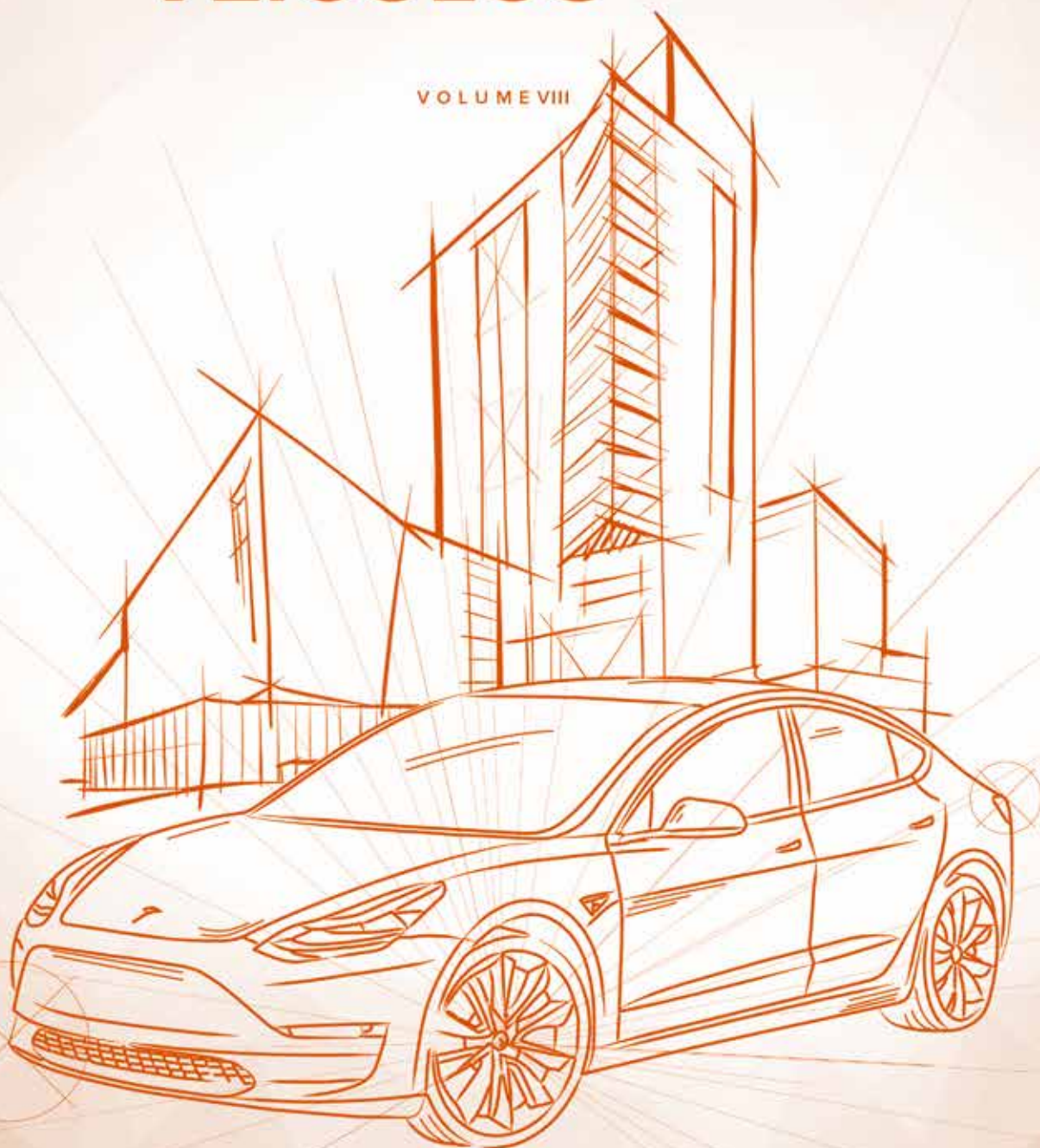


GUIA DE APLICAÇÃO PARA CABOS  
ELÉTRICOS COM CONDUTORES EM COBRE

# VEÍCULOS

VOLUME VIII



International Copper  
Association Brazil  
Copper Alliance

---

GUIA DE APLICAÇÃO PARA CABOS  
ELÉTRICOS COM CONDUTORES EM COBRE

# VEÍCULOS

VOLUME VIII



International Copper  
Association Brazil  
Copper Alliance



---

## AGRADECIMENTOS

O ICA/Procobre agradece o apoio das empresas fabricantes de cabos e a participação direta ou indireta dos instaladores e empresas do Setor Automobilístico para a realização desta publicação.

Apoio

NEXANS BRASIL S.A.

PRYSMIAN CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A.

---

## ESCLARECIMENTOS

O presente documento foi redigido meramente para fins de informação e debate. As informações aqui presentes não devem ser consideradas e aplicadas a todas as circunstâncias, em virtude das características específicas de cada tipo de instalação e projeto. O ICA/Procobre e qualquer outra instituição que participou de sua elaboração não se responsabilizarão por qualquer dano ou prejuízo causado pelo uso das informações aqui contidas, uma vez que este documento não dispensa a consulta às Normas ABNT NBR da Associação Brasileira de Normas Técnicas, outras fontes normativas aplicáveis e o estudo da instalação ou projeto específico.

# INTRODUÇÃO

O “Guia de Aplicação para Cabos Elétricos com Condutores em Cobre” foi elaborado para fornecer ao leitor os principais conceitos teóricos referentes às diversas partes que compõem um cabo elétrico e sua aplicabilidade em cada segmento de mercado.

O Guia é composto por diversos volumes. Nesse oitavo volume é abordado o Setor de Veículos, de modo a elencar os desafios encontrados para determinar o cabo elétrico correto a ser utilizado em sua construção.

A elaboração do “Guia de Aplicação para Cabos Elétricos com Condutores em Cobre” contou com o apoio dos fabricantes de cabos elétricos, os quais disponibilizaram seu acervo técnico a respeito das características dos cabos.

Além disso, foram realizadas pesquisas em mídia impressa e eletrônica, e com empresas do setor, permitindo que o presente Guia pudesse reunir as informações necessárias para uma correta seleção e dimensionamento de cabos de cobre.

Uma vez que o mercado utiliza três denominações diferentes, é necessário esclarecer que os termos “cabo elétrico”, “condutor elétrico”, ou simplesmente “cabo” significam um fio ou cabo, isolado ou não, unipolar (um único condutor isolado) ou multipolar (dois ou mais condutores isolados) utilizado para a condução da energia elétrica.

Para facilitar a pesquisa bibliográfica, as fontes bibliográficas foram numeradas e a numeração de referência disposta no decorrer do texto da seguinte maneira: [1], [2], etc.

O ICA/Procobre espera que este Guia possa facilitar a aplicação dos cabos em cobre. Caso haja necessidade de aprofundamento das informações, ao final do texto estão disponibilizadas as fontes utilizadas para sua elaboração.

Boa leitura!

Abril de 2018

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. OBJETIVO .....</b>                                                             | <b>09</b> |
| <b>2. INSTITUCIONAL - ICA/PROCOBRE .....</b>                                         | <b>10</b> |
| <b>3. COBRE – HISTÓRIA, CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS .....</b>                       | <b>13</b> |
| 3.1 USO DO COBRE AO LONGO DA HISTÓRIA .....                                          | 14        |
| 3.2 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO COBRE.....                                     | 17        |
| 3.3 O COBRE NA ÁREA ELÉTRICA .....                                                   | 20        |
| <b>4. SUSTENTABILIDADE .....</b>                                                     | <b>23</b> |
| 4.1 COBRE: ELEMENTO ESSENCIAL PARA UM<br>MUNDO SUSTENTÁVEL.....                      | 24        |
| 4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E FONTES<br>LIMPAS DE ENERGIA .....                        | 25        |
| <b>5. APLICAÇÃO DE PRODUTOS NAS INSTALAÇÕES<br/>    ELÉTRICAS DE VEÍCULOS.....</b>   | <b>33</b> |
| 5.1 SEGMENTO DE MERCADO: INDÚSTRIA<br>AUTOMOBILÍSTICA .....                          | 34        |
| 5.2 VISÃO GERAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE<br>UM VEÍCULO TRADICIONAL A COMBUSTÃO..... | 37        |
| 5.3 CABOS ELÉTRICOS PARA VEÍCULOS .....                                              | 41        |
| 5.4 CHICOTES PARA VEÍCULOS .....                                                     | 42        |
| 5.5 CONSTRUÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS<br>PARA VEÍCULOS .....                            | 44        |
| 5.5.1 CONDUTOR.....                                                                  | 45        |
| 5.5.2 ISOLAÇÃO .....                                                                 | 47        |
| 5.5.3 COBERTURA .....                                                                | 49        |
| 5.5.4 BLINDAGEM ELETROMAGNÉTICA .....                                                | 51        |
| 5.6 NORMALIZAÇÃO TÉCNICA DE CABOS<br>PARA VEÍCULOS .....                             | 51        |
| 5.7 EXEMPLOS DE CABOS PARA VEÍCULOS.....                                             | 52        |
| 5.7.1 CABOS PARA O COMPARTIMENTO DO MOTOR.....                                       | 53        |
| 5.7.2 CABOS PARA AS ÁREAS MAIS QUENTES<br>DOS VEÍCULOS .....                         | 53        |
| 5.7.3 CABOS DE ENERGIA E BATERIA .....                                               | 54        |
| 5.7.4 CABOS PARA LÂMPADAS .....                                                      | 55        |

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.7.5 CABOS PARA SISTEMAS DE<br>TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA ..... | 55        |
| 5.7.6 CABOS PARA SENSORES DE MOTORES<br>DE VEÍCULOS.....     | 56        |
| 5.7.7 CABOS PARA SENSORES DE FREIO ABS .....                 | 57        |
| 5.8 CABOS PARA VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS .....           | 58        |
| <b>6. CONCLUSÃO .....</b>                                    | <b>61</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>                                     | <b>62</b> |



---

## 1. OBJETIVO

O “Guia de Aplicação para Cabos Elétricos com condutores em Cobre” busca estabelecer parâmetros importantes para a definição do uso de cabos elétricos produzidos em cobre, bem como demonstrar, para fins elétricos, sua qualidade, seu desempenho e os benefícios que somente este metal pode oferecer.

É apresentada uma breve história do cobre, suas principais características e benefícios. Além disso, são feitas considerações sobre os aspectos de sustentabilidade que envolvem o metal, com destaque para o tema da eficiência energética.

Neste Guia são descritos os principais componentes dos cabos para veículos, identificando as funções de cada elemento, materiais mais utilizados, propriedades, etc. Em seguida, são indicados alguns aspectos relativos à seleção e especificação dos cabos elétricos para todas as aplicações que são importantes na relação entre clientes e fabricantes, visando a obtenção do melhor resultado na utilização dos produtos.

Na sequência deste Guia, são então apresentados os cabos elétricos apropriados para uso nos veículos. Não se tem a pretensão de abordar todos os cabos elétricos envolvidos nessas áreas específicas, mas sim informar ao leitor os produtos mais usuais, bem como suas principais aplicações, seleção e dimensionamento.

