



**TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR**

**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE
Apostila 1**



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

2

Sumário

INTRODUÇÃO.....	4
1 - descrever um modelo simples para o átomo e as moléculas.....	12
2 - descrever a propriedade Carga Elétrica associada às partículas do átomo.....	13
3 - descrever o processo de Ionização e Recombinação.....	13
4 - explicar como o conceito de Carga pode ser usado para descrever o estado elétrico de um corpo.....	14
5 - definir Corrente Elétrica e sua unidade, o Ampère.....	14
6 - definir o conceito de Diferença de Potencial associado à energia de uma carga mencionar sua unidade.....	16
7 - definir o conceito de Resistência Elétrica.....	17
Conceito de Resistência.....	17
Resistência Elétrica.....	17
Resistividade.....	17
Condutividade.....	17
Resistência do condutor.....	17
Condutância.....	18
8 - estabelecer a diferença entre Condutores e Isolantes.....	18
Materiais Condutores e Isolantes.....	18
Condutores Elétricos.....	20
Semicondutores Elétricos.....	20
Isolantes Elétricos.....	20
9 - associar a boa condutividade dos metais com a sua estrutura molecular.....	21
10 - associar os conceitos de Diferença de Potencial (V), Corrente (I) e Resistência (R) e suas unidades.....	22
Lei de Ohm.....	23
11 - usar a equação $V = R I$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas.....	25
12 - usar a equação $V = R I$ em um circuito de uma única malha.....	27
13 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com a Diferença de Potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo.....	28
14 - determinar o valor da Resistência de um resistor mediante a associação de suas cores de código com as cores de uma tabela de código fornecida.....	30
Resistores.....	30
Classificação dos Resistores.....	31
Resistores Variáveis - Potenciômetros.....	33
Resistores Especiais.....	36
Identificação de resistores.....	37
15 - calcular o valor da Resistência Equivalente quando vários resistores são associados em série e em paralelo.....	41
Associação em série.....	41
Associação em paralelo.....	42



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 1)

3

Associação em série-paralelo.....	44
16 - definir formalmente a relação entre Resistência, Resistividade, Comprimento e Área de Seção Reta de um resistor.....	44
17 - associar o valor de uma corrente elétrica com a necessidade de um diâmetro mínimo para o condutor elétrico que a transporta.....	47
2ª Lei de Ohm.....	47
Condutores, Isolação e Cobertura	48
Os metais utilizados como condutores elétricos.....	48
Condutividade relativa entre diferentes materiais.....	49
A flexibilidade dos condutores elétricos	50
Isolação dos condutores elétricos	51
Características gerais dos cabos elétricos de potência em baixa tensão	54
Maneiras de instalar recomendadas para cabos de potência em baixa tensão.....	56



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 1)**

4

INTRODUÇÃO

O Clube de Radioamadores de Rio do Sul, compilou a presente apostila com o objetivo único de oferecer material didático de apoio aos aficionados à prática do radioamadorismo, sem fins lucrativos ou com qualquer conotação comercial.

O conteúdo visa exclusivamente a utilização para aprimoramento pessoal do interessado não sendo permitida a reprodução para comercialização.

Para executar o Serviço de Radioamador se faz necessário que o interessado seja titular de Certificado de Operador de Estação de Radioamador - COER.

O Regulamento do Serviço de Radioamador, aprovado pela Resolução n.º 449, de 17/11/2006, estabelece, em seu art. 33, que o COER será concedido aos aprovados em testes de avaliação, segundo as seguintes classes:

- I. **Classe "C"**, aos aprovados nos testes de Técnica e Ética Operacional e Legislação de Telecomunicações;
- II. **Classe "B"** aos portadores de COER classe "C", menores de 18 anos, decorridos dois anos da data de expedição do COER classe "C", e aos maiores de 18 anos, desde que aprovados, em ambos os casos, nos testes de Técnica e Ética Operacional, Legislação de Telecomunicações e Conhecimentos Básicos de Eletrônica e Eletricidade e Transmissão e Recepção Auditiva de Sinais em Código Morse;
- III. **Classe "A"** aos radioamadores classe "B", decorrido um ano da data de expedição do COER classe "B", e aprovados nos testes de Técnica e Ética Operacional, Legislação de Telecomunicações, Conhecimentos Técnicos de Eletrônica e Eletricidade e Transmissão e Recepção Auditiva de Sinais em Código Morse.

Para o Serviço de Radioamador é necessária a realização de testes e avaliação da capacidade operacional e técnica para operação da estação, devendo o candidato procurar os Escritórios/Unidades Operacionais da Anatel (endereços encontrados em <http://www.anatel.gov.br>) ou as Diretorias do LABRE (Liga Brasileira de Radioamadores), nas capitais dos Estados.

Para fazer os testes, o interessado deve consultar o endereço eletrônico da Anatel (<http://sistemas.anatel.gov.br/SEC>), seus Escritórios Regionais, suas Unidades Operacionais ou, ainda, as Diretorias da LABRE (Liga Brasileira de Radioamadores), nas capitais dos Estados, para verificar o calendário anual de realização de testes para obtenção do Certificado de Operador de Estação de Radioamador - COER.

Os órgãos citados acima deverão se encarregar também da constituição de bancas especiais para atendimento aos candidatos portadores de deficiências físicas, moléstias contagiosas ou acometidas de males que lhes impeçam a livre movimentação.

Considerada a característica da deficiência, os testes poderão ser adaptados quanto à forma, à natureza e ao conteúdo.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 1)**

5

Serão nulos, no todo ou em parte, os testes nos quais se comprove ter havido irregularidade, quer no ato de inscrição, quer na realização, sujeitando-se os responsáveis às penalidades previstas em lei.

O candidato aos testes de avaliação deverá se inscrever diretamente no endereço eletrônico da Anatel (<http://sistemas.anatel.gov.br/SEC>), por intermédio da LABRE ou, ainda, por via postal.

Antes da realização dos testes, o candidato deverá apresentar:

- a) documento de identidade;
- b) autorização do responsável legal, se menor de dezoito anos;
- c) documento expedido pelo Ministério da Justiça, que reconheça a igualdade de direitos e deveres com os brasileiros, quando se tratar de candidatos de nacionalidade portuguesa (Portaria do Ministério da Justiça ou certidão de igualdade);
- d) comprovante da aquisição de conhecimentos técnicos de radioeletricidade ou recepção auditiva e transmissão de sinais em código Morse que possibilite a isenção das respectivas provas, quando for o caso;

Observação: quanto à comprovação citada no item “d”, conforme a Tabela I do Anexo III do Regulamento do Serviço de Radioamador, esta deverá ser apresentada com até cinco dias antes do encerramento das inscrições.

Os candidatos poderão se inscrever e prestar as provas em qualquer Unidade da Federação.

Não serão aceitas as inscrições dos candidatos que:

- a) não preencham os requisitos estabelecidos para a classe pretendida;
- b) estejam incluídos no Sistema de Impedimentos – SISCOI;
- c) estejam em débito com o FISTEL;
- d) estejam em situação de irregularidade junto à Receita Federal.

3. DOS TESTES DE AVALIAÇÃO

Os testes que habilitarão o candidato a obter o Certificado de Operador de Estação de Radioamador, constituir-se-ão das seguintes matérias e respectivos índices de acertos para aprovação, dependendo da classe:

- a) Técnica e Ética Operacional – 70%;
- b) Legislação de Telecomunicações – 70%;
- c) Conhecimentos Básicos de Eletrônica e Eletricidade – 50%;
- d) Conhecimentos Técnicos de Eletrônica e Eletricidade – 70%;
- e) Código Morse:

Recepção Auditiva – 87 caracteres;

Transmissão Manual - 87 caracteres.

Observações:

Só será considerado aprovado no exame de código Morse o candidato que tiver conseguido acertar, no mínimo, oitenta e sete caracteres em cada uma das provas, ficando reprovado quem não atingir estes valores quer em transmissão, quer em recepção.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 1)**

6

Os testes de Recepção Auditiva e Transmissão de Sinais em Código Morse serão constituídos de textos – em linguagem clara, com 125 (cento e vinte e cinco) caracteres (letras, sinais e algarismos), cada um deles, transmitidos em cinco minutos e recebidos em igual período.

O ingresso ao local de realização dos testes será permitido após a perfeita identificação do candidato. O candidato será considerado aprovado nas matérias em que atingir os índices estabelecidos.

O pedido da expedição do Certificado de Operador de Estação de Radioamador deverá ser feito, no máximo, um ano após a aprovação da última prova realizada para a respectiva classe.

O conteúdo dos testes de avaliação será baseado nas ementas e programas previstos nestes procedimentos e que constem no banco de dados do Sistema de Emissão de Certificados (SEC), da Anatel.

A aprovação final possibilitará ao candidato requerer o Certificado de Radioamador e a Licença de Funcionamento de Estação.

Os certificados de Operador de Estação de Radioamador serão expedidos de acordo com a aprovação nas provas conforme citado abaixo:

- I. **Classe "C"** aprovados nos testes de Técnica e Ética Operacional e Legislação de Telecomunicações;
- II. **Classe "B"**: aos radioamadores classe "C", menores de 18 anos, decorridos dois anos da data de expedição do COER classe "C", desde que aprovados nos testes de Conhecimentos Básicos de Eletrônica e Eletricidade e Transmissão e Recepção Auditiva de Sinais em Código Morse; aos radioamadores classe "C", maiores de 18 anos, desde que aprovados nos testes de Conhecimentos Básicos de Eletrônica e Eletricidade e Transmissão e Recepção Auditiva de Sinais em Código Morse. Aos maiores de 18 anos, sem COER, que desejam ingressar diretamente na classe "B", desde que aprovados nos testes de Técnica e Ética Operacional, Legislação de Telecomunicações, Conhecimentos Básicos de Eletrônica e Eletricidade e Transmissão e Recepção Auditiva de Sinais em Código Morse;
- III. **Classe "A"** acesso restrito aos radioamadores classe "B", decorrido um ano da data de expedição do COER classe "B", e aprovados no teste de Conhecimentos Técnicos de Eletrônica e Eletricidade.

4. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO

Os testes terão caráter eliminatório e serão aplicados na seqüência e com a duração de tempo indicado:

- a) Técnica e Ética Operacional: 20 questões – 60 minutos;
- b) Legislação: 20 questões – 60 minutos;
- c) Conhecimentos Básicos de Eletrônica e Eletricidade: 20 questões – 60 minutos;
- d) Conhecimentos Técnicos de Eletrônica e Eletricidade: 20 questões – 60 minutos;
- e) Código Morse para candidatos à classe "B":
Recepção Auditiva – texto com 125 caracteres – 5 minutos;
Transmissão Manual – texto com 125 caracteres – 5 minutos.

Os ingressos ao local onde serão aplicados os testes dependerão da comprovação da identidade do candidato em confronto com a respectiva inscrição.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 1)**

7

O candidato menor de 18 anos que não possuir cédula de identificação poderá apresentar Certidão de Nascimento ou qualquer documento que o identifique.

No local de aplicação dos testes será permitido acesso, além dos candidatos, apenas das pessoas designadas para sua aplicação.

O candidato que tiver comportamento inconveniente durante a aplicação dos testes será impedido de concluí-los e considerado reprovado.

Na avaliação dos testes, além das questões não respondidas ou respondidas incorretamente, serão consideradas erradas as questões:

- a) assinaladas a lápis;
- b) assinaladas em duplicidade;
- c) que apresentarem qualquer tipo de rasura.

5. RESULTADO

A avaliação dos testes será concluída no prazo máximo de 8 (oito) dias e o resultado estará à disposição do candidato durante o prazo de 60 (sessenta) dias contados da data de sua publicação no endereço eletrônico da Anatel.

6. REVISÃO

É assegurado ao candidato requerer revisão do resultado dos testes, dentro do prazo de 60 (sessenta) dias a contar da data de sua publicação.

O pedido de revisão deverá ser dirigido à unidade responsável da Anatel pela aplicação dos testes.

7. VALIDADE DOS TESTES

O prazo para o requerimento do COER será de doze meses, a contar da data da publicação dos resultados dos testes de avaliação, uma vez que é de um ano a validade das provas realizadas.

8. PROVA DE LEGISLAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES

Legislação de telecomunicações aplicável ao Serviço de Radioamador, compreendendo: Lei Geral de Telecomunicações, Lei n.º 9.472, de 16/7/1997; Regulamento de Radiocomunicações da União Internacional de Telecomunicações (UIT) e o Regulamento do Serviço de Radioamador.

8.2. PROVA DE TÉCNICA E ÉTICA OPERACIONAL

Estação de Radioamador: receptor, transmissor, transceptor e diagrama de blocos; equipamentos experimentais e suas principais características técnicas, estabilidade, tolerâncias; diagrama de blocos de receptores, transmissores e retransmissores; transceptores QRP e transmissores para irradiação de sinal piloto, interfaces para modos digitais;

Estação Repetidora: noções básicas e diagrama de bloco;

Operação: fixa ou móvel, em simplex ou através de Repetidora;

Freqüência e Comprimento de Onda: noções básicas - batimento de freqüência, medidores;



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

8

Antena: noções básicas, uso de antena artificial, medições de potência e onda estacionária; transmissão, casamento de impedância, ondas estacionárias; antena direcional e seus princípios, ganho da antena, acopladores; noções básicas - VHF/UHF/SHF; antenas direcionais, tipos e características técnicas, antenas especiais, diagramas de irradiação, ângulo de irradiação, antenas para HF - VHF - UHF - SHF, estudos da propagação; cálculo de antenas dipolo simples, V invertido, linhas de transmissão;

Modos Digitais: noções básicas de CW, RTTY, AMTOR, ASCII, PACKET e PACTOR;

Comunicados Especiais: noções básicas;

Emergências: procedimentos operacionais em situações de emergência; operação em situação de emergência, busca e salvamento;

Telecomunicações: mensagem, informação, onda portadora, modulação e demodulação, AM, FM, SSB;

Comunicados: como estabelecer um comunicado nas diversas modalidades; como estabelecer um comunicado de DX em fonia ou telegrafia; código Q; diplomas brasileiros, concursos e testes brasileiros; principais diplomas internacionais, concursos e testes internacionais;

Interferências: tipos de interferências, alternativas de solução; como detectar e evitar;

Propagação: ondas terrestres, espaciais, camadas atmosféricas, fluxo solar - FOT, MUF;

Componentes Eletrônicos: identificação, definição, simbologia e princípios de funcionamento;

Ética Operacional: comportamento ético do radioamador e seu Código de Ética; Procedimentos indispensáveis;

Evolução da Eletrotécnica e do Radioamador: evolução da eletrotécnica e do radioamadorismo no Brasil, etapas;

Faixas e Sub-Faixas: modalidades e tipos de emissão para estações de radioamador.

8.3. PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

O candidato deve ser capaz de:

- 1 - descrever um modelo simples para o tomo e as moléculas; (Apostila 1)
- 2 - descrever a propriedade Carga Elétrica associada às partículas do átomo; (Apostila 1)
- 3 - descrever o processo de Ionização e Recombinação; (Apostila 1)
- 4 - explicar como o conceito de Carga pode ser usado para descrever o estado elétrico de um corpo; (Apostila 1)
- 5 - definir Corrente Elétrica e sua unidade o Ampère; (Apostila 1)



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 1)**

9

- 6 - definir o conceito de Diferença de Potencial associado à energia de uma carga mencionar sua unidade; *(Apostila 1)*
- 7 - definir o conceito de Resistência Elétrica; *(Apostila 1)*
- 8 - estabelecer a diferença entre Condutores e Isolantes;
- 9 - associar a boa condutividade dos metais com a sua estrutura molecular; *(Apostila 1)*
- 10 - associar os conceitos de diferença de Potencial (V), Corrente (I) e Resistência (R) e suas unidades; *(Apostila 1)*
- 11 - usar a equação $V = R I$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas; *(Apostila 1)*
- 12 - usar a equação $V = R I$ em um circuito de uma única malha; *(Apostila 1)*
- 13 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com a Diferença de Potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo; *(Apostila 1)*
- 14 - determinar o valor da Resistência de um resistor mediante a associação de suas cores de código com as cores de uma tabela de código fornecida; *(Apostila 1)*
- 15 - calcular o valor da Resistência Equivalente quando vários resistores são associados em série e em paralelo; *(Apostila 1)*
- 16 - definir formalmente a relação entre Resistência, Resistividade, Comprimento e Área de Seção Reta de um resistor; *(Apostila 1)*
- 17 - associar o valor de uma corrente elétrica com a necessidade de um diâmetro mínimo para o condutor elétrico que a transporta; *(Apostila 1)*
- 18 - descrever o papel de um Fusível em um circuito elétrico; *(Apostila 2)*
- 19 - descrever um procedimento simples de medida de resistência com o uso de Ohmímetro; *(Apostila 2)*
- 20 - descrever com palavras ou figuras o uso de um Amperímetro para a determinação da corrente elétrica em um circuito simples; *(Apostila 2)*
- 21 - descrever com palavras ou figuras o uso do Voltímetro na determinação da diferença de potencial entre pontos de um circuito simples; *(Apostila 2)*
- 22 - descrever um Capacitor; *(Apostila 2)*
- 23 - descrever o processo de Carga e Descarga de um Capacitor; *(Apostila 2)*
- 24 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a ação de uma força magnética; *(Apostila 2)*
- 25 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a visualização do conceito de linha de campo magnético; *(Apostila 2)*
- 26 - descrever as linhas do Campo Magnético de um ímã da Terra, e de um Solenóide; *(Apostila 2)*
- 27 - descrever o funcionamento de um eletroímã simples e de seu uso em um relé; *(Apostila 2)*
- 28 - descrever o fenômeno da Indução Magnética em um solenóide; *(Apostila 2)*
- 29 - descrever a ação de uma bobina em um circuito de corrente contínua; *(Apostila 2)*
- 30 - definir o conceito de Auto-indução; *(Apostila 2)*
- 31 - descrever o funcionamento de um Transformador; *(Apostila 2)*
- 32 - estabelecer a diferença entre corrente contínua e corrente alternada; *(Apostila 2)*
- 33 - definir os conceitos de Corrente Efetiva e Tensão Efetiva e relaciona-los com Corrente de Pico e Tensão de Pico; *(Apostila 2)*
- 34 - desenhar o circuito de uma Fonte de corrente contínua, usando diagrama de blocos, no qual



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 1)**

10

conste os seguintes elementos: transformador, ponte de retificação de diodos, capacitor de filtragem e regulador de tensão e descrever o papel de cada um destes elementos; (*Apostila 2*)

35 - descrever o funcionamento de uma válvula diodo;

36 - descrever o funcionamento de uma válvula tríodo;

37 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão;

38 - descrever o funcionamento de um diodo semicondutor em um circuito;

39 - descrever o funcionamento de um transistor no papel de uma Resistência de controle da corrente;

40 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal;

41 - definir o conceito de modulação de uma onda;

42 - descrever a Modulação por Amplitude (AM) e a Modulação por Frequência (FM) de uma onda;

43 - estabelecer a diferença conceitual entre modulação de Dupla Faixa Lateral (DSB) e de Faixa Lateral Simples (SSB);

44 - estabelecer a diferença entre linha de transmissão balanceada e linha de transmissão desbalanceada;

45 - descrever o funcionamento de uma antena;

46 - descrever o funcionamento e principais características de uma antena dipolo e de uma antena vertical de 1/4 de onda;

47 - calcular as dimensões de uma antena dipolo de fio para uma frequência determinada quando se conhece o fator de velocidade para o fio;

48 - identificar o tipo de polarização para vários tipos de antenas mais usadas;

49 - definir o conceito de Relação de Onda Estacionária em uma linha de transmissão;

50 - descrever as camadas da Ionosfera responsáveis pela reflexão dos sinais de rádio;

51 - descrever o processo de reflexão dos sinais de rádio na ionosfera, estabelecendo as principais características dos modos de propagação e suas relações com a hora do dia;

52 - descrever o uso de satélites artificiais em telecomunicações;

53 - descrever um experimento destinado a produzir uma oscilação forçada;

54 - definir e empregar conceitos usados na descrição de osciladores forçados: Excitador, Oscilador, Amplitude, Frequência de excitação, Frequência natural de oscilação e Amortecimento;

55 - distinguir Oscilação Forçada de Oscilação Livre;

56 - citar exemplos de Oscilação Forçada;

57 - definir o conceito de Ressonância;

58 - formular a condição para a ocorrência de Ressonância quando existe Oscilação Forçada;

59 - definir os conceitos Comprimento de Onda, Frequência, Velocidade de Propagação e Amplitude de uma onda;

60 - citar experimentos com os quais pode-se determinar as grandezas acima mencionadas;

61 - usar a equação $C = \lambda f$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas;

62 - distinguir Ondas Transversais de Ondas Longitudinais e dar exemplos;

63 - definir o conceito de Interferência (Superposição de ondas de mesmo Comprimento de Onda) e citar exemplos;

64 - estabelecer as condições para a existência de Interferência Construtiva e Interferência Destrutiva;

65 - descrever a geração de uma Onda Estacionária a partir de uma Onda Incidente e de uma Onda



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

11

Refletida;

- 66 - definir os conceitos de Polarização Linear, Polarização Circular e Polarização Elíptica;
- 67 - descrever a ocorrência de Reflexo e Refração quando uma onda ao se propagar encontra um outro meio de características diferente do primeiro meio;
- 68 - descrever o Efeito Doppler;
- 69 - calcular a frequência de recepção quando o Efeito Doppler ocorre para:
 - a. receptor móvel e emissor parado;
 - b. receptor parado e emissor móvel.

