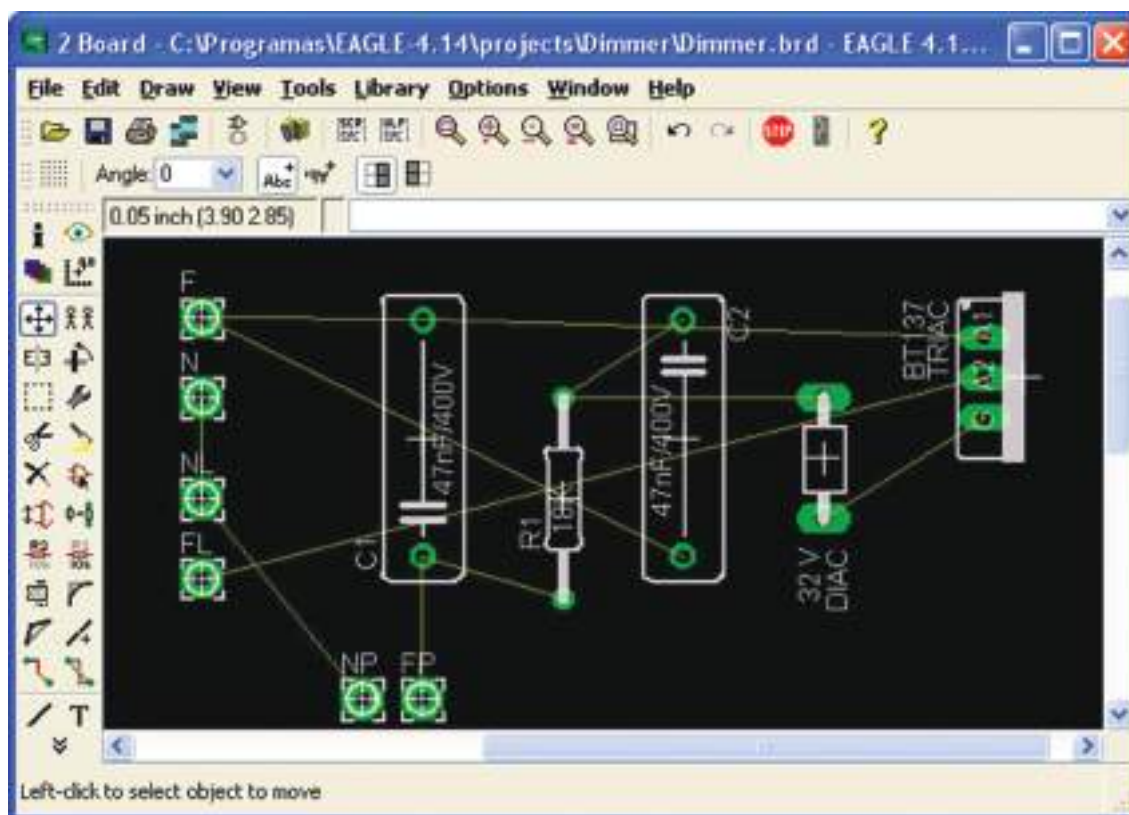
Posicione os componentes conforme a sua preferência e conveniência com o projeto. Durante a movimentação do componente pode girá-lo utilizando o botão direito do rato, de modo a encontrar uma posição mais favorável à passagem das pistas.

NOTA: Quando se inicia o desenho do circuito impresso a partir do esquema, o programa não permite a inclusão de novos componentes nem de ligações eléctricas que não figurem no esquemático, para desta forma se manter a consistência entre eles.


Clicando no seguinte ícone  poderá, se necessário, aceder ao esquemático correspondente.

Uma primeira apresentação seria a seguinte (pode tentar outras possibilidades).





Observe que o triac foi posicionado com sua face metálica “para fora” da PCI, em função da possível montagem de um dissipador de calor.

Após mover os componentes, execute o comando “Ratsnest”  para organizar as pistas de referência. Verifique o layout quanto à necessidade de mais ajustes, tais como rodar ou mover algum componente para facilitar a passagem das pistas.

Verifique a existência de erros que possam comprometer a PCI utilizando os comandos Tools>> “ERC” e “Errors”, ou clique nos ícones.



Se não houver nenhuma indicação de erro vamos gerar as pistas automaticamente, indo a “Tools”>> “Auto”² ou clique no ícone



2 Se pretender traçar as pistas manualmente, clique no ícone “Route”, que se encontra na barra de ferramentas, e clique com o rato numa extremidade de um componente e deslize o rato segundo o traçado que pretende até ao próximo terminal, onde voltamos a clicar. Repita as operações para o restante traçado.



Na janela de configuração apresentada (**Autorouter setup**), na opção **General** mude a opção disponível em “**Preferred Directions**” no item “**1 Top**” para **N/A** (não aplicável) e pressione o botão OK.



Top:

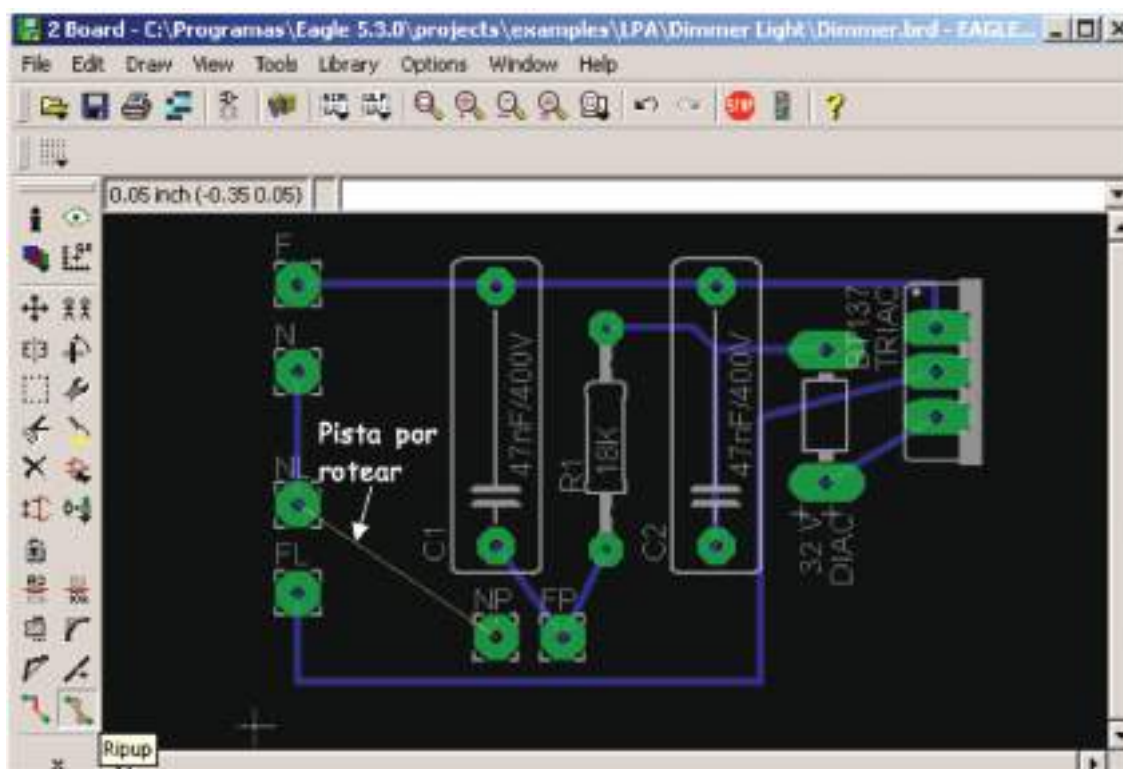
Lado de cima da placa (lado dos componentes).

Bottom:

Lado de baixo da placa (lado da solda)

Conforme a disposição dos componentes adotada, as pistas serão geradas automaticamente, resultando num layout preliminar. Este layout pode ser alterado, de modo a se organizarem as pistas da forma mais adequada, mudar os “ângulos” utilizados, etc. Para desfazer o roteamento sem perder o posicionamento utilize o menu **Edit** e o comando **Ripup** ou o ícone (Ripup) da barra de ferramentas (ver figura) e clique sobre os segmentos das pistas que pretende alterar.

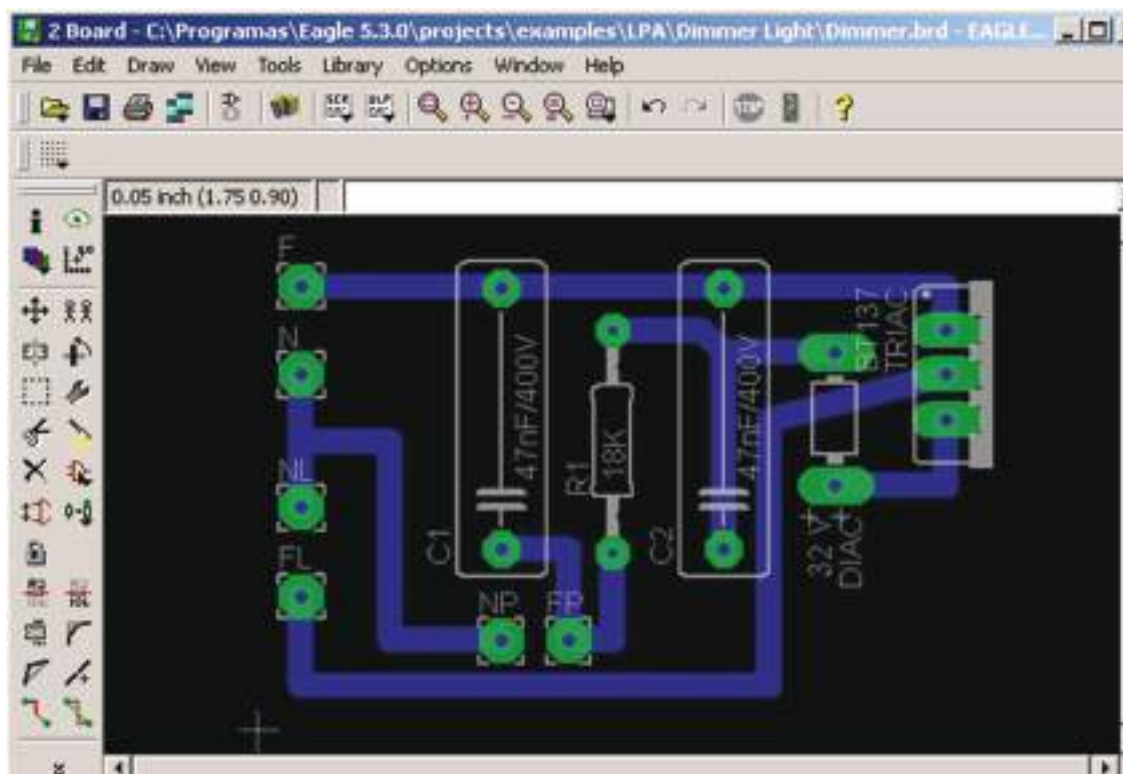





Como resultado teremos esta pista ainda não “roteada”, ou seja, agora podemos utilizar o comando “**Move**” e deslocar o que for necessário.

Vá a “**Tools**”>> “**Auto**” e refaça as pistas novamente.

O resultado destas alterações pode ser visto na imagem seguinte.



Se considerar que as pistas são muito finas, poderá alterar a sua espessura com o ícone  Change / Width, selecionando a espessura desejada.

Seguidamente, é necessário clicar nas pistas para alterar a sua espessura.

Nota: Todas as alterações feitas no esquema serão aplicadas automaticamente na placa. No caso da inclusão de novos componentes no esquema serão estes colocados fora da área da placa para serem posteriormente posicionados por nós no seu interior.

Um exemplo: Dimmer light – Furos de fixação

Agora que o layout está pronto, vamos finalizar a PCI selecionando os locais para os furos de fixação e definindo o contorno para o recorte da placa de circuito impresso.

Para facilitar o posicionamento ative a grelha através do comando “View” >> “Grid”.

Selecione **On** para ver a grelha. Selecione o tipo de grelha: pontos (**Dot**) ou linhas (**Lines**).



Nota:

1 inch (polegada) ↔ 2,54 cm

0,05 inch (polegadas) ↔ 50 mil (milésimas de polegada).

Caso o fundo (background) esteja preto, mude-o para branco. Para efetuar esta alteração no fundo, selecione o menu **Options>>User Interface** e faça a mudança. Deixe o fundo (background) branco.