Há décadas a Indústria Automobilística se consolidou como uma das molas propulsoras da economia brasileira. O país figura entre os maiores mercados de veículos do mundo, sendo o oitavo maior consumidor e o décimo maior produtor. Seja na fabricação ou manutenção dos veículos, o setor é um grande consumidor de condutores elétricos de cobre. E é sobre eles que trataremos ao longo do Guia.

---

## 2. INSTITUCIONAL - ICA/PROCOPRE

*A International Copper Association (ICA)* é uma organização sem fins lucrativos com a missão de integrar, desenvolver, promover e defender o mercado do cobre por meio de funções de suporte, tais como: regulamentação, treinamento, comunicação, parceria, suporte técnico e inteligência de mercado.

Levando a mensagem de que o cobre é único e essencial, o ICA apoia e desenvolve pesquisas em várias áreas para a evolução das aplicações e tecnologias na indústria e para o crescimento do mercado. A sólida base de relacionamento com o governo, ONGs, órgãos reguladores, entidades afins e usuários permite a defesa dos interesses comuns, com atuação marcante em projetos, normas e regulamentações.

*A International Copper Association*, financiada por seus membros, vem atuando ao longo de muitos anos na defesa do uso do cobre. Como representante de seus associados intercede persistentemente para garantir o acesso contínuo dos produtos derivados do cobre ao mercado, conquistando junto a eles um elevado nível de credibilidade e confiança.

Sua história remonta a mais de 90 anos e, atualmente, os seus associados compreendem 43 empresas globais constituídas por mineradoras e fabricantes, sendo que as mineradoras representam 60 % da produção mundial de cobre. Com sede em Nova Iorque, o ICA possui escritórios regionais em Bruxelas, Nova Iorque, Santiago e Xangai, dispõe de 26 centros de promoção e tem atividades em 60 países, nos 5 continentes.

Na América Latina, o ICA é representado pelo Procobre e atua na Argentina, Brasil, Colômbia, Chile, México e Peru, países que, juntos, representam 90 % do consumo de cobre desta região. Além disso, a região responde por aproximadamente 50 % da produção mundial do metal.

O ICA/Procobre disponibiliza importante conteúdo técnico e informativo por meio do projeto Leonardo Energy, criado na Europa em 2001, que provocou a formação de uma grande comunidade, cuja proposta é estabelecer uma economia sustentável baseada na eficiência energética e na energia renovável.

Tal experiência também está disponível no Brasil, oferecendo aos profissionais do setor elétrico e energético acesso a notícias, palestras, artigos e webinars sobre temas da atualidade, tais como: eficiência energética, energias renováveis, gestão de energia, gestão de ativos, segurança com a eletricidade e sustentabilidade. Todo esse conteúdo está disponível em uma plataforma simples e amigável.

Este projeto é ferramenta indispensável para os profissionais técnicos, que podem se atualizar no que há de mais interessante nesse segmento, consultando os sites:

**[www.procobre.org/pt](http://www.procobre.org/pt) e [www.leonardo-energy.org.br](http://www.leonardo-energy.org.br)**







---

# COBRE

HISTÓRIA, CARACTERÍSTICAS  
E BENEFÍCIOS

---

## 3. COBRE – HISTÓRIA, CARACTERÍSTICAS E BENEFÍCIOS

### 3.1 USO DO COBRE AO LONGO DA HISTÓRIA

A história do cobre se mistura com a própria evolução da vida humana na Terra. Graças às suas características, o metal (e suas ligas) ocupou – e continua ocupando – um papel de destaque no processo evolutivo da humanidade, sendo utilizado em praticamente todas as fases das revoluções tecnológicas pelas quais o ser humano passou, inclusive nas civilizações mais antigas.

Alguns registros e pesquisas indicam que o cobre foi o primeiro metal a ser efetivamente utilizado pelo homem, o que teria acontecido cerca de 15.000 anos atrás, quando ele foi encontrado na superfície da terra na forma de cobre nativo.

Porém, foi no final do período Neolítico, ou da Pedra Lascada, que seu uso avançou no dia a dia das comunidades. Nesse período, o homem começou a dominar algumas técnicas de manuseio e fundição do metal, que passou a, gradativamente, substituir elementos como madeira, ossos e pedra na fabricação de armas, ferramentas de trabalho, instrumentos de caça e utensílios agrícolas.

Essa era (entre 4.000 a.C. e 3.000 a.C.) é identificada pelos historiadores como Idade do Cobre, que corresponde à transição do Neolítico para a Idade do Bronze, e que deu início à Idade dos Metais. Foi um período pré-histórico de grande desenvolvimento humano, principalmente em civilizações da Europa, Oriente Médio e sul da Ásia.



### NA IDADE DO COBRE, ESSE METAL FOI UTILIZADO NA:

- Confeção de artefatos como potes, copos, vasilhas e facas
- Confeção de armas como lanças, espadas, escudos, facões e machados
- Confeção de joias e objetos artísticos como estatuetas, máscaras, anéis e colares
- Confeção de instrumentos agrícolas como enxadadas e charruas. Este avanço levou ao aumento da produção de alimentos e, por consequência, ao crescimento populacional nas comunidades que dominavam a técnica de fundição do cobre



Em termos de registros escritos, a Bíblia possivelmente contém as menções mais antigas sobre a utilização do cobre por parte de civilizações da antiguidade. No Velho Testamento, por exemplo, há várias citações sobre o metal, como a passagem do Livro de Gênese que trata do filho de Lamec e Sela, 'Tubal-Caim': "O pai de todos aqueles que trabalham o cobre e o ferro" (Gn 4:22).

No Livro do Êxodo há alusões do uso do metal na construção dos templos, como em Êxodo 38:1 - 20, com inúmeras citações do uso de bronze em itens como utensílios do altar, cinzeiros, garfos, pás, grelhas e braseiros. A Bíblia cita ainda a aplicação de bronze na construção do Templo de Salomão.

Além dos registros bíblicos, objetos encontrados em escavações arqueológicas, hoje espalhados por museus de todo o mundo, revelam o uso do cobre pelo homem há milhares de anos, em diferentes regiões e períodos históricos. Por exemplo, no norte do atual Iraque foi encontrado um colar de cobre de 8.700 a.C.

Na Europa, o 'Homem de Gelo' encontrado no Tirol (Itália) em 1991, cujos restos datam de cerca de 5.000 anos atrás, estava acompanhado de um machado de cobre com pureza de 99,7 %.

Também foram descobertas moedas, armas e utensílios domésticos sumérios e egípcios de cobre e bronze de 3.000 a.C. Os egípcios, aliás, descobriram que a adição de pequenas quantidades de estanho facilitava a fusão do cobre e aperfeiçoaram os métodos de obtenção do bronze.

Na antiga China se conhece o uso do cobre desde, ao menos, 2.000 a.C.

Particularmente no que tange ao uso do cobre vinculado à eletricidade, uma descoberta realizada em meados de 1936 chama a atenção. Nesse ano, durante uma escavação nas ruínas da vila de Khujut Rabu (Iraque), os arqueólogos encontraram artefatos que foram batizados de 'Bateria de Bagdá'.

Cada artefato era composto de um vaso de argila e, em seu interior, havia um tubo feito de chapa de cobre, com cerca de 2,5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento. A base do tubo estava selada por um disco, também de cobre, e uma barra de ferro, aparentemente corroída por ácido, se projetava através de uma tampa de betume na parte superior.

A princípio, o item foi catalogado como objeto de culto. Porém, algum tempo depois o arqueólogo alemão Wilhelm Konig examinou a peça em detalhe e chegou a uma conclusão surpreendente: se o tubo havia sido preenchido com uma solução ácida, havia funcionado como um tipo de bateria elétrica rudimentar, daí o termo 'Bateria de Bagdá'. Isso há cerca de 2.000 anos.



### CURIOSIDADES

- Na antiguidade, as principais minas de cobre ficavam nas regiões do Sinai, Síria, Afeganistão, Chipre, Macedônia, Ibéria e na Europa Central. Na Europa, em particular, as principais reservas da Era do Bronze estavam na Áustria, Alemanha, França, Espanha, Portugal, Grécia e Tirol.



- Os romanos foram os responsáveis pelo uso mais intensivo do cobre em sua época. Isso porque o emprego do metal se espalhou por todas as regiões conquistadas por suas legiões. A maior parte do cobre romano veio da ilha de Chipre, que eles chamavam Cyprium, da qual derivou a palavra Cuprum, dando origem à sigla Cu como símbolo químico do cobre.

## 3.2 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DO COBRE

O cobre é um metal relativamente fácil de se manusear, daí sua utilização (e de suas ligas) pelo homem há milhares de anos, bem antes do uso de outros metais também importantes, como o ferro e o ouro. No entanto, são as suas características e propriedades, que oferecem inúmeros benefícios, que explicam o seu uso crescente, em diversas atividades, ao longo da história e da evolução tecnológica da humanidade.

Metal nobre e elemento de transição, o cobre pertence ao grupo 11 (1B) da Tabela Periódica. De coloração avermelhada, ele exhibe uma estrutura cristalina cúbica de

face centrada, com propriedades semelhantes às da prata e do ouro. Entre algumas de suas características podemos citar que ele é dúctil, maleável, resistente à corrosão, possui propriedades antibacterianas e é um ótimo condutor elétrico e térmico.

Além disso, suas inúmeras ligas oferecem uma gama enorme de combinações de propriedades mecânicas que refletem um alto grau de adaptabilidade. Por isso elas são utilizadas em aplicações variadas, que podem demandar de baixa a moderada resistência à tensão mecânica, moderada estabilidade térmica ou resistência à deformação por estresse.

As propriedades do cobre e suas ligas permitem ainda que sua aplicação contribua para o aumento da qualidade de vida das pessoas; aumento da eficiência energética na produção, distribuição e consumo de eletricidade; estimule a evolução da energia sustentável; e promova o desenvolvimento tecnológico.

Ou seja, apesar de sua relevância histórica, o cobre torna-se cada vez mais atual, indo ao encontro dos desafios da sociedade moderna, do século XXI, como a escassez de recursos, as mudanças climáticas e os problemas de saúde pública.

Atualmente, o metal é aplicado em inúmeras áreas, incluindo: arquitetura, saúde, meio ambiente, piscicultura, construção civil, energia, telecomunicações e transporte, apenas para citar alguns setores. Sem contar que o cobre é um dos metais mais importantes na indústria moderna e, portanto, essencial para a sua evolução. Ou seja, ele continua cada vez mais presente na vida das pessoas.

Graças ao grande número de aplicações, a demanda global por cobre continua em crescimento. Nos últimos 50 anos o consumo de produtos refinados de cobre mais que triplicou [1], reforçando o papel do cobre no avanço da tecnologia, expansão da atividade econômica e para melhorar a qualidade de vida.