8.4. PROVA DE RECEPÇÃO AUDITIVA E TRANSMISSÃO DE SINAIS EM CÓDIGO MORSE

Textos, em linguagem clara, com 125 caracteres (letras, sinais e algarismos), para candidatos à classe "B".

8.5. PROVA DE CONHECIMENTOS TÉCNICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

O candidato, além do citado no item 8.3, deve ser capaz de:

- 1 - associar a boa estrutura dos metais com a sua estrutura molecular;
- 2 - definir formalmente a relação entre resistência, resistividade, comprimento de onda e área de seção reta de um resistor;
- 3 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão;
- 4 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal;
- 5 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com diferença de potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo.

Bons estudos

CRARSUL



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

12

1 - descrever um modelo simples para o átomo e as moléculas

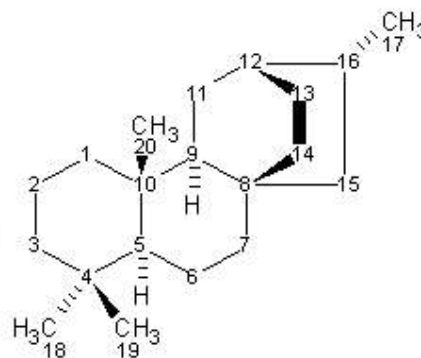
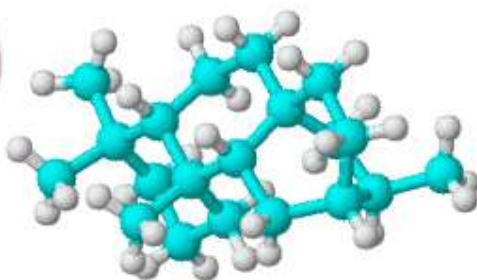
Quando iniciou-se o estudo e formulação da teoria atômica, era dado o nome de átomo a qualquer entidade química que poderia ser considerada fundamental e indivisível. As observações no comportamento dos gases levaram ao conceito de átomo como unidade básica da matéria e relacionada ao elemento químico, desta forma, houve uma distinção da molécula como "*porção fundamental de todo composto*," obtida pela união de vários átomos por ligações de natureza diferente.

Basicamente, o átomo abriga em seu núcleo partículas elementares de carga elétrica positiva (prótons) e neutra (nêutrons), este núcleo atômico é rodeado por uma nuvem de elétrons em movimento contínuo (eletrosfera). A maioria dos elementos não são estáveis, por isso, quando dois átomos se aproximam, há uma interação das núvens eletrônicas entre si. Esta interação se dá também com os núcleos dos respectivos átomo, isto acaba por torná-los estáveis. Os átomos se ligam e formam agregados de moléculas.

A natureza das moléculas determina as propriedades químicas das substâncias, se caracterizam pela natureza dos átomos que as integram, pela relação de proporção entre esses átomos e pelo seu arranjo dentro de si.

Uma ligação entre dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H_2O), forma uma molécula de água; dois átomos de cada um desses mesmos elementos produz peróxido de hidrogênio (H_2O_2), vulgarmente chamado de água oxigenada, cujas propriedades são diferentes da água.

Os átomos também se ligam em proporções idênticas, mas podem formar isômeros, que são moléculas diferentes. No álcool etílico (CH_3CH_2OH) e o éter metílico (CH_3OCH_3), é a diferença de arrumação dos átomos que estabelece ligações diferentes dentro da molécula.



A distribuição espacial dos átomos que formam uma molécula depende das propriedades químicas e do tamanho destes. Quando muito eletronegativos os átomos formam ligações classificadas como covalentes, pois apresentam aspecto equilibrado e simétrico.

Se houver maior afinidade sobre os elétrons compartilhados, a distribuição espacial é deformada e modificam-se os ângulos da ligação, que passa a ser polar. Nas ligações covalentes, os conceitos de orbital molecular e orbital atômico são fundamentais.

As possíveis combinações dos números quânticos definem o estado físico de um átomo. Podemos distinguir quatro tipos de orbitais atômicos, definidos pelo número quântico principal: s, de simetria esférica, e p, d e f, constituídos por estruturas em forma helicoidal dispostas ao longo ou entre os eixos direcionais das três dimensões.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

13

No caso das substâncias iônicas, é nítida a diferença no que se refere à força de atração entre os elétrons, estes se deslocam de um átomo para outro.

No caso do sal de cozinha, (cloreto de sódio - NaCl), no estado sólido, consiste de íons positivos de sódio e íons negativos de cloro. As forças elétricas existentes entre esses íons formam os seus cristais.

2 - descrever a propriedade Carga Elétrica associada às partículas do átomo

Todos os corpos se compõem de matérias-primas básicas, designadas por elementos químicos.

Sua menor porção química é o átomo. Este possui um núcleo, em torno do qual giram elétrons a velocidades elevadas, em camadas concêntricas.

Cada elemento possui um número diferente de elétrons, influenciando este número nas suas características.

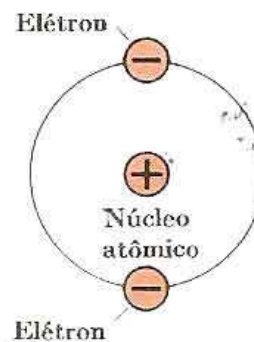
Cada átomo possui igual número de prótons como de elétrons, que giram em torno dos primeiros.

A força de atração entre prótons e elétrons se compõe com a ação da força centrífuga dos elétrons em movimento, estabelecendo assim o equilíbrio das forças internas do átomo.

Nos metais, a ligação entre elétrons da camada externa do átomo e o núcleo não é muito forte. Assim, atuando sobre o átomo de metal uma força externa, a trajetória dos elétrons é alterada; nestas condições aparecem os chamados "elétrons livres".

No estado de equilíbrio elétrico, os elétrons estão distribuídos uniformemente no corpo tal equilíbrio, porém, não existe quando o corpo está eletrizado.

O acúmulo de elétrons num corpo é chamado de carga elétrica.



Átomo de Hélio

3 - descrever o processo de Ionização e Recombinação

Para ionizar um átomo ou uma molécula, é necessário fornecer energia suficiente para que um ou mais elétrons das camadas mais externas escapem, a energia pode ser proveniente tanto de um fóton de radiação como por meios de processos de colisão entre duas partículas. O processo de colisão é muito comum na produção de plasmas em laboratório. Como os íons e os elétrons que formam o plasma são eletricamente carregados (embora o plasma não seja), eles podem ser acelerados por uma combinação de campos elétricos e magnéticos (ou eletromagnéticos) d.c. e a.c. aplicados externamente. Essa aceleração pode aumentar a velocidade das partículas de tal forma que estas sejam capazes de ionizar átomos neutros ao colidirem com eles.

Ao mesmo tempo ocorre o processo oposto à ionização, a recombinação, onde elétrons e íons juntam-se para formar átomos neutros. Esse processo sozinho poderia eventualmente resultar no desaparecimento do plasma. Entretanto, se a ionização ocorre ao mesmo tempo e com a mesma taxa que a recombinação, o plasma continua a existir. Ao recombinar-se com um íon o elétron libera uma determinada quantidade de energia (energia de ligação) em forma de radiação eletromagnética.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

14

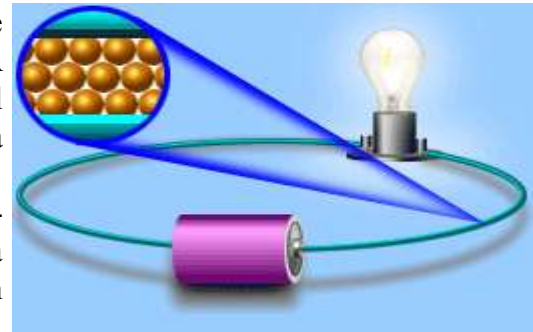
4 - explicar como o conceito de Carga pode ser usado para descrever o estado elétrico de um corpo

A matéria é constituída de átomos compostos de partículas elementares com polaridade (carga) elétrica negativa ou positiva. O estado elétrico normal de um corpo é o estado neutro, em que as cargas elétricas positivas e negativas estão em equilíbrio (a carga total é nula). Fora do equilíbrio, o corpo apresenta excesso de carga positiva ou negativa.



5 - definir Corrente Elétrica e sua unidade, o Ampère

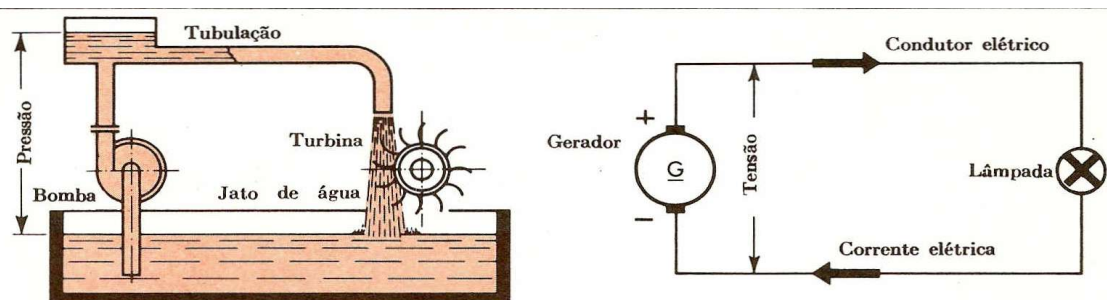
A corrente elétrica consiste no movimento ordenado de *cargas elétricas*, através de um condutor elétrico. A corrente elétrica é definida como corrente elétrica real (sentido do movimento dos elétrons) e corrente elétrica convencional (consiste no movimento de cargas positivas). Há dois tipos de corrente elétrica: **corrente contínua** - gerada por pilhas e baterias e **corrente alternada** - gerada por usinas que transformam qualquer tipo de energia em elétrica, a qual chega até nossas casas.



A corrente elétrica é definida como a razão entre a quantidade de carga que atravessa certa seção transversal (corte feito ao longo da menor dimensão de um corpo) do condutor num intervalo de tempo. A unidade de medida é o Coulomb por segundo (C/s), chamado de Ampère (A), no Sistema Internacional, em homenagem ao físico e matemático francês André-Marie Ampère (1775-1836).

Um ampère é definido como sendo a corrente constante que, se mantida entre dois fios condutores retos e infinitos ou com seção transversal desprezível, afastados por uma distância de um metro no vácuo, produziria a força por metro de fio equivalente a $2 * 10^{-7}$ newtons.

Corrente elétrica gerada por força hidráulica





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 1)

15

As bombas hidráulicas dão origem à determinada pressão, para fazer com que a água circule num circuito fechado. Por meio de uma máquina elétrica, (o gerador), é desenvolvida também uma certa pressão - a tensão elétrica - que movimenta os elétrons através do condutor elétrico. Para se obter um deslocamento de elétrons, ou seja, uma corrente elétrica, é necessário:

1. uma diferença de potencial ou tensão elétrica;
2. uma ligação condutora entre o gerador e o consumidor, pois a corrente apenas pode fluir quando o circuito está fechado, e sob a ação de determinada tensão.

O circuito de corrente é formado de: geradores - condutores - consumidores - chaves e dispositivos de proteção (fusíveis)

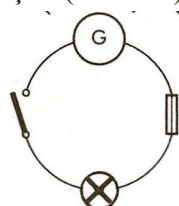


Fig. 2.2 Circuito de corrente

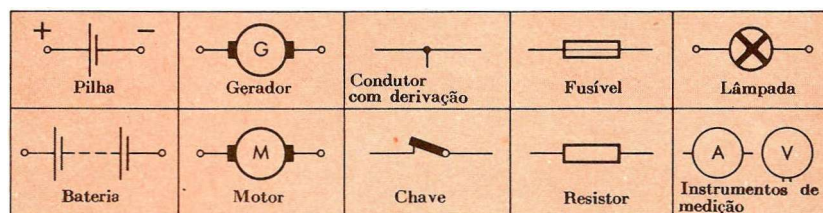


Fig. 2.3 Simbologia

Efeitos fisiológicos

Os efeitos fisiológicos da corrente elétrica se traduzem pelos choques elétricos. A consequência de um choque elétrico varia muito de pessoa para pessoa. Os cientistas analisaram o comportamento do organismo humano exposto à uma corrente alternada de frequência igual a 60 Hz (a corrente elétrica de nossas residências), fluindo através do corpo de uma mão à outra, com o coração no caminho. Concluíram que, em geral, existe uma variação intermediária de corrente, de cerca de 0,1 a 0,2 A que é provavelmente fatal, pois neste intervalo ela é capaz de produzir fibrilação ventricular (o cessar das contrações normais dos músculos do coração). Acima desse intervalo, a corrente tende a fazer com que o miocárdio se contraia fortemente, mas que pode voltar a bater por si só cessada a fonte do choque. Daí, a intensidade da corrente nem sempre determina a intensidade da lesão e muitas correntes altas podem não ser tão danosas quanto as de baixa intensidade.

Para uma descarga de relâmpago, os danos poderão ir de morte à seqüelas insuportáveis.

Veja a tabela que associa os prováveis efeitos da corrente elétrica com sua intensidade.

Corrente elétrica (A)	Efeitos fisiológicos
10^{-3} a 10^{-2}	Princípio da sensação de choque
10^{-2} a 10^{-1}	Ponto em que um estímulo é suficiente para produzir um efeito doloroso; paralisia muscular, dor severa dificuldade respiratória; parada cardíaca
10^{-1} a 2×10^{-1}	Fibrilação ventricular normalmente fatal se não houver intervenção
2×10^{-1} a 1	Parada cardíaca, recuperação possível desde que o choque seja terminado antes da morte
1 a 10	Queimaduras graves e não fatais, a menos que os órgãos vitais tenham sido atingidos



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

16

6 - definir o conceito de Diferença de Potencial associado à energia de uma carga mencionar sua unidade

Diferença de Potencial (d.d.p) ou Tensão Elétrica

A diferença de potencial ou o desnível de energia potencial ocasiona o deslocamento espontâneo de cargas ao nível do campo elétrico onde atuam forças que realizam trabalho. Um aparelho elétrico só funciona quando se cria uma diferença de potencial entre os pontos em que esteja ligado para que as cargas possam se deslocar. Entre as nuvens carregadas e a superfície também se estabelece uma ddp que permite a descida espontânea da carga líder até o solo.

O Homem só foi capaz de utilizar a eletricidade com alguma utilidade prática depois de ter descoberto um modo de manter as cargas, num circuito, em permanente movimento, o que, como já vimos, origina a corrente elétrica. É esta a função desempenhada pelos geradores. Por outras palavras, os geradores asseguram, num circuito elétrico, o fornecimento de energia que em seguida irá ser transformada pelos receptores. Uma grandeza física que está diretamente relacionada com a quantidade de energia elétrica fornecida pelos geradores é a **diferença de potencial elétrico** entre os pólos do gerador.

A corrente elétrica só passará de um ponto a outro de um circuito, desde que entre eles exista um desnível de quantidade de carga elétrica.

Para compreender melhor esta grandeza física, pode-se fazer uma analogia com a água de uma catarata: quanto maior é o desnível que a água tem de vencer, maior quantidade de energia é transferida.



A **diferença de potencial**, que normalmente se representa por **U**, pode também ser representada por **V** ou ainda pelas iniciais **d.d.p**. No Sistema Internacional de Unidades (SI) exprime-se em **volt (V)**. A designação desta unidade é uma homenagem ao físico e professor italiano Alessandro Volta (1745-1827), que se distinguiu em diversos ramos da Física, tendo-se notabilizado pelos estudos aprofundados que desenvolveu em electricidade.

	Nome	Símbolo	Relação com o volt
Múltiplos	quilovolt	kV	1 kV = 1 000 V
	megavolt	MV	1 MV = 1 000 000 V
Unidade	volt	V	-----
Submúltiplos	milivolt	mV	1 mV = 0,001 V



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

17

7 - definir o conceito de Resistência Elétrica

Conceito de Resistência

A resistência R resulta das forças de ligação dos elétrons com os respectivos núcleos atômicos, e depende da matéria-prima, das dimensões e da temperatura do condutor.

A unidade de resistência é 1 ohm.

Pelas leis da eletricidade se estabelece que:

1 ohm é a resistência de um fio de mercúrio, a 0° C, que tem um comprimento de 1,063m e uma seção de 1 mm².

A determinação da resistência é feita normalmente por cálculo, e, mais raramente, por medição com um ohmímetro.

$$1 \text{ k } \Omega \text{ (quilohm)} = 1.000 \Omega; \quad 1 \text{ M} \Omega \text{ (Megohm)} = 1.000.000 \Omega$$

Resistência Elétrica

O condutor elétrico é o caminho por onde circula a corrente; simultaneamente, entretanto, este oferece uma determinada resistência à circulação. Estas propriedades contraditórias do condutor são expressas em unidades de condutividade e de resistividade. Seu valor depende do material.