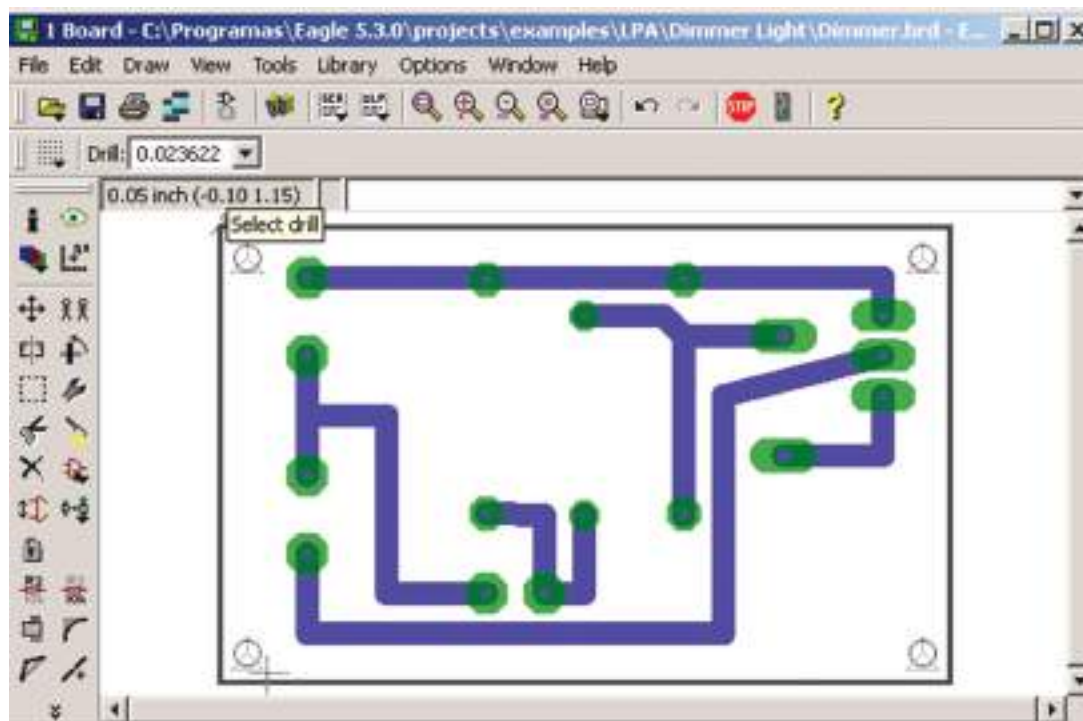
Para marcar os locais de furação selecione o menu **“Draw”>> “Hole”** ou clique em



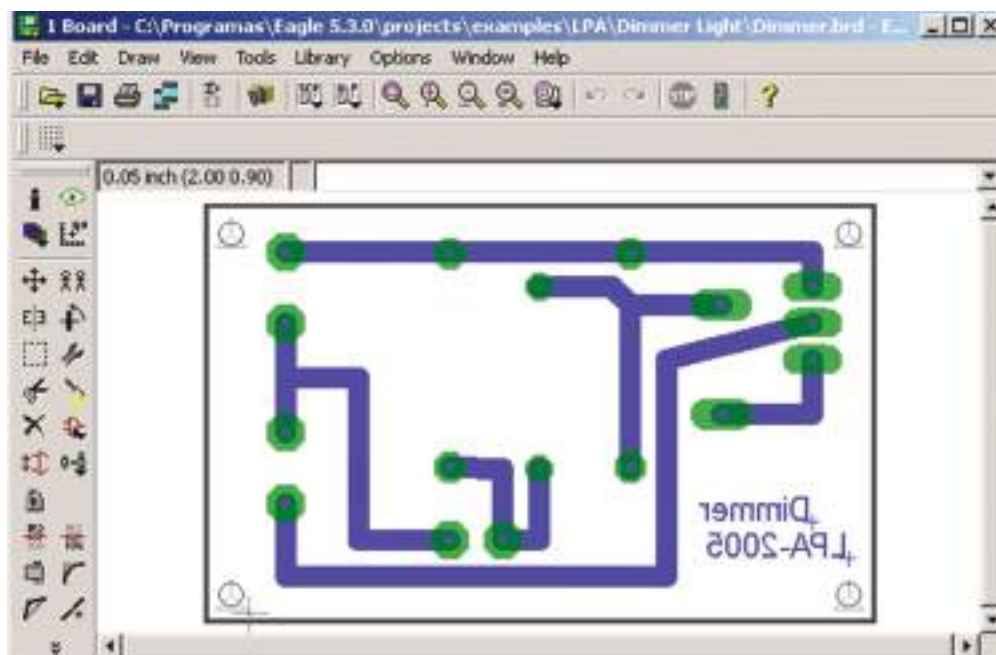
Após essa seleção, aparecerá um menu PopUp, **Drill**, onde poderá escolher o diâmetro do furo.

Posicione os quatro pontos para furação da placa.

Lembre-se que estes pontos serão usados apenas como guia de furação e posteriormente, utilizando-se uma broca de 3mm, deverão desaparecer da placa.



O passo seguinte é o de ajustar os bordos da placa de circuito impresso. Para isso podemos selecionar o comando **“Move”** e clicando sobre os cantos da linha de contorno deslocá-la até à posição desejada. Neste exemplo não nos preocupamos com as dimensões mecânicas e outros parâmetros referentes à caixa de montagem. Com a ferramenta **“Text”** pode-se adicionar o texto desejado, facilitando a identificação do projeto



Um exemplo: Dimmer light – Impressão

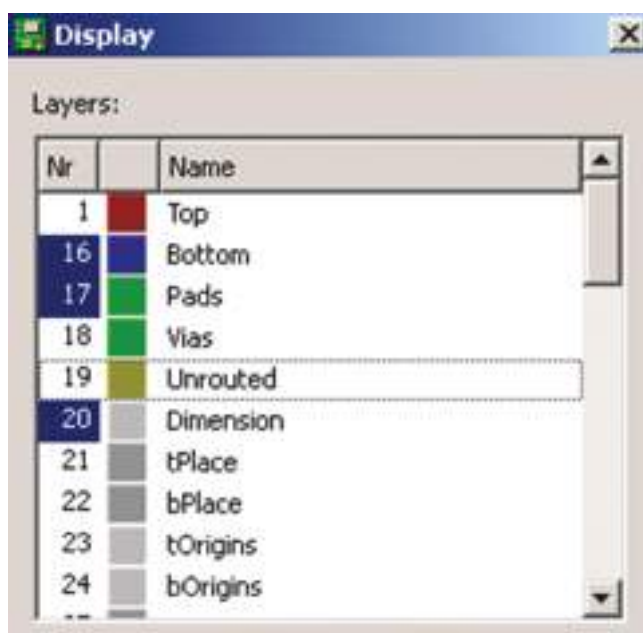
A última etapa consiste na impressão do circuito, seja para a documentação do projeto ou para o fabrico da PCI.

Antes de imprimir é aconselhável que se desativem temporariamente as camadas (layers) indesejadas. Deste modo, podemos imprimir apenas as ilhas e pistas (para o fabrico da PCI) ou apenas a serigrafia e as ilhas (para a documentação do projeto).

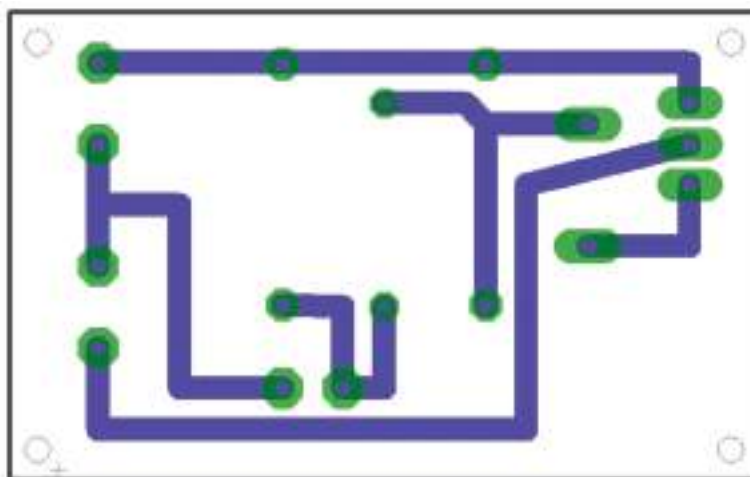
Para isso utilizamos os comandos **View>> Display/Hide Layers** ou o ícone 

Na janela que surge, clique sobre o número da layer para desativá-la (branco) ou ativá-lo (azul) conforme pretendido.





Na janela está seleccionada a camada **Bottom** (pistas de cobre) **Pads** (ilhas) e **Dimension** (contorno da placa) para serem visíveis. Obtemos o seguinte resultado:



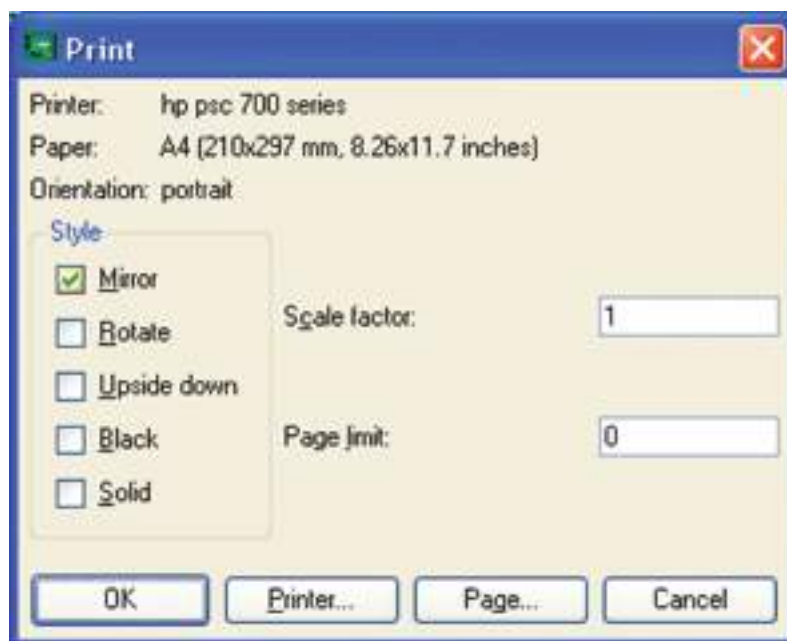
Esta será a impressão a ser utilizada na folha de acetato, pois temos apenas os elementos que devem aparecer na face cobreada a ser corroída.

Porém existe um detalhe muito importante, pois no Eagle a visão que temos da PCI corresponde à sua vista superior, olhando-se através da face de componentes, ou seja, estamos a visualizar as pistas e ilhas como se a placa de circuito impresso fosse totalmente transparente.

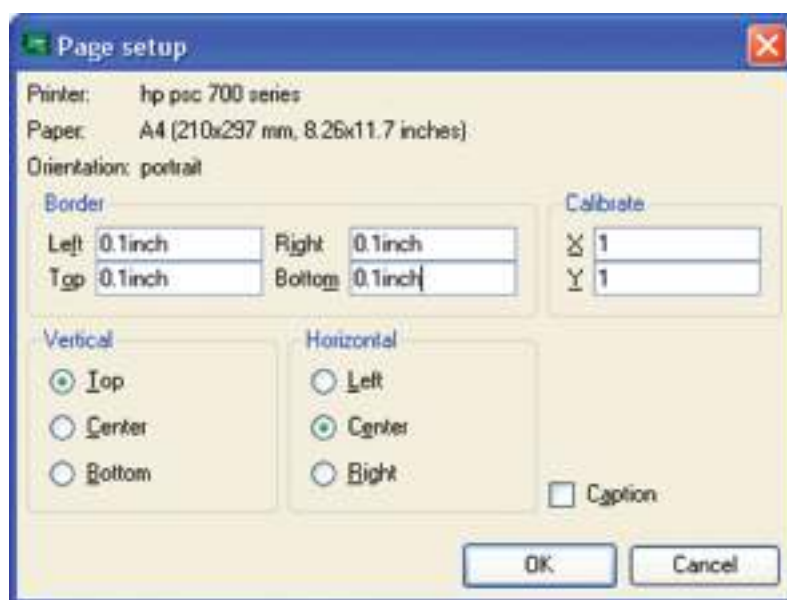
Isto significa que a impressão desta vista deve ser feita de modo “espelhado”.

Para isso, ao seleccionar os comandos **File>> Print** deve certificar-se que a opção **Mirror** esteja assinalada antes de prosseguir.





Nesta janela também podemos alterar alguns parâmetros na opção “Page”. Com as alterações indicadas abaixo, pode posicionar a impressão em qualquer parte da página permitindo um melhor aproveitamento do papel.



No exemplo da figura ao lado a impressão seria feita na parte superior da folha (Top) e no centro da mesma (Center).

Uma vez que estas características podem variar conforme o tipo de impressora utilizada, antes de imprimir em acetato próprio para impressora faça alguns testes de impressão em papel comum e ajuste os parâmetros conforme a impressora disponível.



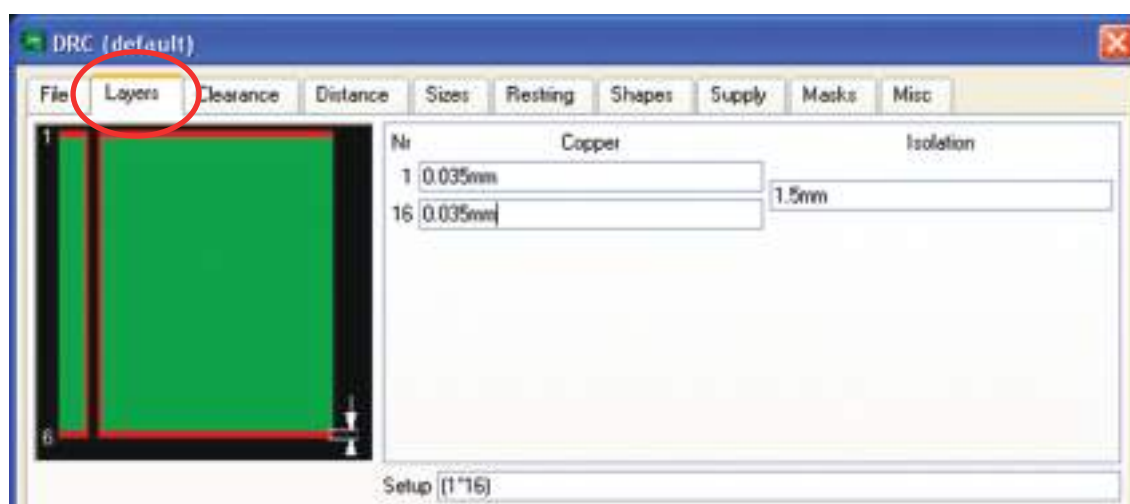
DRC – Design Rule Check

O DRC é a ferramenta que define as regras de verificação para o roteamento automático, aplicadas na conceção de uma placa.