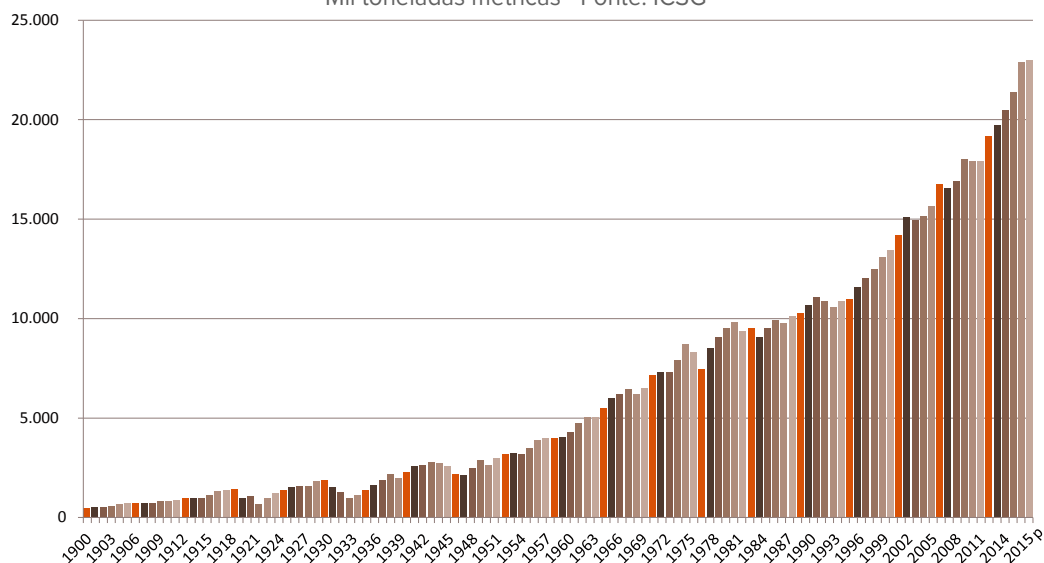
Se considerarmos como ponto de partida o ano de 1900, o avanço do metal fica ainda mais evidente. Naquele ano, o uso de cobre refinado foi de cerca de 500 mil toneladas. Em 2014, esse montante atingiu a marca de 22,9 milhões de toneladas, o que mostra, neste período, uma taxa composta de crescimento anual de 3,4 %.

## ALGUMAS APLICAÇÕES DO COBRE

- **Aquicultura:** bastante utilizado nessa área devido às suas propriedades metalúrgicas e biológicas naturais e longa vida útil
- **Ar-condicionado:** o cobre possui maiores coeficientes de transferência de calor e colabora para a redução geral no custo do sistema
- **Área hospitalar:** devido à sua propriedade antimicrobiana, o cobre e suas ligas têm capacidade de eliminar vários agentes patogênicos em um curto espaço de tempo
- **Arquitetura, arte e design:** devido à sua coloração, durabilidade, riqueza de qualidades mecânicas e estéticas
- **Energia:** por ser um dos melhores condutores de eletricidade e de calor, o cobre é amplamente empregado em redes de alta, média e baixa tensão. Essencial para o melhor desempenho de motores, transformadores e diversos equipamentos eletroeletrônicos. Está presente também nas instalações de fontes de energia renovável (com destaque para a hídrica, eólica e fotovoltaica)
- **Instalações elétricas prediais:** devido à ótima condutividade do cobre, ele desempenha papel fundamental no desenvolvimento de aplicações elétricas e eletrônicas
- **Sistemas de aquecimento solar de água:** o cobre tem ótima condutividade térmica e por isso é empregado nas placas dos coletores solares e no revestimento interno dos boilers
- **Tecnologias modernas:** o cobre é um dos metais mais usados em sistemas de informática e telecomunicações, por suas características de condutividade, resistência e versatilidade
- **Tubulações para fluidos e gases:** utilizado em diversos tipos de construções, sejam residenciais, comerciais ou industriais, por sua confiabilidade e segurança

## O USO MUNDIAL DO COBRE REFINADO

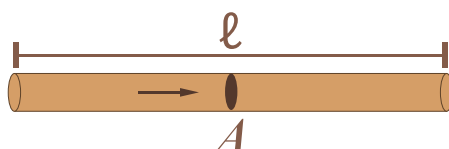
Mil toneladas métricas - Fonte: ICSG



### 3.3 O COBRE NA ÁREA ELÉTRICA

O cobre detém inúmeras características que o definem como o elemento metálico ideal a ser utilizado para a condução de energia elétrica, principalmente devido à sua resistividade elétrica e condutividade térmica.

A resistividade elétrica é a medida da oposição ao fluxo da corrente elétrica. O condutor ideal é o material com a menor resistividade. No Sistema Internacional de Unidades (SI) a resistividade é representada por  $\rho$  e sua unidade é o ohm.m ( $\Omega\text{m}$ ).



A partir desse conceito e aplicando-se a Segunda Lei de Ohm pode-se definir a resistência elétrica de um condutor – no SI sua unidade é o ohm ( $\Omega$ ). [2]

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

$\rho$  é a resistividade elétrica do material ( $\Omega\text{m}$ )

$R$  é a resistência elétrica do condutor ( $\Omega$ )

$\ell$  é o comprimento do condutor (m)

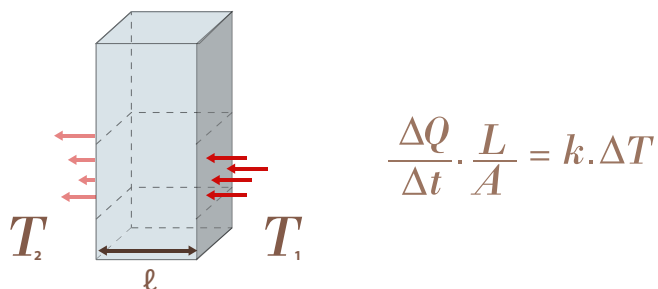
$A$  é a área da seção do condutor ( $\text{m}^2$ )

A condutividade térmica ( $k$ ) quantifica a habilidade dos materiais de conduzir energia térmica. Condutores elétricos construídos com materiais de alta condutividade térmica conduzem energia térmica de forma mais rápida e eficiente.

A condutividade térmica é uma característica específica de cada material, e depende tanto da pureza como da temperatura na qual ele se encontra (especialmente em baixas temperaturas). Em geral, a condução de energia térmica nos materiais aumenta à medida que a temperatura aumenta.

A condutividade térmica equivale numericamente à quantidade de calor  $Q$  transmitida por unidade de tempo através de um objeto com espessura  $L$  unitária, numa direção normal à área da superfície de sua seção reta  $A$ , também unitária, devido a uma variação de temperatura  $\Delta T$  unitária entre as extremidades longitudinais. O inverso da condutividade térmica é a resistividade térmica. [3]

No SI a condutividade térmica é medida em unidades de watt por metro kelvin [W/(m·K)].



Unidades:

$\Delta Q$  em joule (J)

$\Delta t$  em segundo (s)

$L$  em metro (m)

$A$  em metro quadrado (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  em kelvin (K)

Graças à sua resistividade elétrica e condutividade térmica, desde os primórdios da eletricidade o cobre e suas ligas têm sido usados no desenvolvimento e fabricação de inúmeros produtos, como fios e cabos, motores, transformadores, geradores, dispositivos de comando e proteção, componentes elétricos e eletrônicos, etc.

Aliás, foi a utilização do cobre na área elétrica que impulsionou o seu uso pelo homem. O cobre alcançou sua real dimensão como metal imprescindível para o desenvolvimento industrial em 1831, quando Michael Faraday descobriu a indução eletromagnética, que é o princípio por trás do gerador e do transformador elétrico. Deste momento em diante, a demanda pelo metal cresceu de forma notável.

Como um dos melhores condutores de eletricidade conhecidos, naturalmente o cobre também desempenha um importante papel no universo das energias renováveis. Suas excelentes propriedades elétricas e térmicas atendem perfeitamente às necessidades da energia limpa, gerando e transmitindo eletricidade com eficiência máxima e um mínimo impacto ambiental.







# SUSTENTABILIDADE

---

## 4. SUSTENTABILIDADE

### 4.1 COBRE: ELEMENTO ESSENCIAL PARA UM MUNDO SUSTENTÁVEL

Um dos desafios do século XXI é a busca contínua pela sustentabilidade em todas as áreas e setores que envolvem a atividade humana. E, nesse quesito, o cobre também exerce papel importante, com participação marcante em diversas aplicações.

Ecologicamente amigável, o cobre é um metal presente nas mais diversas ações de preservação ambiental, como na busca pela eficiência energética, na geração de energia renovável e na redução dos efeitos nocivos da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

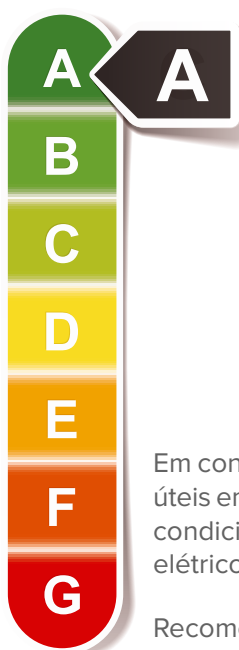
Uma característica altamente sustentável do cobre é que ele é 100 % reciclável e um dos poucos materiais que podem ser reciclados e reutilizados sem qualquer perda de desempenho. Quando reciclado, ele volta ao mercado nas mais variadas formas e aplicações, apresentando elevado grau de pureza e altíssimo valor agregado, tanto que pode ser reutilizado como o material original da mineração.



Atualmente, cerca de 9 milhões de toneladas de cobre são recicladas anualmente, o que significa que 35 % da demanda global de cobre são utilizados na forma de metal reciclado [4]. O processo de reciclagem do metal consome 85 % menos energia do que a sua produção. Isso representa uma economia anual de 100 milhões de MWh de energia elétrica e 40 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> que deixam de ser produzidos.

Outro apelo sustentável do cobre relaciona-se ao seu uso nas construções sustentáveis, também conhecidas como construções verdes. Esse tipo de edificação considera vários aspectos durante e depois da obra, incluindo os impactos econômico, social e ambiental. Essas construções são projetadas para serem eficientes em termos energéticos, reduzirem a poluição e minimizarem o desperdício de água.

Nesse segmento de mercado também é válido analisar o papel que o cobre pode representar. Devido às suas propriedades intrínsecas, o cobre é amplamente utilizado no setor de construção civil, destacando-se como opção para estruturas, reforços, revestimentos, coberturas, esquadrias, instalações elétricas, equipamentos de aquecimento e muitas outras aplicações.



Em construções sustentáveis, em particular, as qualidades do cobre são úteis em uma variedade de aplicações, incluindo seu uso em sistemas de condicionamento de ar, tubulação de água quente, fiação e dispositivos elétricos, nos sistemas de cogeração de energia, etc.

Recomenda-se como literatura relacionada a este item o *webinar* “O Portal da Eficiência Energética - Construções Sustentáveis” no site do ICA/Procobre [5].

## 4.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E FONTES LIMPAS DE ENERGIA

A crescente demanda por energia elétrica, verificada especialmente nas últimas décadas, colocou a busca por eficiência energética como tema fundamental para pessoas, empresas, cidades e países. Afinal, obter conforto e melhor rendimento com menor consumo de eletricidade só traz vantagens, seja pelo lado financeiro (economia na hora de pagar a conta), ou pelo lado ambiental (preservação dos recursos naturais e redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera).

