

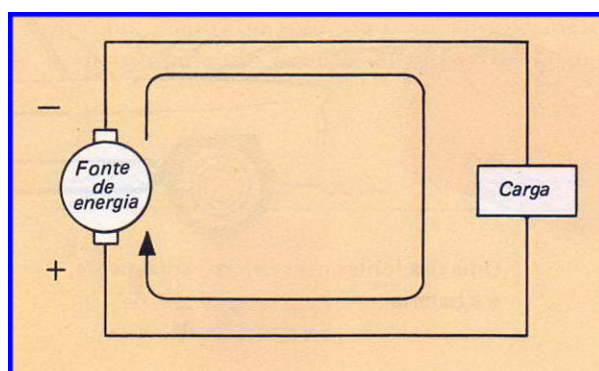
Circuitos DC

Condutância e Resistividade

Um circuito DC é aquele cuja alimentação parte de uma fonte DC (do inglês Direct Current), ou em português, CC (corrente contínua).

Como vimos anteriormente, para que haja fluxo de corrente pelo circuito, de maneira a alimentar uma carga qualquer, é preciso que o mesmo esteja fechado.

A figura abaixo ilustra um circuito completo, com uma fonte de alimentação DC.



O sentido de corrente adotado é o sentido real da corrente, ou seja, do negativo para o positivo. Observe que se trata de um circuito completo ou fechado, onde pela carga circula uma corrente.

Como se trata de um circuito alimentado por uma fonte DC, a corrente flui sempre no mesmo sentido.

Ao inverter a fonte de alimentação (fonte de energia) o sentido da corrente também será invertido.

Como o fluxo de corrente é controlado:

Aparelhos eletrônicos são projetados para funcionar de acordo com uma intensidade de corrente.

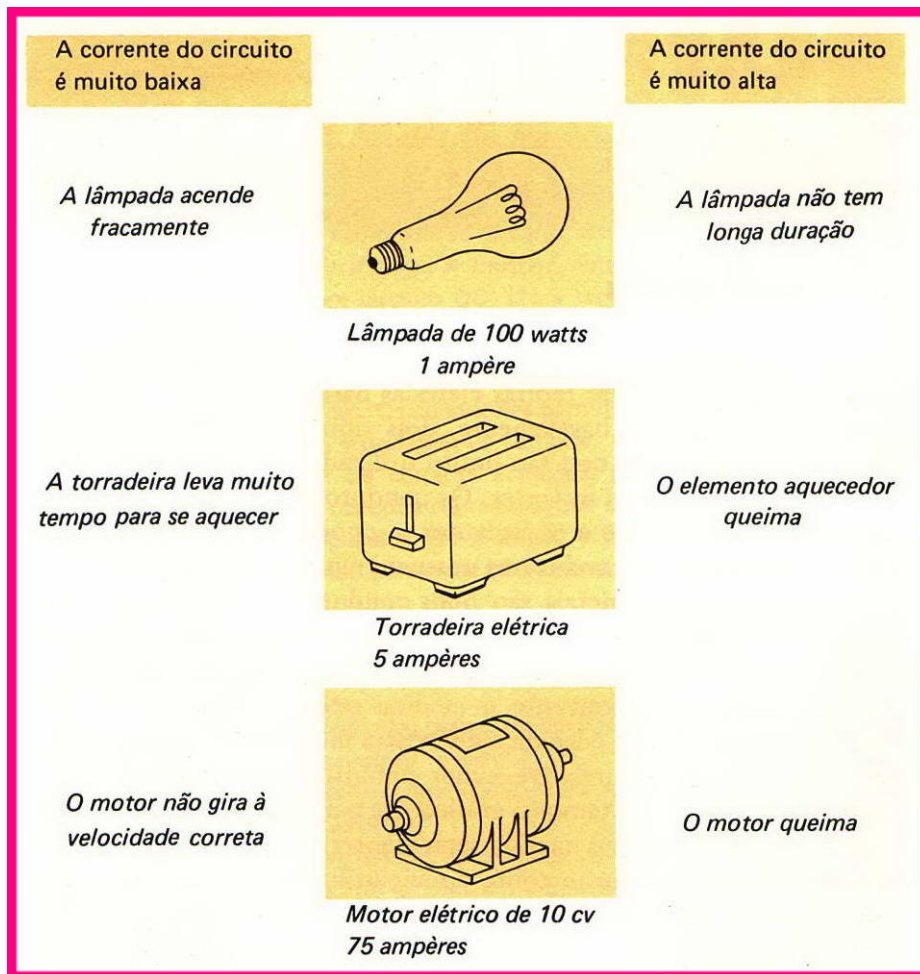
CORRENTE BAIXA: Aparelho funcionará com deficiência.

CORRENTE ALTA: Poderá danificar a fonte de alimentação e a carga.

Mais adiante veremos a relação entre a tensão e a corrente, que resulta na eficiência dos equipamentos, mais especificamente na potência elétrica, a qual resulta no trabalho.