Podem-se definir diversos parâmetros como:

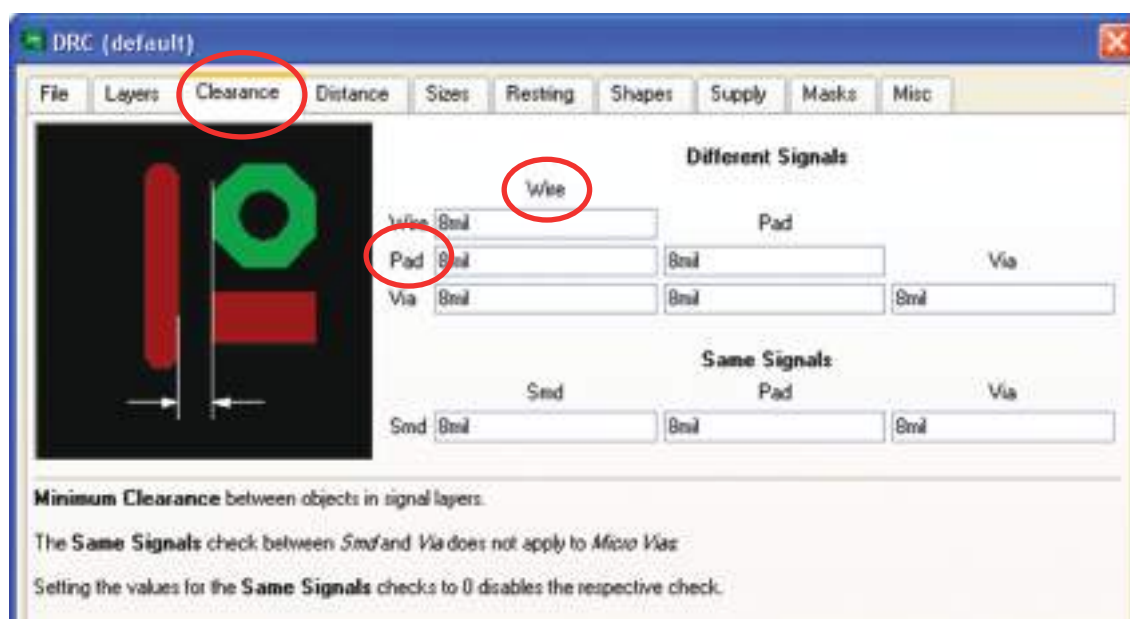
Layers permite definir a espessura do cobre da placa (*Copper*) as camadas permitidas para o desenho das pistas (*Setup*) bem como a espessura do isolamento (*Isolation*) entre elas.

No exemplo da figura estamos a visualizar a espessura da face inferior de cobre (0,035mm = 35 microns).



Clearance permite definir o espaçamento mínimo entre pistas (*Wire*), entre ilhas (*Pad*), entre vias (*Via*), entre pista a pad, entre pista e via, etc.

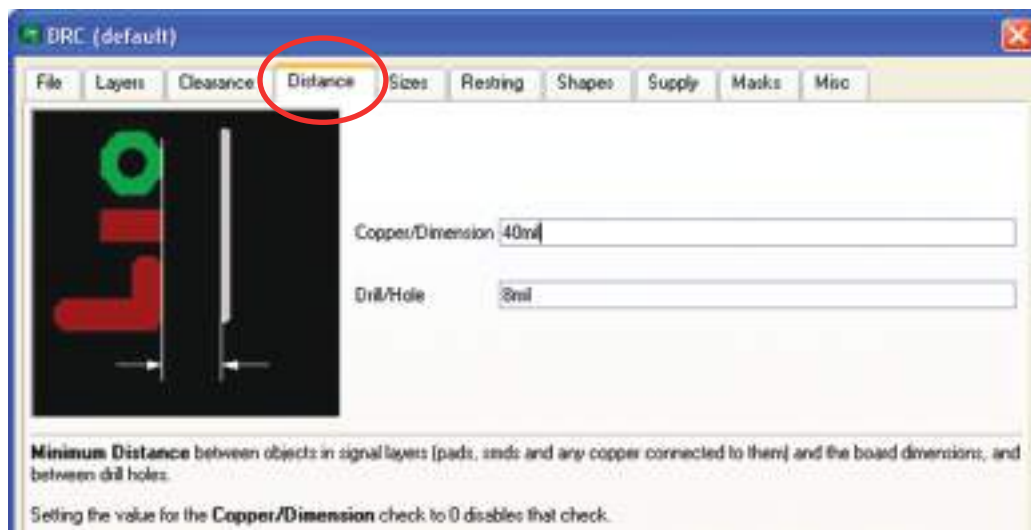
No exemplo da figura estamos a visualizar a distância entre a pista e a ilha.



Distance permite definir o espaçamento mínimo entre os vários elementos (pistas, ilhas, vias) relativamente aos limites da placa (*Copper/Dimension*).

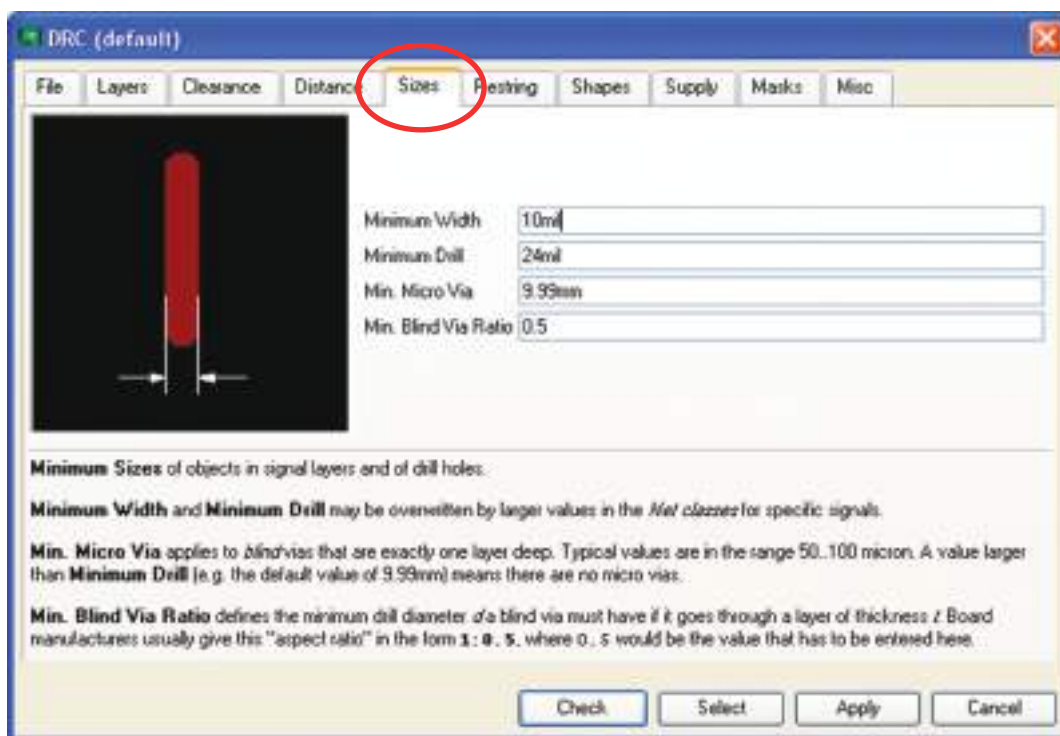
Também permite definir a distância mínima entre os furos dos pads (ilhas), entre os furos das vias e entre os furos da placa (*Drill/Hole*).

No exemplo da figura estamos a visualizar a distância entre pistas, ilhas ou vias em relação ao limite da placa.



Sizes permite definir a largura mínima das pistas (*Minimum Width*) e o diâmetro mínimo dos furos das vias (*Minimum Drill*).

No exemplo da figura estamos a visualizar a largura mínima da pista.

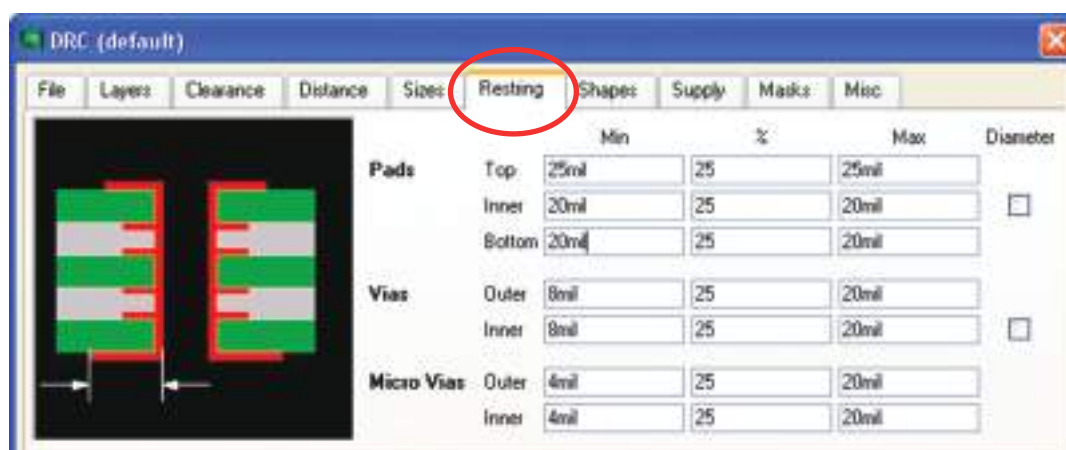


Restring permite definir o diâmetro das ilhas (pads) e vias.

Restrings são especificados como percentagem do diâmetro do drill (limitados pelos valores de Min e Max).

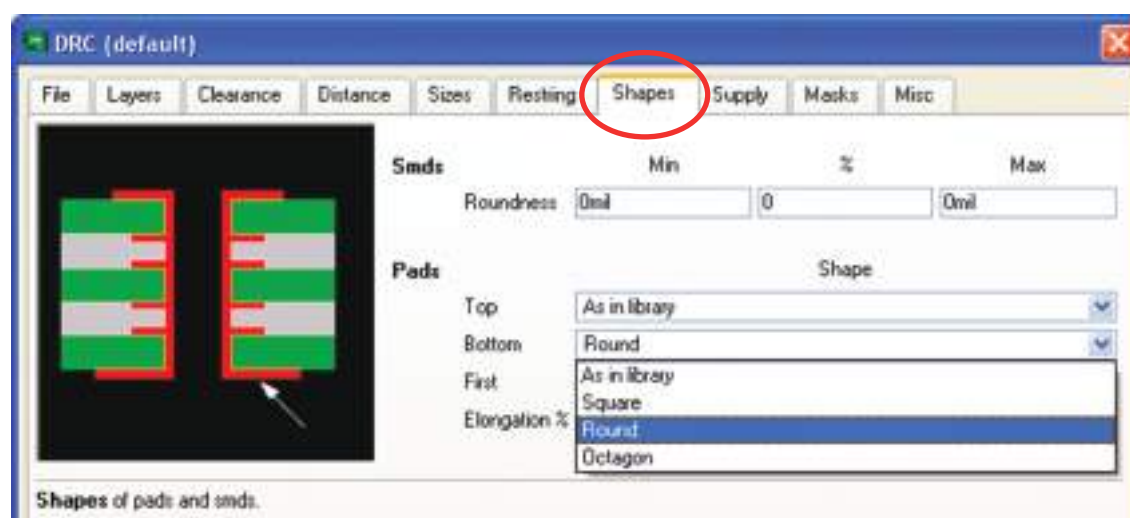


No exemplo da figura estamos a visualizar o tamanho mínimo da ilha na face inferior da placa.

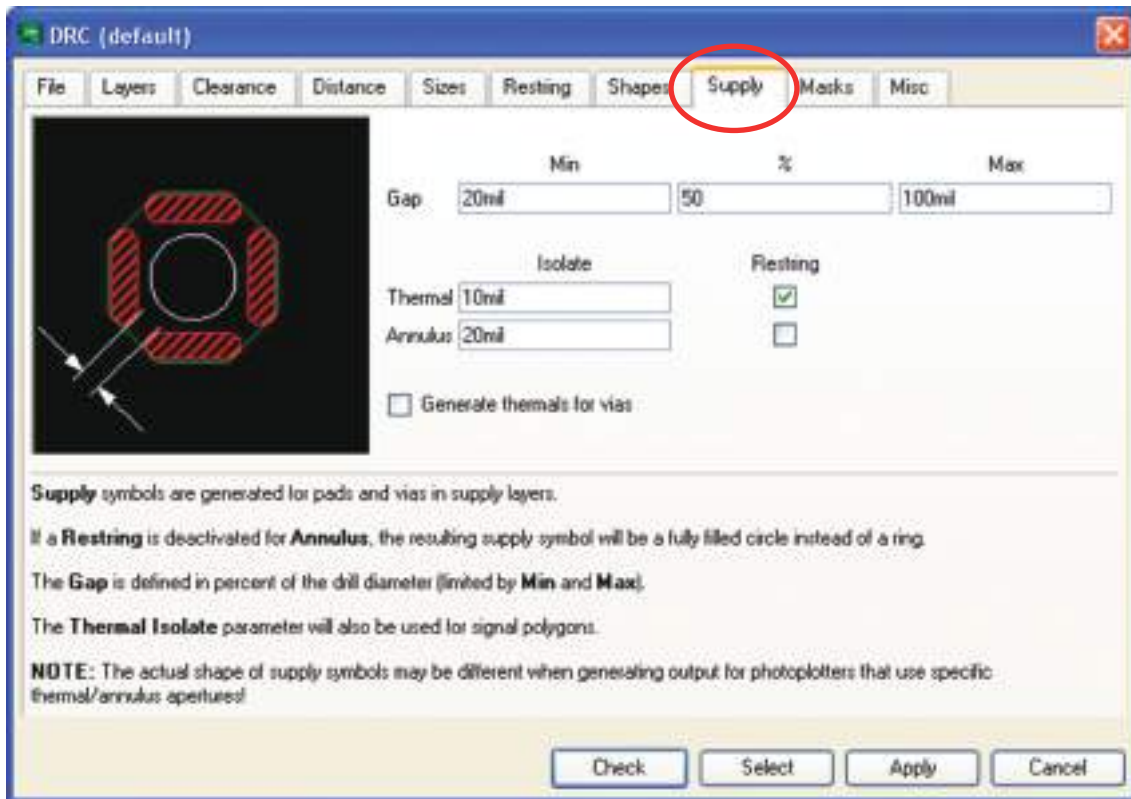


Shapes permite definir a forma das ilhas (pads) e o seu arredondamento para os componentes SMD.