Na busca por essa eficiência, o uso do cobre ajuda, e muito, começando pelo transporte de eletricidade. Graças à sua excelente capacidade em conduzir a corrente elétrica, o cobre colabora para evitar perdas de energia nas redes de transmissão e distribuição, tornando o sistema mais eficiente. Da mesma forma, o uso do cobre e suas ligas em equipamentos elétricos amplia seu nível de eficiência, oferecendo vantagens para usuários de todos os setores: comercial, industrial, residencial e público.

## • A importância do cobre para insta



Suas propriedades únicas tornam as instalações elétricas mais seguras, eficientes e duráveis.



Fios e cabos de cobre são capazes de reduzir significativamente as perdas de energia contribuindo para a baixa emissão de CO<sub>2</sub>.



Os condutores elétricos são fabricados com cobre eletrolítico de alta pureza (99,99%), o que garante a melhor condutividade elétrica.

O cobre é capaz de transmitir energia com qualidade, apresentando baixo índice de perdas.



O cobre apresenta grande resistência à deformação e à corrosão, aumentando a vida útil e a segurança dos produtos aplicados nas instalações elétricas.

Atualmente o cobre está presente em diversos dispositivos, como os disjuntores, fusíveis, hastes de aterramento, barramentos, interruptores e tomadas.



*Ter uma instalação segura é importante porque:*

Reduz a probabilidade de incêndios



Diminui os riscos de choques elétricos



Aumenta a proteção das pessoas e do patrimônio



*O cobre contribui para um mundo melhor.*

# lações elétricas seguras e eficientes •



Quando as instalações elétricas são bem dimensionadas e revisadas periodicamente, a segurança das pessoas e do imóvel aumenta significativamente.

10

A recomendação é que, no mínimo, a instalação passe por manutenções preventivas a cada dez anos.



Tanto a manutenção como os reparos devem sempre ser feitos por um profissional qualificado.

Assim como os automóveis, as instalações precisam de manutenções constantes para continuar funcionando adequadamente.

Melhorar a eficiência energética contribui diretamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa, principalmente quando a geração de energia decorre da queima de combustíveis fósseis.

Para dar uma ideia de grandeza nessa questão, vamos aos números. Alguns estudos apontam que, hoje, a eletricidade é o fator que mais contribui para a emissão de gases de efeito estufa no mundo. Estima-se que mais de 50 % das emissões de CO<sub>2</sub> são atribuídas ao consumo de eletricidade decorrente da geração de energia, tendo como base a queima de combustíveis fósseis [6].



Significa que o uso mais eficiente da energia pode levar à redução de consumo e, por consequência, à menor necessidade de geração através de fontes mais ‘sujas’, como o carvão e derivados de petróleo.

Nesse sentido, o cobre pode ser considerado um ‘material verde’, que desempenha um papel importante para tornar as redes de distribuição de energia e os dispositivos elétricos mais eficientes, reduzindo, automaticamente, as emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Outra ação fundamental para reduzir a emissão de gases de efeito estufa é a substituição de fontes de energia poluentes pelas chamadas energias renováveis, ou limpas, como a eólica, fotovoltaica, biomassa e hídrica. Nesse caso, novamente o cobre aparece, visto que vários equipamentos utilizados na geração de energia através dessas fontes, como fios e cabos, geradores e transformadores, utilizam uma grande quantidade do metal, que colabora para a sua eficiência, segurança e longevidade. Além disso, o uso do cobre para transmitir a energia gerada por esses sistemas renováveis assegura a máxima eficiência e mínimo impacto ambiental no projeto.

### A UTILIZAÇÃO DO COBRE

- Melhora a qualidade do meio ambiente e dos processos produtivos
- Colabora para a preservação ambiental, através da redução da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera
- Proporciona maior eficiência e ótima relação custo-benefício para equipamentos elétricos e seus sistemas elétricos
- Colabora para o desenvolvimento e eficiência das fontes de energia renováveis, como a fotovoltaica, eólica e hídrica



# • Cobre: conduzindo energia

Um dos melhores condutores de eletricidade conhecidos, o cobre desempenha um importante papel no universo das energias renováveis.



O baixo impacto ambiental deste metal e suas excelentes propriedades elétricas e térmicas atendem perfeitamente as necessidades da energia limpa.



*As principais fontes sustentáveis de energia que necessitam de cobre são:*



**Eólica**  
(ação dos ventos)



**Fotovoltaica**  
(solar)



**Hídrica**  
(usinas hidrelétricas)



**Biomassa**  
(queima do bagaço da cana, por exemplo)

O cobre está presente em vários equipamentos utilizados nas instalações de geração elétrica limpa, como os sistemas de aterramento, equipamentos de proteção, fios e cabos, motores, geradores, transformadores e componentes elétricos e eletrônicos.



A energia fotovoltaica resulta da transformação da luz solar em eletricidade.

Na geração fotovoltaica, uma instalação doméstica de 2,5 kW pode consumir até

**12 kg**  
de cobre

# para um mundo sustentável. •



O funcionamento de uma turbina eólica de 2 MW requer o uso de

**5 a 12**  
ton de cobre



## Vantagens da energia sustentável para a sociedade:

✓  
Reduz a  
emissão de CO<sub>2</sub>

✓  
Naturalmente  
renováveis

✓  
São menos  
poluentes

As energias renováveis, como a solar e a eólica, ajudam a combater o aquecimento do planeta, pois reduzem a emissão de gases de efeito estufa.

Um estudo do Greenpeace indica que as fontes renováveis podem suprir metade da demanda mundial de energia até 2050.

Em 2010, essas fontes já representavam 19,7 % da matriz elétrica mundial.

Em 2012, as fontes limpas de energia receberam investimentos de US\$ 211 bilhões.



*O cobre é vital para que os sistemas de energias renováveis gerem e transmitam a eletricidade com máxima eficiência e mínimo impacto ambiental.*





---

# MERCADO

APLICAÇÃO DE PRODUTOS NAS  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE  
VEÍCULOS

---

## 5. APLICAÇÃO DE PRODUTOS NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE VEÍCULOS

### 5.1 SEGMENTO DE MERCADO - INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Este Guia será dedicado aos cabos elétricos desenvolvidos especialmente para o segmento da indústria automobilística no Brasil. No entanto, embora este mercado seja bastante amplo e exija atenção especial para as instalações elétricas, o conteúdo deste trabalho foi desenvolvido de forma a orientar o leitor sobre a escolha dos condutores elétricos aplicados diretamente nos veículos, bem como a especificação desse tipo de produto para a sua correta cotação e aquisição.

O Brasil é o oitavo maior consumidor e o décimo maior produtor de veículos automotores do mundo. Já há alguns anos, o país conta com uma cadeia produtiva nessa área encontrada em poucos lugares do mundo. Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), são 27 empresas fabricantes instaladas no território brasileiro, com 65 plantas industriais e capacidade instalada anual da ordem de 5,1 milhões de veículos – incluindo nesse montante os automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus, máquinas agrícolas e rodoviárias [7].

A expectativa da Anfavea é que, até 2027, novas unidades fabris sejam inauguradas no país, inclusive com a chegada de novos players e marcas. O investimento esperado para esse período poderá ultrapassar a marca de US\$ 14 bilhões.





Essa cadeia produtiva conta ainda no país com mais de 400 empresas de autopeças e a rede de revendas e serviços ultrapassa 5.500 concessionárias. Ao todo, a cadeia automobilística emprega mais de 1,3 milhão de pessoas [7].

O setor não se destaca apenas pela produção. Os dados econômicos também impressionam. Em 2016, por exemplo, o faturamento do setor atingiu a expressiva marca de US\$ 46,9 bilhões, correspondendo a 22 % do PIB da indústria de transformação brasileira e a 4 % do PIB total do país [7].

A indústria automobilística nacional também exerce importante papel no comércio exterior brasileiro. Em 2016, as exportações dessa área chegaram a US\$ 17,9 bilhões, enquanto as importações do setor somaram US\$ 17,8 bilhões [7].

Uma característica relevante desse mercado é o seu dinamismo, marcado por investimentos constantes, seja em novas plantas industriais, seja no lançamento de novos modelos de veículos. Além disso, este é um setor que investe pesado em engenharia e desenvolvimento para acompanhar tendências e entregar o melhor produto para a sociedade.

Em todo o mundo esse segmento passa por um momento de grandes transformações. Há discussões intensas em relação à mobilidade urbana, novas tecnologias de propulsão (mais eficientes e menos poluentes), sem contar o avanço do carro autônomo, que há poucos anos parecia algo intangível, mas que agora se mostra cada vez mais viável.

Obviamente, toda essa evolução demanda investimento em tecnologia. E, assim como ocorre em indústrias avançadas, a automobilística também caminha na direção da conectividade e da digitalização. Nesse sentido, a Internet das Coisas (IoT) está cada vez mais presente no dia a dia do setor, e já é possível identificar no mercado que os veículos estão cada vez mais equipados com tecnologia de ponta e de conectividade.

Esse avanço também amplia o nível da segurança e agrega inteligência aos veículos, que passam a conversar entre si e com a infraestrutura ao seu redor.

No âmbito da produção, o que mais chama a atenção nessa área é a aplicação dos conceitos da Indústria 4.0, tida como o futuro da manufatura no Brasil e no mundo. Entre outras vantagens, a Indústria 4.0 possibilita que toda planta fabril esteja conectada de tal modo que o pedido vindo do cliente vá direto para a fábrica e para os fornecedores. Isto abre um universo de possibilidades para as empresas atingirem aumentos significativos em sua competitividade ao gerar autonomia e um sistema de autogerenciamento.

Ainda no que tange à evolução tecnológica, os players desse mercado têm se destacado no campo da sustentabilidade, especialmente na redução de emissão de gases por parte dos veículos - houve redução de mais de 95 % de alguns gases.

Esse perfil mais sustentável, somado à redução dos custos da tecnologia, também tem favorecido o avanço dos carros elétricos e híbridos em várias regiões do mundo.

E as projeções são otimistas nessa área. Uma pesquisa publicada em julho de 2017 pela equipe de transportes da *Bloomberg New Energy Finance* indica que os veículos elétricos e híbridos serão responsáveis pela maioria das vendas de automóveis novos em todo o mundo até 2040, quando vão representar cerca de 33 % de todos os veículos leves de passeio.

No Brasil, ainda que isoladas ou em caráter experimental, diversas iniciativas estão sendo colocadas em prática em torno dos veículos elétricos e o país caminha para formar a rede estrutural necessária para a implantação de projetos em escala maior.

Um estudo elaborado pela MGM Partners a pedido do ICA/Procobre indica que, se houver maior incentivo governamental nos próximos anos, principalmente através da redução da carga tributária de veículos elétricos, a frota nacional de veículos elétricos e híbridos poderá chegar à marca de 580 mil unidades em 2025 (representando 0,9 % da frota brasileira). Se a projeção se confirmar, o avanço será enorme no mer-





cado, considerando que, em 2017, as vendas de automóveis e veículos comerciais leves (híbridos e elétricos) somou pouco mais de 3.000 unidades.

Um ponto relevante nesse contexto é que, em maior ou menor nível tecnológico, em carros elétricos, híbridos ou a combustão, todos os veículos necessitam de condutores elétricos confiáveis, capazes de garantir a alimentação e o bom funcionamento de todos os componentes elétricos e eletrônicos embarcados.