Portanto, a intensidade da corrente que circula por um circuito depende basicamente de:

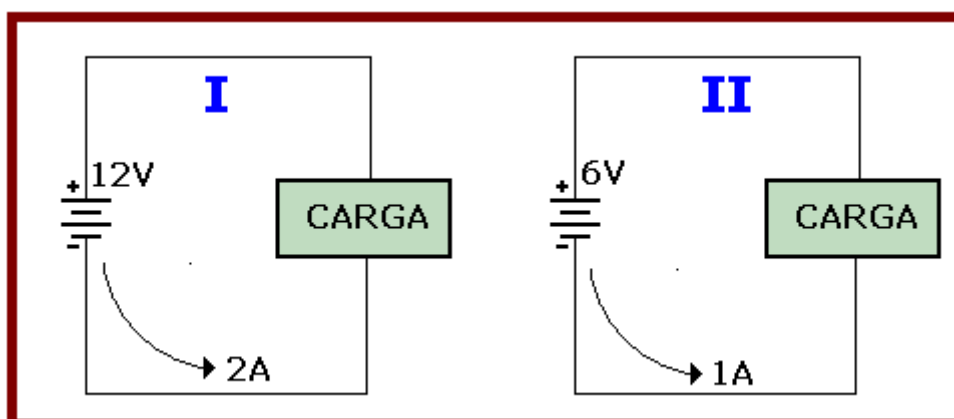
1. Tensão fornecida pela fonte de energia
2. Característica da carga



Tomemos como exemplo uma lâmpada incandescente de 100W.

Se a corrente que circular pela mesma for baixa (abaixo do valor nominal para o seu correto funcionamento), a mesma acenderá com baixa intensidade.

Veja a figura abaixo:



Se a carga nos dois circuitos for exatamente igual, a corrente que circulará pelo circuito II terá a metade do valor.

Considerando que a carga seja resistiva (linear), ao se reduzir a tensão de alimentação pela metade, a corrente cairá pela metade do valor.

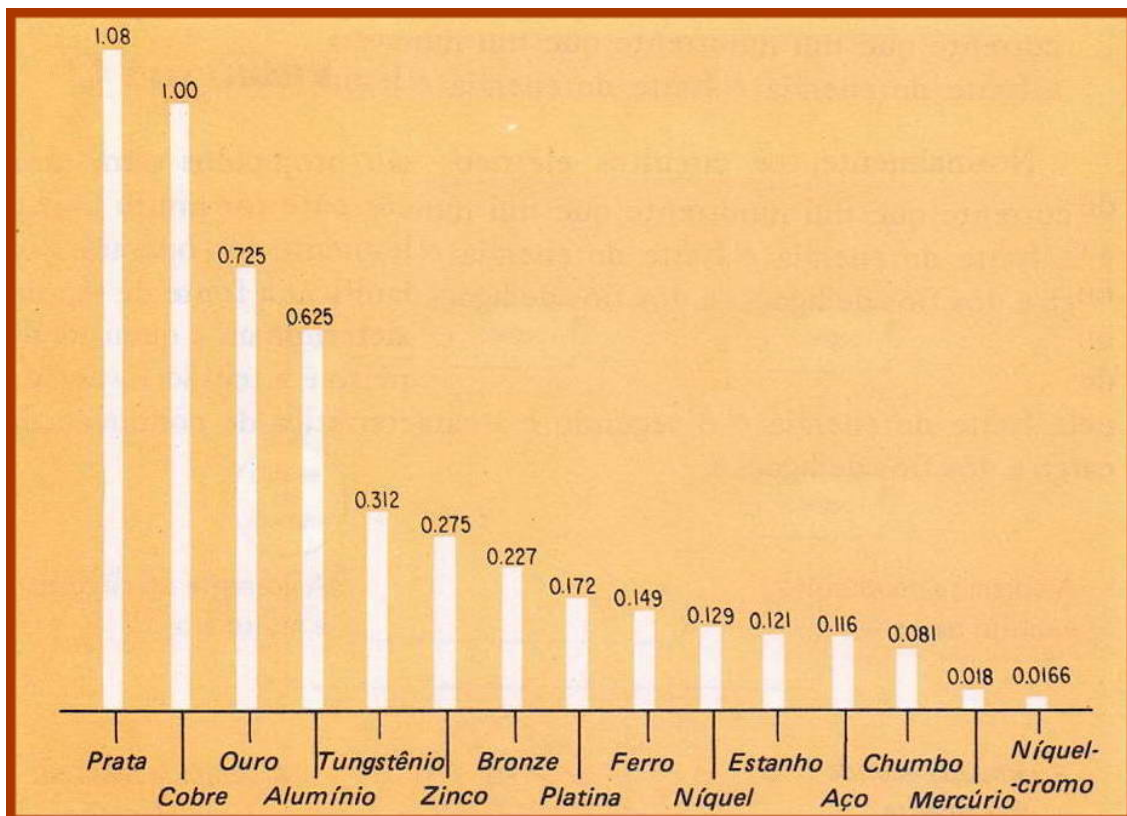
No entanto, aumentando-se a tensão de alimentação, a corrente pelo circuito aumentará, podendo danificar a carga.