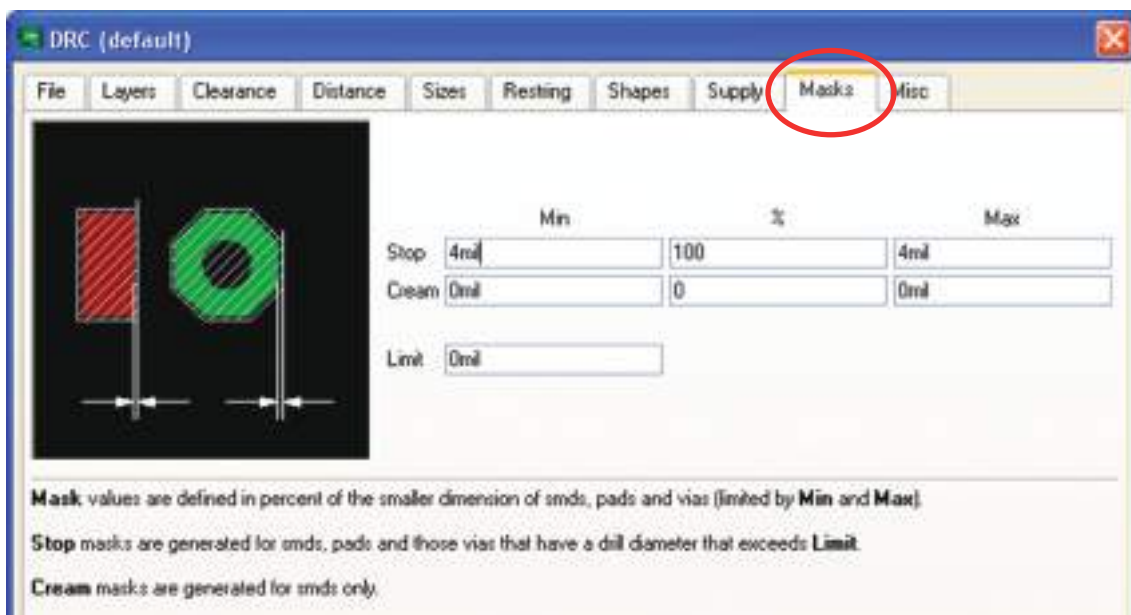
No exemplo da figura estamos a selecionar o formato redondo para as ilhas (pads) da face inferior da placa.



Supply permite definir as dimensões mínimas e máximas das ilhas (pads) usadas para a alimentação do circuito.



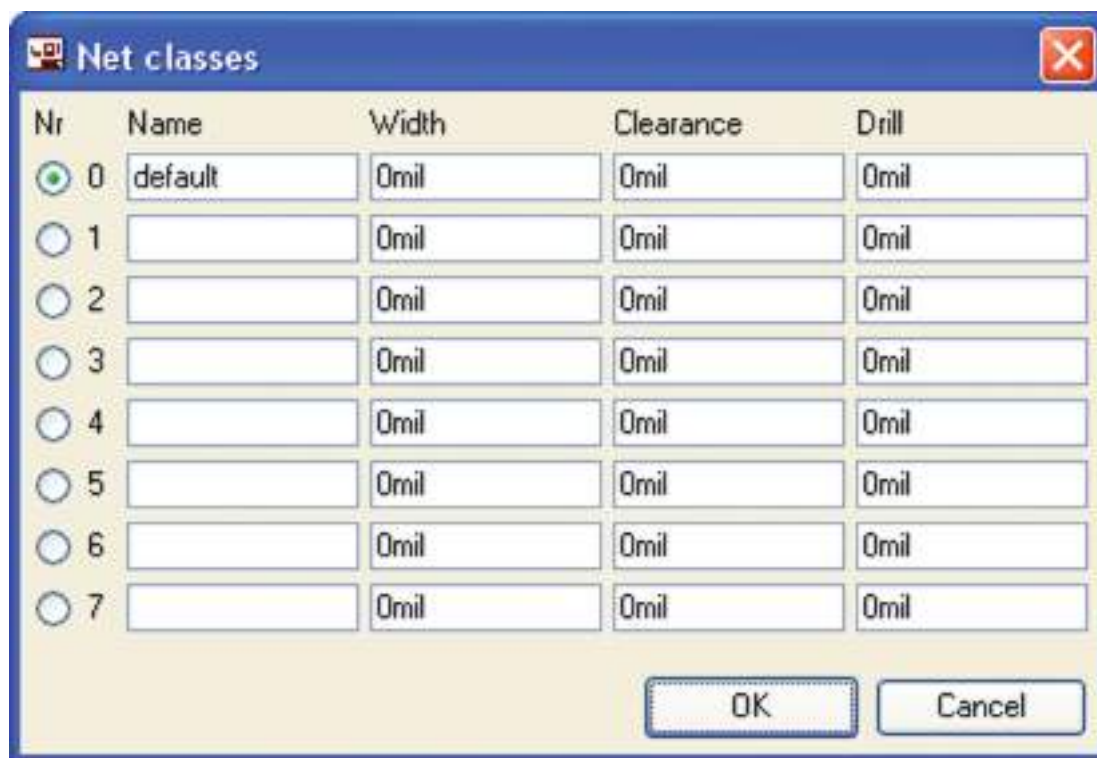
Masks permite definir as dimensões das máscaras de solda.



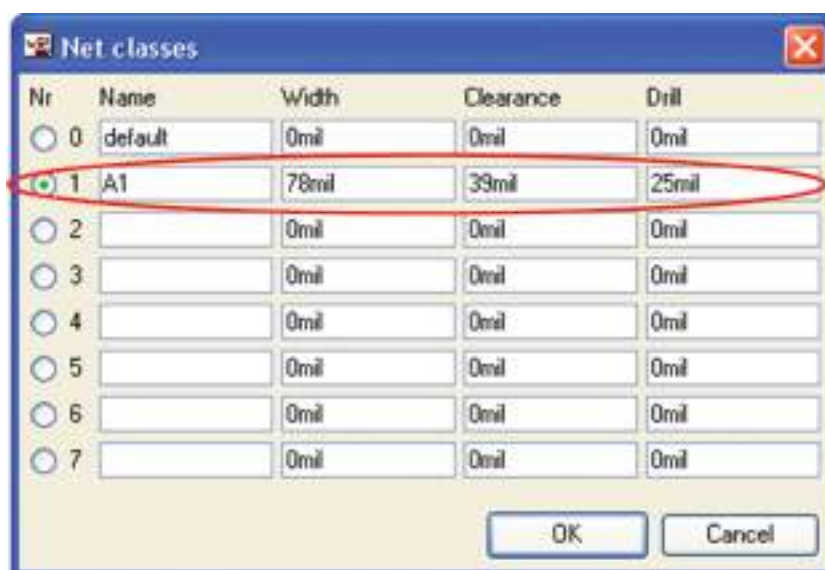
Personalizar o dimensionamento das pistas

O tamanho padrão das pistas é de 10 mil $\approx 0,25$ mm ⁽³⁾

Para alterar a dimensão das pistas deverá seleccionar o menu **Edit** e a opção **Net classes**, surgindo a seguinte janela



As dimensões personalizadas a serem introduzidas devem conter no fim obrigatoriamente a palavra **mil** (milésima de polegada). Por exemplo:



3 10mil (milésimas de polegada) $\rightarrow (10/1000) \times 25,4$ mm $\rightarrow 0,01 \times 25,4$ mm $\rightarrow 0,25$ mm



Largura da pista na PCI:

78mil = 2mm

Espaçamento mínimo entre pistas:

39mil = 1mm


Diâmetro mínimo da furação:

25mil ≈ 0,6mm

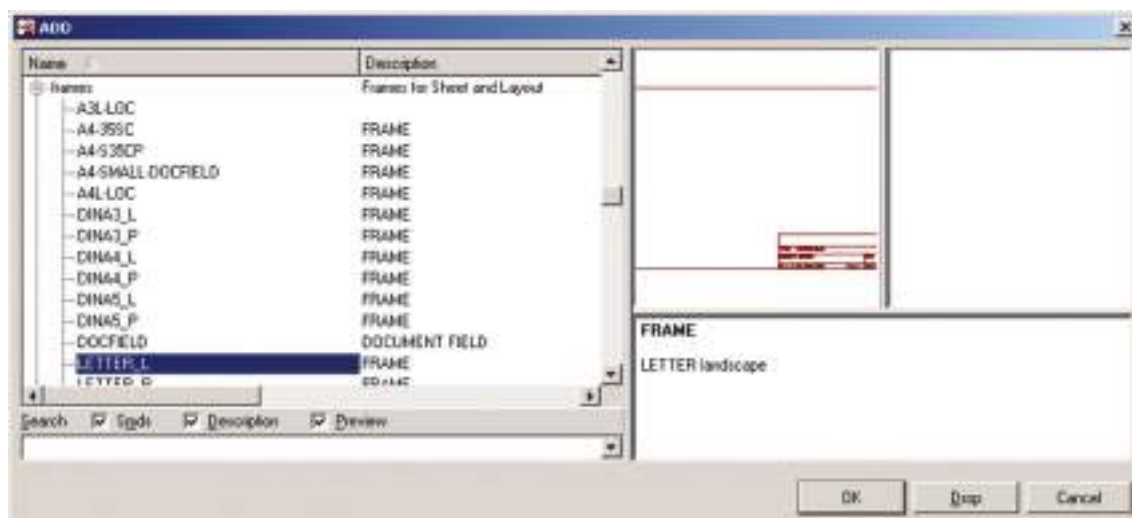
Depois de terem sido definidas as dimensões personalizadas basta selecionar OK. Para utilizar as pistas personalizadas selecione o ícone **Net** da barra de ferramentas e surgirá na parte superior da janela a seguinte barra:



Inserir uma frame no esquemático

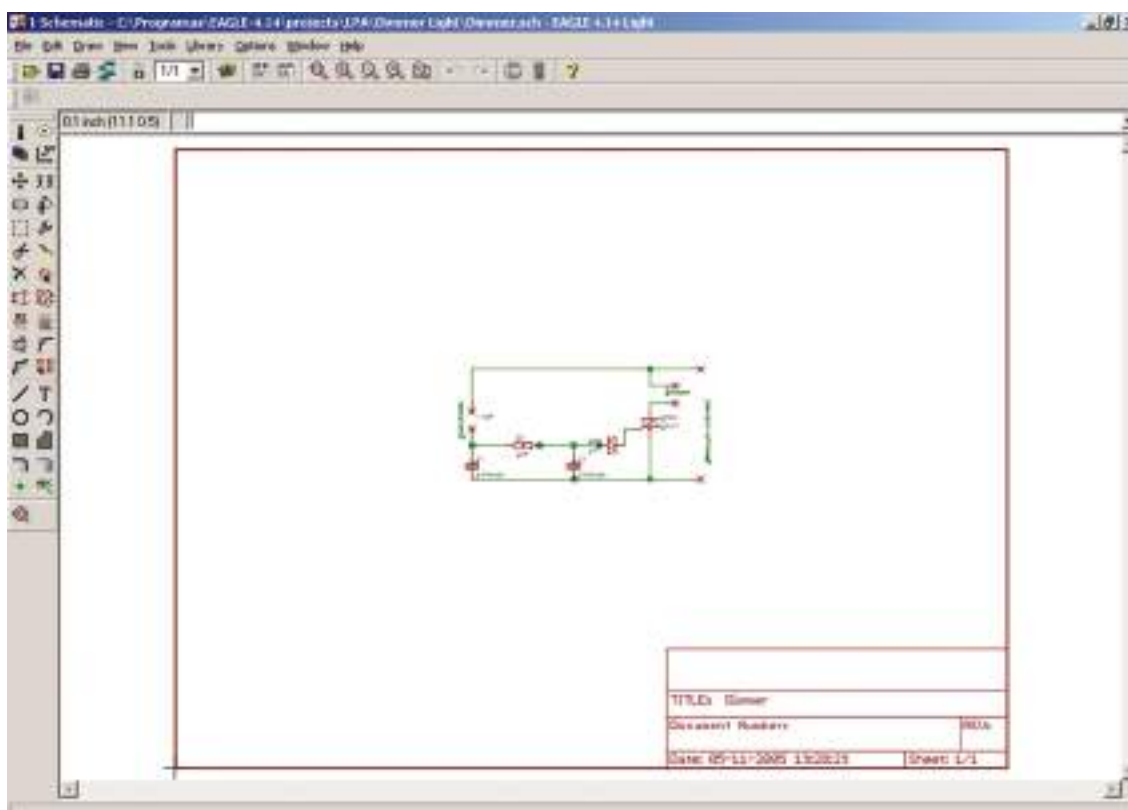
Utilizando os comandos **Edit> Add** ou usando o ícone  selecionar a biblioteca “frames”.