Resistividade

A resistividade de um condutor é expressa pela resistência do mesmo num comprimento de 1 metro e numa seção de 1mm², à temperatura de 20°C

A resistividade é simbolizada por ρ (ro) e expressa em $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ (ou $\Omega \cdot \text{cm}$).

Condutividade

A condutividade é o valor inverso da resistividade.

É simbolizado por κ (capa) e expressa em $\frac{\text{m}}{\text{mm}^2 \Omega}$ ou siemens.

Entende-se por condutividade de um condutor o valor obtido que coincide numericamente com o comprimento deste, sendo a resistência igual à 1 ohm, e a seção de 1mm², a 20°C.

$$\text{Condutividade} = \frac{1}{\text{Resistividade}} \quad \kappa = \frac{1}{\rho} \quad \rho = \frac{1}{\kappa}$$

Resistência do condutor

O valor da resistência do condutor depende:

1. Da resistividade da matéria-prima condutora
2. Do comprimento l do condutor.
3. Da seção A do condutor.
4. Da temperatura do condutor.

A resistência do condutor aumenta com o aumento do comprimento deste, e inversamente se reduz com o aumento da seção. Utilizando o valor da resistividade e desprezando o efeito térmico, podemos estabelecer a seguinte equação:

$$\text{Resistência} = \frac{\text{resistividade} \cdot \text{comprimento do condutor}}{\text{seção transversal}} \quad R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad \text{ou} \quad R = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad [\Omega]$$

Onde R= Resistência em ohms, l o comprimento do fio em metros e A a seção condutora em mm².



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 1)

18

Condutância

A condutância é o inverso da resistência do condutor, R . É designado por G e medido em siemens (S).

$$\text{Condutância} = \frac{1}{\text{resistência}} \quad G = \frac{1}{R} \left[\text{S ou } \frac{1}{\Omega} \right] \quad R = \frac{1}{G} \quad [\Omega].$$

Material	ρ	\times	α	Material	ρ	\times	α
Cobre	0,0178	56	0,004	Prata-liga WM 30	0,30	3,3	0,0007
Alumínio	0,028	35	0,0038	Manganin WM 42	0,42	2,4	Pratic = 0
Zinco	0,06	16,5	0,0039	Constantan WM 50	0,50	2,0	Pratic = 0
Ferro WM 13	0,13	8	0,0046	Níquel-cromo WM 100	1,00	1,0	0,0002
Chumbo	0,21	5	0,0038	Carvão	50-100	0,02-0,01	-0,0003

Exemplo 1: Qual o valor da resistência de um fio de alumínio de 4mm^2 de seção, e tendo 30 metros de comprimento?

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{0,028 \cdot 30}{4} = 0,21 \Omega.$$

Exemplo 2: Qual o comprimento que um fio de constantan de $1,6\text{mm}^2$ de diâmetro deve ter, para que sua resistência seja de 12 ohms?

$$A = d^2 \cdot 0,785 = 1,6 \cdot 1,6 \cdot 0,785 = 2 \text{ mm}^2;$$

$$l = \frac{R \cdot A}{\rho} = \frac{12 \cdot 2}{0,5} = 48 \text{ m}.$$

VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.

Quando um condutor é aquecido, sua resistência se altera. Esta alteração depende do tipo de material, tendo-se constatado que nos metais uma elevação de temperatura eleva a resistência, no carvão e nos líquidos a resistência cai, no constantan (ligas de cobre e níquel) seu valor permanece praticamente inalterado. A variação de resistência de um condutor com resistência de 1 ohm com uma variação de temperatura de 1°C é o coeficiente de temperatura, e é simbolizado por alfa.

8 - estabelecer a diferença entre Condutores e Isolantes

Materiais Condutores e Isolantes

Em 1729, o cientista inglês Stephen Gray (1670-1736) notou que os resultados de suas experiências de eletrização tinham alguma relação com o material que utilizava.

Gray foi o descobridor da *eletrização por indução* e dava preferência a eletrização em corpos metálicos. Ele supunha que estes "conduziam" melhor a eletricidade e assim os denominou de *condutores*.

Para outros, como o vidro, ele chamou de *isolantes*, já que os efeitos da eletricidade nestes corpos pareciam estar "isolados" por alguma propriedade característica.

Gray passou boa parte da vida tentando explicar essas duas propriedades, de condutores e de isolantes, mas não conseguiu obter uma boa teoria, talvez por falta de conhecimentos sobre a estrutura da matéria.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

19

Hoje sabemos que todos os corpos se eletrizam, sendo que uns com mais facilidade que outros. Mas se não tivermos cuidado, em certas condições pode-nos parecer que certas substâncias não se eletrizam, o que é errado. O leitor pode fazer a seguinte experiência: atrite um bastão de vidro numa região BC. Verá que nessa região o vidro atrairá corpos leves, como pedaços de papel ou de cortiça.



Isso indica que o vidro ficou eletrizado nessa região (figura acima). Depois atrite um bastão de metal numa região BC, e aproxime-o dos mesmos corpos leves. Se ele for segurado diretamente com as mãos, não atrairá nenhum corpo leve. Mas se for segurado através de um cabo de vidro, por exemplo, atrairá.

À primeira vista ficamos com a impressão de que o metal se eletriza quando tem um cabo de vidro, e não se eletriza quando não tem. Mas, na realidade o metal se eletriza sempre, e os fatos mencionados se explicam do seguinte modo: o vidro, quando eletrizado na região BC isola a eletricidade desenvolvida nessa região, e é por isso que consegue atrair corpos leves.

O metal quando eletrizado em BC, não isola a eletricidade nessa região, mas conduz a eletricidade através do seu interior; quando está segurado com as mãos, a eletricidade chega ao corpo do experimentador e se escoia para a terra.

Quando o metal tem cabo de vidro, esse cabo não permite o escoamento da eletricidade, que fica então localizada no metal.

As substâncias que isolam a eletricidade no lugar em que ela aparece como o vidro, são chamadas **isolantes**, ou **dielétricos**. Os que se comportam como os metais, isto é, que conduzem a eletricidade, são chamados **condutores**.

Os condutores mais comuns são: os metais, o carbono, as soluções aquosas de ácidos, bases e sais, os gases rarefeitos, os corpos dos animais, e, em geral, todos os corpos úmidos.

Os isolantes mais comuns são: vidro, louça, porcelana, borracha, ebonite, madeira seca, baquelite, algodão, seda, lã, parafina, enxofre, resinas, água pura, ar seco, etc..

Modernamente estão tomando importância cada vez maior como isolantes certas substâncias plásticas fabricadas sinteticamente.

Vimos acima que quando o observador segura com as mãos o bastão de metal, a eletricidade desenvolvida no metal passa pelo corpo do observador e se escoia para a terra. E claro que isso só é possível porque o corpo humano (e de todos os animais) é condutor e a terra também é condutora.

Todas as vezes que um corpo eletrizado é colocado em contato com a Terra, a eletricidade do corpo passa para a terra.

A temperatura e a umidade influem muito na "qualidade" de um isolante e de um condutor. De modo geral, os isolantes úmidos são maus isolantes, porque passam a conduzir um pouco a eletricidade. A temperatura elevada os isolantes são também maus isolantes: o vidro, por exemplo, que à temperatura ambiente é ótimo isolante, quando aquecido até ficar pastoso se torna muito bom condutor.

Nos condutores, a temperatura em geral tem ação inversa: eles são melhores condutores a baixas temperaturas. A umidade age sempre no mesmo sentido, quer nos condutores, quer nos isolantes: melhora a condução.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

20

De modo geral, os bons condutores de eletricidade também são bons condutores de calor, e os isolantes elétricos também são isolantes térmicos.

Condutores Elétricos

São materiais que oferecem pequena resistência ao deslocamento dos elétrons. Todos os metais e carvões assim como ácidos, lixívia e soluções salinas são condutores. Prata, cobre e alumínio são os melhores condutores empregados em grande escala. Os líquidos, quando sob a ação de uma corrente elétrica, se decompõem. A condução nestes é feita pelos íons, que são átomos onde existe deficiência ou excesso de elétrons.

Semicondutores Elétricos

Como o selênio, o óxido de cobre, o germânio e o silício, mostram uma condutividade que se localiza entre a dos condutores e a dos isolantes, e que se eleva com aumento de temperatura. Semicondutores são empregados como retificadores (págs.87j88) e como transistores (págs.106, 107 e 125).

Isolantes Elétricos

São materiais que oferecem elevada resistência à corrente elétrica. Suas características elétricas (resistividade, rigidez dielétrica, resistência superficial, estabilidade perante descargas e constante dielétrica) devem estar de acordo com o emprego e com as normas técnicas vigentes no país.

Além das mencionadas, ainda são importantes as seguintes propriedades:

1. Não podem ser higroscópicos, isto é, não devem absorver água ou umidade.
2. Não devem ser comburentes, ou seja, não devem queimar sob a ação de uma chama nem continuar queimando após afastados desta.
3. Precisam ter elevada estabilidade térmica, o que significa que não devem perder sua forma até determinados e elevados limites de temperatura.
4. As propriedades mecânicas devem satisfazer às condições de uso (dureza, elasticidade, deformabilidade). Segundo sua origem, destacam-se isolantes naturais e artificiais. Do grande número destes, salientam-se:

Isolantes naturais: -ar (quando seco), óleo mineral (livre de água e de ácidos), algodão, cera, goma laca (para altas tensões), papel, mica (sólido de escamas), amianto (pedra fibrosa), quartzo, betume, asfalto, micanite (mica impregnada com goma laca), vidro (fundido de areia de quartzo, soda e calcário),- fibra de vidro e produtos cerâmicos, como a porcelana (composto de caulim, feldspato e areia de quartzo), a esteatite (obtido de feldspato, silicato de magnésio ou talco e areia de quartzo) e argila refratária.

Isolantes artificiais: - são constituídos sobretudo de carvão (carbono), água, ar e cálcio, por polimerização ou policondensação química. Nestas transformações, determinadas propriedades adquirem características especiais.

Plásticos policondensados: - são resinas sintéticas que, pela separação da água, resultam sobretudo das ligações de creosóis, fenóis e uréias com formaldeídos (plásticos fenólicos, ou aminoplásticos). Secos e triturados, são prensados com massas de enchimento (madeira moída, pedras, fibras, mica) acerca de 150° C e 400 a mosferas de pressão, dentro de moldes de elevado grau de polimento. Possuem o nome comercial de Baquelite. Quando se emprega como base uma camada de papel ou de tecido em combinação com a resina sintética, resulta as denominadas fibras laminadas ou tecidos laminados, que são rígidos. Os vernizes de impregnação são obtidos pela diluição de resinas em solventes apropriados.

Plásticos polimerizados: - são resultantes normalmente de acetilenos e etilenos e se formam pela interligação de moléculas e de cadeias de carbonatos. Os principais plásticos polimerizados são: cloroeto de polivinila (PVC). Sua forma inicial é rígida. Quando triturado, se transforma em pó branco, o qual é posteriormente misturado com líquidos oleosos, para amolecê-lo. Acrescentam-se ainda corantes. Em seguida, esta mistura sofre a ação do calor (cerca de 80° C) e de determinada pressão, quando então se obtém um produto de características flexíveis, como a borracha Polistírol é um isolante aplicado sob pressão em moldes e em fitas elásticas Polietileno, como isolante e recobridor de condutores Poliéster em blindagem de chaves Policloropren para condutores à prova de óleo, ozona e intempéries.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

21

9 - associar a boa condutividade dos metais com a sua estrutura molecular

Do ponto de vista químico, os metais se caracterizam por possuir poucos elétrons na camada exterior do átomo. Segundo a teoria da ligação metálica, esses elétrons formam uma "nuvem eletrônica", que ocupa faixas limitadas no interior do metal, as chamadas zonas de Brillain, e podem passar facilmente de uma para outra, o que justifica a relativa liberdade de que desfrutam dentro da rede. O sólido metálico seria assim formado pelos núcleos dos átomos mergulhados nessa nuvem eletrônica, que pertence ao conjunto.

Em um sólido metálico, cátions jazem em um arranjo regular e estão cercados por um mar de elétrons.

Os **cátions** são os **Íons** que tem carga positiva, ou seja, **perderam** elétrons da sua camada de valência (a última camada eletrônica).

Esta estrutura dá origem a propriedades únicas. O brilho característico dos metais é devido à mobilidade dos seus elétrons.

Uma luz incidente é um campo eletromagnético oscilante. Quando atinge a superfície, o campo elétrico da radiação empurra os elétrons móveis para frente e para trás.

Estes elétrons oscilantes emitem luz, e nós a vemos como o brilho – essencialmente um reflexo da luz incidente.

Os elétrons oscilantes oscilam sincronizados com a luz incidente, então, eles liberam luz na mesma frequência. Em outras palavras, luz vermelha refletida pela superfície metálica é vermelha e luz azul é refletida como azul.

Isto explica porque uma imagem em um espelho – uma cobertura fina e metálica sobre um vidro – é um retrato fiel do objeto refletido.

Quando nos olhamos no espelho, estamos vendo as oscilações dos elétrons móveis no filme de metal, com partes diferentes do filme oscilando em frequências diferentes, de acordo com a cor incidente.

A mobilidade de seus elétrons explica a maleabilidade e a boa condutividade dos metais. Devido aos cátions estarem cercados por um mar de elétrons, há um caráter direcional muito pequeno na ligação.

Como resultado, um cátion pode ser empurrado, passando pelo seu vizinho. Uma pancada de um martelo pode movimentar um grande número de cátions.

O mar de elétrons rapidamente se ajusta para assegurar que os átomos não sejam simplesmente desgarrados, mas permanecem unidos em suas novas posições.

A ligação metálica é relativamente forte. Como resultado, a maioria dos metais tem altos pontos de fusão e servem como materiais resistentes, elásticos e fortes para construção.



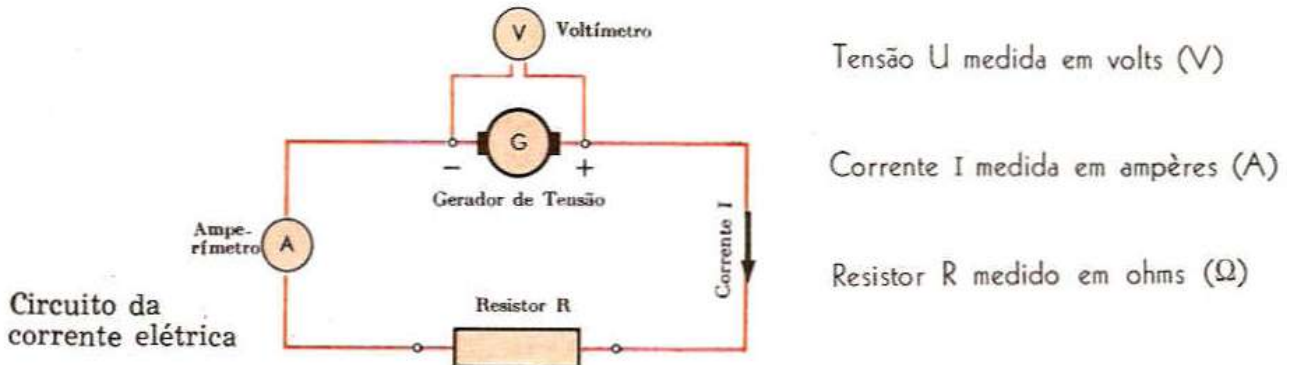


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE (Apostila 1)

22

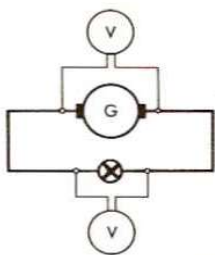
10 - associar os conceitos de Diferença de Potencial (V), Corrente (I) e Resistência (R) e suas unidades



Uma tensão, genericamente, pode apenas aparecer entre dois pontos (por exemplo, em um cabo tracionado entre dois suportes). A tensão elétrica, ou diferença de potencial elétrico, é a diferença da concentração de elétrons entre dois pontos do circuito de corrente. O ponto de maior concentração de elétrons é dito pólo negativo (-) enquanto que o outro ponto, conseqüentemente de menor concentração de elétrons, é dito pólo positivo (+). Esta polaridade é convencional, tendo sido, antigamente, designada ao contrário. A tensão U é a força elétrica (pressão) que desloca os elétrons através do circuito fechado. Esta é a razão por que a tensão elétrica que se desenvolve internamente em um gerador é chamada de força eletromotriz (f.e.m.), designada por E e é medida em volts.

A tensão existente nos terminais de saída do gerador é designada por U .
A unidade de tensão é 1 volt (V).

1 volt é a tensão necessária para fazer com que 1 ampere circule por um resistor de 1 ohm.



Ligação de Voltímetros

A medida da tensão é feita por intermédio de um voltímetro, que sempre é ligado entre duas partes condutoras do gerador ou do consumidor (figura 3.2).

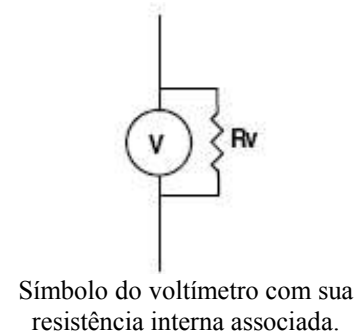
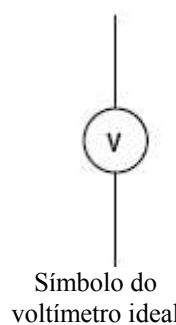
1 kV (quilovolt) = 1 000V; 1mV (milivolt) = 0,001V; 1 μ V (microvolt) = 0,000 001V.

VOLTÍMETRO DE CORRENTE CONTÍNUA

Este instrumento, utilizado para medir tensões, deve ser sempre ligado em paralelo com os pontos (nós) onde se deseja saber a diferença de potencial. Idealmente, o voltímetro não deve afetar o circuito a ser medido.

No entanto, na prática, ao inserirmos o voltímetro, este afeta o circuito, alterando o circuito equivalente. Isto se deve ao fato de ele apresentar uma resistência interna R_v de valor elevado, porém não infinito. Assim, o circuito equivalente será modificado com a inserção do voltímetro.

Importante : o voltímetro deve sempre ser ligado em paralelo com os pontos onde se deseja saber a tensão.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

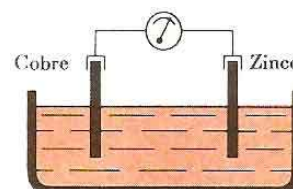
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

23

A força necessária ao deslocamento dos elétrons "Livres"- a tensão elétrica - pode ser gerada das seguintes maneiras:

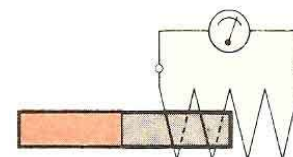
1. PELA AÇÃO QUÍMICA.