Resumindo: o fluxo de corrente em um circuito fechado, depende do valor da tensão de alimentação e da carga.

CONDUTÂNCIA E RESISTÊNCIA (RESISTIVIDADE)

Dependendo do tipo de material a condução da corrente pode ser maior ou menor. Os materiais que mais são utilizados em eletricidade, classificamos de condutores e isolantes.

A tabela abaixo mostra as condutâncias relativas de diversos metais.



A condutância é o inverso da resistência, ou seja, quando menor for a resistência de um material, maior será a condutância.

Observa-se na figura em questão que o metal que possui maior condutância é a prata, seguida do cobre, ouro e alumínio, metais esses muito utilizados em eletricidade.

Se compararmos os metais Ag, Au, Cu e Al, veremos que todos são bons condutores, porém a prata se destaca em virtude de sua alta condutância, o que implica em uma baixíssima resistência à passagem da corrente elétrica.

A condutância é especificada em “mho” (inverso da palavra ohm), cuja unidade de medida é o siemens (Ω^{-1}), representada pela letra “G”.

Nas fórmulas matemáticas, a grandeza **condutância** é representada pela letra **G**. No sistema Internacional (S.I.), a unidade com que a condutância é medida é o **siemens** e representa-se pela letra **S**.

*Como exemplo, podemos escrever:
condutância de 10 siemens -> $G = 10S$*

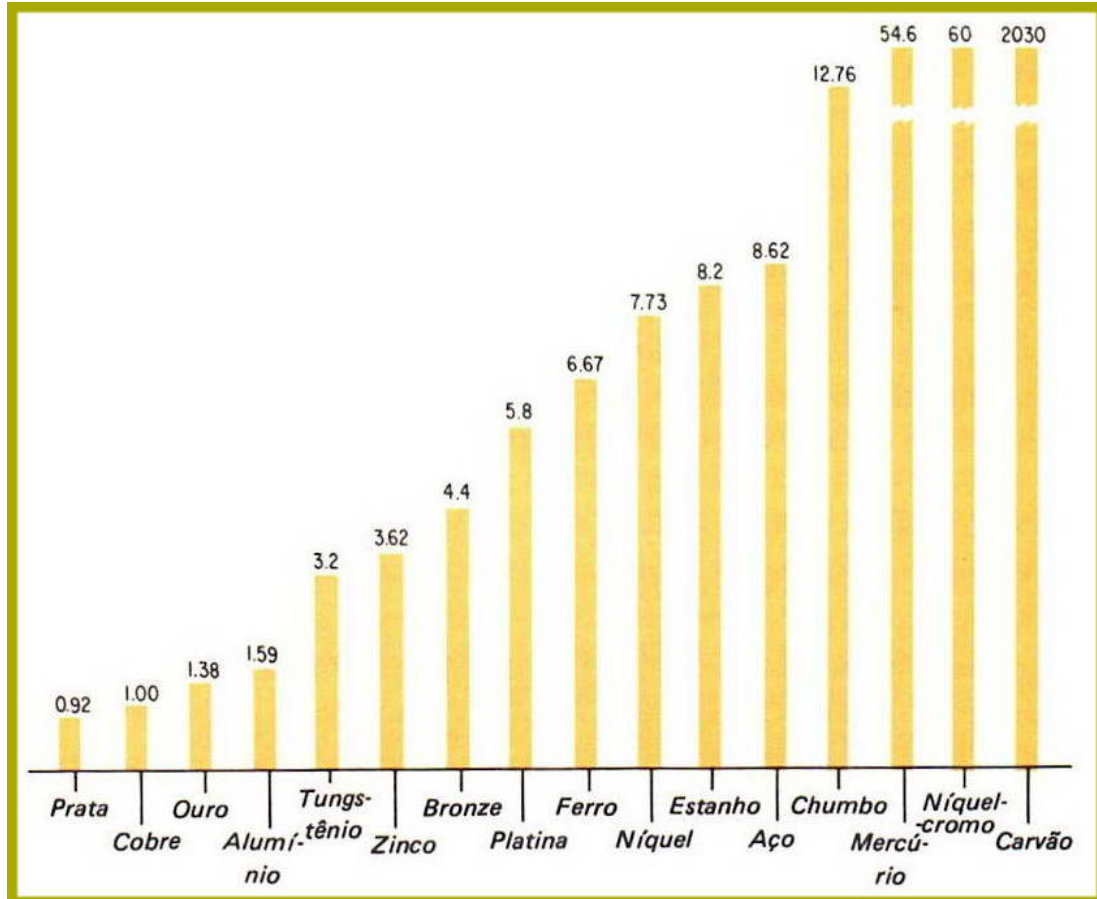
Então G é a recíproca de R, que nada mais é do que $1/R$. Assim, por exemplo, um resistor de 10 ohms tem uma condutância de $1/R = 1/10 = 0,1$ siemens ou simplesmente 0,1S.

Observa-se que no gráfico de barras mostrado, atribuiu-se ao cobre uma condutância relativa unitária, sendo os outros metais classificados em relação ao cobre.

Se tomarmos o alumínio como exemplo, veremos que a condutância dele é menor do que a do cobre, ou seja, 0,625 do cobre.

O tungstênio, muito utilizado em filamentos de lâmpadas incandescentes, tem uma condutância cerca de 3 vezes menor do que o cobre.

A figura abaixo mostra o gráfico de barras da resistividade de alguns materiais.

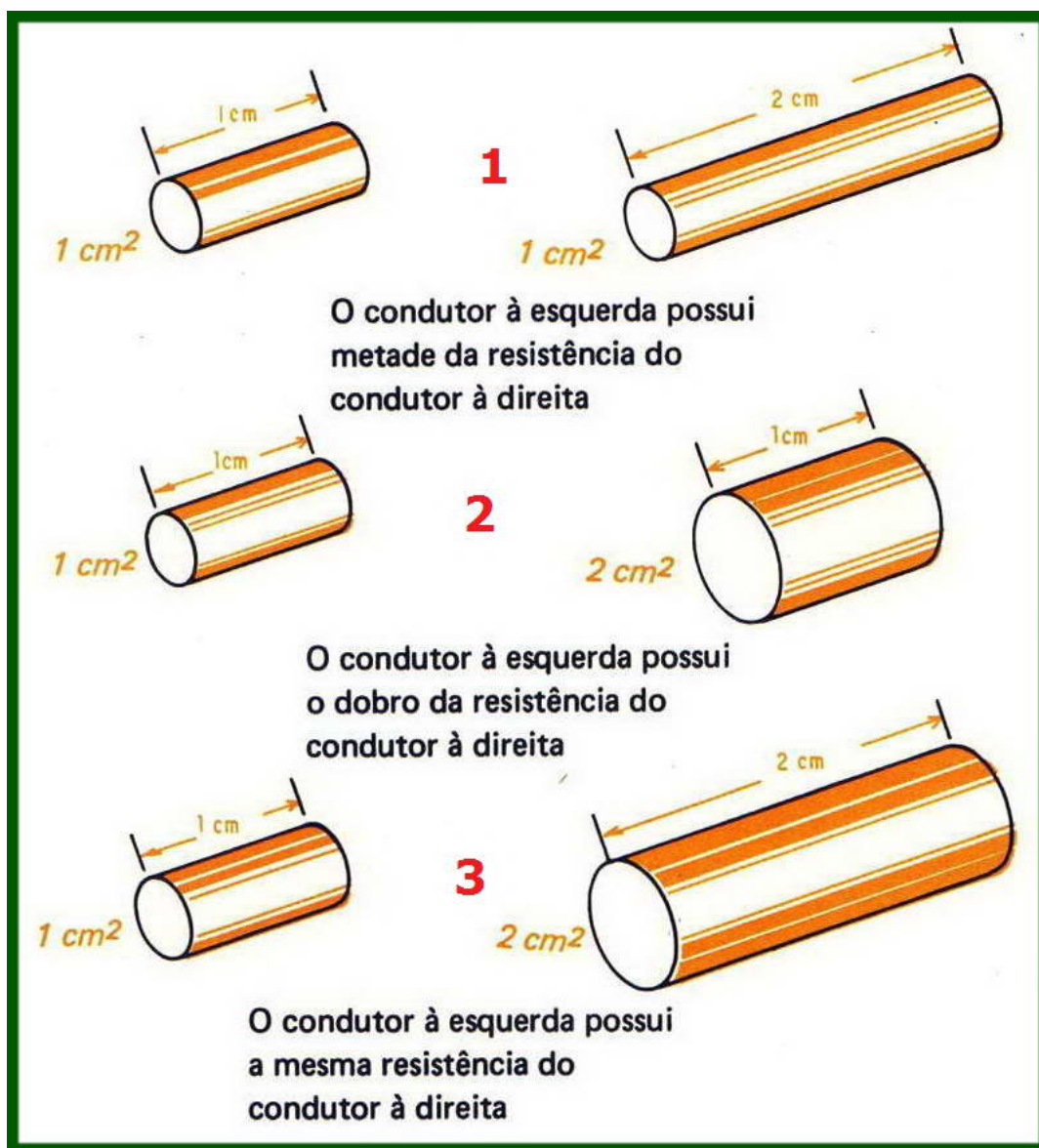


Comparando com o gráfico de barras da condutividade, observe que a resistividade da prata é de 0,92. O cobre é o referencial com valor unitário.

Variando a resistência de um fio de cobre:

A resistência de um fio de cobre depende do comprimento do mesmo e da área da sua secção transversal.

Tomemos como exemplo a figura abaixo.



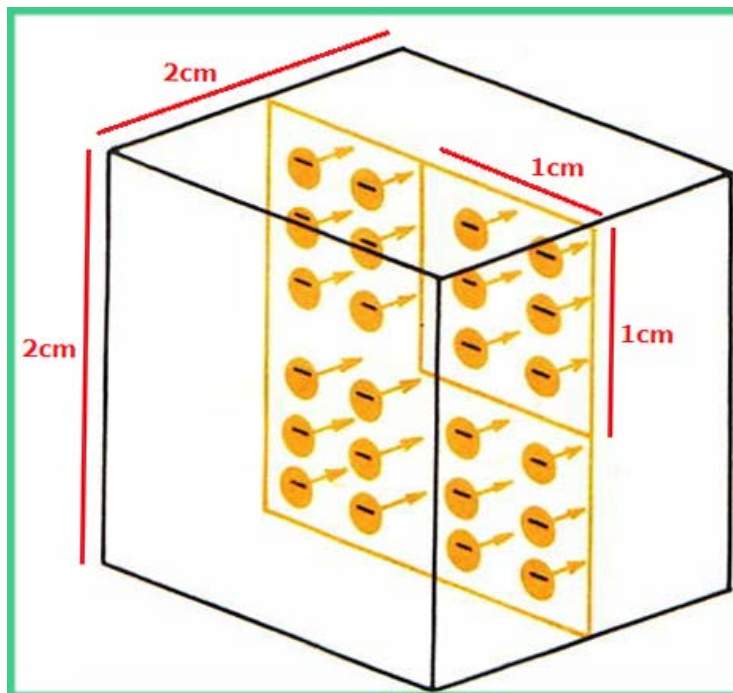
Em 1 – A resistência do condutor à direita é o dobro, pois o comprimento é o dobro em relação ao da esquerda, embora a área da secção transversal seja a mesma.

Em 2 – A resistência do condutor à direita é a metade em relação ao da esquerda, pois a área da secção transversal é o dobro, embora o comprimento seja o mesmo.

Em 3 – As resistências são iguais. O aumento do comprimento do condutor à direita é compensado pelo aumento da área da secção transversal.

A figura abaixo ilustra o que ocorre ao se aumentar a secção transversal de um condutor.

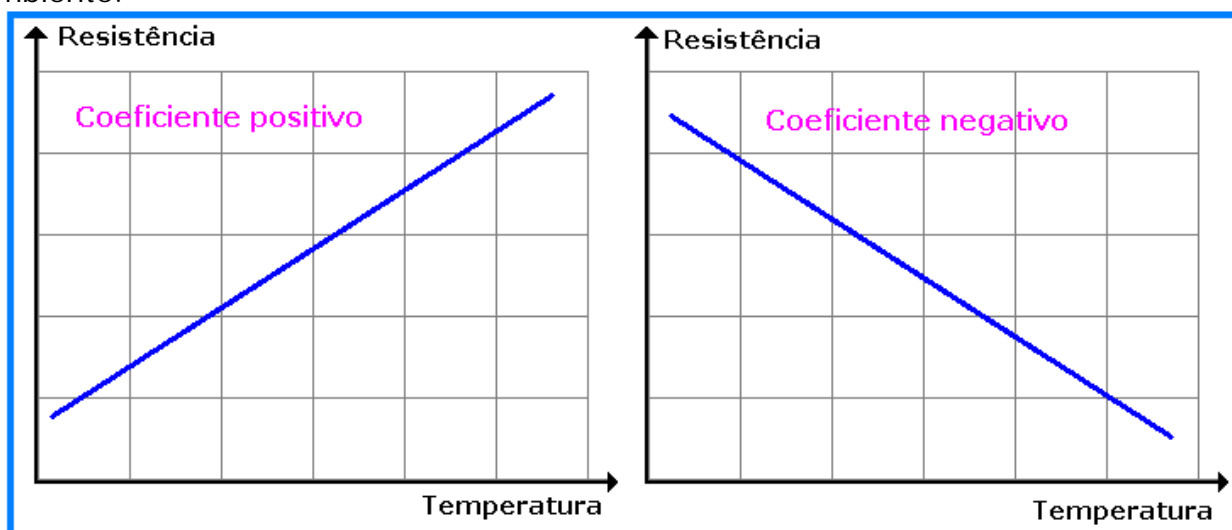
Observe que mais elétrons livres estarão disponíveis ao se aumentar a área da secção transversal do condutor. Em suma, a resistência é inversamente proporcional à área da secção transversal.



Conclusões: 1) Aumentando o comprimento do condutor, mantendo a mesma área da secção transversal, a resistência aumenta; 2) Aumentando a área da secção transversal do condutor, sua resistência diminui.

O efeito da temperatura:

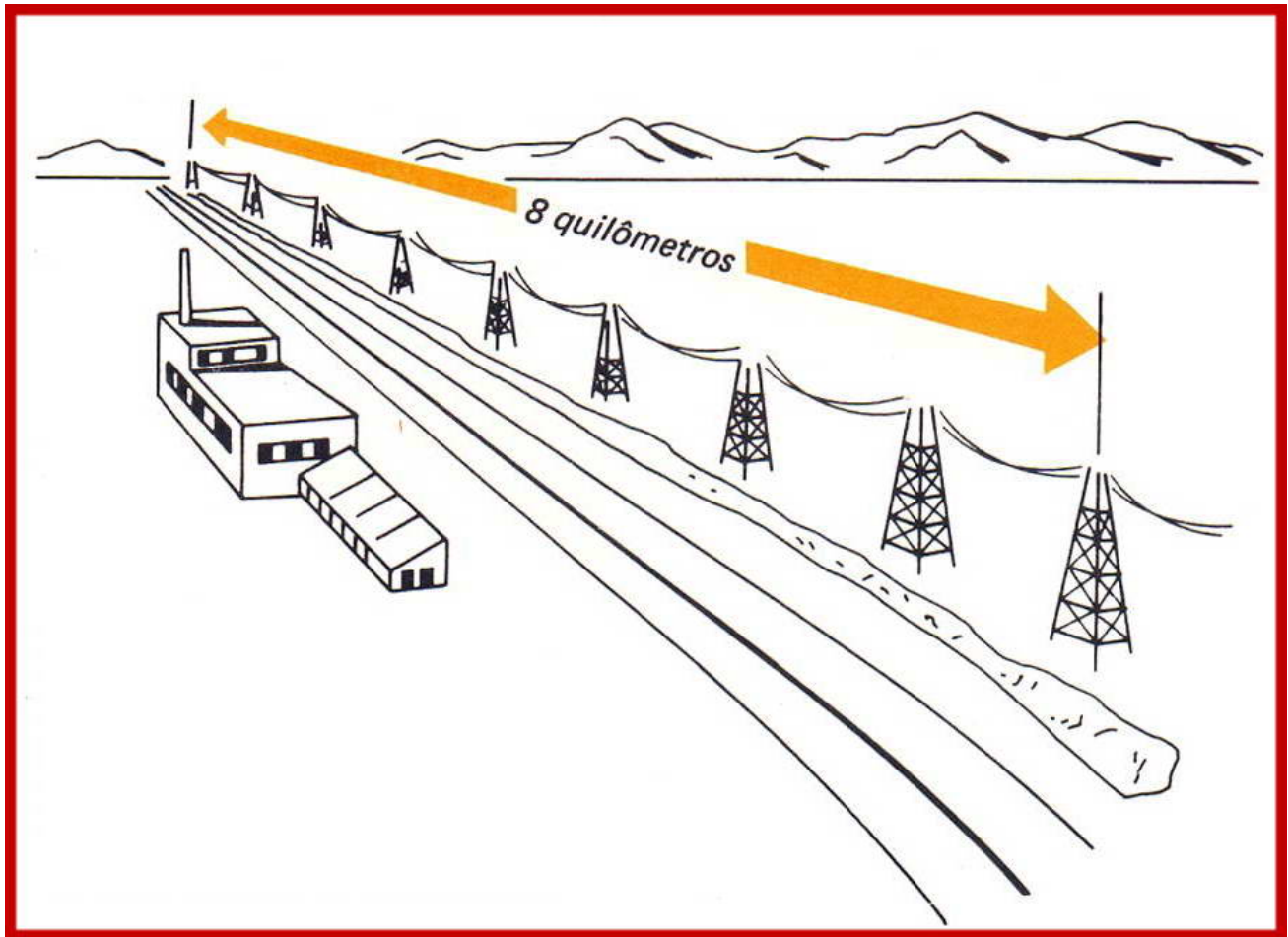
Os valores relativos de resistividade e condutividade referem-se à temperatura ambiente.



Para temperaturas mais altas ou mais baixas, ocorre uma alteração dos valores relativos de resistividade e condutividade dos materiais.

Se tomarmos como referência a variação de temperatura de 1 grau celsius, esse padrão é denominado de "*coeficiente de temperatura*", que pode ser positivo ou negativo. O coeficiente de temperatura pode ser positivo ou negativo.

Quando se trata de distâncias curtas, na maioria das vezes a resistência do fio de cobre pode ser desprezada, no entanto, isso não ocorre para grandes distâncias, como no caso linhas de transmissão de energia.



A figura acima ilustra uma linha de transmissão de 8 quilômetros, onde além da distância, deve ser levada em consideração a temperatura ambiente, pois vimos que a temperatura influi na resistividade dos materiais.

Fabricantes de fios especificam através de uma tabela padronizada internacionalmente, a resistência do fio por quilômetro (ohms/km). Essa tabela de padrão internacional tem como padrão a norma americana AWG.

AWG significa American Wire Gauge e o diâmetro é obtido sem a capa isolamento do fio, em outras palavras, fio nu. Esse padrão aplica-se somente ao fio sólido. O padrão AWG é também conhecido como *Brown and Sharp* (B&S).

A figura a seguir mostra uma **tabela de fios** AWG ou B&S.

TABELA DE FIOS – NORMA AMERICANA (AWG)					
Dimensões e resistências típicas do fio de cobre comercial					
N.º AWG	Diâmetro de fio nu (milímetro)	ohms/km		Capacidade de corrente (Ampères)	
		21°C	75°C	Isolante de borracha	Outro isolante
0000 (4/0)	11,68	0,164	0,197	160-248	193-510
000 (3/0)	10,41	0,203	0,246	138-215	166-429
00 (2/0)	9,27	0,262	0,312	120-185	145-372
0	8,26	0,328	0,390	105-160	127-325
1	7,34	0,417	0,492	91-136	110-280
2	6,55	0,522	0,623	80-118	96-241
3	5,82	0,663	0,787	69-101	83-211
4	5,18	0,833	0,991	60-87	72-180
5	4,62	1,05	1,25	52-76	63-158
6	4,11	1,32	1,57	45-65	54-134
7	3,66	1,67	1,99	45-65	54-134
8	3,25	2,12	2,51	35-48	41-100
9	2,90	2,67	3,16	35-48	41-100
10	2,59	3,35	3,99	25-35	31-75
11	2,31	4,23	5,03	25-35	31-75
12	2,06	5,32	6,34	20-26	23-57
13	1,83	6,69	7,99	20-26	23-57
14	1,63	8,43	10,1	15-20	18-43
15	1,45	10,6	12,7	15-20	18-43
16	1,30	13,5	16,0	6	10
17	1,14	16,9	20,2	6	10
18	1,02	21,4	25,5	3	6
19	0,91	26,9	32,1	3	6
20	0,81	33,8	40,5	–	–
21	0,71	42,7	51,1	–	–
22	0,64	54,1	64,4	–	–
23	0,61	67,9	81,2	–	–
24	0,51	86,0	102	–	–
25	0,46	108	129	–	–
26	0,41	137	163	–	–
27	0,36	172	205	–	–
28	0,33	219	259	–	–
29	0,28	272	327	–	–
30	0,25	348	412	–	–
31	0,23	440	519	–	–
32	0,20	541	655	–	–
33	0,18	689	825	–	–
34	0,15	873	1041	–	–
35	0,13	1106	1312	–	–
36	0,13	1388	1655	–	–

Vamos nos concentrar por enquanto, somente na resistência do fio. Observe que para números menores da bitola do fio, maior o diâmetro e, portanto, menor a resistência ôhmica.

Voltando à figura anterior (linha de transmissão de 8 quilômetros), se for utilizado fio de cobre com bitola 4, a resistência total à temperatura de 21 graus será:

$$0,833 \times 8 = 6,66 \text{ ohms}$$

Para a temperatura de 75 graus, teremos: $0,991 \times 8 = 7,93 \text{ ohms}$

Normalmente a transmissão é feita com 2 fios. Neste caso, para as duas situações, a resistência do fio dobrará de valor.

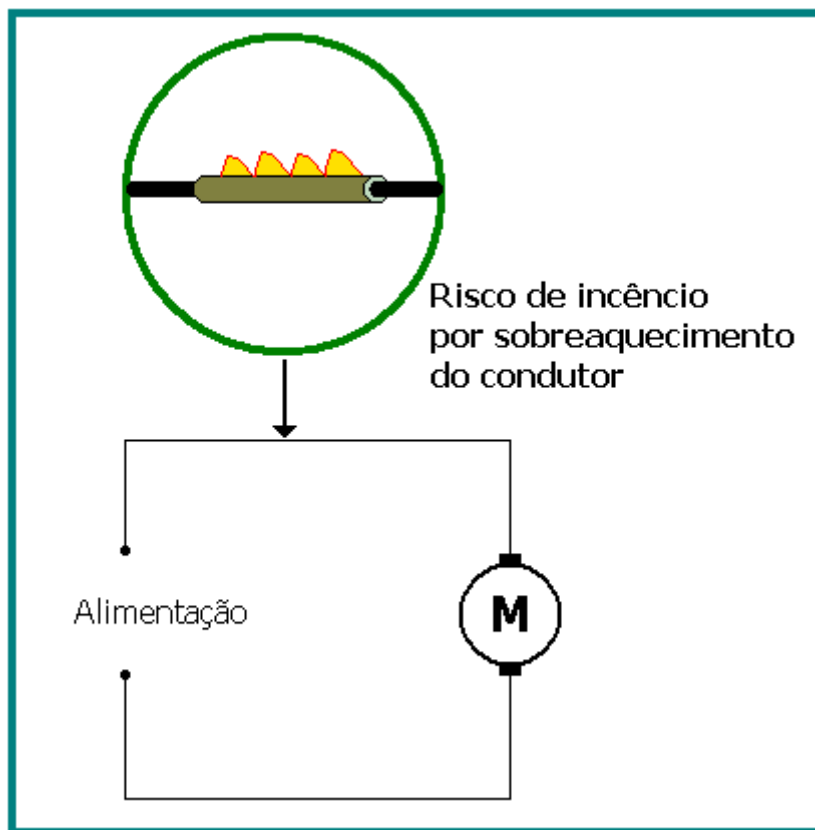
A bitola do fio:

Como vimos na tabela de fios, a bitola representa o diâmetro do fio, que determina a capacidade desse fio em conduzir corrente.

Podemos então dizer que a capacidade de condução de um fio está diretamente relacionada com a bitola do mesmo.

As tabelas de fio fornecidas pelos fabricantes especificam a máxima corrente que um fio pode suportar dentro dos limites de segurança.

O excesso de corrente pode sobreaquecer o fio, causando muitas vezes consequências desastrosas, principalmente incêndios.



Além do risco de incêndio, o excesso de corrente poderá danificar também a fonte de energia.

Resistência do fio, resistência de carga e resistência interna da fonte:

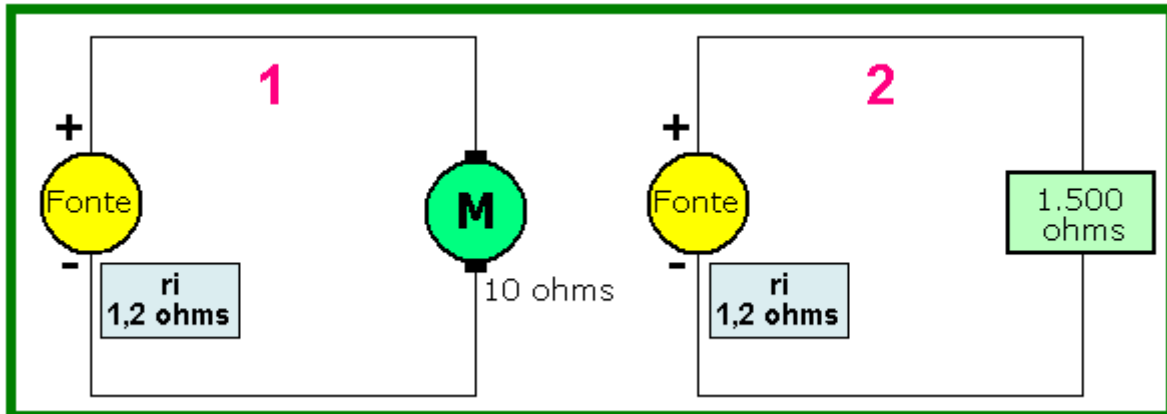
Temos visto até agora a resistência do fio e o seu efeito em uma linha de transmissão de energia.

O circuito mostrado na figura acima requer especial atenção na escolha da bitola adequada do fio, para a alimentação da carga.

Além disso, devido as características de construção uma fonte de energia possui também certa resistência, a qual denominamos de *resistência interna* "ri".

Se o valor da carga for muito baixo, que demanda alta corrente, então é preciso levar em consideração a "ri" e a resistência do fio. Caso contrário, a resistência do fio e a "ri" podem ser desprezadas.

Tomemos como exemplo duas cargas, sendo uma de 10 ohms (por exemplo, um motor elétrico) e um circuito eletrônico qualquer cuja resistência seja de 1.500 ohms. Essas duas cargas são ligadas a uma fonte de tensão com "ri" igual a 1,2 ohms.



Desprezando a resistência do fio, temos no circuito 1 uma resistência total de 11,2 ohms.

A tensão resultante na carga será de aproximadamente 89,3% da tensão da entrada.

Como consequência, poderá ocorrer um sobreaquecimento da fonte geradora de tensão.

No circuito 2, sendo a resistência da carga muito maior do que a "ri", esta última pode ser desprezada e teremos então na carga praticamente 100% da tensão fornecida pela fonte geradora de tensão.

Unidade de medida da resistência e resistividade:

A unidade de medida da resistência é o ohm. Um ohm representa a resistência de um condutor que conduz uma corrente de 1 ampère sob uma tensão de 1 volt (esse assunto será visto detalhadamente em capítulos posteriores).

Podemos definir a resistividade:

Resistividade elétrica (também **resistência elétrica específica**) é uma medida da oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica. Quanto mais baixa for a resistividade mais facilmente o material permite a passagem de uma carga elétrica. Sua unidade no SI é o **ohm metro (Ωm)**.