Surgirá a seguinte janela



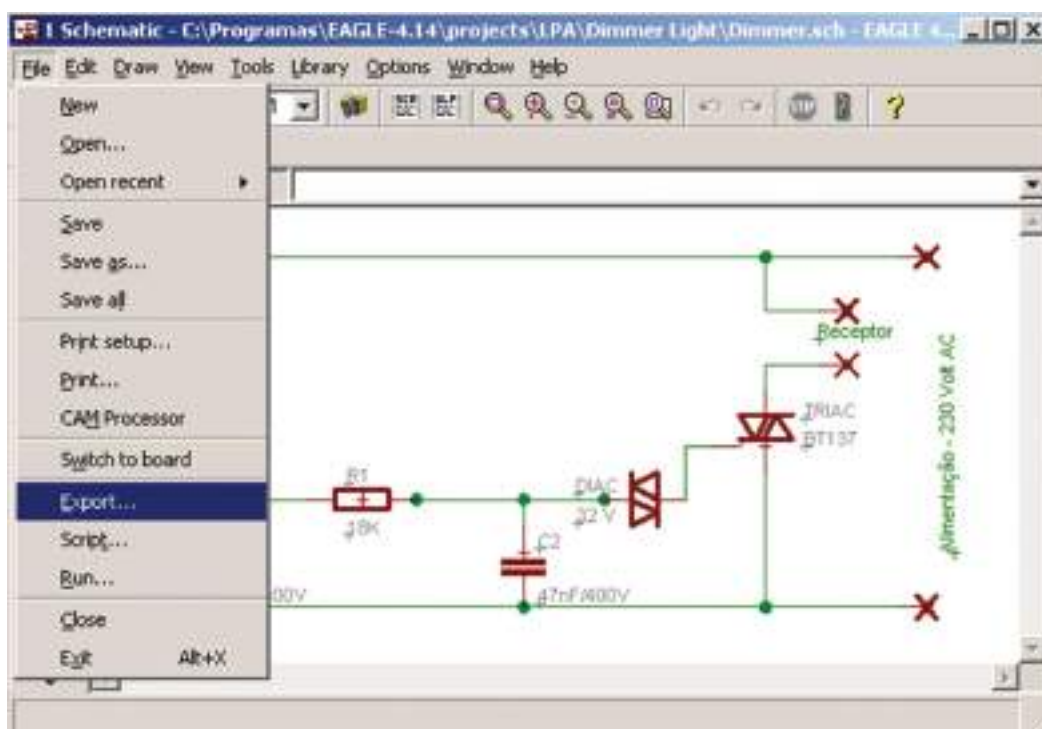
Escolher a frame desejada e inseri-la no esquemático.





Exportar o esquema ou a board para o formato bmp

A exportação do desenho esquemático ou da board para o formato de imagem bmp pode ser útil, pois podemos juntar essas imagens a um texto.



Para exportar uma imagem selecione a seguinte opção do menu “File” do Editor de Esquemas ou do Editor da Board: *File>> Export...>> Image*.

Surgirá a seguinte janela:



File: Colocar o nome que se pretende dar ao ficheiro.

Browse: Para escolher o local onde se pretende guardar a imagem.

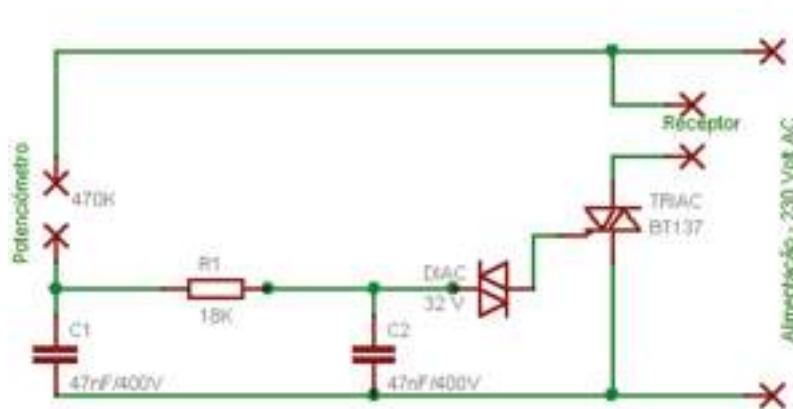
Clipboard: Guarda a imagem na memória para ser colada posteriormente.

Monochrome: Para imagens em escalas de cinza.

Resolution: Para definir a resolução da imagem.

Image Size: Indica o tamanho da imagem.

Selecione as opções pretendidas e clique em *OK*. A imagem com a extensão bmp será exportada para dentro da diretoria seleccionada.



Circuito Impresso

Introdução

O fabrico do circuito impresso teve início na 2ª Guerra Mundial, nos anos 40.

O circuito impresso substituiu com muitas vantagens o circuito elétrico usual com condutores soltos de cobre que constituíam autênticos emaranhados de fios que tornavam difícil a deteção e reparação de avarias.



Exemplo de uma placa de Circuito Impresso

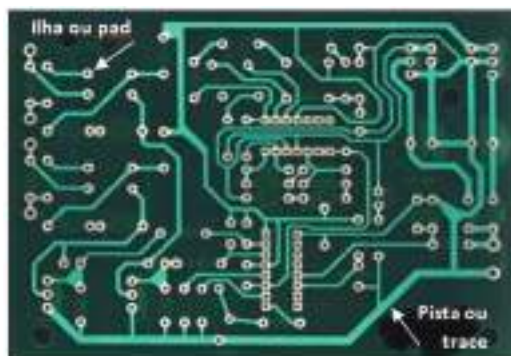
O circuito impresso é muito utilizado na aparelhagem elétrica, máquinas elétricas, computadores, telecomunicações, etc.

Existem no mercado fundamentalmente dois tipos de placa, a placa normal e a placa pré-sensibilizada. A diferença entre as duas reside no facto da placa pré-sensibilizada ter uma camada de verniz sobre todo o cobre cuja função é permitir usar uma técnica para efetuar a impressão do circuito na placa de circuito impresso. A placa normal apresenta apenas o cobre sobre a base isoladora.

A placa de circuito impresso (P.C.I.) ou “*pressed circuit board* (P.C.B., em inglês) é constituída por uma base de material isolante revestida, numa ou nas duas faces, por uma fina camada de cobre onde vão ser desenhadas as pistas (que substituem os condutores) que interligam os vários componentes eletrónicos do circuito.

Quando os componentes são em número reduzido, os circuitos (pistas e ilhas ou *pads*) são impressos numa das faces e os componentes são colocados na outra face, com os seus terminais a passarem nos furos para serem soldados nas ilhas ou *pads*, fazendo-se assim os contactos elétricos.





Exemplo de pistas e pad

Quando os circuitos têm muitos componentes utiliza-se a placa de circuito impresso de dupla face ou até em multicamadas, isto é, várias camadas sobrepostas e ainda a tecnologia S.M.T. (*Surface Mounted Technology*) que utiliza componentes S.M.D. (*Surface Mounted Device*) que são componentes que são soldados diretamente nas pistas.



Exemplo de PCB com tecnologia S.M.T.

O material utilizado no fabrico das placas é um material isolante como a baquelite, a resina-epóxi, a fenolite, a fibra de vidro, a composite, a cerâmica, etc.

A espessura mais comum das placas está normalizada e tem os seguintes valores: 1mm, 1,5mm, 2,2mm e 3mm.

O material das pistas (“trace” em inglês) é geralmente o cobre. O cobre é colocado sobre a placa numa camada muito fina, cuja espessura tem os seguintes valores: 0,035mm e 0,07mm.

A largura mínima das pistas é de 0,30mm.

Sendo a espessura do cobre fixa, então a largura da pista varia de uma forma diretamente proporcional com a intensidade da corrente que a irá percorrer. Um mau dimensionamento da pista pode fundi-la devido a sobrecarga ou aquecimento excessivo.



Na tabela seguinte indica-se a relação entre largura, espessura das pistas e intensidade máxima admitida.

Largura (mm)	Intensidade máxima permitida (A)	
	Espessura de 0,035mm	Espessura de 0,07mm
0,5	2,7 Amperes	4,3 Amperes
0,7	3,8	5,0
1	4,3	7,7
1,5	6	10,3
2	8	13
2,5	9	14,2
3	10,5	17
6	25	35

Dimensionamento das pistas

A separação entre pistas (“air gap”, em inglês) é função da tensão entre elas, de acordo com os valores indicados:

0,5mm \Rightarrow 0 a 50 V

1mm \Rightarrow 100 a 170 V

1,2mm \Rightarrow 171 a 250 V

No espaçamento de pistas deve-se considerar o valor mínimo de 0,8mm

No *software* (por exemplo o *Eagle*) que se pode utilizar para o fabrico de circuito impresso, os valores vêm frequentemente em polegadas (“inches”, em inglês) que vale: 1 polegada = 2,54 cm. Também é utilizada a abreviatura “mil” que tem o significado de milésima de polegada.

A distância entre terminais (“*raster*” em inglês) é um múltiplo de 2,54 milímetros, quer dizer a décima parte de uma polegada. A título de exemplo, os condensadores com dielétrico de plástico de uso comum têm uma separação entre terminais de 5,08 mm e os circuitos integrados têm uma separação entre terminais de 2,54 mm.

As brocas a serem utilizadas para a furação das placas de *Epóxy* devem ser de carboneto de tungsténio ou de aço rápido.



Os diâmetros dos furos a serem realizados na PCI devem estar de acordo com a seguinte tabela:

Aplicação do furo	Diâmetro do furo em mm
Componentes de uso corrente (resistências, condensadores, díodos)	1mm
Transistor	0,8mm
Ligador para circuito impresso	1,25mm
Parafusos de fixação	3,5mm

Dimensões dos furos para os respectivos componentes

Exercícios propostos

1. Quais os tipos de placa mais utilizadas, e qual as diferenças?
2. O que significam as siglas PCI e qual o seu homólogo em inglês?
3. Como são feitos os contatos elétricos nos circuitos impressos?
4. Diga qual é o material utilizado no fabrico das P.C.I.'s.
5. Qual é o material utilizado para as pistas das P.C.I.'s e qual a largura mínima das mesmas.
6. Que tipo de material deveram ser as brocas para fazer a furação das placas de Epóxy?



Fabrico manual de circuitos impressos

Existem alguns métodos não industriais para passar o nosso layout para a “placa virgem” (chapa de material isolante, recoberta por uma fina lâmina de cobre, também conhecida por placa de circuito impresso). São eles o método da caneta, método da transferência térmica e método da revelação fotográfica. Sendo o método de transferência térmica o que tem uma melhor relação qualidade/preço.

Método Transferência Térmica

1º passo:

Cortar uma placa virgem com o tamanho necessário para acomodar o layout.

Imprimir o circuito (apenas o que tem as pistas) numa folha de papel fotográfico (melhor resultados) ou Vegetal (resultados não tão bons) com impressora a laser (só assim este método funcionara), com qualidade máxima para utilizar o máximo de tinta na sua superfície. Recorte o excesso de folha, mas deixe uma margem à do desenho da placa.

Eis uma imagem que ilustra isso:



2º Passo:

Lave a placa com sabão em barra (ou outro detergente neutro), água e palha-de-aço:



3º Passo:

Faça movimentos sutis, circulares e uniformes ao longo de toda a placa:



4º Passo:

Para tirar o sabão e a sujeira da placa, use água corrente forte. Não toque com as mãos sujas na placa. Agora ponha a superfície cobreada da placa sobre um papel toalha dobrado ao meio (melhora a absorção de água) e pressione cada ponto:

**5º Passo:**

A parte interessante: a transferência, propriamente dita. A primeira atitude a tomar é fixar a folha com o layout da PCI no lado cobreado da placa. Use algum tipo de fita cola, mas quanto mais fino melhor.



Use a margem da folha para prender aos quatro cantos com a fita cola:



6º Passo:

Agora posicione a face da placa com papel para baixo sobre uma superfície plana de material resistente a altas temperaturas (ainda melhor se a superfície refletir o calor de volta à placa).



**7º Passo:**

A próxima etapa é aquecer bem a placa com um ferro de passar roupa. Pressione o ferro com temperatura média sobre a placa durante uns 7 a 10 min. Esta etapa é só pra fixar boa parte da tinta plástica da impressora a laser na placa, preparando para a segunda etapa, que é a transferência em si. Na foto a placa está sob o ferro:



8º Passo:

Agora vire a placa e tire a fita-cola para passar o ferro diretamente sobre o papel. Vire com muito cuidado (usando alguma ferramenta, ou mesmo espere até a placa arrefecer), pois a placa acabou de ser aquecida.



Passe o ferro sobre o papel, pressionando em todos os pontos. Para os cantos da folha use o “bico” do ferro. Veja:



Este processo deve ser executado até que o layout da folha seja visível por completo:



Este desenho que aparece na folha é o papel queimado onde tem tinta, pois assim que a tinta fixa na placa forma um relevo, e são justamente estas partes que ficam expostas ao ferro; desse modo, sofrem maior ação do aquecimento. Assim que seja terminada a transferência espere que a placa arrefeça, aproximadamente 30 min. Isto serve para que a tinta solidifique por completo em contato à placa.

Note que os tempos de duração de cada etapa deste método são arredondados para cima, com a finalidade de garantir o sucesso do trabalho.