Em média, os carros consomem cerca de mil metros de condutores elétricos. Mas há modelos com maior número de componentes eletrônicos que podem superar a marca de 4 mil metros de cabos. Obviamente, para desempenharem bem seu papel, esses condutores embarcados precisam ser bem especificados e aplicados para garantir a segurança e o bom desempenho dos veículos.

O mesmo vale para os veículos usados, onde a manutenção é ponto fundamental. De acordo com a Anfavea, a atual frota de veículos que circula pelo Brasil supera a marca de 43 milhões de unidades. São automóveis, ônibus e máquinas agrícolas e rodoviárias que precisam de manutenção para circular. E que, naturalmente, também demandam produtos elétricos, inclusive condutores de cobre.

## 5.2 VISÃO GERAL DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE UM VEÍCULO TRADICIONAL A COMBUSTÃO

Um veículo a combustão, seja de passeio, comercial, caminhão ou ônibus, possui um complexo sistema elétrico e eletrônico que necessita de uma grande quantidade de diferentes tipos de condutores elétricos para a sua correta interligação e funcionamento.

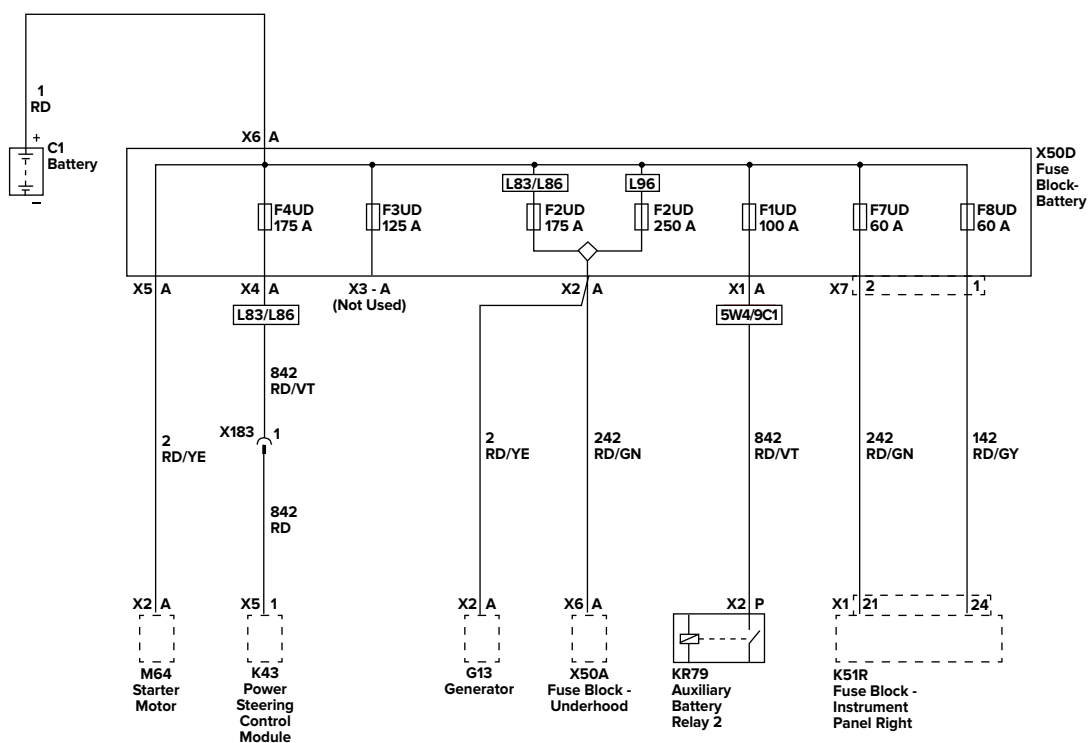
A instalação elétrica de um veículo pode ser dividida em função das suas diferentes partes, a saber:

- Motorização e transmissão
- Suspensão
- Frenagem
- Injeção e ignição
- Sistemas de segurança
- Sistemas de conforto
- Sistemas de informação para o motorista
- Sistemas de carroceria e chassis

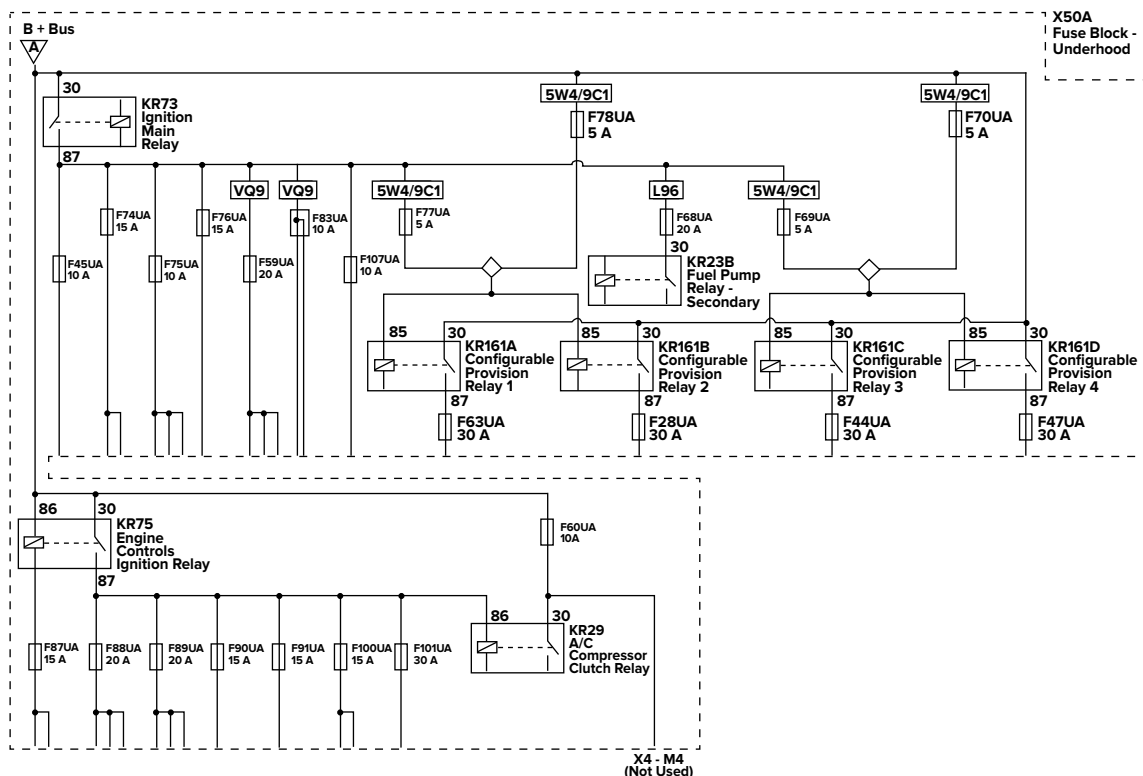
Essas partes, por sua vez, são atendidas por circuitos elétricos dos veículos, como:

- Circuitos de partida
- Circuitos de ignição
- Circuitos de carga
- Circuitos de bordo

### Alguns circuitos elétricos de um veículo a combustão - Exemplo 1



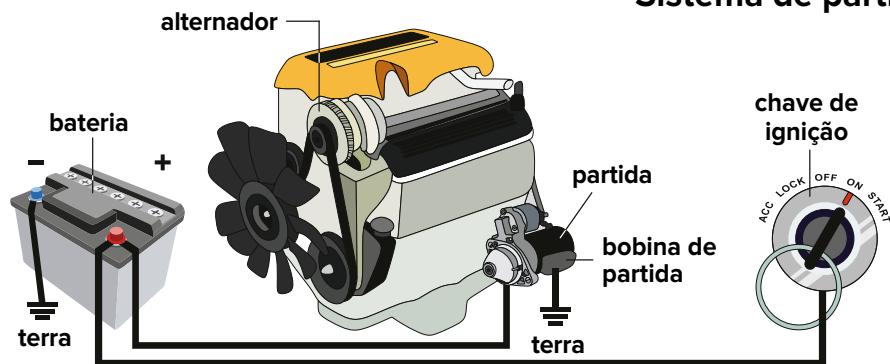
## Alguns circuitos elétricos de um veículo a combustão - Exemplo 2



Um veículo a combustão possui duas fontes de alimentação: bateria e alternador.

Quando o motor está desligado, a instalação elétrica do veículo é alimentada pela **bateria** com uma tensão nominal geralmente de 12 volts. Quando o motor está funcionando, a bateria é desconectada e o sistema passa a ser alimentado pelo **alternador**, que também tem a função de recarregar a bateria. A tensão típica de alimentação fornecida pelo alternador é 14,8 volts. No caso particular do **circuito de ignição**, que pode funcionar com tensões superiores a 30.000 volts, sua alimentação primária é realizada pela extra baixa tensão da fonte.

## Sistema de partida



Em relação às cargas que necessitam de energia elétrica em um veículo, elas podem ser classificadas em:

- Contínuas
- De longa duração
- De curta duração

As **cargas contínuas** não podem ter o fornecimento de energia elétrica interrompido sob nenhuma hipótese, seja pela bateria ou pelo alternador, uma vez que fazem parte do funcionamento do motor. São os casos do sistema de ignição e injeção eletrônica, além da bomba elétrica de combustível, que simplesmente param de funcionar se houver o corte de energia elétrica.

As **cargas de longa duração** incluem faróis, desembaçadores de vidros, sistema de aquecimento e ar-condicionado e rádio ou central multimídia nos veículos mais modernos. Tais cargas são caracterizadas pela elevada potência e longo tempo de utilização. Por exemplo, a lâmpada do farol baixo tem uma potência da ordem de 100 watts, enquanto que o ar-condicionado tem uma potência em torno de 120 watts, sendo que ambos podem permanecer ligados por muito tempo, às vezes horas.

As **cargas de curta duração** incluem buzina, vidros elétricos, acendedores de cigarros, luz de freio, luzes internas, dentre outras. Tais cargas são caracterizadas pela reduzida potência ou, mesmo que a potência seja relativamente alta, pelo curto tempo de utilização. Por exemplo, a lâmpada da luz de freio tem uma potência da ordem de 40 watts, porém, fica em operação por poucos segundos, chegando no máximo a alguns minutos.

Uma vez identificados os diferentes requisitos de cada tipo de carga, fica evidente que a principal função do alternador é garantir o fornecimento de energia para todas elas, além de manter a bateria carregada. No caso de a capacidade de geração do alternador ser excedida quando o veículo estiver em movimento, a bateria deixará de ser alimentada e imediatamente começará a descarregar, impedindo que o veículo seja ligado na próxima vez.



### 5.3 CABOS ELÉTRICOS PARA VEÍCULOS

Os cabos automotivos formam uma espécie de sistema nervoso do veículo, na medida que interconectam partes e peças que constituem os sistemas de distribuição de força, controle e instrumentação. É preciso considerar também que nos veículos atuais e futuros, os condutores são responsáveis pela transmissão de dados entre módulos eletrônicos de comando e controle do veículo, além de conduzir uma gama variada de sinais analógicos e digitais provenientes de sensores, relés, interruptores, acionadores, etc.