Dois metais diferentes, ou um metal e um carvão, são imersos num líquido condutor de corrente elétrica (água com sal, ácidos ou lixívia). Desenvolve-se assim uma diferença de potencia I ou tensão elétrica (pilha e acumulado r)



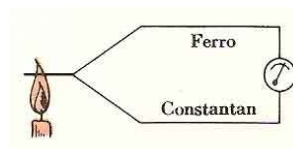
2. POR INDUÇÃO

Movimentando-se um condutor elétrico através de um campo magnético, aparece no primeiro uma diferença de potencial (máquinas elétricas).



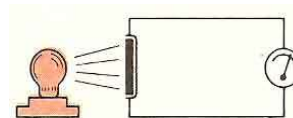
3. POR AQUECIMENTO

Pelo aquecimento do ponto de solda de dois metais diferentes, resulta uma tensão elétrica. (termelemento, pirômetro).



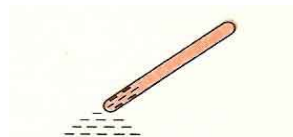
4. PELA LUZ

Perante a incidência de um fecho luminoso sobre uma camada de selênio ou de telúrio depositada sobre um corpo de ferro, forma-se uma diferença de potencial (células fotoelétricas, medidores de intensidade luminosa)



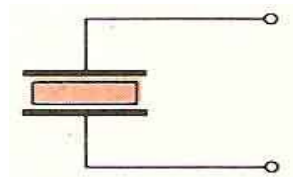
5. POR ATRITO

Atritando uma haste de vidro com um pedaço de couro, ou uma haste de ebonite com lã, as hastes ficam eletrizadas, ou seja, os elétrons se acumulam ou são atraídos sobre as mesmas (eletricidade estática)



6. POR CRISTAIS PIEZELÉTRICOS

Alguns cristais, destacando-se o quartzo, têm a propriedade de desenvolver cargas elétricas, quando suas superfícies ficam sob a ação de solicitações mecânicas de tração ou de compressão (cristais de quartzo)



Lei de Ohm

O cientista Georg Simon Ohm foi o primeiro a reconhecer a dependência da corrente em função da tensão e da resistência. Esta é a razão por que a relação entre corrente, tensão e resistência é chamada de "Lei de Ohm".

Com seu emprego podemos calcular qualquer uma das três grandezas fundamentais da corrente elétrica - **resistência, diferença de potencial ou tensão e corrente** – desde que conheçamos duas delas.

O enunciado da lei de Ohm, é o seguinte:

"Desde que a temperatura se mantenha constante, a corrente que atravessa um fio é diretamente proporcional à diferença de potencial entre as extremidades do fio".



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

24

Isto significa que, se aumentarmos a diferença de potencial aplicada ao fio, a corrente também aumentará na mesma proporção. Do mesmo modo, se a diferença de potencial diminuir, a corrente também diminuirá.

Podemos comparar essa lei com o movimento de água de um rio por exemplo. Se a diferença de altura (nível) entre dois pontos do rio for pequena, a intensidade da corrente de água também o será. Se for aumentada a diferença de nível, aumentará também a corrente.

Suponhamos que num aquecedor circule corrente de 2 ampéres, quandoo ligamosà tensãode 120 V. Segundo o que afirmamos se a tensão dobrar, ou seja, passar a 240 V, a corrente também dobrará, isto é, passará a 4 A. Do mesmo modo, se á tensão for reduzida à metade, isto é, 60 V, a corrente também se reduzirá na mesmaproporção,ou seja, 1A.

Observamos o seguinte:

1º) Quando a tensão é de 120 V e a corrente de 2 A, a relação entre tensão e corrente é de :

$$120 \text{ V} \div 2 \text{ A} = 60$$

2º) Passando a tensão para 240 V a corrente passará para 4 A e relação entre tensão e corrente será de:

$$240 \text{ V} \div 4 \text{ A} = 60$$

3º) Finalmente, se a tensão se reduz a 60 V e a corrente a 1 A a relação entre tensão e corrente será:

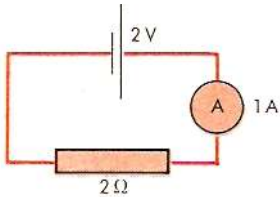
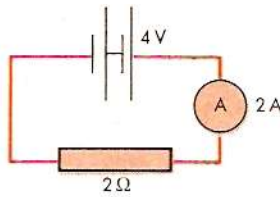
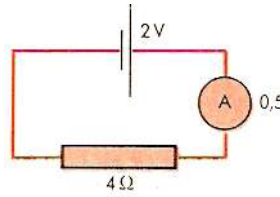
$$60 \text{ V} \div 1 \text{ A} = 60$$

Podemos, então, escrever o seguinte:

"O valor da voltagem dividido pelo valor da corrente é igual ao valor da resistência".

Ora, essa verdade é quantitativa, porque lida com valores. Podemos simplificar a linguagem, representando a afirmativa da lei pela expressão: $V \div I = R$ o que constitui uma fórmula matemática e, particularmente, a fórmula da lei de Ohm.

Experiência:

1. Aplicando-se uma tensão de 2 V num resistor de 2 ohms, então o amperômetro indicará uma corrente de 1 A.	2. Alimentando-se um resistor de 2 ohms, com uma tensão de 4 V, o amperômetro indicará uma corrente de 2 A.	3. Alimentando-se um resistor de 4 ohms, com uma tensão de 2 V, o amperômetro indicará uma corrente de apenas 0,5 A
		

Das experiências 1 e 2, resulta:

Mantendo-se a resistência constante, quanto maior a tensão, maior a corrente.

Das experiências 1 e 3, resulta:

Mantendo-se inalterado o valor da tensão, quanto maior a resistência do resistor, menor a corrente.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE (Apostila 1)

25

11 - usar a equação $V = R I$ para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas

A "Lei de Ohm" estabelece genericamente a seguinte relação:

$$I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

Desta equação, poderemos obter ainda:

$$U = I \cdot R \quad [V]$$

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

Mediante esta equação, podemos calcular a tensão U , quando pelo circuito deve fluir a corrente I e o mesmo tem uma resistência R . Quanto maior o valor da resistência e da corrente, tanto maior será a tensão necessária U .

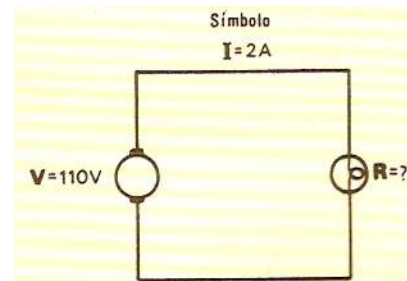
Mediante esta segunda relação, podemos calcular a resistência R , quando pelo circuito flui uma corrente I sob o efeito da tensão U . Quanto maior a tensão e quanto menor a corrente, tanto maior será a resistência necessária R .

Alguns exemplos da aplicação da Lei de Ohm.

1º) Uma lâmpada de iluminação é *atravessada* pela corrente de 2 A, quando ligada à rede de energia de 110 V.

Pergunta-se: Qual o *valor* da resistência da lâmpada?

O circuito de ligação seria o que indicamos na figura abaixo.



A tensão, no caso, é a da rede e *vale* 110 V; logo, $U = 110$ volts. A corrente que passa pela lâmpada é de 2 A; portanto, $I = 2$ A. Uma *vez* que conhecemos a tensão e a corrente, aplicaremos a fórmula

$$R = \frac{U}{I} \quad [\Omega]$$

e encontraremos a resistência R : *A resistência da lâmpada é de 55 ohms.*

2º) Em um carro, cuja bateria é de 12 volts, instala-se um acendedor de cigarros de resistência igual a 2 ohms.

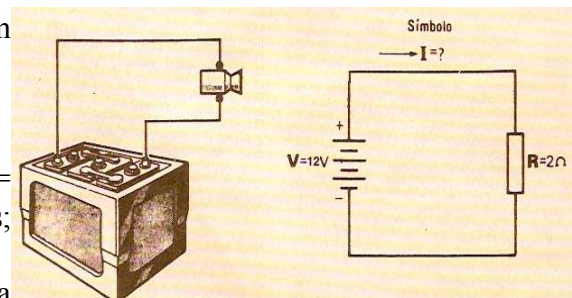
Pergunta-se: Qual é a corrente que o acendedor "puxará"? O circuito é o da figura ao lado.

Aqui, conhecemos a tensão, que é de 12 volts; logo, $U = 12$ V; e a resistência do acendedor, que é de 2 ohms; logo, $R = 2$ ohms.

Como desejamos conhecer a corrente I vamos utilizar a

$$I = \frac{U}{R} \quad [A]$$

seguinte fórmula:



A corrente que circula pelo acendedor é de 6 amperes.

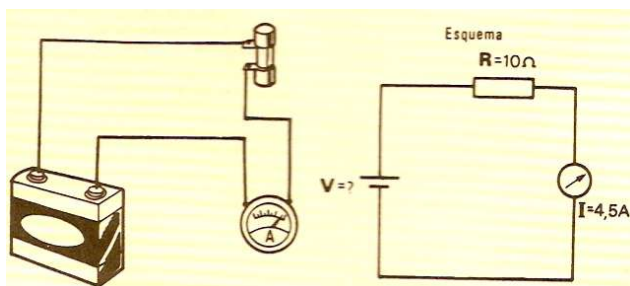


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

26

3º) Temos uma bateria e desejamos saber qual o *valor* da diferença de potencial em seus terminais. Como possuímos somente um medidor de corrente, ligamos-o em série com um resistor de 10 ohms e aos terminais da bateria, como mostra a figura abaixo.



Nestas circunstâncias, o instrumento registra 4,5 A (quatro amperes e meio). Pergunta-se: Qual o *valor* da diferença de potencial nos terminais da bateria desconhecida?

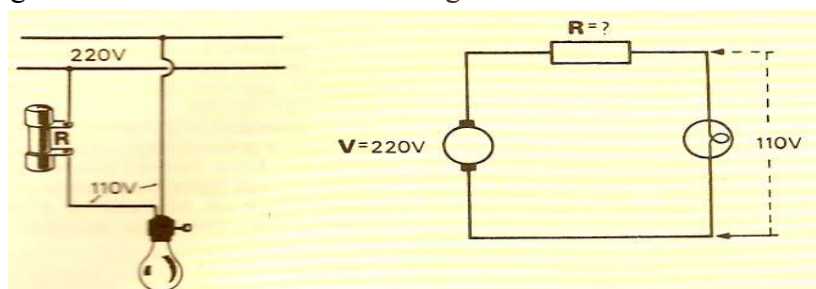
Fórmula a ser aplicada: $U = I \cdot R$ [V]

A diferença de potencial nos terminais da bateria é de 45 volts.

4º) Possuímos uma lâmpada fabricada para 110 V e queremos ligá-la à rede de 220 V. Sabemos que ligada em 110 V, por ela circula corrente de 0,5 A (meio amper). Pergunta-se: Que resistência *devemos* colocar em série com a lâmpada, para que ela funcione normalmente?

Obs.: Devemos *observar* que, se a lâmpada construída para funcionar em 110 V fosse ligada diretamente em 220 V, se queimaria de imediato. Necessita-se, então, de colocar em série um dispositivo que provoque o abaixamento de tensão até o *valor* de 110 V. Queremos que esse dispositivo seja um resistor. É claro que, se o *valor* da resistência não for correto, a lâmpada poderá funcionar com tensão superior a especificada e queimar-se (resistência baixa); ou ser alimentada com tensão abaixo do normal e não acender, ou acender com pouco brilho.

Devemos, então, ligar o resistor correto, o que pode ser calculado pela aplicação da lei de Ohm, como *veremos* a seguir. O circuito é o mostrado na figura abaixo.



Queremos saber a resistência; logo a fórmula a ser utilizada é: $R = \frac{U}{I}$ [Ω]

Conhecemos a corrente, que vale 0,5 A, e precisamos do valor de V, para aplicar a fórmula. Sabemos que a lâmpada deve trabalhar em 110 V.

Como dispomos de 220V, o resistor r deverá provocar a queda do excesso, isto é, a tensão no resistor deverá ser: $V_{\text{resistor}} = 220 \text{ V} - 110 \text{ V} = 110 \text{ V}$

Agora, substituindo o valor de V no resistor r e o de I no resistor, que é a mesma corrente da lâmpada, porque resistor e lâmpada estão em série, resulta: $R = 110 + 0,5 = 220\Omega$

Logo, o resistor que se colocará em série com a lâmpada deverá ter 220 ohms.

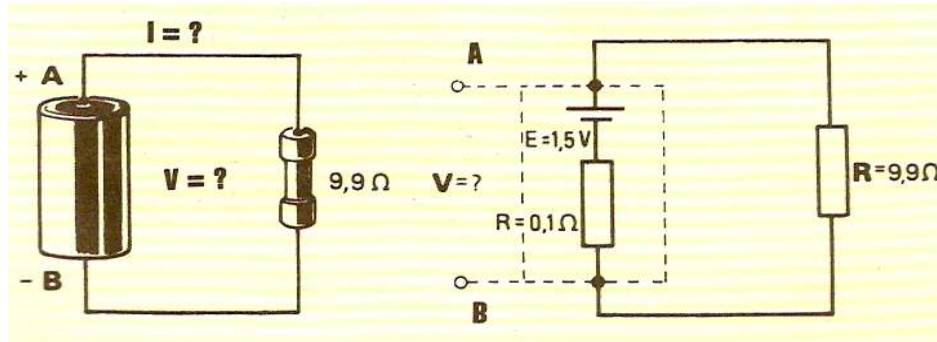


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

27

5º) Uma pilha tem força eletromotriz de 1,5 volt (um volt e meio) e resistência interna de 0,1 ohms. Pergunta-se: Qual a diferença de potencial nos terminais da pilha, quando a ela é ligada uma carga que tem resistência de 9,9 ohms?



Este problema é resolvido aplicando-se duas vezes a lei de Ohm: uma para calcular a corrente que passa pelo circuito e outra para calcular a queda de potencial na resistência interna da pilha.

Finalmente, calculando a diferença entre a força eletromotriz e a queda na resistência interna, obteremos a diferença de potencial nos terminais da pilha.

Teremos, então: Resistência total do circuito = resistência interna da pilha + resistência externa, ou seja: $R_t = 0,1 + 9,9 = 10\Omega$

A corrente que passa pelo circuito é determinada aplicando-se a fórmula $I = V + R$

Mas, no caso, V é igual à força eletromotriz da pilha e R, a resistência total do circuito; logo:

$$I = E (= V) + R (= R_t) = \\ 1,5 \text{ V} + 10\Omega = 0,15 \text{ A}$$

Como conhecemos a corrente que passa pela resistência interna da pilha, que é de 0,15 A, bem como o valor dessa resistência, que é de 0,1 Q, podemos aplicar a fórmula (3) da lei de Ohm e calcular a queda de tensão nessa resistência.

Resultado:

$$V = R \times I = 0,1 \Omega \times 0,15 \text{ A} = 0,015 \text{ V} \\ \text{(quinze milésimos de volt)}$$

Agora, para determinar a diferença de potencial entre os terminais da pilha, terminais esses que representamos por A e B na figura, bastará calcular a diferença entre a força eletromotriz e a queda na resistência interna, ou seja: $V_{ab} = E - 0,015 = 1,5 - 0,015 = 1,485 \text{ V}$

Resposta: A diferença de potencial nos terminais da pilha é de 1,485 V (um volt e quatrocentos e oitenta e cinco milivolts).

12 - usar a equação $V = R I$ em um circuito de uma única malha



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

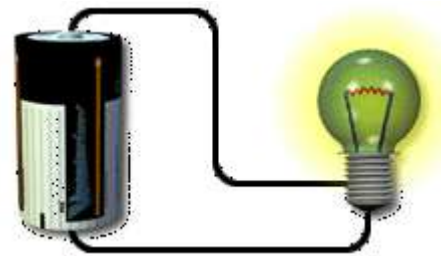
28

13 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com a Diferença de Potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo

Quando portadores de carga elétrica atravessam um meio condutor, haverá choques (interações) entre esses portadores e partículas do próprio condutor.

Dessas interações, parte da energia elétrica associada aos portadores transfere-se para as partículas do meio condutor, as quais passam a vibrar mais intensamente - o que caracteriza, em parte, o aquecimento do condutor.

A lei de Joule permite equacionar quanto de energia elétrica é convertida em térmica. Dessa energia térmica produzida, uma parte eleva a temperatura do condutor e outra parte é trocada com o meio ambiente sob a forma de calor.



A quantidade de calor trocado com o ambiente, por sua vez depende, por uma parte, da intensidade da corrente através do condutor, por outra, da natureza e das dimensões desse condutor, isto é, da sua resistência elétrica, como veremos. As observações que demonstram este fenômeno são numerosas:

- a) nos filamentos das lâmpadas incandescentes (que alcançam temperaturas acima dos 2000 °C);
- b) nos potenciômetros e reostatos (que podem até tornarem-se incandescentes pela passagem de elevadas intensidades de corrente);
- c) nos enrolamentos de motores, dínamos e alternadores (que requerem, por vezes, ventilação forçada para que não venham a 'queimar');
- d) nos fusíveis de metal e ligas de baixo ponto de fusão (que são fundidos quando a corrente supera certos limites);
- e) nos eletrodomésticos (radiadores, ferros de passar, chuveiros, secadores de cabelo, fogões, marmitas, fornos, fogareiros etc.);
- f) nos fornos elétricos industriais (de arco, de resistência, de indução, que permitem obtenção de elevadas temperaturas com variadas funções), etc.

As leis de Joule têm por objeto determinar a quantidade de calor Q que se desprende num condutor, durante o intervalo de tempo Dt , quando percorrido por corrente de dada intensidade i .

A formulação da primeira lei de Joule diz:

A quantidade de calor despreendida num dado condutor, por unidade de tempo, é proporcional ao quadrado da intensidade de corrente.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

29

Esta lei pode exprimir-se através da expressão

$$W = U I t \text{ ou } W = R I^2 t$$

em que W é a energia dissipada (em Joule), U é a tensão aplicada (em Volt), I é a intensidade de corrente elétrica (em Ampère), t é o tempo durante o qual passa a corrente (em segundo) e R é a resistência elétrica (em Ohm).

I representa a intensidade de corrente (em corrente contínua) ou o valor eficaz da corrente (em corrente alternada).

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

$$P = V \cdot i$$

$$P = R \cdot i^2$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Exemplo:

Qual a potência elétrica que o gerador está fornecendo para o circuito? Qual a quantidade de energia elétrica consumida pelo circuito em 30min.? E em 2h?

Solução:

A potência elétrica do gerador é dada por : $P = U \cdot I$,

onde $U = 12V$ e $I = 12V/10\text{Ohms} = 1,2A$ logo,

$P = 12V \cdot 1,2A = 14,4W = 14,4J/s$ (Joules por segundo),

observe que o circuito é só o resistor de 10 **Ohms** logo a potência elétrica do resistor que é igual à potência dissipada é 14,4W.