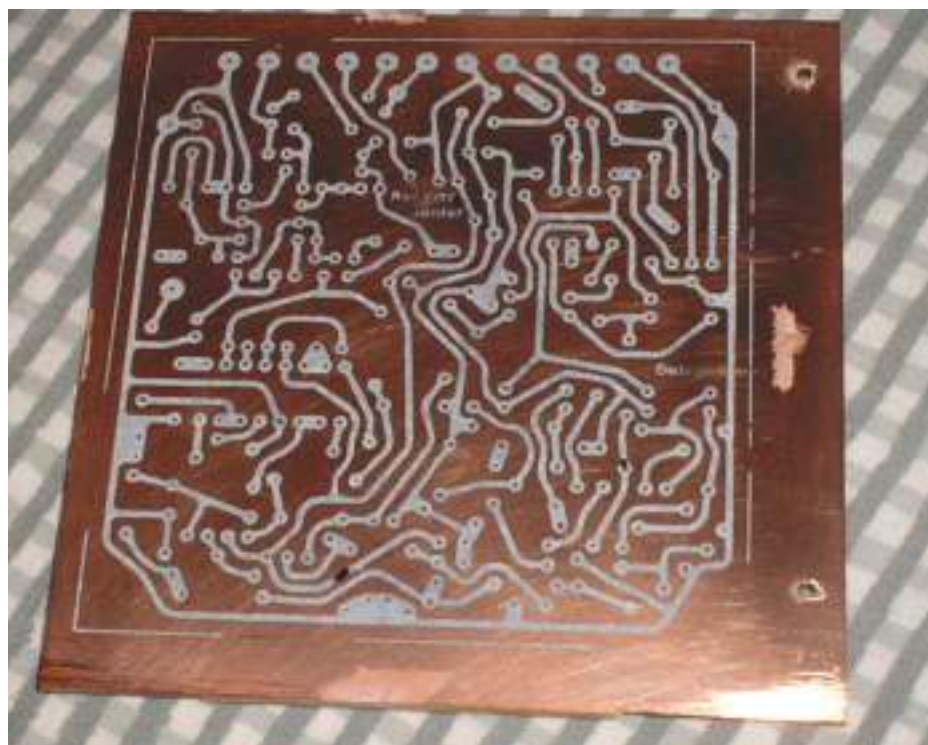


9º Passo:

Passado o período de repouso da placa, prepare uma solução de água e detergente líquido numa bacia e ponha a placa de molho durante mais 30 min.:

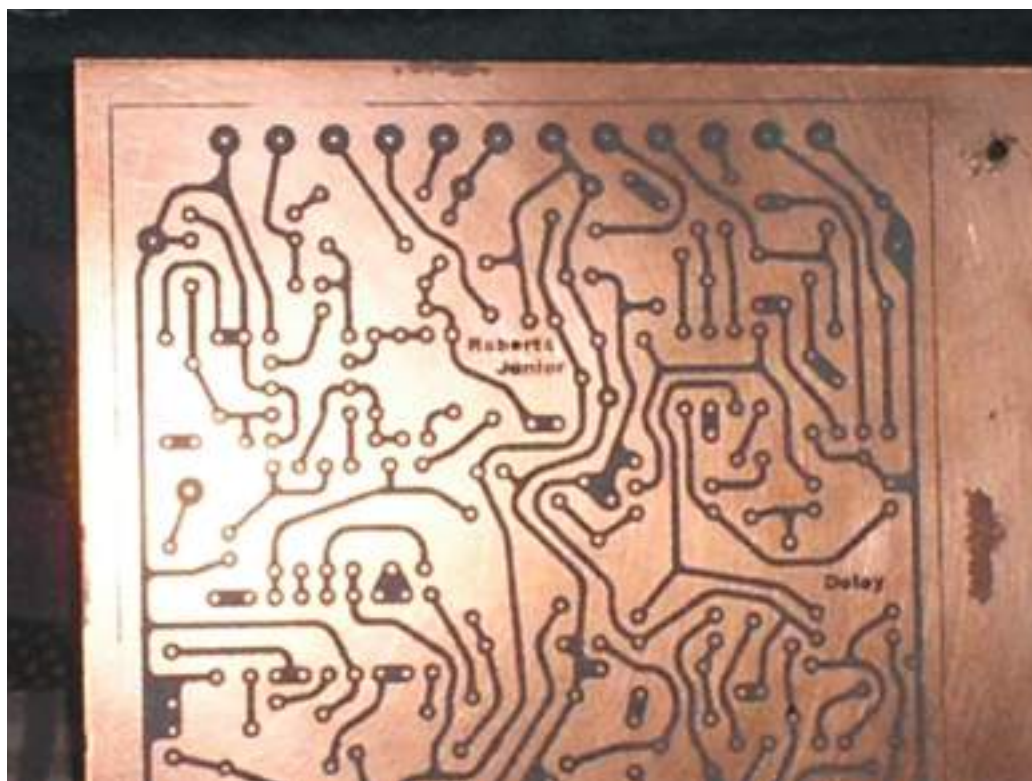


Se quiser que o banho da placa tenha mais efeito, movimente-a dentro da solução. Feito isto, retire o papel da placa sem medo (as pistas e as ilhas de tinta não sairão), puxando de um canto da folha. Vários pedaços de folha ficarão agarrados à placa. Para retirá-las use os dedos, friccionando contra o papel. Nesse instante, a placa deve parecer assim:



10º Passo

Se houver falhas no layout, como a placa da foto, aplique tinta plástica (há canetas vendidas em lojas de eletrônica). Praticamente quase qualquer coisa plástica que seja adesiva funciona bem (procure usar materiais adesivos robustos). Geralmente as linhas muito finas não fixam direito na placa, mas isso é defeito da transferência através do ferro (não foi aplicado calor naquela área), nunca por causa da retirada do papel. Veja também que nas fotos anteriores há dois furos na placa; faça-os para passar uma linha que servirá de guia na fase de corrosão.

**11º Passo**

Prepare uma solução corrosiva (perclorato de ferro) em água (despeje o perclorato de ferro na água – nessa ordem, nunca ao contrário). Na embalagem do corrosivo é informada a proporção de cada componente. A solução deve ser preparada em recipiente plástico ou de vidro, por razões óbvias. Passe uma linha (de algodão ou outro material anti-corrosivo) pelos furos da placa e mergulhe-a na solução de água e perclorato de ferro. Observe as fotos:







Aqui foi usado um balde plástico sobre uma bacia, a mesma daquela foto da placa em solução de água e detergente líquido, com água quente (para apressar o processo). Muito cuidado para não aquecer demais a água de forma a deformar ou mesmo fundir o recipiente (note que a água quente fica no recipiente azul, não na solução do corrosivo). Aquela parte da placa da foto em cor tom de âmbar é o resto do cobre que ainda não reagiu com o corrosivo. Esta etapa não tem um tempo determinado, mas estima-se aproximadamente 15 min para um corrosivo novo e para esta dimensão de placa. Faça todo o processo com luvas cirúrgicas, ou luvas de látex. Não deixe o corrosivo entrar em contato com a pele, objetos ou roupas; o corrosivo mancha, e nos casos de metais e substâncias com propriedades químicas semelhantes o percloroeto de ferro reage (corrói). Depois de corroída, lave a placa com água e o sabão em barra e com a palha-de-aço. Não force muito para não tirar o toner da placa. Ele vai servir para proteger o cobre da pistas e ilhas ao cortar e perfurar a placa.

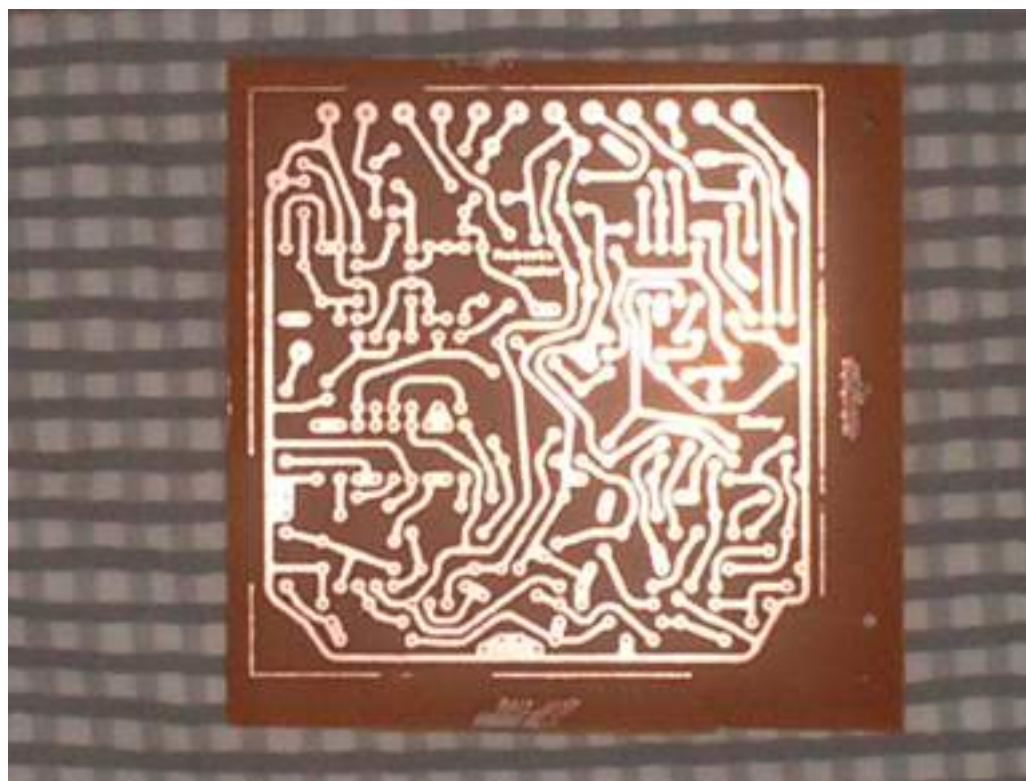
Na imagem a seguir a placa já passou completamente pelo processo de corrosão do cobre. Como se pode ver apenas as pistas e ilhas ficaram na placa.





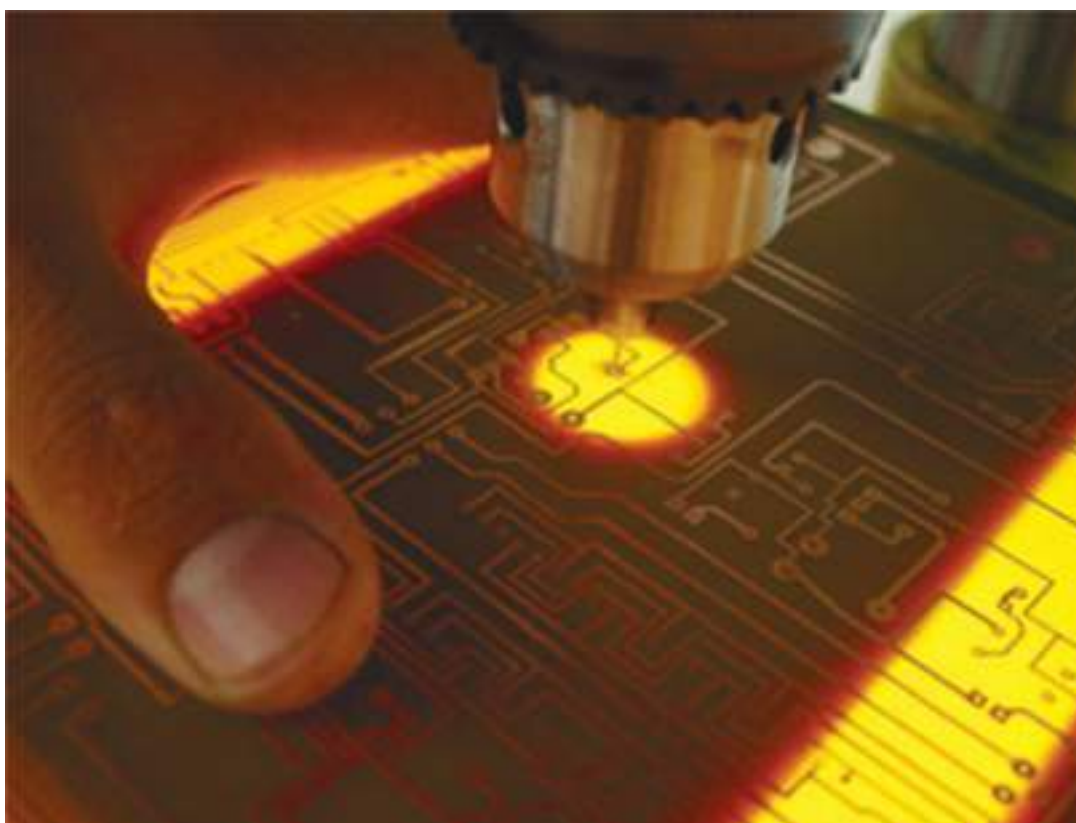
12º Passo

Para retirar o toner das pistas use palha-de-aço ou algodão humedecido com acetona como a que se utiliza para retirar esmalte de unhas. Depois de passar a acetona pelas pistas cobertas de toner o resultado sera como apresentado na seguinte imagem:



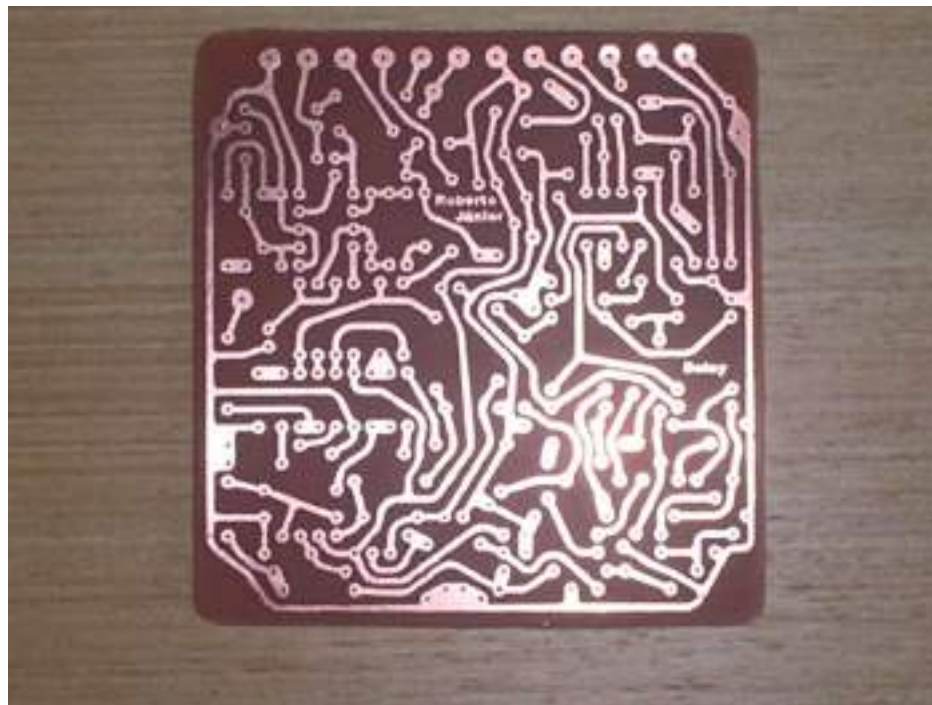
13º Passo

Para o próximo passo é necessário ter uma ferramenta específica para a realização desta tarefa: uma maquina de furar (parecida com a da imagem abaixo). Esta etapa resume-se a fazer as furações no centro das ilhas (ponto de cobre onde ira ser colocada uma perna do componente eletrónico)



14º Passo

Serrar a placa para tirar o excesso das laterais. As fotos a seguir mostram as últimas etapas feitas.