Os cabos automotivos são expostos a condições muito severas de operação que incluem influências importantes de vibração, esforços mecânicos, temperaturas extremas, interferências eletromagnéticas, ataques de substâncias químicas em geral, óleo e água, dentre outras.

A confiabilidade dos cabos para veículos deve ser muito alta de modo a garantir o funcionamento adequado e seguro de equipamentos de segurança, como o freio ABS, o *Airbag*, luzes de alerta e faróis.

Toda a fiação do veículo deve ser dimensionada em função da corrente elétrica máxima que irá circular pelo condutor. Assim, a seção da fiação de sensores, por exemplo, é muito menor do que a seção dos cabos da bateria.

A corrente admissível em um condutor para veículo depende da sua seção, comprimento, tipo de material de isolamento e quantidade de condutores agrupados em um chicote.

A proteção da fiação contra sobrecorrentes (sobrecargas e curtos-circuitos) é assegurada por fusíveis adequadamente dimensionados, que se fundem quando a corrente no circuito é superior à suportada pelos condutores e cargas.

Nos veículos, apenas o condutor positivo é distribuído por meio de fios metálicos, geralmente de cobre, sendo que o condutor negativo é formado pela carroceria (chassis) metálica do veículo. Com isso ficam reduzidos o peso do veículo (pela não utilização de fios) e os riscos de perda dos condutores negativos por rompimento ou desgaste. Dessa forma, o terminal negativo da fonte de alimentação é conectado diretamente a um ponto da carroceria e os terminais negativos de todas as cargas são ligados à carroceria, fechando assim o caminho da parte “negativa” do circuito.

## 5.4 CHICOTES PARA VEÍCULOS

Em função da grande quantidade de cabos – centenas ou milhares de metros - e do reduzido espaço disponível no interior dos veículos, a distribuição e montagem desses condutores deve ser otimizada. Além disso, as severas condições de atrito, corte, vibração, tração, compressão, ataque de substâncias químicas e água, dentre outros fatores, tornam obrigatória a proteção do cabeamento dos veículos da forma mais eficiente possível para minimizar os danos provenientes de tais agressões.

A solução encontrada pela indústria automobilística para resolver esses problemas foi a montagem da fiação na forma de “chicotes”.

Nessa configuração, os condutores positivos correspondentes de determinados circuitos que são distribuídos para a mesma região no interior do veículo são agrupados sob uma proteção comum.

Essa proteção pode ser constituída por diferentes materiais e formatos em função da seção e quantidade de fios a serem reunidos, do tipo de proteção necessária (contra óleos, contra vibração, contra temperaturas



extremas, contra interferência eletromagnética, etc.) Assim, os chicotes podem ser formados por simples abraçadeiras plásticas até luvas de materiais resistentes a altas temperaturas, fitas elétricas, dentre outras soluções.

Uma vantagem adicional do uso dos chicotes é a redução do tempo de montagem e desmontagem da cablagem do veículo.

A produção de chicotes para a indústria automobilística é realizada por empresas especializadas, que utilizam geralmente processos semiautomáticos. Isso porque muitas fases da produção de um chicote podem ser automatizadas, tais como cortes, separação, identificação e crimpagem, mas outras, como realizar derivações no meio do percurso ou aplicar proteções especiais em determinados pontos, ainda requerem mão de obra especializada.

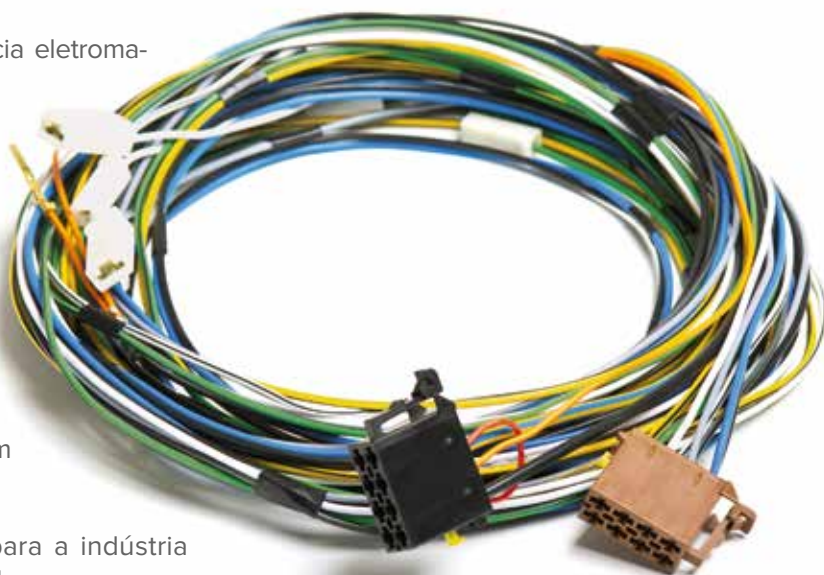
Especial atenção deve ser dada ao dimensionamento dos condutores que fazem parte de um determinado chicote, pois o comprimento deve ser levado em consideração por conta da queda de tensão resultante e a consequente perda de energia por efeito joule.

Além disso, deve ser considerado um fator de agrupamento adequado a ser aplicado sobre a capacidade de corrente dos condutores pelo fato de que o calor gerado pela passagem de corrente por um fio afeta a temperatura global do conjunto de condutores, reduzindo a corrente admissível na cablagem.

Outro fator determinante na escolha dos materiais do chicote e dos condutores e no dimensionamento da fiação é a temperatura ambiente no local da fixação dos chicotes, uma vez que valores da ordem de 200 °C ou mais podem ser encontrados em certas partes de um veículo.

Essas considerações são tratadas de modo diferente pelos vários fabricantes de veículos e de chicotes, levando em conta as características específicas de cada montagem.

Um componente fundamental na montagem do chicote é o **conector**. Seja para circuitos de energia ou de sinais, são os conectores que possibilitam a montagem e desmontagem rápida e segura de um ou mais fios dos circuitos dos veículos. Dada a quantidade de cablagem existente nos veículos modernos, não é exagero afirmar



que seria quase impossível realizar a instalação elétrica nova ou a sua manutenção sem o uso de conectores apropriados.

A quantidade de fios em um único conector pode variar desde alguns poucos até mais de cem condutores. Além da propriedade óbvia e básica de garantir um contato elétrico confiável, os conectores devem resistir às mesmas influências citadas anteriormente para os condutores, como vibração, temperatura, água, óleos, etc. Muitas falhas elétricas nos sistemas veiculares são atribuídas corretamente a problemas com conectores decorrentes de uso inadequado, aplicação incorreta, dentre outros motivos.



## 5.5 CONSTRUÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS PARA VEÍCULOS

Um veículo possui um complexo sistema elétrico e eletrônico que necessita de uma grande quantidade de diferentes tipos de condutores elétricos para a sua correta interligação e funcionamento.

A construção dos cabos para veículos elétricos e os materiais utilizados dependem diretamente da aplicação e das condições ambientais às quais os condutores vão estar submetidos ao longo da vida útil do veículo.

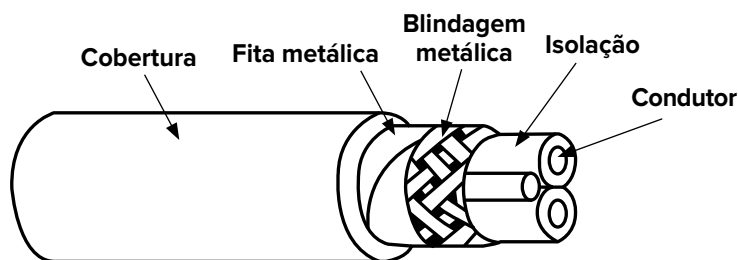
Em termos de aplicação, a relação abaixo apresenta algumas partes do veículo que demandam tipos específicos de cabos, sejam de distribuição de energia, controle, instrumentação, transmissão de dados, sinais etc.

- Motorização e transmissão
- Suspensão
- Frenagem
- Injeção e ignição
- Sistemas de segurança das pessoas a bordo
- Sistemas de segurança contra invasão e roubo
- Sistemas de conforto
- Sistemas de informação para o motorista
- Sistemas de carroceria e chassis

Os cabos automotivos são expostos a condições ambientais muito severas de operação que incluem:

- Vibração
- Atrito
- Corte
- Tração
- Compressão
- Ataque de substâncias químicas
- Ataque de óleos
- Água e umidade
- Ozônio
- Corrosão
- Temperaturas extremas
- Fogo
- Interferências eletromagnéticas

Os principais componentes de um cabo para veículo estão indicados na figura a seguir:



### 5.5.1 CONDUTOR

Condutores são os meios materiais que permitem facilmente a passagem de cargas elétricas. Metais como o cobre e alumínio são os escolhidos para tal finalidade, tendo em vista seu custo e suas propriedades elétricas.

#### MATERIAL DO CONDUTOR

O cobre e o alumínio são os dois metais mais utilizados na fabricação de condutores elétricos, tendo em vista suas propriedades elétricas e mecânicas, bem como seu custo. No entanto, ao longo dos anos, **o cobre tem sido o mais usado na indústria**

automobilística, sobretudo por sua condutividade, flexibilidade, resistência à tração e à corrosão e baixo escoamento.

| PROPRIEDADES - COBRE X ALUMÍNIO       |                                        |       |                                        |       |
|---------------------------------------|----------------------------------------|-------|----------------------------------------|-------|
|                                       | Cobre                                  |       | Alumínio                               |       |
| Símbolo químico                       | Cu                                     |       | Al                                     |       |
| Número atômico                        | 29                                     | -     | 13                                     | -     |
| Massa atômica                         | 63,546 u                               | -     | 26,981 u                               | -     |
| Densidade                             | 8,91 g/cm <sup>3</sup>                 | 100 % | 2,70 g/cm <sup>3</sup>                 | 30 %  |
| Resistividade elétrica a 20 °C        | 0,017241 x 10 <sup>-6</sup> Ωm         | 100 % | 0,027 x 10 <sup>-6</sup> Ωm            | 157 % |
| Condutividade térmica a 20 °C         | 397 W/(m·K)                            | 100 % | 230 W/(m·K)                            | 58 %  |
| Módulo de elasticidade                | 118 MPa                                | 100 % | 70 MPa                                 | 59 %  |
| Coefficiente de expansão linear       | 17 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> | 100 % | 23 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> | 135 % |
| Condutividade elétrica (%IACS)        |                                        | 100 % |                                        | 61 %  |
| Ponto de fusão                        | 1.083 °C                               | 100 % | 660 °C                                 | 61 %  |
| Estrutura cristalina                  | Cúbica de faces centradas              | -     | Cúbica de faces centradas              | -     |
| Tensão de ruptura (material recozido) | 23 kgf/mm <sup>2</sup>                 | 100 % | 4,9 kgf/mm <sup>2</sup>                | 21 %  |
| Limite de escoamento (σ=0,2 %)        | 7,0 kgf/mm <sup>2</sup>                | 100 % | 1,3 kgf/mm <sup>2</sup>                | 19 %  |
| Calor específico                      | 0,092 Cal/g. °C                        | 100 % | 0,22 Cal/g. °C                         | 234 % |