A energia que o circuito (resistor) consumirá em 30min (1800s) será :

$t = P \cdot t = 14,4W \cdot 1800s = 25920J$ ou se a potência estiver expressa em W e o tempo em horas o resultado será W.h

$t = 14,4W \cdot 0,5h = 7,2W \cdot h$

Em 2h o consumo será : $t = 14,4W \cdot 2h = 28,8W \cdot h$

Um chuveiro tem as especificações 4000W/220V. Qual o consumo de energia de um banho de 15min? Qual o valor da resistência do chuveiro?

Solução:

Como a potência do chuveiro é 4000W = 4KW e o tempo é 15min = 1/4h, então o consumo em KW.h será:

$t = P \cdot t = 4KW \cdot 1/4h = 1KW \cdot h$ (consulte a conta de luz de sua casa para ter uma idéia de quanto custa 1KWh de energia).

A resistência de um condutor está relacionada com a potência e com a tensão por : $P = U^2/R$ logo,

$$R = U^2/P$$

ou $R = 220^2/4000 = 12,1\text{Ohms}$



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

30

14 - determinar o valor da Resistência de um resistor mediante a associação de suas cores de código com as cores de uma tabela de código fornecida

Resistores

Todo corpo tem uma determinada resistência elétrica, mas, quando esse corpo é escolhido com a finalidade exclusiva de introduzir resistência, ele recebe o nome de resistor.

Os resistores são utilizados nos mais variados circuitos, mas suas funções principais são: limitar fluxo de corrente e dividir ou diminuir tensão.



Em calefação (aquecimento), o resistor tem outra utilidade, que é a de produzir calor. São as chamadas “resistências” de ferro de passar, ferro de soldar, fogareiro, chuveiro, etc. Todavia, e eletrônica, o resistor normalmente não é usado com essa finalidade.

O Resistor é o mais popular dos componentes eletrônicos e cuja área de aplicação é enorme, pois vai desde cabos submarinos até os complexos computadores e satélites artificiais, sem mencionarmos os aparelhos de rádio, TV, amplificadores, etc.

Para os resistores, as características mais importantes ao técnico comum são:

a) o valor nominal da resistência;

Corresponde ao valor da resistência do componente indicado na unidade usual, que é o ohm. O valor nominal é indicado no corpo do resistor por um código adequado,

b) tolerância

Quando adquirimos um resistor indicando o valor nominal de sua resistência, e o levamos a um medidor (ohmímetro) de precisão, observamos que só mesmo por muita coincidência o valor nominal é igual ao medido. O valor medido é que se chama de valor real do resistor, como ilustrado na figura abaixo:



O valor nominal indica então, mais ou menos, o valor real, ou seja, um valor aproximado do real. Para a aplicação do resistor no circuito, é importante saber que aproximação o circuito comporta. Por exemplo, vamos admitir que o técnico projetou um circuito que funciona bem com um resistor de valor real variando de 90 a 110 ohms. Certamente, ele escolherá o valor médio, que é 100 ohms. Quando ele adquire o resistor de 100 ohms, precisa ter certeza de que seu valor não é inferior a 90 Q e nem superior a 110 ohms mesmo sem medi-*Io*. Esse intervalo de valores, ou seja, de 90 a 110 ohms, em nosso caso, corresponde ao que se chama de tolerância do resistor. O nome é sugestivo, porque corresponde, de fato, aos valores diferentes de 100 ohms que se podem tolerar.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

31

Observe que indicar a tolerância pelo intervalo de valores não é cômodo e pode causar confusões; por isso, convencionou-se que a tolerância fosse indicada pela porcentagem, para mais ou para menos, do valor nominal.

Deste modo, o resistor de 100 ohms (valor nominal) e 10% (tolerância) é o que serviria para o nosso exemplo, porque 10% de 100, sendo 10.

(pois $10\% \text{ de } 100 = 10/100 \times 100$), resulta 100

que os valores extremos do resistor, isto é, o maior e o menor valor real que o resistor pode ter, são de 90 ohms ($100 - 10$) e 110 ohms ($100 + 10$).

c) potência de dissipação nominal

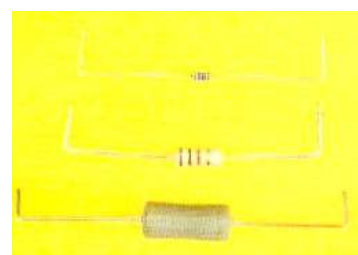
Chama-se de potência de dissipação nominal de um resistor a potência elétrica que ele pode absorver em funcionamento normal. Note que a potência absorvida é dissipada em calor, daí também o nome de potência de dissipação. A potência de dissipação nominal do resistor depende de suas dimensões físicas, ou seja, do seu tamanho. As especificações a serem indicadas sempre que se adquirir um resistor são: valor ôhmico, ou seja, o valor de sua resistência em ohms, tolerância, isto é, o intervalo de valores dentro do qual se encontra o valor real da resistência, indicado em porcentagem; e a potência de dissipação nominal, que é a potência que o resistor pode absorver em funcionamento nominal, sem o perigo de danificar-se.

Classificação dos Resistores

Existe uma variedade enorme de resistores, que pode ser classificada de acordo com a variação de valor da resistência e, dentro dessa classificação, também do material de que é construído. Segundo esse critério, os resistores podem ser agrupados em: fixos, semifixos e variáveis.

Resistores Fixos:

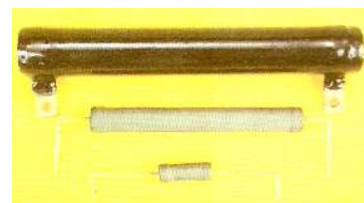
Resistores fixos são aqueles cujo valor de resistência não pode ser modificado. Tais resistores, na maioria dos casos, são constituídos de um corpo cilíndrico, tendo, em suas extremidades, terminais que permitem ligá-los aos circuitos. Esses terminais, na linguagem técnica, recebem o nome de lides. Os resistores fixos podem ser de fio, de carvão e metalizados.



Resistores de Fio

Tais resistores são construídos enrolando-se um fio de liga metálica, de grande resistividade, sobre um núcleo, e protegendo-o com um invólucro adequado.

Construídos, geralmente, para valores de 1 a 100 000 ohms e para potência de dissipação desde 1/2 até 200 W ou maiores, em casos especiais.

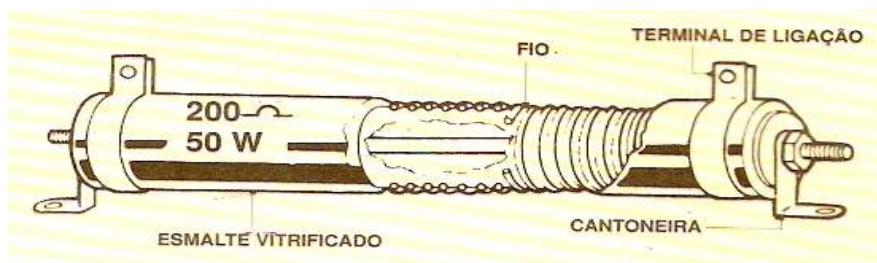




CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

32

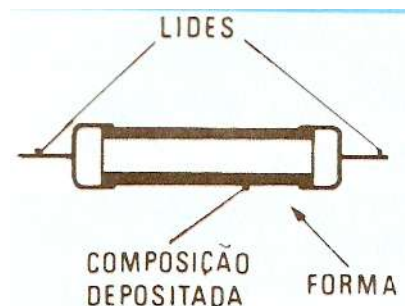
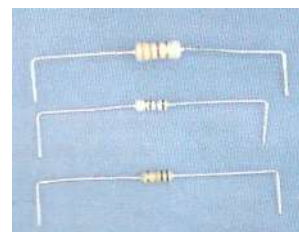


Vista em corte de um Resistor de Fio

Resistor de Carvão

Nas aplicações comuns de eletrônica, ou seja, em rádios, amplificadores, televisores, etc., a corrente que atravessa um resistor é, normalmente, pequena e, por esse motivo, a potência que é transformada em calor é bastante reduzida, não justificando o uso generalizado de resistores de fio, que são relativamente caros e grandes.

Em razão disso, os fabricantes de resistores procuraram outro material para fazer esses componentes, tendo a preferência recaído sobre o carvão (grafita), que é ideal para funcionar como resistor, por ser material mau condutor; além disso, é abundante, barato e facilmente trabalhável. Surgiram, então, os resistores de carvão, que no início nada mais eram que pequenos cilindros de grafita, às extremidades dos quais se uniam os terminais de ligação. Após isso, a peça era esmaltada.

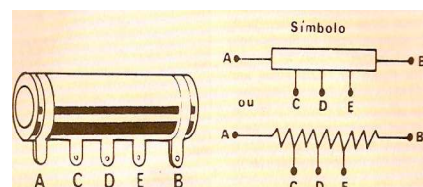


Posteriormente visando a melhorar as propriedades do resistor, o carvão passou a ser misturado com outras substâncias e o resistor recebeu o nome de resistor de carvão aglomerado.

Com o desenvolvimento natural da técnica, o fabrico dos resistores de carvão sofreu crescente evolução e, atualmente, são utilizadas misturas de carvão com outros materiais, para que os resistores tenham as características desejadas. E criada, então, a família dos resistores de composição de carvão, ou simplesmente resistores de composição. Tais componentes são fabricados para valores que vão desde ohms a vários megaohms e com potência de dissipação desde 1/8 W até 3 W.

Resistores com Derivação

São resistores que têm diversos terminais fixos, entre os quais (terminais) é possível a obtenção de diferentes valores de resistência. Esses resistores, normalmente, são de fio. Atualmente caíram em desuso, não sendo mais fabricados.



Note que o resistor de 3 derivações tem cinco terminais de ligação, pois dois deles, o primeiro e o último, correspondem ao valor total da resistência e os três restantes é que são os das derivações.



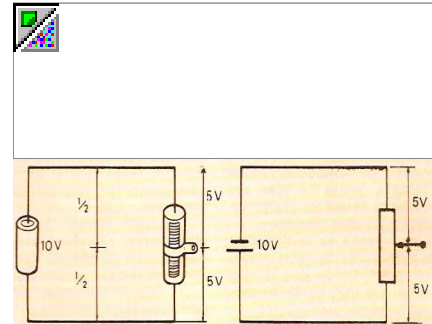
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

33

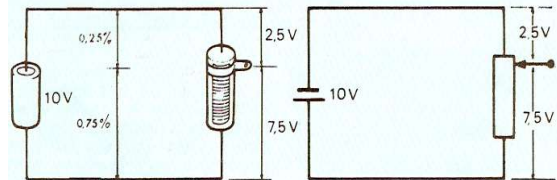
Resistor ajustável ou semifixo

O resistor ajustável ou semifixo é aquele que possui um terminal móvel. O valor da resistência entre esse terminal móvel e qualquer um dos fixos varia quando ele é deslocado ao longo do corpo. Os resistores ajustáveis são normalmente construídos de fio e têm o aspecto que mostramos na figura 10, juntamente com seu símbolo. Ele tem a mesma construção que o resistor de fio com uma derivação, com a particularidade de que o contato móvel desliza com o fio.



Esse tipo de resistor é empregado, freqüentemente, como divisor de tensão.

Por exemplo, se temos um resistor ajustável e aos seus terminais aplicamos uma tensão de 10 V, quando o terminal móvel estiver no meio, entre ele e cada um dos fixos existirão 5 V; se o terminal estiver a 3/4 de um deles (1/4 do outro), entre ele e esses terminais



existirão respectivamente, 7,5 V e 2,5 V, e assim por diante, isto é, para cada posição do terminal móvel haverá uma tensão diferente.

Resistores Variáveis - Potenciômetros

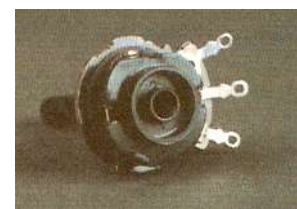
Os resistores variáveis são aqueles em que o valor da resistência pode sofrer modificações contínuas. Tais resistores são chamados de continuamente variáveis, para não serem confundidos com os resistores ajustáveis, que vimos no item anterior. Os resistores variáveis costumam ser de fio ou carvão, de acordo com a potência de dissipação que se deseja.



Na classe dos resistores variáveis, o mais importante é o Potenciômetro. São resistores cujo valor de resistência pode ser variado, girando-se um eixo que movimenta um contato móvel.



São largamente utilizados em circuitos eletrônicos como por exemplo, para controlar o volume e o tom dos receptores de rádio, e amplificadores, para controlar o brilho e o contraste dos receptores de TV, para controlar a tensão da pilha nos instrumentos de medição (multiprovadores) e muitas outras aplicações.



Existem vários tipos de potenciômetros, naturalmente cada um deles adequado a determinada finalidade. Dentre eles, os mais importantes são:

- Potenciômetro simples
- Potenciômetros múltiplos, que constam de mais de uma pista de grafita, ou seja, mais de um potenciômetro, em um mesmo corpo.



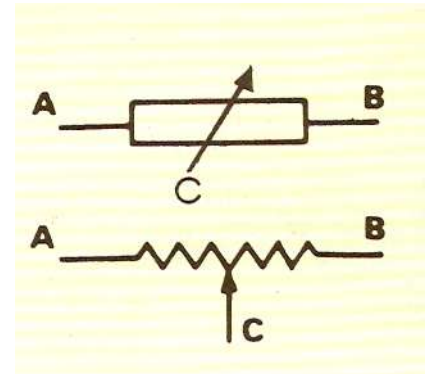
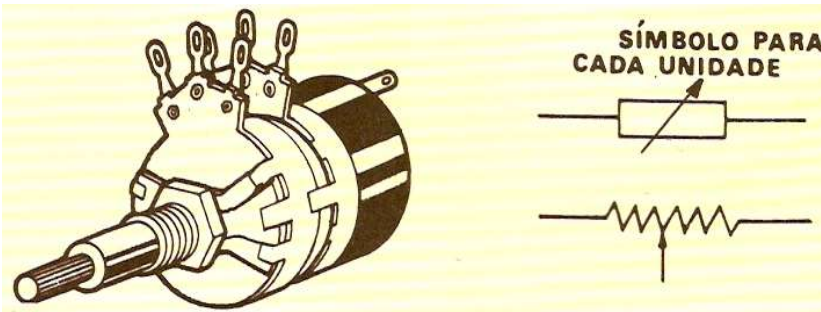
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE (Apostila 1)

34

Geralmente, os potenciômetros múltiplos são duplos ou triplos. Tais potenciômetros podem ter eixos separados ou em conjunto. Neste último caso, diz-se que o potenciômetro é múltiplo (duplo ou triplo) em "tandem" ou de comando único.

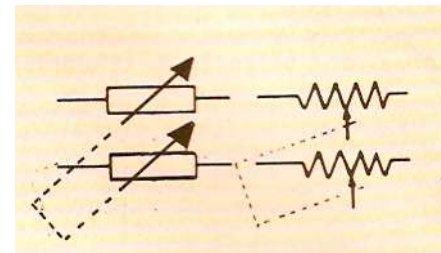
Potenciômetro duplo de eixos distintos, bastante utilizado para controlar o volume e o tom em receptores de rádio para automóveis.



Símbolos gráficos do potenciômetro.



Potenciômetro Duplo Aberto



Símbolo gráfico do potenciômetro duplo.

- "Trimpot" - o "Trimpot", (trimpotenciômetro) consiste num potenciômetro para ajustes semipermanentes; por isso não tem eixo comprido, para acionamento manual, mas somente uma fenda, onde se introduz uma chave, ou um pequeno eixo com fenda, que também é girado pela chave de fenda. Tais tipos de potenciômetros são bastante utilizados para ajustar corrente, principalmente nos circuitos transistorizados.



Trimputs e seu símbolo

- Potenciômetros de fio - Tais tipos de potenciômetros têm como pista um enrolamento achatado, de fio sobre o qual desliza o cursor móvel, solidário ao eixo.

São construídos para valores relativamente baixos de resistência e para potências de dissipação bem maiores que as dos potenciômetros de carvão.



Aparência física do potenciômetro de fio.



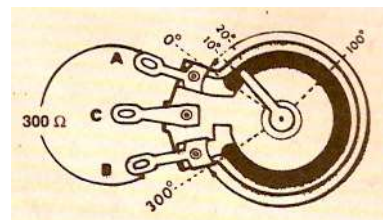


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

35

- Curva de variação dos potenciômetros • Uma característica importante dos potenciômetros, e que não figura nas especificações dos resistores fixos, é o que se chama de curva de variação da resistência. Com esse nome, resistências tomam para os diferentes ângulos de rotação do eixo. Classificados de acordo com o modo de variação da resistência, os potenciômetros podem ser: de curva linear e de curva logarítmica.

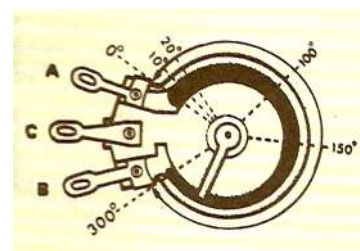


Potenciômetro de curva linear

Os potenciômetros de curva linear são bastante empregados em amplificadores de som e receptores, para controle de tonalidade, em instrumentos de medida, etc.

Os potenciômetros de curva logarítmica são utilizados para controle de volume e, por isso, muitas vezes são chamados de potenciômetros de curva de áudio.

Os potenciômetros múltiplos podem ter suas seções com curvas de qualquer dos dois tipos, ou seja, todas lineares, todas logarítmicas ou lineares e logarítmicas. Existem, no mercado, potenciômetros duplos em "tandem", fabricados especialmente para o controle de "balanço" de amplificadores estereofônicos, nos quais uma das curvas varia inversamente com a outra, ou seja, enquanto uma aumenta a resistência com a abertura do ângulo, a outra diminui, de modo que na posição média as duas seções tenham o mesmo valor de resistência, que corresponde ao máximo.



Potenciômetro de curva logarítmica.

- Os potenciômetros de pista de carvão são construídos para potências pequenas, geralmente entre $1/8$ e $1/2$ W.

Já os potenciômetros de fio são construídos para potências que superam os 10 W.

- Muitas vezes, é utilizado o próprio eixo do potenciômetro para comandar uma chave interruptora. Neste caso, ele é chamado de potenciômetro com chave, embora a chave não tenha nenhuma ligação elétrica com o potenciômetro.

- Os potenciômetros de carvão são construídos para valores de resistência que vão desde 100 Ω até 4,7 Mega-ohms. Os de fio são fabricados para valores desde alguns poucos ohms até 100 Kilo-ohms.

- Quando for adquirir um potenciômetro, deverá especificar o valor máximo de sua resistência, em ohms, e o tipo de curva de variação, mencionando também se ele é dotado de chave ou sem chave. Não há necessidade de indicar a tolerância, porque esta só teria significado para o valor máximo. Não há necessidade de indicar a potência de dissipação, porque os potenciômetros são usados como divisores de tensão de baixo nível, onde a potência é muito pequena.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

36

Resistores Especiais

Geralmente, são resistores cujo valor de resistência varia de acordo com certas grandezas elétricas. Entre eles, os mais importantes, e cujo uso se divulga cada vez mais, são os seguintes:

a) Termistores

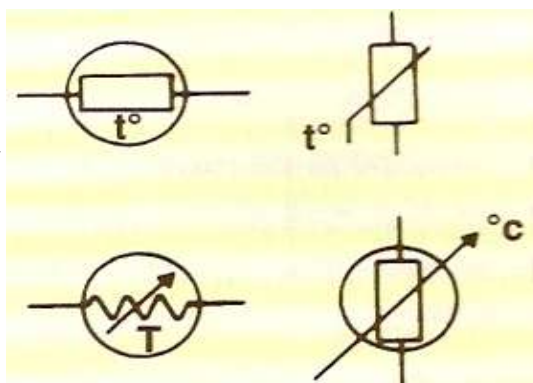
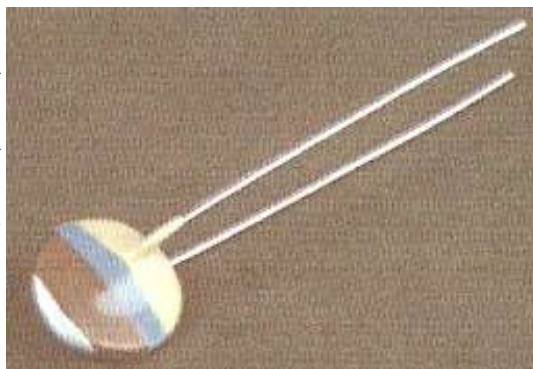
É um tipo de resistor cuja resistência varia com a temperatura, de modo adverso ao do resistor de carvão. De fato, o resistor de carvão, quando aquecido, sofre uma diminuição lenta no valor de sua resistência, ao passo que o termistor tem sua resistência diminuída de maneira muito mais acentuada.

Um termistor de 130 ohms, na temperatura ambiente normal, ou seja, de 25°C (vinte e cinco graus centígrados), passa a ser de 20 ohms, quando a temperatura aumenta para 70°C.

Os termistores também são conhecidos como resistores NTC ou PTC; essas três letrassão a abreviação de "Negative(ou Positive Temperature Coefficient", palavras inglesas que significam "coeficiente negativo (ou positivo) de temperatura".

Os termistores são utilizados em eletrônica como elemento de estabilização e proteção de circuitos.

Na figura ao lado, mostramos o aspecto físico de um tipo de termistor, bem como seu símbolo.

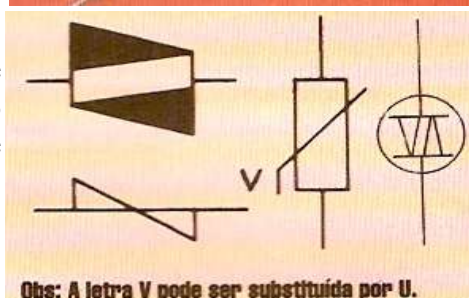
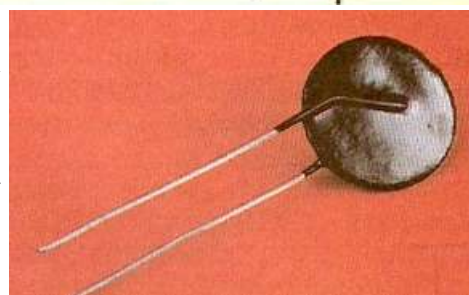


b) Varistores

É um tipo de componente cuja resistência sofre variação com as modificações da tensão aplicada a ele. O aluno sabe que, para os resistores de carvão, desde que não seja ultrapassada sua potência de dissipação, a resistência é a mesma para qualquer *valor* de tensão aplicada a seus terminais. Já com o varistor não acontece o mesmo, pois a sua resistência depende da tensão que está sendo aplicada a seus terminais.

O varistor também é chamado de resistor VDR; essas letras significam "Voltage Dependent Resistor", cuja tradução é "resistência dependente de tensão". Os varistores são utilizados em receptores de televisão, para estabilizar a altura e a largura da imagem isto é, para que ela fique constante, independentemente da variação da tensão da rede.

Nas figuras ao lado um tipo de varistor e seu símbolo.



Obs: A letra V pode ser substituída por U.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

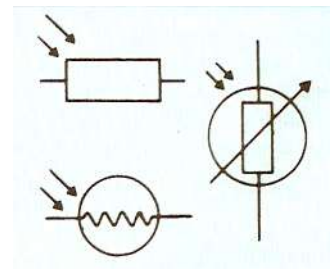
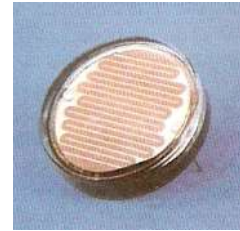
37

c) Fotorresistor

Os fotorresistores, como o nome sugere, são componentes cujo valor de resistência varia com a luminosidade.

São bastante empregados em ótica como elementos de fotômetros, em circuitos de proteção industriais (parada de equipamento, alarme contra roubos, incêndio, etc.) e também em eletrônica, principalmente para o controle automático do brilho, nos receptores de TV.

Os fotorresistores também são conhecidos como resistores LDR, abreviação de "Light Depending Resistor", cujo significado é "resistência dependente da luz".



d) Rede Resistiva

O avanço da tecnologia permite que hoje sejam, a cada dia, criados novos tipos de dispositivos eletrônicos. Um destes dispositivos é a rede resistiva, a qual, por aliar reduzidas proporções e uma alta confiabilidade, permite uma compactação maior na montagem de circuitos eletrônicos, além de proporcionar uma redução no custo total dos mesmos.

Podemos considerar uma rede resistiva como sendo uma união de vários resistores em um único encapsulamento. Por este motivo, não nos alongaremos em considerações mais profundas sobre sua constituição.

Identificação de resistores

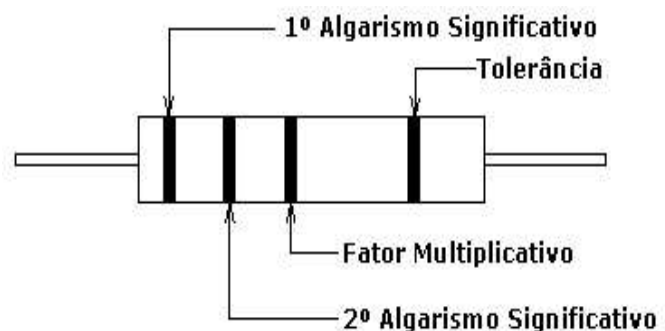
Identificar um resistor consiste em determinar o valor de sua resistência em ohms, de sua tolerância e, eventualmente, da potência nominal de dissipação.

A identificação do valor ôhmico do resistor é feita interpretando-se códigos, como veremos a seguir.

Existiam dois códigos que eram universalmente aceitos, sendo um deles conhecido como código europeu, ou Philips, e o outro como código americano. Em nosso país, as fábricas de resistores utilizavam os dois.

Atualmente apenas o código americano é empregado. Segundo esse código, os resistores são identificados pelas cores estampadas em seu corpo.

A cada cor corresponde um número que, corretamente interpretado, permite determinar o valor nominal do resistor, assim como sua tolerância.





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

38

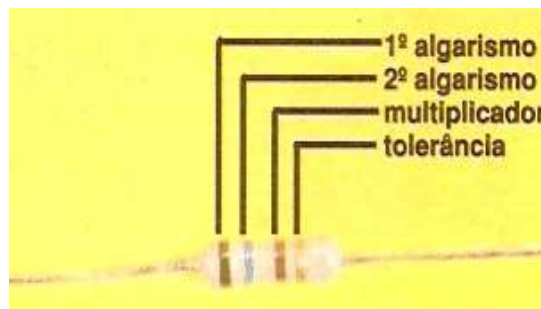
Na tabela abaixo, apresentamos as cores escolhidas e os números que elas representam.

<i>CORES</i>	<i>ALGARISMOS</i>	<i>MULTIPLICADOR</i>	<i>TOLERÂNCIA</i>
PRETO	0	x1	-
MARROM	1	x10	1%
VERMELHO	2	x100	2%
LARANJA	3	x1.000	-
AMARELO	4	x10.000	-
VERDE	5	x100.000	-
AZUL	6	x1.000.000	-
ROXO	7	x10.000.000	-
CINZA	8	x100.000.000	-
BRANCO	9	x1.000.000.000	-
OURO	-	x0,1	5%
PRATA	-	x0,01	10%

No resistor que usa o Código Americano, são pintados 4 anéis coloridos, situados mais próximo de uma das extremidades do resistor. A leitura deve ser feita a partir do anel mais próximo da extremidade. Os significados dos anéis são os seguintes:

- 1º anel - 1º algarismo
- 2º anel - 2º algarismo
- 3º anel - multiplicador
- 4º anel – tolerância

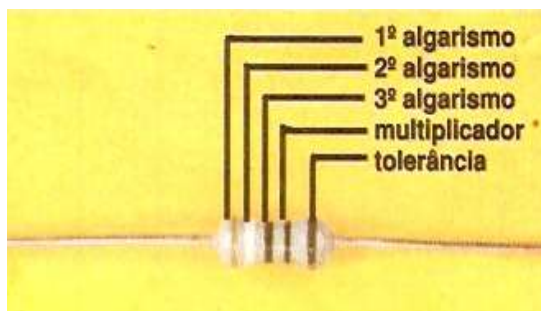
Devemos observar que o quarto anel comumente só tem as cores ouro ou prata, que indicarão tolerância de 5% ou 10%. Quando não existe o quarto anel, admite-se que a tolerância seja de 20%.



Em resistores especiais com tolerância de 1% ou 2%, a quarta faixa será marrom ou vermelha, respectivamente.

Normalmente os resistores de precisão com tolerância de 1% apresentam 5 faixas, como mostrado na figura a lado, e sua leitura deve ser feita também com o auxílio da tabela de cores apresentada anteriormente, sendo que o significado dos anéis são os seguintes:

- 1º anel - 1º algarismo
- 2º anel - 2º algarismo
- 3º anel - 3º algarismo
- 4º anel - multiplicador
- 5º anel – tolerância





CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

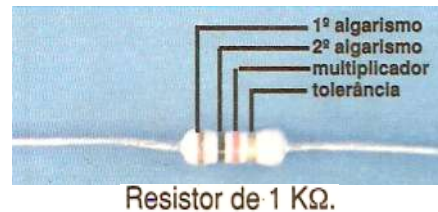
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

39

Exemplos

Vamos identificar um resistor que apresenta os seguintes anéis coloridos:

- 1º anel - marrom
- 2º anel - preto
- 3º anel - vermelho
- 4º anel - dourado



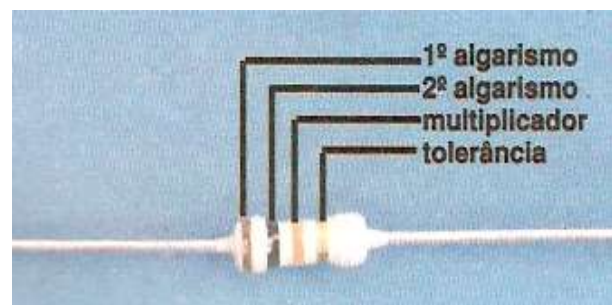
Consultando a tabela temos que o primeiro algarismo é 1, porque o primeiro anel é marrom, o segundo algarismo é 0 (zero), porque o segundo anel é preto. O multiplicador é 2 (dois), porque o terceiro anel é vermelho.

Finalmente, a tolerância é de 5%, porque o quarto anel é dourado. Assim, a identificação desse resistor é: 1000 ohms ou 1 Kilo-ohms e 5% de tolerância.

Um resistor apresenta os seguintes anéis coloridos:

- 1º anel - marrom
- 2º anel - preto
- 3º anel - laranja
- 4º anel - dourado

A identificação de tal resistor é: 10.000 ohms e 5% de tolerância.

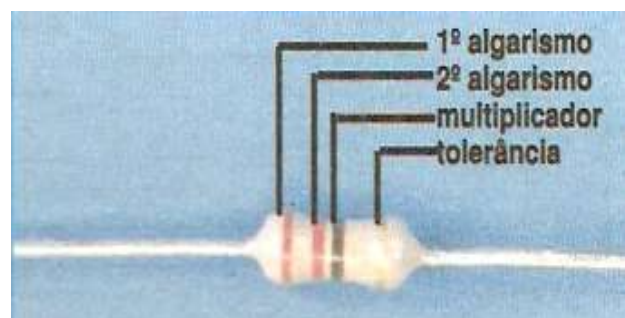


Se o primeiro anel é marrom, é o primeiro algarismo, a cor preta do segundo anel indica que é 0 (zero) o segundo algarismo. O terceiro anel, sendo laranja, mostra que o multiplicador é 1000 e, finalmente, a cor dourada do quarto anel indica que é de 5% a tolerância.

Vamos identificar o resistor da figura ao lado com os seguintes anéis coloridos:

- 1º anel - vermelho
- 2º anel - vermelho
- 3º anel - marrom
- 4º anel - dourado

O primeiro algarismo é 2, porque o primeiro anel é vermelho. O segundo algarismo é 2, porque o segundo anel é vermelho. O multiplicador é 10 pois o terceiro anel é marrom. A tolerância é de 5%; logo, a identificação do resistor é: 220 ohms e 5% de tolerância.





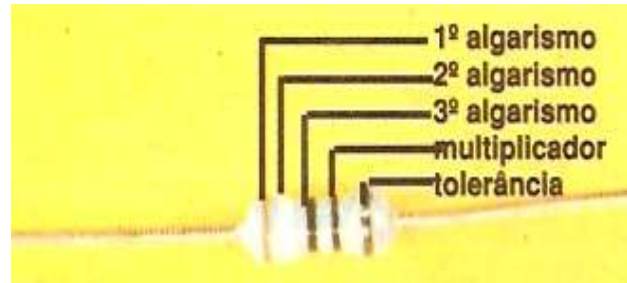
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

40

Identificar o resistor da figura ao lado com os seguintes anéis coloridos:

- 1º anel - laranja
- 2º anel - branco
- 3º anel - preto
- 4º anel - preto
- 5º anel - marrom

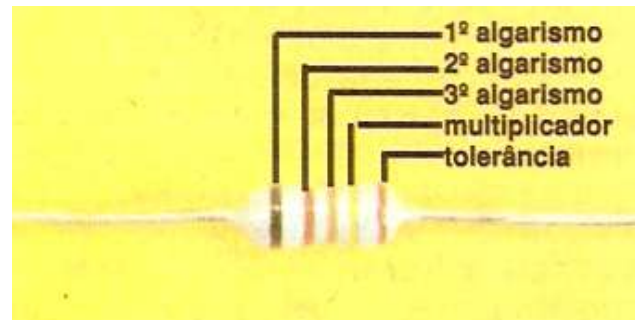


Resistor de 390 Ω .

O primeiro anel indica que o primeiro algarismo é 3, pois é laranja. O segundo algarismo é 9 (nove), porque o segundo anel é branco. O terceiro algarismo é 0 (zero), porque o terceiro anel é preto; o multiplicador é 1, pois o anel correspondente é preto e, finalmente, a tolerância é de 1%, pois a 5ª faixa é marrom. Assim sendo, a identificação do resistor é: 390 ohms com tolerância de 1%.

Identificar o resistor da figura ao lado com as seguintes cores:

- 1º anel - marrom
- 2º anel - vermelho
- 3º anel - laranja
- 4º anel - amarelo
- 5º anel - vermelho



Resistor de 1,23 M Ω .

O valor de tal resistor é de 1.230.000 ohms ou 1,23 Megaohms, com tolerância de 2%. De fato, sendo marrom o primeiro anel, é 1 o primeiro algarismo; sendo vermelho o segundo anel, é 2 o segundo algarismo e, conseqüentemente, sendo laranja o terceiro anel, é 3 o terceiro algarismo. O multiplicador é 10.000, porque o quarto anel é amarelo.

Finalmente, a tolerância é de 2%, pois o 5º anel é vermelho.

O resistor é um dos componentes mais utilizados nos circuitos de eletrônica, portanto torna-se necessário familiarizar-se com o código de cores, facilitando a rápida identificação.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

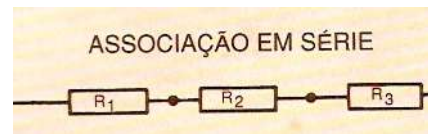
TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

41

15 - calcular o valor da Resistência Equivalente quando vários resistores são associados em série e em paralelo



Associação de três resistores em série.



Algumas vezes, necessitamos de resistores cujo valor não se encontra dentro daqueles normalizados que citamos anteriormente. Também poderá acontecer de precisarmos de certo valor e não dispormos dele no momento, mas possuímos outros, cuja combinação dar o valor requerido. Em tal circunstância que se faz é associar os resistores, isto é, ligá-los de um modo conveniente para obter o valor desejado.

A associação pode ser feita em série, em paralelo e de outra maneira composta por estas duas, que se chama de associação série-paralelo ou mista.

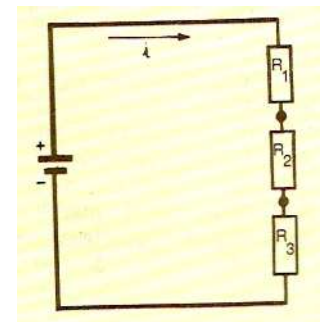
Associação em série

Este tipo de associação consiste em ligar todos os resistores de modo que o fim de cada um seja ligado ao começo do outro. Na figura anterior, mostramos uma associação em série de 3 resistores. A ligação esquemática de tal associação pode ser vista na figura ao lado.

A propriedade fundamental desta associação é que:

"A resistência total (ou resultante) da associação é igual à soma dos valores das resistências parciais."

Na associação em série de resistores, a corrente que os atravessa tem o mesmo valor em qualquer um deles, ou seja, ela é sempre a mesma.



Assim, se os três resistores da figura ao lado valessem, respectivamente: 22 ohms, 470Kohms e 2,2Kohms, eles substituiriam um resistor único de $22 + 470.000 + 2.200 = 472.222$ ohms.

Naturalmente, em nosso exemplo, indicamos apenas três resistores, mas poderia ser muito mais, e a propriedade que demos antes continuaria válida.

Para determinar o valor da corrente em ampêres, basta dividir o *valor* da tensão em *volts* pelo *valor* da resistência equivalente em ohms. Assim, se a tensão da bateria fosse de 10 V, a corrente que passaria por qualquer dos três resistores de nossa associação seria de $10 + 472.222 = 0,000021$ Ampêres.

Outra propriedade da associação em série é a de que as diferenças de potencial nos extremos de cada resistor são diversas (se os resistores não forem iguais) e sempre serão calculadas multiplicando-se o *valor* da resistência de cada resistor, em ohms, pelo *valor* da corrente que passa por ele (que é igual à que passa pelos outros), em ampêres. O resultado dá a tensão em *volts*.

Assim, nos extremos do resistor de 2.200 ohms da associação em série do nosso exemplo, temos uma queda de potencial de:

$$2.200\Omega \times 0,000021 =$$
$$0,046 \text{ V ou } \approx 0,05 \text{ volts}$$



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

42

Associação em paralelo

Fazer uma associação em paralelo ou *derivação* consiste em ligar todos os resistores entre dois pontos. Em outras palavras, *devemos* ligar entre si todos os terminais iniciais do resistor e também entre si todos os terminais finais. As figuras ao lado ilustram uma associação em paralelo com o esquema de tal associação.

Para este tipo de associação, as propriedades importantes são:

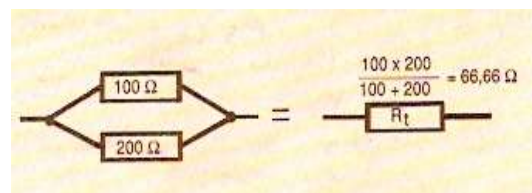
- a) A resistência total ou resultante da associação é sempre menor que a resistência do resistor de valor mais baixo, e seu inverso é igual a soma dos inversos das resistências parciais.
- b) A diferença de potencial ou tensão, em cada resistência, é a mesma para todas elas.
- c) A corrente não é a mesma em todos os resistores.

Isto, em linguagem matemática, *deverá* ser escrito como mostramos abaixo:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Entretanto, não é preciso preocupar-se com essa fórmula, pois vamos mostrar como se calcula a resistência resultante de uma associação de dois resistores em paralelo, e o método pode ser utilizado para qualquer número de resistores, bastando aplicá-los de dois em dois.

Assim, para determinar o valor em ohms da resistência equivalente de uma associação de dois resistores em paralelo, basta dividir o produto (multiplicação) dos valores ôhmicos dos dois resistores pela soma desses valores.



Cálculo de dois resistores em paralelo.

Por exemplo, vamos considerar dois resistores quaisquer em paralelo, sendo um de 100 ohms e outro de 200 ohms como mostramos na figura ao lado, e calculemos a resistência equivalente (total) da associação.

Para isso, basta multiplicar 100 por 200 e dividir o resultado pela soma, 100 + 200, ou seja,

$$R_t = \frac{100 \times 200}{100 + 200} = \frac{20\,000}{300} = 66,66 \, \Omega$$

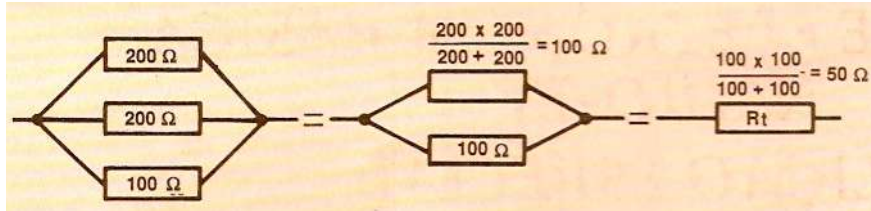
Observe que a resistência resultante é menor que a menor da associação, que é de 100 ohms.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

43



Vamos considerar, agora, a associação de 3 resistores em paralelo, como mostramos na figura acima, sendo de 200 ohms, 200 ohms e 100 ohms, respectivamente, os valores das resistências. Calculemos o valor da resistência resultante.

Para isso, tomamos duas resistências quaisquer da associação e reduzimos a uma só, que é a equivalente ou resultante. Em seguida tomamos a resultante calculada e a resistência ainda não utilizada, e determinamos a nova resistência equivalente, que resolve o problema. Na figura acima, mostramos a seqüência. Inicialmente, tomamos os dois resistores de 200 ohms e determinamos sua resultante, que, segundo o exemplo anterior, é:

$$RT1 = \frac{200 \times 200}{200 + 200} = \frac{40\ 000}{400} = 100\ \Omega$$

Agora, determinando a resultante desse resistor equivalente com o de 100 ohms virá:

$$Rt = \frac{100 \times 100}{100 + 100} = \frac{10\ 000}{200} = 50\ \Omega$$

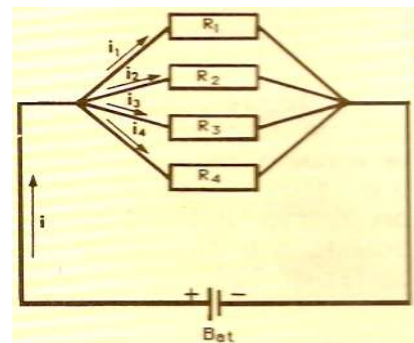
que é a resistência equivalente da associação dos três resistores.

Esse processo, que aplicamos para três resistores, poderá ser usado para qualquer número deles.

Vamos analisar agora o enunciado:

b) A diferença de potencial ou tensão, em cada resistência, é a mesma para todas elas.

Isto é fácil concluir se observarmos a figura ao lado, pois todos os resistores estão ligados aos mesmos terminais do gerador; logo, a tensão é a mesma e, no caso, igual à do gerador.



Já no enunciado:

c) **A corrente não é a mesma em todos os resistores**, observamos que corrente em cada resistor é calculada dividindo-se o valor da diferença de potencial, que é igual em todos, pelo valor da resistência. No exemplo que demos, no resistor de 100 ohms, se a tensão do gerador for de 50 V, a corrente será de: $50 \div 100 = 0,5\ A$



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

44

Associação em série-paralelo

Como o próprio nome sugere, tal associação consiste na ligação de resistores em série e em paralelo. Na figura ao lado mostramos uma associação em série-paralelo de um resistor em série com uma associação de dois resistores em paralelo.

Esta associação goza das propriedades citadas para as duas outras, já que ela é uma combinação de ambas.

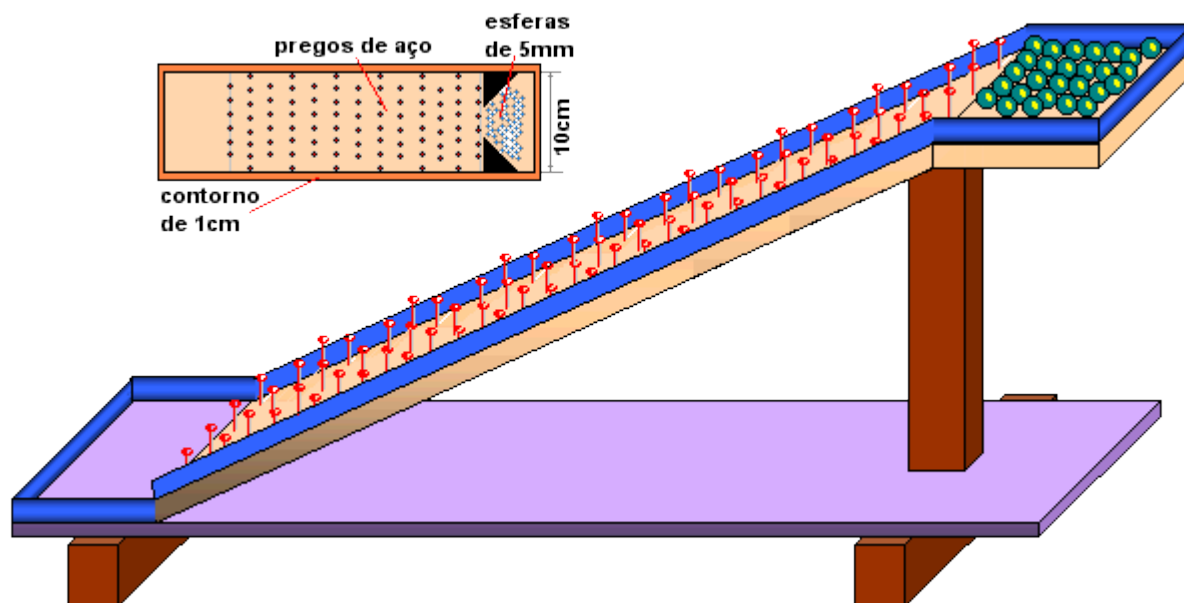


Associação mista de resistores

Para determinar a resistência equivalente, começa-se resolvendo a associação (ou associações em paralelo), de modo que no fim somente se tenham resistências equivalentes em série. Aí, basta somar os resultados, para determinar a resultante.

16 - definir formalmente a relação entre Resistência, Resistividade, Comprimento e Área de Seção Reta de um resistor

Para ilustrar melhor seguimos o exemplo proposto pelo **Prof. Luiz Ferraz Netto**, no site <http://www.feiradeciencias.com.br>



Procedimento

Coloque 20 a 30 bolinhas no patamar (plataforma) superior e as abandone. Elas descem a rampa de obstáculos e chegam ao patamar inferior, praticamente sem velocidade alguma. Elas perdem energia potencial gravitacional e não ganham energia cinética!

A energia potencial foi consumida nos choques com os pregos — há aquecimento dos pregos e das bolinhas, além da produção de som.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

45

Os pregos simulam as partículas constituintes do próprio corpo do resistor, as esferinhas simulam os portadores de carga que constituem a corrente elétrica, a diferença de potencial gravitacional entre patamares simula a diferença de potencial elétrico entre terminais do resistor.

Os choques entre bolinhas e pregos simulam as interações de campo entre portadores de carga elétrica e partículas do material condutor (átomos). Uma falha que se aponta na simulação é o som — entre os átomos do resistor reina vácuo - não há propagação sonora. Bolinhas batendo em pregos produz sons. O efeito Joule pode ser posto em evidência através do aquecimento dos pregos e das bolinhas, devido aos choques.

“Todo condutor atravessado por corrente elétrica experimenta um aquecimento.”

Conceito de resistência elétrica

A propriedade básica dos resistores nos circuitos elétricos é sua **resistência elétrica** que, nada mais é que o "**número de choques entre portadores e partículas do material por unidade de volume**", para um dado estado de agitação térmica dessas partículas do material. Evite conceituar resistência de um condutor através da palavra "oposição" à passagem da corrente elétrica, uma vez que 'oposição' não explica e nem justifica a realidade dos acontecimentos.

Como a contagem de tais choques, no mundo microscópico, é deveras complicada (se não impossível!), devemos obter esse resultado, no mundo macroscópico, por outras vias.

Aqui entra o mérito de **George Simon Ohm**; ele verificou que, **mantendo-se a temperatura (T)** do material constante (para garantir a invariabilidade do estado de agitação térmica das partículas do material), a resistência elétrica (**R**) imposta pelo material em questão podia ser obtida pelo quociente entre a d.d.p. aplicada (U) entre seus terminais (equivalente ao desnível entre os dois patamares no experimento acima) e a intensidade de corrente (I) que circula pelo material. Ou,

$R = U / I = \text{constante}$ (sob T constante)

Desse modo, **R** é uma característica do **condutor**,

R dependente:

(a) do **material** de que é feito (pois isso afeta o número de partículas do material contidas na unidade de volume),

(b) de sua **geometria** (pois afeta o volume total de percurso)

o que, para fios comuns, se engloba sob a forma:

$$R = r \cdot L/A$$

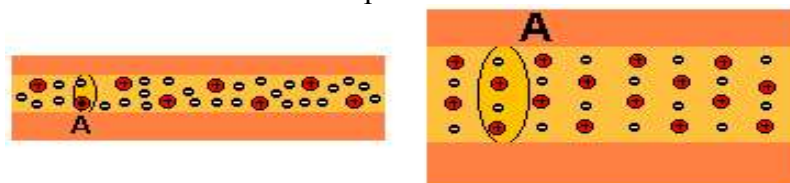
onde **r** é a 'resistividade do material', **L** é o comprimento do fio e **A** a área de sua seção transversal,

(c) e da sua **temperatura** (pois afeta o estado de vibração de suas partículas), porém,

(1) independente da particular d.d.p. aplicada

(2) e independente da **intensidade de corrente** circulante.

Como você faria para simular, em nosso modelo mecânico, o efeito da área da seção reta na resistência de um condutor? Eis um visual comparativo:





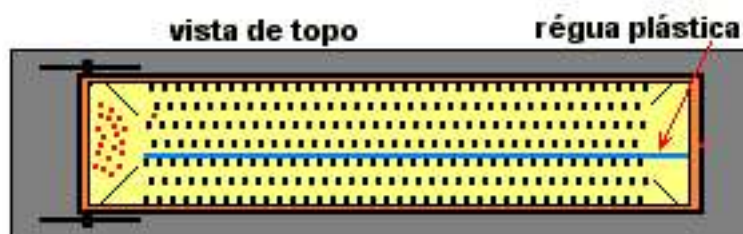
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

46

Observe, a 'mesma quantidade de bolinhas' deve passar por um 'corredor mais estreito'. Para simular isso, basta colocar uma régua plástica longa (60 cm) limitando o 'corredor' por onde a totalidade das bolinhas devem passar. Como exemplo, divida com a régua, a largura do corredor pela metade e faça as bolinhas passarem por uma dessas metades.

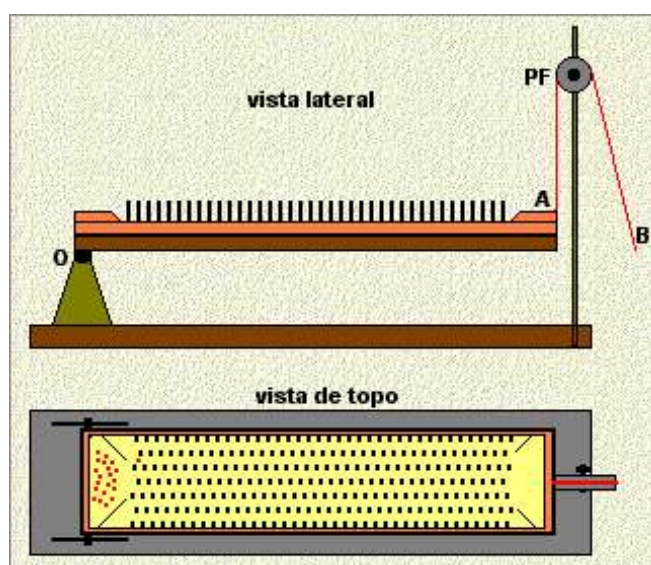
Note que o tempo de percurso aumenta, pois o número de choques por unidade de área (modelo bidimensional) aumenta, diminuindo a velocidade média dos portadores; a resistência aumenta, a intensidade de corrente diminui.



Como você simularia um reostato?

O modelo mecânico apresentado obviamente refere-se a uma '**corrente contínua**'. Como você faria para adaptar o modelo para o caso de uma **corrente alternada**?

Uma 'solução' simples eu apresento abaixo, onde o operador, através do cordoné **AB** (que passa pela polia fixa **PF**), levanta e abaixa a extremidade **A** do modelo que pode girar em torno do eixo **O**. Pode-se pensar em outras soluções mecânicas ou mesmo eletromecânicas.





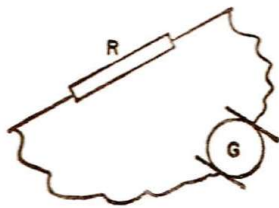
CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

47

17 - associar o valor de uma corrente elétrica com a necessidade de um diâmetro mínimo para o condutor elétrico que a transporta 2ª Lei de Ohm

Vamos considerar o circuito abaixo onde:



R = Resistência elétrica do fio
l = Comprimento do fio
S = Seção do fio
 ρ = Resistência específica do fio

Definimos por resistência específica ou *resistividade* de um fio condutor a resistência elétrica que apresenta um pedaço desse fio com 1 metro de comprimento de 1mm² de seção à temperatura ambiente (20°C).

Cada material apresenta pois a sua resistividade, que é representada pela letra grega ρ .

Consideremos agora os seguintes casos:

1. Tomemos dois condutores do mesmo material, mesmo comprimento e seções diferentes, conforme o quadro abaixo:

$$\begin{array}{l}
 1.^{\circ} \text{ Cond.} \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{cte.} \\ l = \text{cte.} \\ S_1 \end{array} \right. \quad \text{mede-se } R_1 \\
 \\
 2.^{\circ} \text{ Cond.} \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{cte.} \\ l = \text{cte.} \\ S_2 = 2S_1 \end{array} \right. \quad \text{mede-se } R_2 = \frac{R_1}{2}
 \end{array}$$

Conclusão: o valor da resistência elétrica de um condutor é inversamente proporcional ao valor da sua seção.

2. Tomemos agora dois condutores de mesmo material, mesma seção e comprimentos diferentes, conforme o quadro abaixo:

$$\begin{array}{l}
 1.^{\circ} \text{ Cond.} \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{cte.} \\ S = \text{cte.} \\ l_1 \end{array} \right. \quad \text{mede-se } R_1 \\
 \\
 2.^{\circ} \text{ Cond.} \left\{ \begin{array}{l} \rho = \text{cte.} \\ S = \text{cte.} \\ l_2 = 2 l_1 \end{array} \right. \quad \text{mede-se } R_2 = 2 R_1
 \end{array}$$

Conclusão: o valor da resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao valor de seu comprimento.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

48

Condutores, Isolação e Cobertura

Os cabos elétricos de potência em baixa tensão são os responsáveis pela transmissão de energia em circuitos de até 1000 volts.

Os principais componentes de um cabo de potência em baixa tensão são o **condutor**, a **isolação** e a **cobertura**.

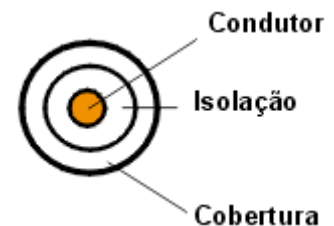


Figura ao lado: Cabo elétrico de potência em baixa tensão típico

Alguns cabos elétricos podem ser dotados apenas de condutor e isolação, sendo chamados então de **condutores isolados**, enquanto que outros podem possuir adicionalmente a cobertura (aplicada sobre a isolação), sendo chamados de **cabos unipolares** ou **cabos multipolares**, dependendo do número de condutores (**veias**) que possuem.

A figura ao lado mostra exemplos desses três tipos de condutores elétricos.

Tipos de cabos elétricos de potência em baixa tensão.



Os metais utilizados como condutores elétricos

Em função de suas propriedades elétricas, térmicas, mecânicas e custos, o **cobre** e o **alumínio** são os metais mais utilizados desde os primórdios da indústria de fabricação de fios e cabos elétricos.

A prática nos leva a observar que, quase sempre, as linhas aéreas são construídas em alumínio e as instalações internas são com condutores de cobre. Verificamos ainda que, segundo a norma de instalações elétricas de baixa tensão, a NBR 5410, é proibido o uso de alumínio em instalações residenciais. Por quê essas diferenças entre os dois metais no campo de fios e cabos elétricos?

As três principais diferenças entre o cobre e o alumínio são: condutividade elétrica, peso e conexões.

Começamos a entender as diferenças pela **condutividade elétrica**.

Todos os materiais conduzem corrente elétrica de um modo melhor ou pior. O número que expressa a capacidade que um material tem de conduzir a corrente é chamado de condutividade elétrica.

Ao contrário, o número que indica a propriedade que os materiais possuem de dificultar a passagem da corrente é chamado de resistividade elétrica.

Segundo a norma "International Annealed Copper Standard" (IACS), adotada em praticamente todos os países, é fixada em 100% a condutividade de um fio de cobre de 1 metro de comprimento com 1 mm² de seção e cuja **resistividade** a 20°C seja de 0,01724 W.mm²/m (a resistividade e a condutividade variam com a temperatura ambiente).

Dessa forma, esse é o padrão de condutividade adotado, o que significa que todos os demais condutores, sejam em cobre, alumínio ou outro metal qualquer, têm suas condutividades sempre referidas a aquele condutor.

A tabela a seguir ilustra essa relação entre condutividades.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

49

Condutividade relativa entre diferentes materiais

A tabela ao lado pode ser entendida da seguinte forma: o alumínio, por exemplo, conduz 3,9 % (100 - 60,6) menos corrente elétrica que o cobre mole. Na prática, isso significa que, para conduzir a mesma corrente, um condutor em alumínio precisa ter uma seção aproximadamente, 60 % maior que a de um fio de cobre mole.

Material	Condutividade relativa ACS (%)
cobre mole	100
cobre meio-duro	97,7
cobre duro	97,2
alumínio	60,6

Ou seja, se tivermos um condutor de 10 mm² de cobre, seu equivalente em alumínio será de 10 x 1,6 = 16 mm². Dissemos “aproximadamente” porque a relação entre as seções não é apenas geométrica e também depende de alguns fatores que consideram certas condições de fabricação do condutor, tais como eles serem nus ou recobertos, sólidos ou encordoados, etc.

Peso

A densidade do alumínio é de 2,7 g/cm³ e a do cobre de 8,9 g/cm³.

Se calcularmos a relação entre o peso de um condutor de cobre e o peso de um condutor de alumínio, ambos transportando a mesma corrente elétrica, verificamos que, apesar de o condutor de alumínio possuir uma seção cerca de 60% maior, seu peso é da ordem da metade do peso do condutor de cobre.

A partir dessa realidade física, estabeleceu-se uma divisão clássica entre a utilização do cobre e do alumínio nas redes elétricas. Quando o maior problema em uma instalação envolver o peso próprio dos condutores, prefere-se o alumínio por sua leveza. Esse é o caso das linhas aéreas em geral, onde as dimensões de torres e postes e os vãos entre eles dependem diretamente do peso dos cabos por eles sustentados. Por outro lado, quando o principal aspecto não é peso, mas é o espaço ocupado pelos condutores, escolhe-se o cobre por possuir um menor diâmetro. Essa situação é encontrada nas instalações internas, onde os espaços ocupados pelos eletrodutos, eletrocalhas, bandejas e outros são importantes na definição da arquitetura do local.

Deve-se ressaltar que, embora clássica, essa divisão entre a utilização de condutores de cobre e alumínio possui exceções, devendo ser cuidadosamente analisada em cada caso.

Conexões

Uma das diferenças mais marcantes entre cobre e alumínio está na forma como se realizam as conexões entre condutores ou entre condutor e conector.

O cobre não apresenta requisitos especiais quanto ao assunto, sendo relativamente simples realizar as ligações dos condutores de cobre.

No entanto, o mesmo não ocorre com o alumínio. Quando exposta ao ar, a superfície do alumínio é imediatamente recoberta por uma camada invisível de óxido, de difícil remoção e altamente isolante. Assim, em condições normais, se encostarmos um condutor de alumínio em outro, é como se estivéssemos colocando em contato dois isolantes elétricos, ou seja, não haveria contato elétrico entre eles. Nas conexões em alumínio, um bom contato somente será conseguido se rompermos essa camada de óxido. Essa função é obtida através da utilização de conectores apropriados que, com o exercício de pressão suficiente, rompem a camada de óxido. Além disso, quase sempre são empregados compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido, uma vez removida a camada anterior.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

50

A flexibilidade dos condutores elétricos

Um condutor elétrico pode ser constituído por uma quantidade variável de fios, desde um único fio até centenas deles. Essa quantidade de fios determina a **flexibilidade** do cabo.

Quanto mais fios, mais flexível o condutor e vice-versa.

Para identificar corretamente o grau de flexibilidade de um condutor, é definida pelas normas técnicas da ABNT a chamada **classe de encordoamento**.

De acordo com essa classificação apresentada pela NBR NM 280, são estabelecidas seis classes de encordoamento, numeradas de 1 a 6.

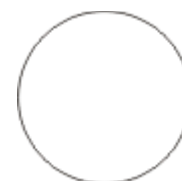
A norma define ainda como caracterizar cada uma das classes, o que está indicado na coluna “características” da tabela abaixo.

Classes de encordoamento de condutores elétricos conforme a NBR NM 280

Classe de encordoamento	Descrição	Características
1	condutores sólidos (fios)	é estabelecida uma resistência elétrica máxima a 20°C em w/km
2	condutores encordoados, compactados ou não	é estabelecida uma resistência elétrica máxima de 20°C em w/km e um número mínimo de fios no condutor
4, 5 e 6	condutores flexíveis	é estabelecida uma resistência elétrica máxima de 20°C em w/km e diâmetro máximo dos fios elementares do condutor

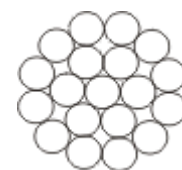
Em relação aos termos utilizados na tabela acima, temos:

Um **fio** é um produto maciço, composto por um único elemento condutor. Trata-se de uma ótima solução econômica na construção de um condutor elétrico, porém apresenta uma limitação no aspecto dimensional e na reduzida flexibilidade, sendo, em consequência, limitado a produtos de pequenas seções (até 16 mm²)



Fio

O termo **condutor encordoado** tem relação com a construção de uma **corda**, ou seja, partindo-se de uma série de fios elementares, eles são reunidos (torcidos) entre si, formando então o condutor. Essa construção apresenta uma melhor flexibilidade do que o fio. As formações padronizadas de condutores encordoados (cordas) redondos normais são: 7 fios (1+6), 19 fios (1+6+12), 37 fios (1+6+12+18) e assim sucessivamente. Nessa formação, a camada mais externa possui o número de fios da camada anterior mais seis.



Condutor encordoado redondo normal

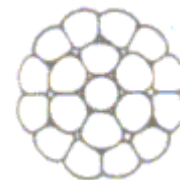


CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

51

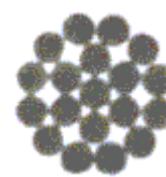
Um **condutor encordoado compactado** é uma corda na qual foram reduzidos os espaços entre os fios componentes. Essa redução é realizada por compressão mecânica ou trefilação. O resultado desse processo é um condutor de menor diâmetro em relação ao condutor encordoado redondo normal, porém com menos flexibilidade.



Condutor encordoado compactado

Um **condutor flexível** é obtido a partir do encordoamento de um grande número de fios de diâmetro reduzido.

Observe que a NBR NM 280 estabelece valores de resistência elétrica *máxima*, número *mínimo* e diâmetro *máximo* dos fios que compõem um dado condutor.



Condutor flexível

Isso, na prática, resulta que diferentes fabricantes possuam diferentes construções de condutores para uma mesma seção nominal (por exemplo, 10 mm²). A garantia de que o valor da resistência elétrica máxima não seja ultrapassada está diretamente relacionada à qualidade e à pureza do cobre utilizado na confecção do condutor.

Isolação dos condutores elétricos

Histórico

Os primeiros cabos isolados de que se tem notícia datam de 1795, utilizados em uma linha telegráfica na Espanha e eram isolados em papel. Seguiram-se os condutores cobertos por guta percha (uma planta nativa da Índia), os cabos em papel impregnado em óleo, os cabos em borracha natural (início do século XX), em borracha sintética (EPR) e PVC (ambos logo após a Segunda Guerra Mundial).

Embora possuíssem excelentes características isolantes, os cabos isolados em papel foram perdendo aplicações ao longo do tempo, principalmente devido à dificuldade de manuseio durante a sua instalação, sobretudo na realização de emendas e terminações. Isso propiciou a popularização dos cabos com isolações sólidas, tais como o PVC.

Para que serve a isolação?

A função básica da isolação é confinar o campo elétrico gerado pela tensão aplicada ao condutor no seu interior. Com isso, é reduzido ou eliminado o risco de choques elétricos e curtos-circuitos.

Podemos comparar a camada isolante de um cabo com a parede de um tubo de água. No caso do tubo, a parede impede que a água saia de seu interior e molhe a área ao seu redor. Da mesma forma, a camada isolante mantém as linhas de campo elétrico (geradas pela tensão aplicada) “presas” sob ela, impedindo que as mesmas estejam presentes no ambiente ao redor do cabo.

No caso do tubo, não pode haver nenhum dano à sua parede, tais como furos e trincas, sob pena de haver vazamento de água. Da mesma forma, não podem haver furos, trincas, rachaduras ou qualquer outro dano à isolação, uma vez que isso poderia significar um “vazamento” de linhas de campo elétrico, com subsequente aumento na corrente de fuga do cabo, o que provocaria aumento no risco de choques, curtos-circuitos e até incêndios.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

52

Principais características das isolações sólidas.

De um modo geral, as isolações sólidas possuem uma boa resistência ao envelhecimento em serviço, uma reduzida sensibilidade à umidade e, desde que necessário, podem apresentar um bom comportamento em relação ao fogo. Vejamos a seguir as principais características específicas do composto isolante mais utilizados atualmente: o PVC.

Cloreto de polivinila (PVC)

- é, na realidade, uma mistura de cloreto de polivinila puro (resina sintética), plastificante, cargas e estabilizantes;
- sua rigidez dielétrica é relativamente elevada, sendo possível utilizar cabos isolados em PVC até a tensão de 6 kV;
- sua resistência a agentes químicos em geral e a água é consideravelmente boa;
- possui boa característica de não propagação de chama.

O dimensionamento dos cabos em função da isolação

As duas principais solicitações a que a camada da isolação está sujeita são o campo elétrico (tensão) e a temperatura (corrente).

A tensão elétrica

Em relação à tensão elétrica, como vimos anteriormente, o PVC está limitado a 6 kV, o que o torna recomendado para emprego em cabos de baixa tensão, seja de potência, de controle, de sinal ou para ligação de equipamentos.

A principal característica construtiva dos cabos associada com a tensão elétrica é a **espessura da isolação**.

Ela varia de acordo com a classe de tensão do cabo e da qualidade do material utilizado e é fixada pelas respectivas normas técnicas aplicáveis. Em geral, quanto maior a tensão elétrica de operação do cabo, maior a espessura da isolação.

A corrente elétrica

É sabido que todo condutor elétrico percorrido por uma corrente aquece. E também é sabido que todos os materiais suportam, no máximo, determinados valores de temperatura, acima dos quais eles começam a perder suas propriedades físicas, químicas, mecânicas, elétricas etc.

Desse modo, a cada tipo de material de isolação correspondem três temperaturas características que são:

- **Temperatura em regime permanente**
É a maior temperatura que a isolação pode atingir continuamente em serviço normal. É a principal característica na determinação da capacidade de condução de corrente de um cabo.
- **Temperatura em regime de sobrecarga**
É a temperatura máxima que a isolação pode atingir em regime de sobrecarga. Segundo as normas de fabricação, a duração desse regime não deve superar 100 horas durante doze meses consecutivos, nem superar 500 horas durante a vida do cabo.
- **Temperatura em regime de curto-circuito**
É a temperatura máxima que a isolação pode atingir em regime de curto-circuito. Segundo as normas de fabricação, a duração desse regime não deve superar 5 segundos durante a vida do cabo.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

53

A tabela abaixo indica as temperaturas características das isolações em PVC e EPR.

Temperaturas características do PVC		
<i>Temperatura em regime (°C)</i>	<i>Temperatura em sobrecarga (°C)</i>	<i>Temperatura em curto-circuito (°C)</i>
70	100	160

Temperaturas características do EPR		
<i>Temperatura em regime (°C)</i>	<i>Temperatura em sobrecarga (°C)</i>	<i>Temperatura em curto-circuito (°C)</i>
90	100	160

COBERTURA

Em algumas aplicações, é necessário que a isolação seja protegida contra agentes externos tais como impactos, cortes, abrasão, agentes químicos, etc.

Nesses casos, os cabos elétricos são dotados de uma **cobertura** e são então chamados de **cabos unipolares ou multipolares**.

A escolha do material de cobertura deve levar em conta os diversos agentes externos, sendo que para aplicações de uso geral, com solicitações externas “normais”, o material mais utilizado como cobertura é o **PVC**, cujas características principais encontram-se nas tabelas a seguir.

Principais características do PVC	
Características mecânicas	MB
Nível de perdas dielétricas	R
Resistência as intempéries	B
Resistência a propagação de chama	B
Resistência ao ozônio	E
Resistência ao calor	B
Resistência ao óleo	B



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

54

Resistência do PVC aos produtos químicos			
Ácidos		Solventes	
Ácido acético 50%	Resistência Total	Álcool Etilico	Resistência Limitada
Ácido Clorídrico 10%	Resistência Total	Álcool Metílico	Resistência Limitada
Ácido Nítrico 10%	Resistência Total	Água - 100%	Resistência Total
Ácido Sulfúrico 10%	Resistência Total	Fenol	Nenhuma Resistência
Bases		Benzeno	Nenhuma Resistência
Amoníaco	Resistência Total	Tolueno	Nenhuma Resistência
Soda 10%	Resistência Total	Butanol	Resistência Limitada
Soda 70%	Resistência Total	Petróleo	Resistência Limitada
Sais		Acetona	Nenhuma Resistência
Cloreto de Bário	Resistência Total	Óleo de transformador	Resistência Limitada
Dicromato de Potássio	Resistência Total		
Dicromato de Sódio	Resistência Total		
Cal	Resistência Total		
Sulfato de Cobre	Resistência Total		

Características gerais dos cabos elétricos de potência em baixa tensão

Resistência à chama

Um cabo elétrico pode apresentar um volume significativo de material combustível na isolação, na cobertura (quando ela existir) e, eventualmente, em outros componentes. Assim, é importante que, quando da ocorrência de um incêndio, os cabos não sejam agentes propagadores da chama, colocando em perigo as pessoas e o patrimônio.

Com o objetivo de garantir que os cabos sejam **resistentes à chama**, eles são ensaiados de modo a comprovar que uma chama não possa se propagar indevidamente pelo cabo, mesmo em casos de exposições prolongadas ao fogo.

Para os cabos isolados em PVC, é previsto o **Ensaio de queima vertical** (fogueira), conforme a NBR 6812: trata-se de submeter um feixe de cabos de 3,5 m de comprimento à chama produzida por um queimador padrão, durante 40 minutos. Ao final da exposição, o dano provocado pelo fogo deve estar limitado a um certo comprimento da amostra ensaiada.

Os **condutores isolados** que superam o ensaio de queima vertical são designados por **BWF** e os cabos unipolares ou multipolares são chamados de **resistentes à chama**.

Mais do que estética, a identificação por cores dos condutores em uma instalação elétrica tem como finalidade facilitar a execução das conexões, emendas e todas as intervenções em geral para manutenção. Além disso, a correta identificação aumenta em muito a segurança das pessoas que lidam com o sistema.



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

55

A norma brasileira de instalações de baixa tensão (NBR 5410/97) faz recomendações claras a respeito da maneira adequada para se identificar os componentes em geral e os condutores em particular.

A seguir, são destacados os itens da Norma Brasileira relativos à identificação dos condutores.

- **Condutor Neutro**

- "6.1.5.3.1 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor neutro deve ser identificado conforme essa função. Em caso de identificação por cor, deve usada a cor azul-claro na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA - A veia com isolação azul-claro de um cabo multipolar pode ser usada para outras funções, que não a de condutor neutro, se o circuito não possuir condutor neutro ou se o cabo possuir um condutor periférico utilizado como neutro."

Observe que a norma não obriga o uso de cores para identificar um condutor, uma vez que ela diz: "*Em caso de identificação por cor*". Em alternativa às cores, podem ser utilizadas gravações numéricas aplicadas na isolação do cabo ou também podem ser empregados sistemas externos de identificação tais como anilhas, adesivos, marcadores, etc.(figura 2).

Outro ponto importante está destacado na Nota anterior, onde se permite o uso da cor azul-claro para outra função apenas no caso da veia de um cabo multipolar. Ou seja, mesmo que uma instalação não possua o neutro, caso se utilizem condutores isolados e/ou cabos unipolares, o azul-claro não poderá ser utilizado em nenhuma hipótese.

- Condutor de proteção

"6.1.5.3.2 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de proteção (PE) deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a dupla coloração verde-amarelo (cores exclusivas da função de proteção), na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar.

NOTA - Na falta da dupla coloração verde-amarelo, admite-se, provisoriamente, o uso da cor verde."

- Nesse caso, não se admite utilizar, sob nenhuma hipótese, as cores verde-amarela e verde para outra função que não a de proteção. Quanto ao termo " admite-se, provisoriamente...", não há nenhuma data limite estabelecida para se eliminar o uso da cor verde como proteção. Aliás, é mais comum encontrar-se no mercado o cabo totalmente verde do que o verde-amarelo

- **Condutor PEN**

- Trata-se aqui do condutor com dupla função: proteção (PE) e neutro (N). Lembre-se que seu uso ocorre nos sistemas de aterramento tipo TN-C e que há limitações quanto à seção nominal mínima desses condutores (ver item 6.4.6.2 da NBR 5410/97). Sobre a identificação do PEN, temos:



CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 1)

56

"6.1.5.3.3 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor PEN deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, deve ser usada a cor azul-claro, com anilhas verde-amarelo nos pontos visíveis ou acessíveis, na isolação do condutor isolado ou da veia do cabo multipolar, ou na cobertura do cabo unipolar."

Os " *pontos visíveis ou acessíveis...*" mencionados ocorrem, por exemplo, no interior dos quadros, caixas de passagem e de ligações.

- **Condutor Fase**

"6.1.5.3.4 Qualquer condutor isolado, cabo unipolar, ou veia de cabo multipolar utilizado como condutor de fase deve ser identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, poderá ser usada qualquer cor, observadas as restrições estabelecidas em 6.1.5.3.1, 6.1.5.3.2 e 6.1.5.3.3.

NOTA - Por razões de segurança, não deve ser usada a cor da isolação exclusivamente amarela, onde existir o risco de confusão com a dupla coloração verde-amarelo, cores exclusivas do condutor de proteção."

Resumidamente, os fases podem ser de qualquer cor, exceto azul-claro, verde ou verde-amarela.

- **Coberturas dos cabos de baixa tensão uni ou multipolares**

Analisando-se os itens anteriores, verificamos que, no caso de identificação por cores, as coberturas dos cabos unipolares devem ser azul-claro para o condutor neutro e PEN, verde ou verde-amarela para o PE e de qualquer outra cor que não as anteriores para os fases

Já para os cabos multipolares, em princípio, a cobertura pode ser de qualquer cor, uma vez que as prescrições referem-se apenas às veias no interior do cabo. Uma recomendação sensata, no entanto, é não se utilizar coberturas de cabos multipolares nas cores azul-clara, verde ou verde-amarela, para que não haja confusão com as funções de neutro e proteção.

Maneiras de instalar recomendadas para cabos de potência em baixa tensão

A instalação de cabos de potência em baixa tensão no Brasil é normalizada pela NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

Ela prevê que os cabos devem ser instalados em função do seu tipo construtivo, ou seja, considerando-se se eles são condutores nus, condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares, conforme a tabela a seguir.