15º Passo

O último estágio da confecção é aplicar algum produto antioxidante na superfície da placa. Há vernizes e outros produtos para isso como por exemplo os das imagens a seguir. Finalmente é só colocar os componentes e solda-los.



Soldadura e dessoldadura em CI

Quase todos os dispositivos eletrônicos hoje em dia são montados numa placa de circuito impresso (PCI ou PCB). Para efetuar a montagem ou manutenção do circuito é preciso conhecer algumas técnicas de soldadura e dessoldadura. A solda tem como finalidades permitir um bom contato elétrico e uma boa rigidez mecânica.

Uma junta mal soldada afeta de forma acentuada o fluxo da corrente levando a falhas na operação do circuito. Uma placa de PCB pode ser danificada por excesso de calor ou a falta de calor pode causar uma solda fria. Se a solda escorrer, duas pistas do circuito podem entrar em curto-circuito.

Uma boa solda requer prática e conhecimento sobre os princípios de soldagem. O objetivo deste capítulo é permitir que comece a desenvolver estas habilidades. Quanto mais circuitos montar mais prática adquirirá.

Tipos de Dispositivos para Solda

Existem vários tipos de dispositivos usados na soldagem de componentes eletrônicos: ferros de solda, pistola de solda e estação de solda. Ferros são usados para trabalhos leves e médios e pistolas são usados para trabalhos mais pesados. O tipo estação pode servir pra trabalhos de leve a pesado.

Ferros de soldar podem variar de 15W a centenas de Watts. Para o trabalho em circuitos impressos os ferro de 15W a 40W são mais adequados. Para potências maiores corre-se o risco de danificar as pistas. O ferro é constituído de uma base oca dentro da qual existe uma resistência aquecedora. Uma ponta metálica será aquecida quando o ferro for ligado. Aqui daremos ênfase ao ferro de solda por ser mais barato e popular. Seguem em baixo alguns exemplos de dispositivos para soldar equipamentos eletrônicos.





Limpeza do ferro de soldar

A Ponta do Soldador

O material da ponta na maior parte dos casos é de cobre coberto com outro material. Para aumentar a sua duração muitas vezes é coberto de ferro, mas isso diminui a transferência de calor.

A ponta deve ser sempre estanhada com uma camada de estanho para evitar que a mesma oxide, pode ser visto este processo na imagem em baixo.



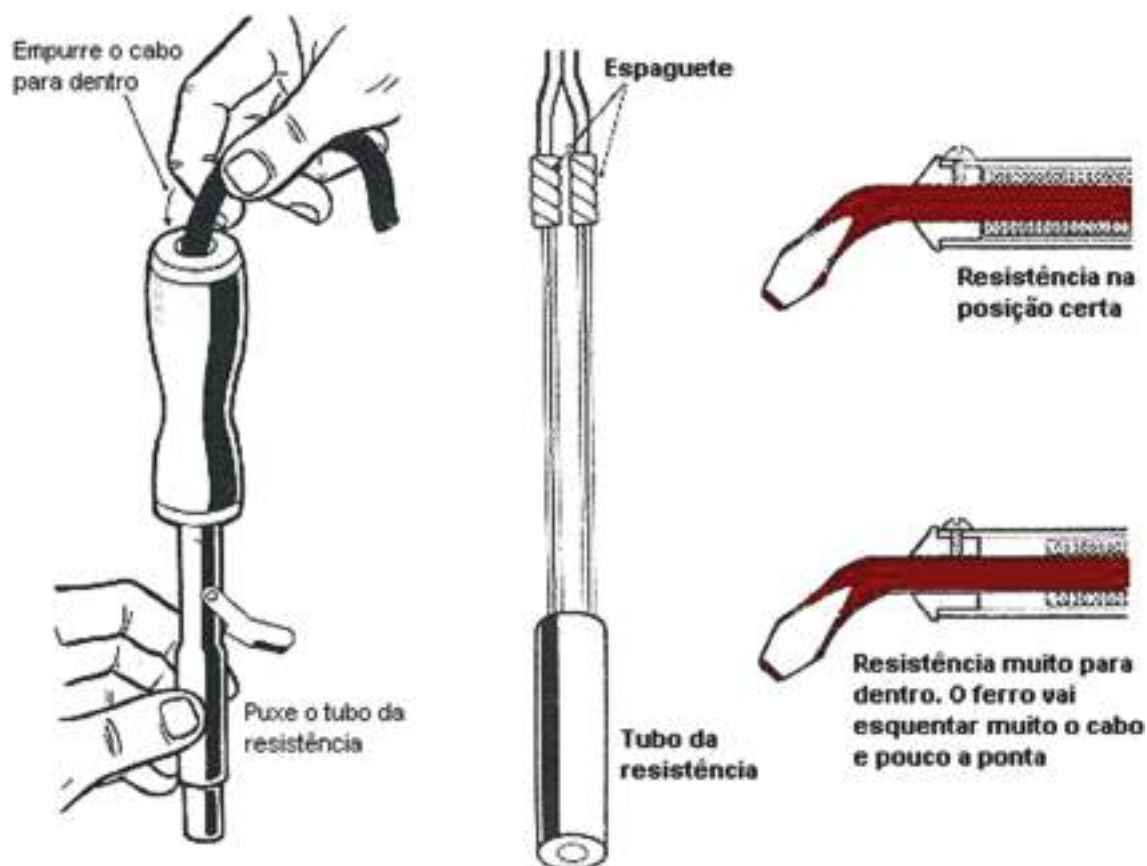
Caso a ponta fique com pequenas incrustações negras, as mesmas devem ser removida com uma lâmina e em seguida novamente estanhada. Não use substâncias abrasivas (lixa por exemplo) para esta operação, pois isso diminuiu a vida útil da ponta. Caso necessário troque a ponta de solda.



Troca da Ponta ou da Resistência

Dependendo do valor do ferro de soldar as vezes vale a pena trocar a ponta e/ou a resistência aquecedora. Para isso é necessário abrir o ferro.

Começamos por desparafusar e retirar a ponta. Retiramos os parafusos do cabo e empurra-se o fio da resistência para dentro. Retire o “espaguete” da emenda da resistência. Não perca estes “espaguetes” já que além de isolantes elétricos, são isolantes térmicos. Coloque a nova resistência dentro do tubo metálico. Refaça a emenda do cabo de força e recoloque os “espaguetes”. Posicione a resistência até ela encostar bem perto da ponta. Recoloque os parafusos do cabo e a ponta. Abaixo vemos o procedimento:



A solda

A solda é composta de dois materiais de baixo ponto de fusão, estanho e chumbo. Às vezes pode conter pequenas quantidades de outros materiais para usos especiais. Essa liga tem um ponto de fusão a rondar os 360° a 370° , tornando-a ideal para fazer juntas entre dois metais. A solda é identificada a partir da proporção entre estanho e chumbo. Sendo que comumente temos as proporção mais comum 40/60, 50/50 e 60/40.



Existem diversas marcas de solda para eletrônica. Uma marca de solda é considerada de boa qualidade quando, ao se fazer uma soldagem com um ferro de solda limpo e estanhado, esta soldagem ficar brilhante. Se ficar opaca (cinza) a solda não é de boa qualidade. As soldas de boa qualidade são “Best”, “Cobix”, “Cast”, etc. Abaixo vemos um tubinho e uma “carteira” de solda. Ela também é vendida em rolo de 500 g e 250 g como visto:



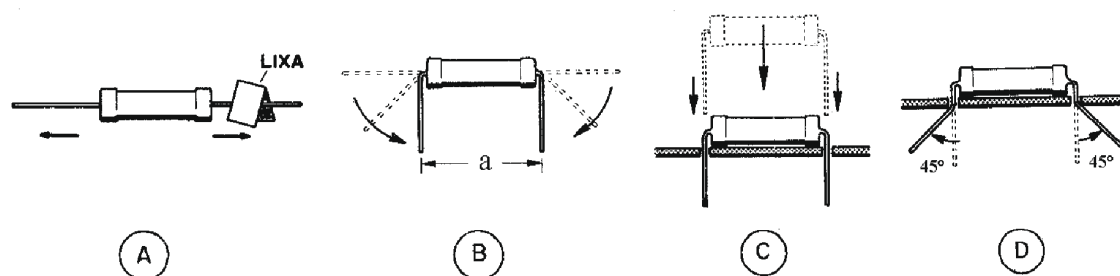
O Fluxo

A maioria das soldas contem o fluxo no seu núcleo facilitando desta forma a sua aplicação aquando do aquecimento. A função do fluxo é remover a fina camada de óxido que se forma na superfície a ser soldada criando um bom contato metal-metal.

Aplicação de solda nos circuitos eletrônicos

Atualmente todos os componentes eletrônicos têm os seus terminais recobertos de estanho, o que serve de proteção e facilita a soldagem. Mesmo assim, muitas vezes os terminais dos componentes oxidam. Uma lixa fina ou um pequeno pedaço de “palha-de-aço” é conveniente nestes casos. Dobre os terminais antes de inserir o componente nos furos do circuito impresso. Um alicate de bico fino deve ser usado para dobrar os terminais nos casos em que a distância entre os furos na placa de circuito impresso é maior que o componente. Após inserido no seu lugar, dobre os terminais do componente em um ângulo de 45°.





Soldadura

Para circuitos impressos, utilize somente soldador elétrico (“ferro de soldar”) com dissipação máxima de 50 W, com a ponteira em forma de “ponta de lápis, como vistos anteriormente.

Circuitos especiais usam solda feita com liga de prata, com ponto de fusão de aproximadamente 220 °C. Para trabalho de maior responsabilidade é conveniente usar-se soldadores que possuem um circuito controlador de temperatura, conhecidos como “estações de soldagem”.

A maioria dos suportes usados para o soldador elétrico tem como acessório uma pequena esponja vegetal. Essa esponja deve ser mantida humedecida e serve para limpar a ponta do soldador antes de cada soldagem. Na falta dessa esponja pode-se usar um pedaço de pano, também húmido. Tome cuidado no entanto para não queimar os dedos se usar um pano! Coloque uma pequena quantidade de solda na ponta do soldador, pois isso facilita a transferência de calor.

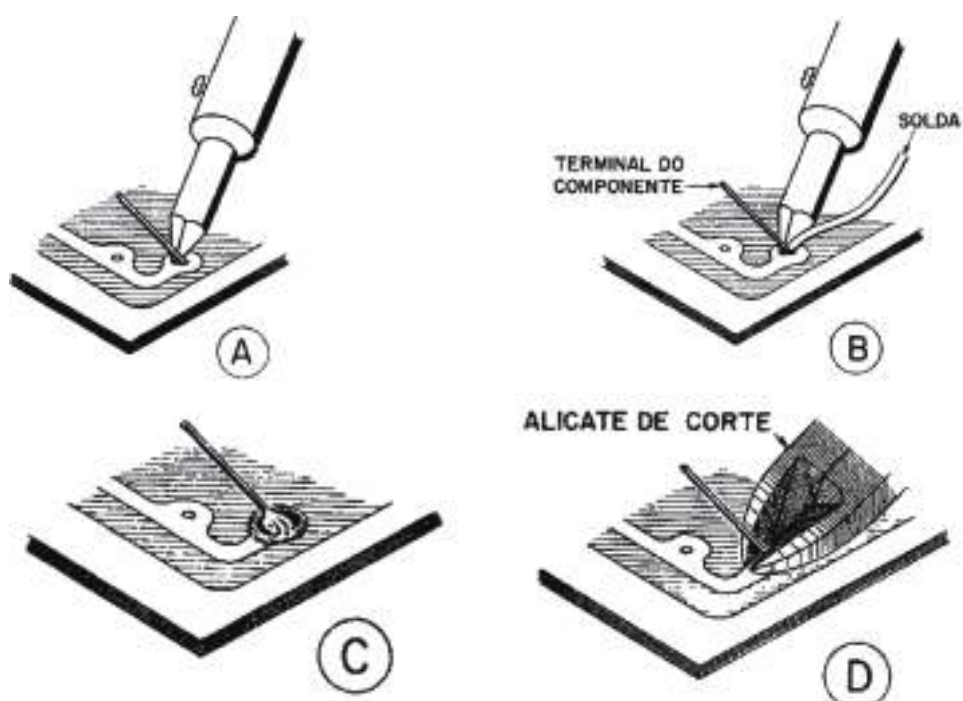
1 - Encoste a ponta do soldador na junção entre o terminal do componente e a “ilha” do circuito impresso.

2 - Mantenha a ponta nessa posição e encoste a solda no ponto a ser soldado (e não à ponta do soldador). Espere que a solda derreta e envolva a conexão. Use somente a quantidade de solda necessária e evite aquecer desnecessariamente a placa e o componente.

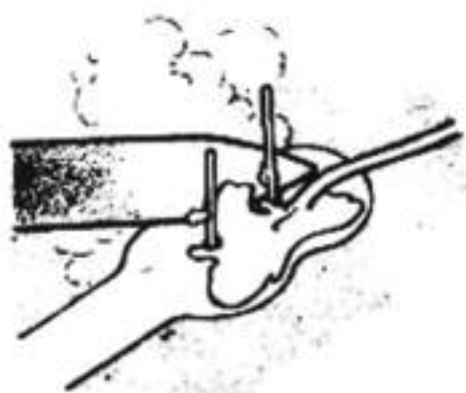
3 - Retire primeiro a solda e depois o soldador. Não mova os terminais até que a solda arrefeça. Não “assopre” sobre a solda! Toque levemente no terminal com um alicate de corte para certificar-se que a soldagem está firme.

4 - Corte fora o excesso do terminal com o alicate de corte.





Seguem mais alguns exemplos ilustrativos de boas e más praticas de soldadura.



A ponta do ferro deve encostar ao mesmo tempo na pista e no terminal do componente.

A solda deve ser aplicada numa pista.



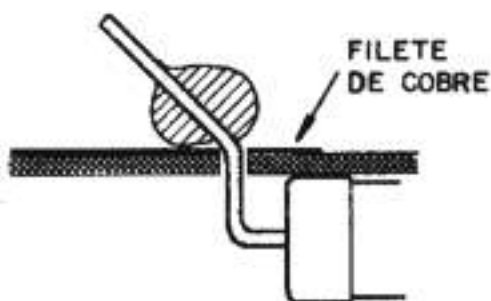
Aqui o procedimento está errado. A ponta não está encostada na pista e a solda está a ser aplicada na ponta do ferro.



Neste caso a solda escorreu e colocou duas pistas em curto-circuito. Isto acontece quando se usa muita solda.

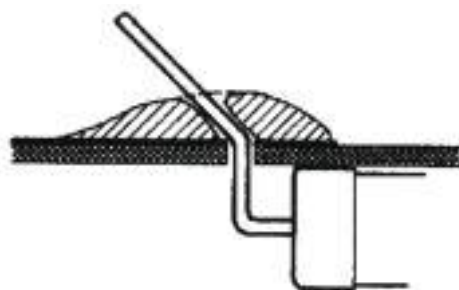
Solda fria

Os desenhos a seguir ilustram alguns defeitos comuns na soldagem, conhecidos como “soldas frias”:



Aqui obteve-se uma boa aderência da solda ao terminal, mas há um mau contato com a pista do circuito impresso. Causas: aquecimento insuficiente da pista, ou a placa de circuito impresso está suja ou oxidada.

Já neste caso há boa aderência à pista do circuito impresso, porém um mau contato com o terminal do componente. Causas: aquecimento insuficiente do terminal, ou terminal sujo ou oxidado.

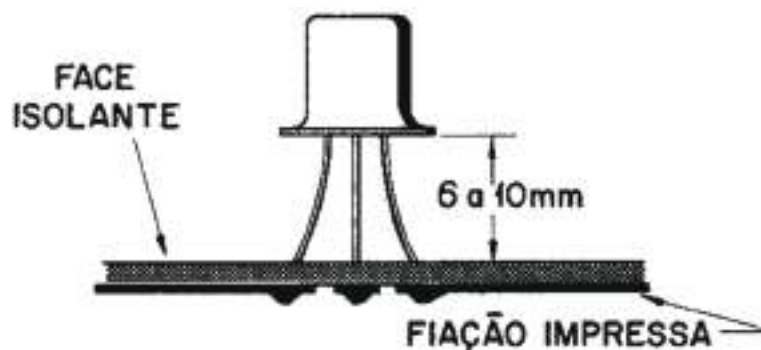


Exemplo de uma soldadura correta: obteve-se boa aderência da solda à pista do circuito impresso e ao terminal do componente.

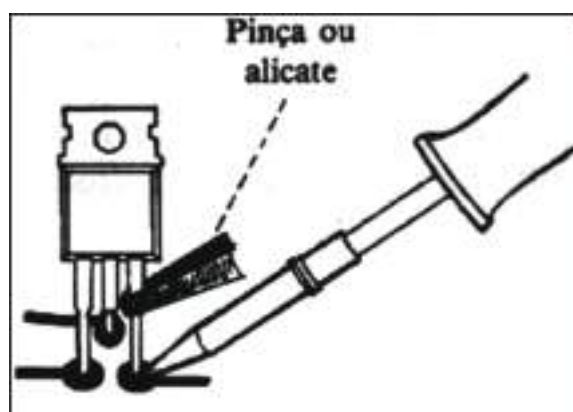


Soldagem de transístores e circuitos integrados

Para facilitar uma futura necessidade de substituição, os transístores de baixa potência devem ser soldados mantendo-se uma distância de 6 a 10 mm entre a parte inferior do componente e a placa de circuito impresso.



Antes de soldar, engata-se uma “garra jacaré” no terminal a ser soldado, de modo que esta absorva o calor e assim não se danifique o transístor. O mesmo pode ser feito segurando-se o terminal com um alicate de bico fino, mas neste caso será necessário o auxílio de uma segunda pessoa.



Para circuitos integrados, a melhor alternativa em montagens experimentais é usar-se soquetes apropriados e não soldar diretamente o componente na placa. Neste caso, os circuitos integrados só serão instalados nos soquetes após terminada a montagem. Além de assim facilitar-se a futura manutenção do circuito, evita-se que os circuitos integrados sofram sobreaquecimento durante o trabalho de soldagem ou sejam danificados por cargas estáticas. Também o emprego de soquetes permite que os circuitos integrados sejam reaproveitados em uma outra montagem. Segue o exemplo de um soquete de 16 pinos.





Na impossibilidade de se usar soquetes, os terminais dos circuitos integrados devem ser inseridos na placa até o ponto em que há uma espécie de “base” no terminal. A soldagem de cada terminal deve ser executada com rapidez, para não sobreaquecer o componente, e deixando-se um intervalo antes de soldar o próximo terminal. A melhor técnica é aguardar cerca de um minuto entre a soldagem de cada terminal, pois o calor gerado pode fazer com que sejam desligadas as conexões internas dos terminais à “pastilha” do circuito integrado. A solda deve envolver cada terminal, sem excessos que possam curto-circuitar terminais adjacentes. Ao contrário do que se faz nos demais componentes, não se deve cortar a ponta do terminal que “sobra” dos circuitos integrados.

Dessoldadura

Para a dessoldadura é utilizada, uma ferramenta chamada xupa soldas que retira a solda do circuito. É formada por um tubo de metal ou plástico com um êmbolo impulsionado através de uma mola. Em baixo vemos diversos modelos de chupa soldas:

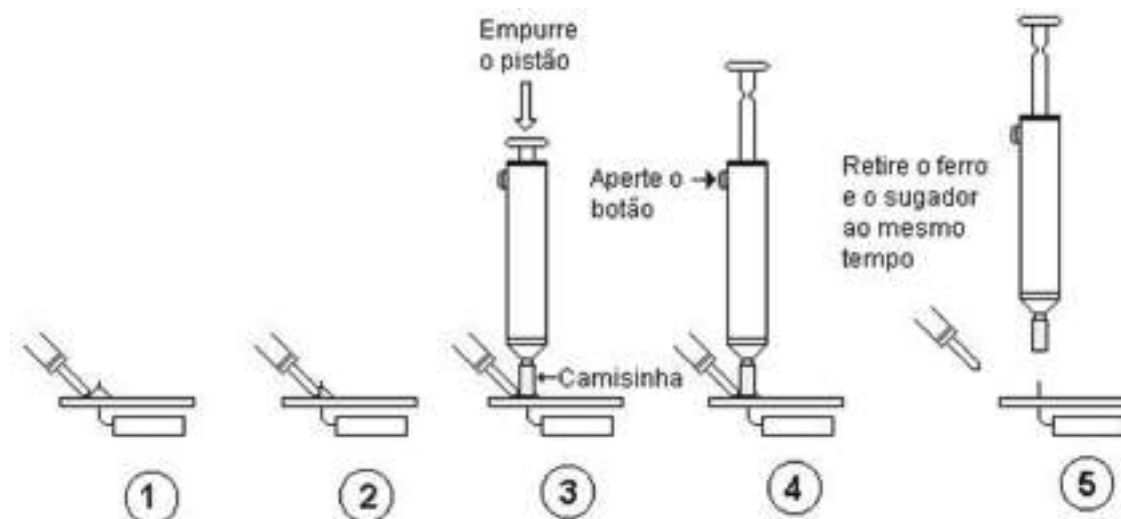


Para o xupa soldas durar o máximo de tempo possível, de vez em quando temos que desmontá-lo para fazer uma limpeza interna e colocar grafite em pó para melhorar o deslizamento do êmbolo. Também podemos usar uma “capa” para proteger o bico. A “capa” é um bico de borracha resistente ao calor e adquirido nas lojas de ferramentas ou componentes eletrônicos.



Uso correto do chupa soldas

Na figura em baixo vemos a sequência para aplicar o chupa solda e retirar um componente de uma placa de circuito impresso:



1. Encoste a ponta do ferro na solda que vai ser retirada. O recomendável aqui é colocar um pouco mais de solda no terminal do componente. Isto facilita a dessoldadura;
2. Derreta bem a solda no terminal do componente;
3. Empurre o êmbolo (pistão) do chupa soldas e coloque-o bem em cima da solda na posição vertical, sem retirar o ferro;
4. Aperte o botão, o pistão volta para a posição inicial e o bico aspira a solda para dentro do chupa solda;
5. Retire o ferro e chupa soldas ao mesmo tempo. Agora o componente está com o terminal solto. Se ficar ainda um pouco de solda a prender o terminal, coloque mais e repita a operação.

Acessórios para soldagem

Estes acessórios são basicamente uma esponja vegetal que deve ser umedecida para limpar a ponta do ferro, suportes para colocar o ferro aquecido e a pasta de solda usada quando vamos soldar numa superfície onde é difícil a aderência da solda. Abaixo vemos os elementos.





Pistola de solda

É um tipo de ferro de solda que aquece a ponteira quase instantaneamente quando apertamos um botão que ele tem em forma de gatilho. Também tem uma pequena lâmpada para iluminar o local onde está a ser feita a soldadura.

Este ferro é indicado para soldas mais pesadas, ou seja, componentes grandes com terminais mais grossos. Em baixo vemos um tipo de pistola:

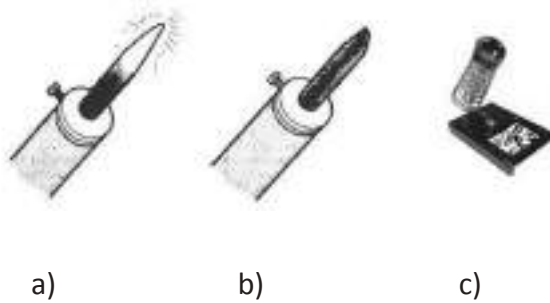


Exercícios propostos

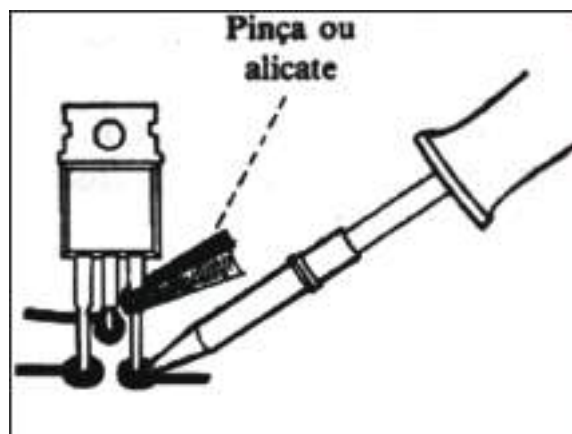
1. Nos ferros de soldar quais as potências mais adequadas para efetuar soldaduras em CI?
2. Qual a constituição de um ferro de soldar?



3. Faça a legenda das seguintes imagens.



4. Quais os passos a efetuar na troca de uma ponta ou resistência de um ferro de soldar?
5. Que tipo de material é composta a solda?
6. Quais os passos a seguir para efetuar a solda dos componentes eletrónicos à P.C.I.?
7. Na seguinte figura é possível ver um alicate ou pinça em contato com o componente. Diga qual a finalidade desse procedimento.



8. Qual a finalidade do xupa soldas e qual a sequencia a seguir para um uso correto do mesmo.



Bibliografia

FREITAS, Coelho; FREITAS, Castro, Aplicações Tecnológicas de Eletrotecnia e Eletrónica, 10.º Ano. Curso Tecnológico de Eletrotecnia e Eletrónica. Edições ASA. (s.d.).

Manual Orcade Release 9.2 (Ou qualquer outro software que permita o desenho de circuitos impressos. Ex: EAGLE (freeware); ACCEL; Quickroute; PCAD; Utilboard).

MATIAS, José, Aplicações Tecnológicas de Electrotecnia e Electrónica, 10º Ano. Curso Tecnológico de Electrotecnia e Electrónica. Didáctica Editora. (s.d.).