A seguir, são apresentados alguns aspectos comparativos entre o cobre e o alumínio:

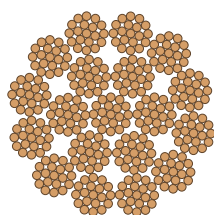
- Condutividade:** como se verifica na tabela, o alumínio apresenta uma condutividade de cerca de 60 % da do cobre. Assim, para dada capacidade de condução de corrente, é necessário usar um condutor de alumínio com seção nominal 1,67 vez maior que a seção do condutor de cobre.
- Oxidação:** quando exposta ao ar, a superfície do alumínio fica recoberta por uma camada invisível de óxido, de características altamente isolantes e de difícil remoção. Nas conexões com alumínio, um bom contato só será conseguido com a ruptura dessa camada. Com efeito, a principal finalidade dos conectores utilizados, de pressão e aparafusados, é a de romper o filme de óxido. Uma vez removida a camada inicial, costuma-se usar, durante a preparação de uma conexão, compostos que inibem a formação de uma nova camada de óxido. Desta forma, verifica-se que o cobre é bem superior ao alumínio uma vez que não apresenta esse problema de oxidação.
- Escoamento:** por ser mais mole que o cobre, o alumínio se deforma com pequenas pressões. Por esse motivo, os conectores usados em condutores de alumínio devem ter as superfícies de contato grandes o suficiente para distribuir as tensões e

evitar danos no local do condutor a ser comprimido. Por sua vez, é indispensável o reaperto periódico dos conectores, afrouxados pelo escoamento (deformação), para evitar a formação de óxido, que eleva a resistência elétrica da conexão, provocando o seu aquecimento.

## FORMAÇÃO DO CONDUTOR

Em todos os tipos de cabos para veículos, os condutores devem ter formação flexível ou extra flexível, tendo em vista principalmente as elevadas vibrações a que os componentes podem estar submetidos quando o veículo está em movimentação e também para facilitar o manuseio dos condutores na montagem ou desmontagem dos chicotes.

No condutor flexível o encordoamento composto é formado pela reunião de vários condutores previamente encordoados denominados de feixes (ou cochas). As cochas encordoadas constituirão um condutor composto.



Condutor flexível ou extra flexível

## 5.5.2 ISOLAÇÃO

Isolação é o material ou conjunto de materiais isolantes aplicados sobre o condutor para isolá-lo eletricamente do ambiente onde está instalado e dos outros condutores que o circundam.

Os cabos para veículos utilizam somente materiais isolantes sólidos como material de isolação que, independentemente do composto utilizado, apresentam as seguintes características comuns:

- **Homogeneidade da isolação e boa resistência ao envelhecimento em serviço:** os cuidados sempre crescentes com a homogeneidade e com a eliminação de vazios nesses materiais isolantes fazem que sejam reduzidos ao mínimo os riscos de envelhecimento por causas elétricas. Outros mecanismos de envelhecimento, por causas químicas ou térmicas, podem apresentar-se, mas são eficazmente combatidos por uma formulação adequada das misturas.

- **Ausência de escoamento:** sendo sólido o isolante, o risco de escoamento é mínimo mesmo na posição vertical.
- **Reduzida sensibilidade à umidade:** os isolantes sólidos praticamente não absorvem a umidade.
- **Insensibilidade às vibrações:** os cabos com isolação sólida geralmente são insensíveis às vibrações.
- **Bom comportamento ao fogo:** a resistência à propagação do fogo pode ser garantida por composições adequadas de isolantes sólidos, e a atenuação de propagação pode ser obtida com o uso de isolações especiais e por uma construção adequada do cabo.

Os materiais isolantes sólidos mais utilizados nos cabos de veículos são o PVC (termoplástico), e o XLPE (termofixo), sendo que, dependendo de aplicações específicas, outros tipos de compostos especiais podem ser utilizados.

## Principais características dos materiais isolantes:

### Cloreto de polivinila (PVC)

- É uma mistura de cloreto de polivinila puro (resina sintética), plastificante, cargas e estabilizantes.
- Sua rigidez dielétrica é elevada, porém, comparado com o polietileno reticulado, seu poder indutor específico é alto e sua resistência de isolamento mais fraca.
- Sua estabilidade química é considerável ante os produtos usuais. Misturas adequadas são muito pouco sensíveis à água.
- Transmite mal o fogo, mas sua combustão (em grande quantidade) provoca a produção de fumaça, gases corrosivos e tóxicos.
- O envelhecimento térmico pode ser eficazmente combatido por estabilizantes apropriados.
- É facilmente colorido com cores vivas.
- De modo geral, o fabricante pode formular a mistura para satisfazer às mais variadas exigências. Assim, pode-se conseguir, por exemplo, para as coberturas, uma fraca absorção de água e uma elevada resistência mecânica e à abrasão, um bom comportamento com relação ao fogo e resistência específica aos solventes ou à gasolina.





### Polietileno reticulado (XLPE)

- A reticulação química do polietileno torna-o um material termofixo adequado à construção de isolações de cabos. O processo de reticulação consiste em criar, no interior do material, pontos intermoleculares estáveis por via química, com o auxílio de peróxidos orgânicos ou de moléculas de ligação especiais. Pode-se dizer que o polietileno sofre uma transformação interna análoga à da borracha quando vulcanizada.
- O material apresenta uma resistência à deformação térmica bastante satisfatória em temperaturas de até 250 °C.
- A reticulação faz desaparecer por completo a tendência à fissuração (*stress cracking*), apresentada pela resina original.
- A reticulação não modifica sensivelmente o bom comportamento do polietileno a baixas temperaturas e, por outro lado, reforça a estabilidade química.
- A reticulação do polietileno permite a incorporação de cargas minerais e orgânicas utilizadas para melhorar o comportamento mecânico, a resistência às intempéries e, sobretudo, o comportamento ao fogo.

### 5.5.3 COBERTURA

Revestimento externo de proteção ao cabo como um todo. A cobertura será definida mediante os requisitos especiais de utilização e desempenho do cabo.

Os materiais utilizados na cobertura são dotados de características específicas que compreendem, desde uma simples proteção mecânica (a fim de facilitar instalações, proteção permanente e garantia de preservação do produto), até produtos de alta tecnologia, que protegem o cabo e lhe conferem características especiais.

#### **As seguintes características são determinantes para os materiais de cobertura:**

- Resistência à abrasão, rasgo, corte e impacto
- Impermeabilidade
- Inflamabilidade
- Baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos durante eventual queima
- Estabilidade térmica
- Resistência a agentes químicos e ambientais
- Flexibilidade



Os materiais mais comuns utilizados na cobertura de cabos para veículos são o PVC e os polímeros reticulados, sendo que a escolha do composto mais adequado depende das características necessárias para cada aplicação. Tais características incluem, por exemplo, flexibilidade, resistência a produtos químicos específicos, variações extremas de temperatura, etc.

### COMPORTAMENTO DOS CABOS ELÉTRICOS EM RELAÇÃO AO FOGO E FUMAÇA

Durante a ocorrência de incêndio ou princípio de incêndio em um veículo, um cabo elétrico pode ser um elemento propagador de fogo e emissor de fumaça devido aos vários tipos de compostos utilizados em sua isolamento e cobertura, e podem ser assim classificados:

- **Cabo propagador de chama:** quando for submetido a uma ação direta da chama, por um curto intervalo de tempo, ele entrará em combustão e manterá a chama mesmo após ela ser retirada.
- **Cabo não propagador de chama:** a chama não se propaga e irá se autoextinguir quando acabar a causa que a gerou.
- **Cabo resistente à chama:** a chama não se propaga e irá se autoextinguir mesmo mediante exposição prolongada.
- **Cabo com baixa emissão de fumaça e de gases tóxicos e corrosivos:** a obtenção da propriedade de resistência à chama, ou seja, a propriedade de não propagação do fogo sob condições simuladas de incêndio é, em muitos casos, conseguida à custa da



utilização de compostos halogenados (à base de cloro, bromo e flúor), que são incombustíveis. No entanto, cabos que empregam esses materiais geram fumaça e gases tóxicos e corrosivos. Em alguns modelos de veículos, a indústria automobilística vem utilizando cada vez mais cabos com baixa emissão de fumaça por razões de segurança dos ocupantes do veículo.

#### 5.5.4 BLINDAGEM ELETROMAGNÉTICA

Nos casos em que aspectos de interferência eletromagnética são muito importantes e podem causar distúrbios no funcionamento do veículo, os cabos para veículos podem ser dotados de blindagens compostas por elementos metálicos, como fios e/ou fitas de cobre.

Esses podem ser os casos, por exemplo, dos cabos para sistemas de ignição eletrônica, instrumentação, sinal e dados do veículo.

### 5.6 NORMALIZAÇÃO TÉCNICA DE CABOS PARA VEÍCULOS

A principal fonte de Normas Técnicas para veículos de todos os tipos é a *SAE International – Society of Automotive Engineers*, associação com sede nos Estados Unidos, que congrega mais de 120 mil profissionais em todo o mundo ([www.sae.org](http://www.sae.org)). A SAE tem centenas de Normas Técnicas publicadas na área automotiva, muitas das quais específicas sobre cabos para veículos. Embora voluntárias, muitas montadoras de veículos adotam as Normas SAE em suas especificações técnicas próprias.

Por outro lado, a quantidade de Normas Técnicas internacionais, ISO e IEC, na área de cabos para veículos é praticamente inexistente.

No âmbito da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, há poucas Normas publicadas sobre cabos para veículos, conforme segue:

- **ABNT NBR ISO 8092-1:** 2006 - Veículos rodoviários automotores - Conexões para chicotes de fiação elétrica embarcados - Parte 1: Linguetas para conexões unipolares - Dimensões e requisitos específicos
- **ABNT NBR ISO 8092-2:** 2006 - Veículos rodoviários automotores - Conexões para chicotes de fiação elétrica embarcados - Parte 2: Definições, métodos de ensaio e requisitos gerais de desempenho
- **ABNT NBR ISO 8092-3:** 2006 - Veículos rodoviários automotores - Conexões para chicotes de fiação elétrica embarcados - Parte 3: Linguetas para conexões multipolares - Dimensões e requisitos específicos



- **ABNT NBR ISO 8092-4:** 2006 - Veículos rodoviários automotores - Conexões para chicotes de fiação elétrica embarcados - Parte 4: Pino para conexões unipolares e multipolares - Dimensões e requisitos específicos
- **ABNT IEC/TR 60783:** 2014 - Fiação e conectores dos veículos elétricos rodoviários. Esta norma trata especificamente de cabos para baterias e estabelece que a seção mínima para o condutor de alumínio nessa fiação deve ser de 25 mm<sup>2</sup>, enquanto que não há nenhuma limitação de seção nominal para os condutores de cobre.

Na prática, os cabos para veículos em geral seguem as especificações técnicas de cada montadora que, com poucas exceções, pode adotar em sua especificação uma norma ou uma parte dela emitida por alguma outra entidade.

## 5.7 EXEMPLOS DE CABOS PARA VEÍCULOS

A seguir são apresentados alguns exemplos de cabos para veículos destacando as características mais importantes que esses produtos devem possuir. A lista não é completa, pois existem inúmeros tipos de cabos em função do tipo de veículo (passo, caminhão, ônibus, etc.) e fabricante (montadora).

### 5.7.1 CABOS PARA O COMPARTIMENTO DO MOTOR

Em geral, os cabos do compartimento do motor devem suportar simultaneamente até 150 °C e o ataque de variados tipos de fluidos automotivos, como água, fluido de freio e óleo do motor. Quando quente, o óleo do motor, em particular, pode ser muito prejudicial aos cabos. Dessa forma, os cabos do compartimento do motor devem ser robustos, porém, flexíveis, e devem ser resistentes aos diferentes fluidos na faixa de temperatura de operação do motor.



### 5.7.2 CABOS PARA AS ÁREAS MAIS QUENTES DO VEÍCULO

Em algumas áreas do veículo, a temperatura pode atingir valores muito elevados (cerca de 200 °C ou mais), como nas proximidades do sistema de exaustão (escapamento), no sistema de injeção a diesel e nas válvulas eletrônicas. Além da alta temperatura, a presença de variados tipos de fluidos automotivos, como água, fluido de freio e óleo do motor, e elevadas vibrações são condições muito severas às quais os cabos elétricos estão submetidos. Por causa das elevadas temperaturas, o risco de incêndio é outro fator determinante na escolha correta dos materiais. Dessa forma, os cabos para estas aplicações devem ser robustos, porém, flexíveis, e devem ser de reduzida flamabilidade e resistentes aos diferentes fluidos na faixa de temperatura de operação do veículo.



### 5.7.3 CABOS DE ENERGIA E BATERIA

Os cabos de energia que são instalados entre o alternador e a bateria, a bateria e o motor de partida, a bateria e a caixa de fusíveis ou os cabos utilizados em veículos elétricos, podem conduzir altas correntes elétricas. Isso significa que eles representam um risco potencial de incêndio, principalmente se houver um curto-circuito entre eles e outros componentes ou a carroceria do veículo. Isto implica que os materiais compostos utilizados nestes cabos devem ser resistentes à abrasão e ao corte, além de resistentes aos fluidos do veículo e temperaturas extremas (cerca de 200 °C ou mais).



#### 5.7.4 CABOS PARA LÂMPADAS

Os compartimentos que alojam as lâmpadas de faróis alto e baixo, neblina, ré, freio, pisca e outras lâmpadas associadas ao monitoramento de válvulas, pressão de óleo, etc. em geral contêm muitos fios e são extremamente quentes (cerca de 100 / 150 °C). Isso implica que os condutores devem suportar essas temperaturas elevadas, às vezes, por longos períodos.

Além disso, os cabos para essas aplicações devem ser os mais finos possíveis, de modo a possibilitar a redução do tamanho dos compartimentos das lâmpadas. Elevada flexibilidade também é um requisito fundamental para essa fiação, principalmente porque devem ser instaladas em locais de reduzidas dimensões.



#### 5.7.5 CABOS PARA SISTEMAS DE TRANSMISSÃO AUTOMÁTICA

Os modernos sistemas de transmissão automática dos veículos são constituídos por complexos sistemas eletrônicos controlados por vários tipos de dispositivos, como sensores de velocidade, de temperatura do fluido, de pressão do fluido, etc.

Esses sensores são ligados à central de controle por uma grande quantidade de fios, que geralmente estão em contato com fluido da transmissão muito quente (cerca de 150 °C ou mais), que pode degradar muito rapidamente os materiais dos cabos se eles não possuírem resistência adequada para essa finalidade.



### 5.7.6 CABOS PARA SENSORES DE MOTORES DE VEÍCULOS

Os veículos modernos são controlados através de uma central eletrônica que recebe dados de diversos sensores instalados no motor, que monitoram as temperaturas de água e óleo, posição e velocidade do virabrequim, pressão da bomba de combustível e ajustes da ignição.

A ligação desses sensores à central eletrônica é realizada por cabos que formam os chicotes. Cada cabo tem uma aplicação e características muito específicas em função das condições ambientais, como exposição a fluidos, altas temperaturas (cerca de 150 / 200 °C) e intensas solicitações mecânicas.

Além disso, muitos cabos para sensores conduzem sinais eletrônicos sensíveis a interferências eletromagnéticas, exigindo assim elevados níveis de blindagem para garantir a integridade e exatidão do sinal. Para tanto, as construções típicas destes cabos utilizam malhas de cobre e fio dreno do mesmo material para prover a blindagem eletromagnética adequada.



### 5.7.7 CABOS PARA SENSORES DE FREIO ABS

Os cabos para sensores de freio ABS, que são ligados entre os sensores das rodas e a central eletrônica de controle do veículo, são flexionados milhões de vezes durante sua vida útil. Esses cabos também são expostos a elevada abrasão e danos mecânicos causados por pedras e detritos em geral que atingem as rodas do veículo quando em movimento. Dependendo do modelo do veículo, os cabos para sensores de freio ABS podem necessitar de blindagem eletromagnética para proteção contra interferências.





## 5.8 CABOS PARA VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS

Um veículo híbrido é constituído por dois motores, sendo um motor tradicional de combustão interna e um motor elétrico. O motor a combustão de um veículo híbrido é menor do que o de um veículo tradicional, sendo energeticamente mais eficiente e emite menos poluentes. O motor elétrico, alimentado pelas baterias, atua como motor para movimentar as rodas, e como gerador ao devolver a energia cinética das rodas para o carregamento das baterias.

Dependendo da tecnologia de cada veículo, existem modelos híbridos em série, paralelo e misto.

Nos carros híbridos em série, o motor a combustão gera energia elétrica para o carregamento das baterias e para alimentar o motor elétrico, que é o único responsável pela tração das rodas. No caso dos híbridos paralelos, os dois motores, tanto o elétrico quanto o de combustão interna, são utilizados para gerar tração, mas apenas um deles é o principal responsável pela locomoção do veículo, enquanto o outro se comporta como auxílio extra para melhoria no desempenho.

No sistema híbrido misto, os motores atuam isolada ou simultaneamente, ambos ligados ao acionamento das rodas. Quando atuam em conjunto, um dos motores fornece energia de tração para as rodas, enquanto o outro se ocupa da geração de energia elétrica.



Um veículo totalmente elétrico é constituído por baterias que alimentam em corrente contínua o sistema elétrico e eletrónico do veículo e também alimentam um inversor CC/CA que alimenta em corrente alternada um motor elétrico de grande potência, responsável pela tração das rodas. O carro elétrico possui inúmeros benefícios, com destaque para a redução significativa da poluição ambiental e da poluição sonora.



Sob o ponto de vista dos cabos para veículos híbridos e elétricos, em relação aos cabos para veículos a combustão, é certo que a quantidade de condutores utilizada nos híbridos e elétricos é significativamente maior, porque estes veículos dependem substancialmente de mais componentes eletroeletrônicos para o funcionamento, que requerem uma quantidade muito maior de fios e cabos para a ligação entre componentes e destes com as centrais de controle.

Ao contrário dos veículos a combustão que funcionam com sistema de 12 volts (exceto os de maior tamanho), os híbridos operam em geral com tensões de 36 volts (ou mais, dependendo do modelo), podendo chegar a cerca de 400 volts nos veículos totalmente elétricos.

A utilização de tensões mais elevadas se justifica pelo aumento significativo da quantidade e potência de componentes eletroeletrônicos presentes nos híbridos e, sobretudo, nos elétricos. Com tensões mais altas, é possível utilizar cabos de menor seção para conduzir mais correntes. Isso implica no uso de cabos mais leves, resultando em menor consumo de energia ou combustível do veículo e aumento do desempenho do motor. Cabos de menores bitolas possuem menores diâmetros externos, o que significa mais espaço de sobra para passageiros e equipamentos.



---

## 6. CONCLUSÃO

O ICA /Procobre espera que este Guia tenha enriquecido o conhecimento dos leitores sobre a aplicação de cabos elétricos em veículos.

Parte do dia a dia das pessoas em todo o mundo, o mercado de veículos se mantém em constante evolução, especialmente no que tange ao emprego de novas tecnologias. Trata-se de um setor dinâmico, caracterizado por investimentos constantes em pesquisa, desenvolvimento e inovação.

O segmento passa por mais um momento de grandes transformações. Há discussões intensas em relação à mobilidade urbana, novas tecnologias de propulsão (mais eficientes e menos poluentes), sem contar o avanço do carro autônomo, que se mostra cada vez mais viável.

Assim como ocorre em indústrias avançadas, a automobilística também caminha na direção da conectividade e da digitalização. Nesse sentido, a Internet das Coisas (IoT) está cada vez mais presente no dia a dia do setor, e já é possível identificar no mercado que os veículos estão cada vez mais equipados com tecnologia de ponta e conectividade. Esse avanço também amplia o nível da segurança e agrega inteligência aos veículos, que passam a conversar entre si e com a infraestrutura ao seu redor.

Outra evolução importante é o avanço dos veículos híbridos e elétricos, que carregam um forte apelo sustentável, uma vez que ajudam a reduzir a emissão de gases de efeito estufa.

Um ponto relevante nesse contexto é que, em maior ou menor nível tecnológico, em carros elétricos, híbridos ou a combustão, todos os veículos necessitam de condutores elétricos confiáveis, capazes de garantir a alimentação e o bom funcionamento de todos os componentes elétricos e eletrônicos embarcados.

Nesse sentido, os cabos de cobre atendem plenamente as necessidades dos veículos, se apresentando como melhor opção para este mercado, já que possuem características como maior resistência à corrosão do condutor, maior resistência à tração, condutividade, flexibilidade e baixo escoamento, resultando em conexões elétricas confiáveis.

Com este Guia, fica evidente o valor das características e dos benefícios do cobre, assim como sua importância no setor elétrico, automotivo e na sustentabilidade do mundo moderno.

---

## BIBLIOGRAFIA

- [1] **Group, International Copper Study.** The World Copper Factbook 2015. 2015.
- [2] **E. W. Weisstein.** “Resistivity” [Online]. Available: <http://scienceworld.wolfram.com/physics/Resistivity.html>. [Acesso em 23 01 2016].
- [3] **Georgia State University.** “Thermal Conductivity” 2016. [Online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/thercond.html>. [Acesso em 23 01 2016].
- [4] **International Copper Association.** “Meio ambiente e reciclagem” 2015. [Online]. Available: <http://www.campanhacobresustentavel.com.br/index.php#blockrandom>. [Acesso em 23 01 2016].
- [5] **Cutri, Prof. Dr. Rodrigo.** O Portal da Eficiencia Energetica - Construcoes Sustentaveis. [Online] [Citado em: em 23 01 2016]. <http://leonardo-energy.org.br/wpdm-package/construcoes-sustentaveis/>
- [6] **Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.).** Climate Change 2007: Synthesis Report Synthesis Report. [Online] 2007. [Citado em: em 26 01 2016]. [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)
- [7] **ANFAVEA.** Anuário da Indústria Automobilística 2018. 2018





Realização:



**International Copper  
Association Brazil**  
Copper Alliance

Apoio:

