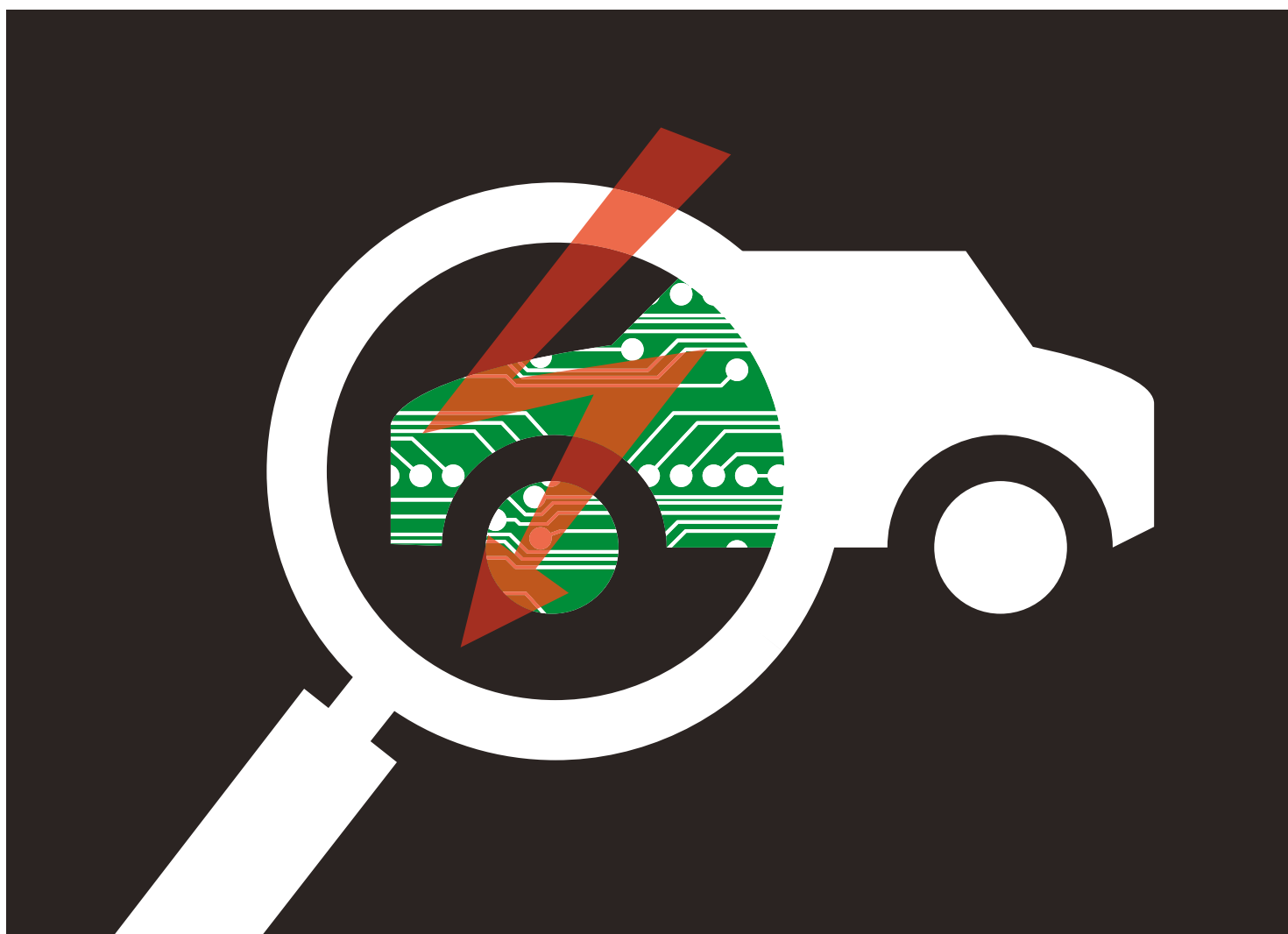


Segurança em veículos híbridos e elétricos



CONTEÚDO

MÓDULO 1 - NORMAS E REGULAMENTOS	4
1.1 Escopo do curso, público alvo e perigos.....	5
1.1.1 Escopo do curso	5
1.1.2 Público alvo.....	5
1.1.3 Perigos	5
1.1.4 Incêndio	6
1.1.5 Lesões secundárias.....	6
1.2 Normas e regulamentos.....	6
1.3 Regras de segurança para quem trabalha com eletricidade	7
1.4 Equipamentos de Proteção Individual (EPI)	7
MÓDULO 2 - ELEMENTOS FUNDAMENTAIS DA ELETRÔNICA E ESTRUTURA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS.....	10
2.1 Elementos fundamentais da eletrônica e eletrotécnica.....	11
2.1.1 Tensão elétrica	11
2.1.2 Corrente elétrica.....	12
2.1.3 Corrente contínua	13
2.1.4 Corrente alternada	14
2.1.5 Corrente trifásica	15
2.1.6 Resistência elétrica	15
2.2 Lei de Ohm	15
2.3 Circuito elétrico e tipos de conexão	17
2.3.1 Conexão em série	17
2.3.2 Conexão em paralelo	18
2.4 Conceito de potência elétrica	20
2.5 Geradores de tensão.....	22
2.6 Elementos fundamentais para o sistema de alimentação dos veículos elétricos e híbridos	22
2.7 Bateria de serviço (bateria auxiliar).....	23
2.8 Supercapacitor	23
2.9 Bateria de tração.....	24
2.9.1 Íons de lítio (Li-íon)	26
2.9.2 Hidreto metálico de níquel (NiMH).....	26
2.10 Sistema de conversão de energia	27
2.11 Inversor.....	27
2.11.1 Conversor DC/DC	27
2.11.2 Conversor Buck/Boost	27
2.12 Magnetismo	27
2.13 Motor elétrico	28
2.13.1 Motor elétrico de corrente contínua.....	28
2.13.2 Motor elétrico de corrente alternada	30
2.13.3 Motor brushless.....	30
2.13.4 Motor elétrico síncrono	30
2.13.5 Motor elétrico assíncrono trifásico brushless	31
2.14 Eletrônica para controle e gerenciamento de energia em veículos híbridos e elétricos	31
2.15 Eletrônica para controle e gerenciamento do ar condicionado	32
2.16 Reconhecimento de fiações perigosas.....	33
2.17 Classificação de carros híbridos	33
MÓDULO 3 - REGRAS GERAIS DE INTERVENÇÃO EM VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS.....	36
3.1 Normas e procedimentos de segurança para intervir e reparar veículos híbridos e elétricos	37
3.1.1 Considerações gerais.....	37
3.1.2 Regras gerais de segurança para veículos híbridos/elétricos intactos e/ou danificados.....	38
3.1.3 Identificação e reconhecimento do veículo híbrido/elétrico	40
3.1.4 Procedimento de desconexão direta do sistema de alta tensão.....	42
3.1.5 Plugue de serviço.....	43
3.1.6 Procedimentos para desconexão indireta do sistema de alta tensão utilizando um sistema de diagnóstico.....	45
3.1.7 Procedimento para desconexão indireta do sistema de alta tensão usando o Interlock.....	46
3.1.8 Intervenções em veículos acidentados ou danificados, equipados com sistemas de alta tensão. Operações de resgate e operações de recuperação do veículo.....	47
3.1.9 Operações de repintura de veículos híbridos/elétricos	48
3.1.10 Assistência na estrada	48
3.2 Desmontagem, armazenamento, transporte, reciclagem e descarte do sistema de alta tensão.....	48
3.2.1 Possíveis medidas de segurança	48
3.2.2 Transporte.....	48
3.2.3 Reciclagem e descarte	49

3.3 Equipamento de proteção individual para uso em sistemas de alta tensão	49
3.4 Sinalização	50
MÓDULO 4 - MEDIÇÕES ELÉTRICAS EM COMPONENTES DE ALTA TENSÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS	52
4.1 Trabalhe com segurança	53
4.2 Instrumentos de medições elétricas para veículos híbridos e elétricos	53
4.2.1 Multímetro	54
4.2.2 Voltímetro	55
4.2.3 Amperímetro	55
4.2.4 Ohmímetro	56
4.2.5 Medição da resistência de isolamento	56
4.2.6 Testador de isolamento	57
4.2.7 Métodos de medição e interpretação dos resultados	58
4.2.8 Como realizar o teste de isolamento	58
4.2.9 Medição de isolamento de um cabo	59
4.3 Medições em equipamentos energizados (inversor e bateria de alta tensão)	59
4.3.1 Grupo Toyota	59
4.3.2 Grupo Honda	60
4.3.3 Grupo Renault (Twizy)	61
4.3.4 Medições elétricas e características da bateria de alta tensão	62
5. EXEMPLOS DE ARQUITETURAS DE VEÍCULOS HÍBRIDOS E/OU ELÉTRICOS	68
5.1 Citroen/Mitsubishi: CZero/Imiev	68
5.1.1 Bateria de tração	69
5.1.2 Anel de reboque	71
5.2 Porsche Cayenne S Hybrid (modelo 2011)	72
5.3.1 Componentes do sistema de alta tensão	72
5.3.2 Módulo elétrico de tração – com embreagem integrada	72
5.3.3 Motor elétrico	73
5.3.4 Eletrônica de potência (Inversor)	73
5.3.5 Módulo da bateria	73
5.3.6 Módulo eletrônico	74
5.3.7 Linha de proteção de baixa tensão	75
5.3 BMW Série 3/5 Active Hybrid	76
5.3.1 Sinais de identificação	76
5.4 Honda Insight / CR-Z	77
5.5 Toyota Yaris híbrido	78
5.5.1 Sistema de segurança	79
5.5.2 Desativando o sistema de alta tensão	80
6. FORMULÁRIOS	82
6.1 Módulo 1: Atribuição da condição de Pessoa Advertida (PAV)	82
6.2 MÓDULO 2: Atribuição da condição de Pessoa Especialista (PES)	82
6.3 MÓDULO 3: Atribuição da condição de Pessoa Idônea (PEI) para operar sob tensão	82
6.4 MÓDULO 4: Sinalização	82
7. FAQ	87

Legenda:



Atenção



Notas/Informações



Nota de curiosidade

Texto em celestial: **Exemplo**

MÓDULO 1 - Normas e regulamentos



preview

1.1 Escopo do curso, público alvo e perigos

1.1.1 Escopo do curso

Como veremos durante este curso, alguns veículos híbridos e elétricos são alimentados com tensões de várias centenas de volts, expondo os profissionais da manutenção automotiva ao risco elétrico.

Devido a isso, são estabelecidos na legislação os elementos essenciais para a formação de profissionais do setor elétrico visando um trabalho seguro. Neste curso, portanto, serão abordados os regulamentos de segurança e as noções fundamentais para a realização segura de reparos em veículos elétricos e híbridos.

A falta de conhecimento adequado nas intervenções e nos reparos de veículos elétricos e híbridos aumenta o risco de lesões. Quem trabalha em sistemas de alta tensão deve ter habilidades técnicas especiais.

1.1.2 Público alvo

O problema afeta particularmente as seguintes categorias profissionais:

- Funcionários de oficinas;
- Fabricantes de veículos comerciais;
- Funcionários de empresas e oficinas de veículos elétricos leves;
- Funcionários do setor de duas rodas (scooters e motos elétricas);
- Policiais, bombeiros, profissionais que atuam na área da segurança, serviços de resgate, assistência na estrada e empresas de resgate;
- Funcionários de empresas de reciclagem (estações de descarte);
- Funcionários de empresas com frotas de veículos, empresas de compartilhamento de carros ou aluguel de carros híbridos e/ou elétricos;
- Centros de treinamento e escolas profissionais.

Mesmo **veículos acidentados** (batidos) podem ocultar diversos perigos.

Dependendo do acidente, o tipo do veículo nem sempre é imediatamente identificável.

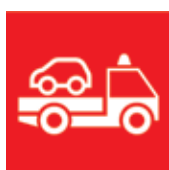


Figura 1

Os profissionais dos serviços de segurança e resgate, como polícia e bombeiro, e os profissionais de serviços de assistência na estrada, desmanches automotivos e empresas de reciclagem, devem conhecer e respeitar as regras de segurança durante as intervenções e reparos nesse tipo de veículo, a fim de excluir qualquer tipo de risco.



Figura 2: Inversor para Tração Elétrica Automotiva

1.1.3 Perigos

Para garantir uma potência elétrica suficiente para a operação do veículo, a energia deve ser armazenada em baterias ou capacitores de alta tensão (super capacitores).



Figura 3: Super capacitor Citroën eHDi

A alta tensão dos acumuladores de energia representa um risco potencial considerável nos reparos e na manutenção de veículos híbridos e elétricos.

A intervenção do pessoal de resgate, após acidentes com este tipo de veículo, também pode ser perigosa. As baterias e capacitores de alta tensão são acumuladores que não podem ser desativados

e em caso de uso inadequado, envolvem riscos consideráveis em termos de segurança:

- Perigo de natureza elétrica (choques elétricos e arcos elétricos);
- Perigo de natureza térmica (queimaduras);
- Perigo de incêndio;
- Riscos físicos (raios UV);
- Lesões secundárias (ferimentos de corte, quedas etc.).

Os principais perigos associados aos sistemas de alta tensão são elétricos, como choques elétricos, curtos-circuitos e arcos elétricos. Os efeitos de um choque elétrico no corpo humano dependem dos seguintes fatores:

- Tipo de corrente (AC / DC);
- Intensidade da corrente;
- Tempo de exposição;
- Percurso da corrente através do corpo;
- Frequência.

Os **arcos elétricos** são formados durante a conexão ou desconexão de circuitos elétricos ativos ou durante curtos-circuitos. Os arcos elétricos também podem ocorrer em componentes com o isolamento danificado.

A consequente formação de arcos elétricos, especialmente com corrente contínua, envolve os seguintes riscos: radiação térmica, raios UV, riscos tóxicos ou mecânicos. A melhor maneira de combater esses perigos significativos é impedir a formação de arcos elétricos através de medidas adequadas de segurança (consulte as medidas de segurança).

Os **veículos acidentados** são uma fonte de riscos adicionais, especialmente se algum componente do sistema de alta tensão tiver sido danificado, houver danos invisíveis ou em caso de falhas na identificação do sistema de alta tensão durante o processo de reparo do veículo.

As empresas de reciclagem envolvidas na desmontagem de componentes de alta tensão também estão expostas a altos riscos.

Erros ou sobrecargas podem causar situações perigosas, como superaquecimento de cabos e materiais.

1.1.4 Incêndio

Pode ocorrer um incêndio no caso de:

- vazamento de líquidos inflamáveis e fumaça de

substâncias inflamáveis dos sistemas de alta tensão;

- curto-circuito no interior das baterias causado por danos mecânicos que causam o superaquecimento do acumulador;
- derretimento de algum alojamento de plástico podendo ocasionar fogo.

Além disso, também existem perigos relacionados à liberação de substâncias nocivas, como ácidos e eletrólitos. Essas substâncias podem causar queimaduras e irritação da pele, ou causar envenenamento devido à inalação de substâncias tóxicas.

1.1.5 Lesões secundárias

Os choques elétricos geralmente causam reações instintivas, que podem causar ferimentos secundários graves, como cortes, contusões, queda de escadas, tropeçar em objetos ou nos próprios cabos de energia etc.

1.2 Normas e regulamentos

Na Itália, existem três níveis de certificações para pessoas que trabalham com sistemas de alta tensão. São elas:

Pessoa Advertida (PAV): é a pessoa que está ciente dos riscos decorrentes da eletricidade e é capaz de entender as instruções fornecidas por um PES para um tipo específico de trabalho elétrico e executá-las com segurança, reconhecendo de tempos em tempos os perigos potenciais decorrentes desse trabalho.

Pessoa Especialista (PES): é a pessoa que, após um treinamento adequado e um tempo de experiência, é capaz de lidar com segurança com o trabalho elétrico, organizar e instruir o trabalho do PAV com base na prevenção de acidentes.

Pessoa Idônea (PEI): é uma pessoa com qualificações para realizar todos os tipos de trabalho elétrico, incluindo aqueles cujo circuito de alta tensão permanece energizado.

Em resumo, o PAV distingue-se do PES pela capacidade insuficiente de enfrentar autonomamente o ambiente de trabalho e os imprevistos que podem ocorrer durante as intervenções.

i O PAV pode evoluir para o PES, com o tempo de experiência.

Um colaborador pode ser designado como PEI (Pessoa Idônea para o trabalho elétrico sob tensão) de duas maneiras diferentes: participar de um módulo de treinamento técnico especializado ou realizar uma “Formação por treinamento”, ou seja, realizar um treinamento focado no trabalho sob tensão com o acompanhamento do empregador ou de um PEI existente.

1.3 Regras de segurança para quem trabalha com eletricidade

Ao trabalhar com eletricidade, deve-se respeitar 5 regras elementares de segurança. É possível trabalhar com total segurança em veículos que possuem sistemas de alta tensão, desde que determinadas regras sejam sempre respeitadas.

	<p>Desconecte o circuito de alta tensão Desconectar o circuito de alta tensão de maneira incorreta pode levar a riscos consideráveis devido a choques elétricos e arcos elétricos. Esta operação deve ser realizada por pessoal qualificado e autorizado, com formação adequada em sistemas de alta tensão. Além disso, a reconexão do circuito de alta tensão deve ser realizada apenas por pessoal qualificado autorizado.</p>
	<p>Adote medidas para garantir que o circuito de alta tensão se mantenha sempre aberto Deve-se tomar os cuidados necessários para evitar que o sistema de alta tensão retorne inadvertidamente à operação.</p>
	<p>Verifique a ausência de tensão Use equipamento apropriado. Respeite a regra dos 3 pontos: 1. Verifique o instrumento de medição, 2. Meça a tensão, 3. Verifique novamente o instrumento de medição.</p>
	<p>Meça o aterramento e curto-circuito (não particularmente importante na área técnica automotiva)</p>
	<p>Proteja-se dos elementos sob tensão (não particularmente importante na área técnica automotiva)</p>

Tabela 1

1.4 Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

Quando o risco elétrico não pode ser eliminado na origem com medidas preventivas adequadas, deve-se utilizar equipamentos de proteção individual (EPI). Deve-se utilizar EPIs em trabalhos como a substituição da bateria de um veículo híbrido, substituição de algum módulo eletrônico ou qualquer outro trabalho que acesse intencionalmente as partes energizadas do veículo.

O Equipamento de Proteção Individual

Equipamento de Proteção Individual (EPI) é qualquer equipamento projetado para ser utilizado pelo colaborador, a fim de protegê-lo contra um ou mais riscos que possam ameaçar sua segurança ou saúde durante o trabalho.

Por exemplo, para substituir uma bateria híbrida, os seguintes EPIs devem ser utilizados por segurança:

- Óculos de proteção: No trabalho elétrico, os óculos de proteção são utilizados para proteger contra os efeitos do arco elétrico que podem ser liberados acidentalmente durante a execução de um trabalho. Esses efeitos são constituídos principalmente por:
 - Fusão do material, devido ao arco elétrico, ocasionando queimaduras nos olhos;
 - Emissão ultravioleta especialmente prejudicial à retina dos olhos.

⚠ As consequências dos arcos elétricos podem ser mais graves devido a valores altos da corrente de curto-circuito e devido ao tempo elevado para eliminar a falha. Se o arco se desenvolver devido a um curto-circuito durante a substituição da bateria de alta tensão, sem o procedimento de segurança adequado, o tempo de eliminação do arco é incalculável.

Portanto, é muito importante que o operador esteja adequadamente protegido.

- Luvas isolantes:

As luvas são certamente os EPIs mais importantes para o trabalho elétrico. Elas possuem a função de proteger o operador, tanto no que diz respeito ao choque elétrico

quanto ao efeito do arco elétrico que pode atingir as mãos.

Elas são feitas de látex natural, autoextinguíveis e podem ser danificadas com muita facilidade; portanto, em alguns casos, é necessário usá-las sob um par de luvas de trabalho mais finas para evitar prejudicar a capacidade de trabalho.

As luvas isolantes devem ser escolhidas com base na tensão de trabalho:

- classe 00, projetada para ser utilizada em sistemas com tensão de até 500V;
- classe 0, projetada para ser utilizada em sistemas com tensão de até 1000V.



Figura 4: Luva isolante classe 0



Em cada exemplar deve possuir a indicação de:

- Símbolo adequado indicando a dupla isolação;
- Nome do fabricante;
- Ano de fabricação.

As luvas de classe 00 possuem uma espessura de 0,5mm e as luvas de classe 0 possuem a espessura de 1mm. Portanto, as luvas de classe 00 possuem uma isolação mecânica menor e isso deve ser levado em consideração dependendo do tipo de trabalho que será realizado. Com o objetivo de vedar contra o choque elétrico, as luvas de classe 00 são testadas para manter a tensão crescente até 5kV (na medida de 1kV aplicada a cada segundo) e testadas com tensão de 2,5kV por 3 minutos, durante as quais a corrente de fuga não deve exceder 14mA.



Também existem luvas isolantes de classe II e III, mas elas não são necessárias e nem recomendadas para esses tipos de reparos.

É importante lembrar que:

- As luvas devem ser verificadas antes de cada uso, para garantir que não apresentem trincas, rachaduras ou outras anomalias. Para isso, é necessário exercer uma leve pressão soprando dentro de cada luva para verificar se há vazamento de ar;
- É necessário verificar as boas condições de elasticidade da borracha das luvas, fazendo um pequeno alongamento da borracha;
- As luvas devem ser utilizadas para proteger também o antebraço;
- Durante o uso, elas não devem entrar em contato com óleo, graxa, aguardente, aguarrás ou ácidos fortes;
- Em caso de contato da luva com compostos de alcatrão ou tinta, limpe as partes afetadas de acordo com os métodos e produtos solventes indicados pelo fabricante;
- Para a lavagem da luva, deve-se utilizar água, sabão ou detergentes neutros. E a temperatura da água não deve exceder a recomendada pelo fabricante;
- Ao terminar a lavagem da luva, seque bem e passe talco;
- Mantenha as luvas armazenadas longe das fontes de calor;
- No que diz respeito aos requisitos para a construção, teste e fornecimento das luvas isolantes, os fabricantes devem atender às normas do produto que, entre outras coisas, certifica a não propagação da chama a fim de isolar o arco elétrico proveniente de curto-circuito.

- Botas isoladas:

Para possuir dupla proteção isolante em atividades de risco elétrico, é necessário o uso de calçados capazes de oferecer isolamento do solo. Esse EPI também é utilizado em trabalhos com o circuito energizado, onde existem riscos de transferência de energia para o seu local de trabalho.

**MÓDULO 2 - Elementos
fundamentais da eletrônica e
estrutura dos veículos elétricos
e híbridos**



preview

2.1 Elementos fundamentais da eletrônica e eletrotécnica

Na vida cotidiana, uma grande parte das ferramentas que utilizamos funcionam com energia elétrica.

Mas afinal, o que é a energia elétrica?

A energia elétrica ou mais corretamente, energia potencial eletrostática, é definida como a quantidade de trabalho necessária para criar uma distribuição de cargas elétricas partindo de uma condição inicial na qual há um equilíbrio elétrico.

Trabalhando em veículos híbridos ou elétricos, seja um simples Start & Stop ou um veículo totalmente elétrico, existe o risco de choque elétrico devido às altas tensões e correntes que circulam.

Por esse motivo, o treinamento técnico especializado torna-se extremamente importante para realizar o trabalho no veículo com total segurança.

Para entender e reconhecer os riscos elétricos, é necessário entender as grandezas fundamentais da eletricidade, são elas: tensão, corrente, resistência etc.

2.1.1 Tensão elétrica

Para que uma corrente elétrica flua através de um condutor, deve-se aplicar um potencial elétrico em suas extremidades.

Neste caso, define-se que o condutor está sujeito a uma tensão elétrica, ou a uma diferença de potencial, sendo um requisito indispensável para que qualquer trabalho elétrico¹ ocorra.

Para tentar explicar os conceitos elétricos de maneira simples, é possível usar as analogias entre um circuito elétrico e um hidráulico.

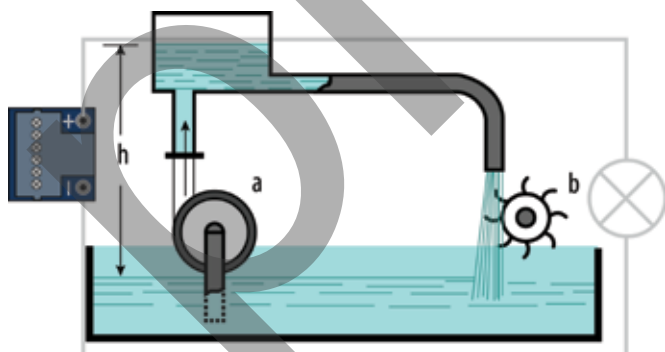


Figura 5

No circuito representado pela Figura 5, a bomba (a), atua como um gerador, transportando a água até certa altura, fazendo assim uma certa quantidade de trabalho. A água representa o fluxo de elétrons. E a turbina (b) representa um componente passivo ou ativo do circuito elétrico.

A diferença de altura (h) entre o nível inferior da água e o nível superior, representa a diferença de potencial (d.d.p.) ou força eletromotriz (f.e.m.)

A diferença de potencial (d.d.p.) é comumente chamada de tensão e sua unidade de medida é o volt (V).

É importante salientar que a tensão, como a altura, deve sempre ser aplicada entre dois pontos.

ALTURA = METRO → TENSÃO = VOLT

No caso de um gerador, a diferença de potencial ocorre entre o polo positivo e o polo negativo.

O polo negativo, convencionalmente, tem potencial zero e é comumente chamado de massa ou terra.

Exemplo:

Analisando a Figura 6, se colocarmos os terminais de teste do multímetro nos terminais positivo e negativo da bateria, encontraremos uma tensão de aproximadamente 12V (h1). No mesmo sistema elétrico encontraremos outro ponto no circuito onde a tensão é de 5V (h2), sempre referente ao terminal negativo. Mas se medirmos a diferença de potencial entre o terminal positivo da bateria e este último ponto, teremos uma diferença de potencial de 7V (h3).

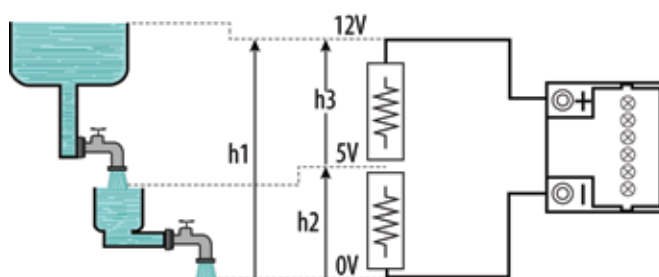


Figura 6

O elétron produz energia (V) passando através dos componentes passivos e ativos do circuito até retornar à bateria com potencial zero.

Utilizando esse mesmo exemplo, mas agora olhando para dentro de um veículo, podemos considerar que, em vez do fio do terminal negativo, essencial para garantir a passagem da corrente, utiliza-se o chassi do veículo como um elemento condutor

¹ Trabalho e trabalho elétrico:

Na física, o trabalho é definido como a transferência de energia entre dois pontos através da ação de uma força. Na eletricidade, define-se por trabalho elétrico (em um circuito simples), o trabalho feito pela bateria que gera a diferença de potencial (V) para circular uma corrente elétrica (I) por um tempo determinado (t).

comum (figura 7), isso é comumente chamado de terra elétrica (massa).

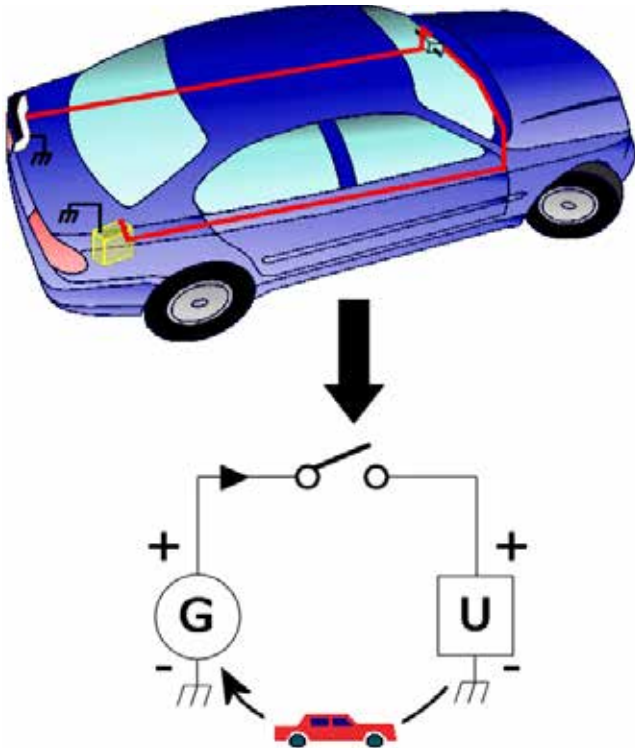


Figura 7

Volt: múltiplos e submúltiplos		
Símbolo	Valor em Volt	Exemplo
1kV	1.000V	Tensão de pico de 15kV em um sistema de ignição normal.
100V	100V	Tensão de controle de 80V dos injetores piezoelétricos do sistema common rail.
10V	10V	Fonte de alimentação do carro de 12V.
1V	1V	Tensão máxima de 1V de uma sonda lambda tradicional.
100mV	0,100V	Queda de tensão de 700mV sobre um diodo.
10mV	0,010V	Queda de tensão de 60mV sobre um diodo.
1mV	0,001V	Sinal de 1mV de uma antena de rádio não amplificada.

Tabela 2



Conclusão:

A tensão elétrica é a diferença de potencial entre dois sinais opostos presentes entre dois pontos.
 Seu símbolo mais comumente utilizado é o V.
 Sua unidade de medida é o Volt.
 O instrumento utilizado para medição da tensão é o voltímetro.

2.1.2 Corrente elétrica

O que acontece se aplicarmos um potencial elétrico fornecido por uma bateria à um condutor?

Antes de responder essa pergunta, vamos definir um princípio muito conhecido: os opostos se atraem.

As cargas de sinais iguais se repelem e as cargas de sinais opostos se atraem. Baseado nesse princípio, quando aplicamos um potencial elétrico à um condutor, os elétrons, que possuem carga negativa, serão rejeitados pelo terminal com carga negativa e atraídos pelo terminal com carga positiva.

Isso produz um fluxo de elétrons, guiado por um campo elétrico, que terá um único sentido e uma certa energia cinética.

Esse movimento ordenado é conhecido precisamente como **Corrente Elétrica**.

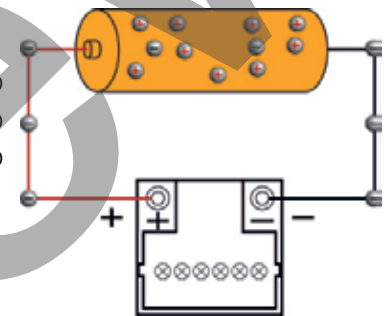


Figura 8

A quantidade de carga (Q) que passará através da secção do condutor para uma determinada unidade de tempo (t) é definida como intensidade da corrente elétrica (I).

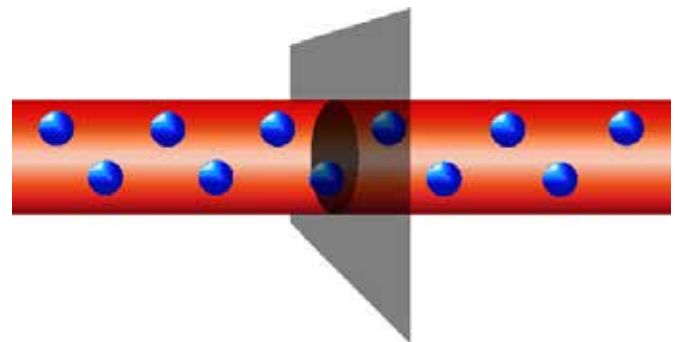


Figura 9

A intensidade da corrente elétrica é medida em Ampere (A).

i Na realidade, as únicas cargas que se movem são as cargas negativas, ou seja, os elétrons, já que as cargas positivas, que são os prótons do núcleo, não podem se mover. Porém, os pioneiros da pesquisa em energia elétrica (Alessandro Volta e Luigi Galvani) publicaram um novo método, afirmando que as cargas positivas é que se movimentavam, assumindo então, a direção inversa do fluxo da corrente, ou seja, do polo positivo para o polo negativo. Decidimos então, adotar o método convencional, pois para fins práticos em projetos de desenvolvimento de circuitos elétricos e eletrônicos automotivo, esta definição não possui influência. O sentido real da corrente é aquele que vai do polo negativo ao polo positivo.

Ampere: múltiplos e submúltiplos		
Símbolo	Valor em Ampere	Exemplo
1kA	1.000A	O consumo máximo de corrente do motor de arranque de um caminhão é 1kA.
100A	100A	O consumo de corrente de um motor de partida para motores à gasolina de médio porte é 100A.
10A	10A	O consumo de corrente de duas lâmpadas de luz baixa é 10A.
1A	1A	O consumo de corrente de duas luzes de placa é 1A.
100mA	0,100A	O consumo de corrente de um relé é de 150mA a 250mA.
10mA	0,010A	O consumo de corrente de um relógio é 15mA.
1mA	0,001A	O consumo de corrente de um diodo emissor de luz (LED) é de 8mA a 10mA.
1µA	0,000001A	A corrente de sinais eletrônicos dentro dos módulos de controle é 1µA.

Tabela 3

Conclusão:
 A corrente elétrica corresponde ao movimento dos elétrons que passam através de um circuito elétrico. Do polo negativo para o polo positivo. Por convenção, a direção da corrente é do positivo para o negativo. Para fins práticos, essa diferença não é significativa. Seu símbolo é a letra *I*.
 A sua unidade de medida é o Ampere que é indicado pela letra *A*.
 E o instrumento que se utiliza para medir a corrente elétrica é o amperímetro.

2.1.3 Corrente contínua

Entende-se por corrente contínua (CC ou DC do inglês: Direct Current) uma corrente na qual os elétrons que compõem o campo elétrico sempre fluem na mesma direção, sem sofrer variações de tensão ao longo do tempo (por exemplo: a tensão produzida por uma bateria ou por um dínamo mantido em uma velocidade de rotação angular ω constante).

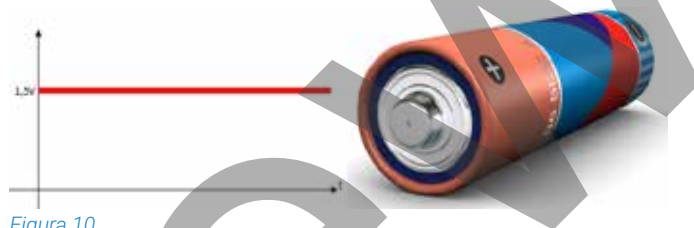


Figura 10

Uma prerrogativa muito importante ao trabalhar em um sistema DC é o respeito das polaridades. Há, de fato, em geradores DC, um polo positivo e um polo negativo, que devem ser corretamente conectados à carga.

⚠ A corrente alternada não possui um polo positivo e um polo negativo.

Por exemplo, um motor de corrente contínua, se for alimentado ao contrário, gira na direção oposta, diferentemente de um motor de corrente alternada monofásico.

⚠ Em caso de inversão de polaridade de uma unidade de controle eletrônico, é provável que ela se queime, a menos que a unidade eletrônica possua diodos de proteção em seu circuito.

A corrente contínua pode ser produzida de diferentes maneiras, como por exemplo, utilizando um dínamo, ou também através de um alternador, portanto, a partir de uma corrente de origem alternada, ela é retificada por meio de diodos ou pontes de retificação, transformando-se em corrente contínua. A corrente contínua em veículos híbridos é armazenada na bateria de tração, também chamada de High Voltage Battery (HV Battery). A sua função é alimentar um inversor, que irá converter essa corrente contínua em corrente alternada trifásica para motores de tração elétrica conforme mostra

a Figura 11. Sua conversão pelo inversor é muito complexa, pois é necessário gerar informações sobre a forma de onda, frequência e fase da corrente.



Figura 11

2.1.4 Corrente alternada

Entende-se por corrente alternada (CA ou AC do inglês: Alternating Current), uma corrente elétrica caracterizada por uma alternância de pulsações positivas e negativas. Até o momento, examinamos os circuitos elementares com tensões e correntes constantes ao longo do tempo. No entanto, muitos sinais elétricos com os quais trabalhamos todos os dias são caracterizados por grandezas elétricas variáveis que são repetidas ao longo do tempo, denominados de sinais periódicos.

Sinais periódicos.

Um sinal periódico é caracterizado por 2 grandezas fundamentais:

- Período (T);
- E frequência (f).

O período (T) é o tempo de realização de um ciclo completo. E a frequência é o inverso do período que representa o número de vezes em que o sinal se repete em um segundo.

i Por exemplo, a alimentação residencial de 220V possui uma frequência de 60Hz, enquanto o sinal de um sensor magnético pode ter uma frequência que varia de dezenas a milhares de Hz.

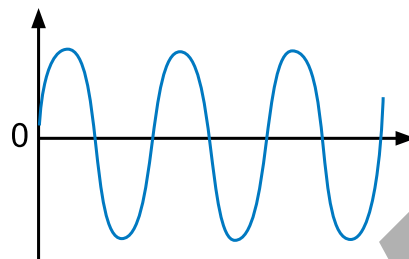


Figura 12: Exemplo de sinais periódicos.

A unidade de medida de frequência é Hertz e é indicada com o símbolo (Hz). Um Hertz corresponde a um ciclo por segundo.

Entre os vários sinais periódicos existentes, um em particular é de nosso interesse: o sinal senoidal alternado.

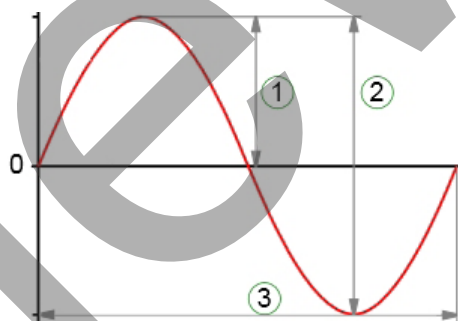


Figura 13: Sinal senoidal

Legenda:

- 1) Tensão de pico;
- 2) Tensão de pico a pico;
- 3) Período.

A corrente que circula em nossas casas possui um sinal senoidal alternado e é comumente denominado de corrente alternada.

A corrente alternada varia ao longo do tempo em valor e direção, de acordo com uma lei periódica. O intervalo de tempo entre dois picos máximos é chamado de período (T).

i Os veículos híbridos são movidos por motores elétricos alimentados por uma corrente alternada trifásica, que pode atingir até 650V como no caso do Toyota Prius. Portanto, é evidente que existe um perigo potencial associado à intervenção descuidada do profissional de manutenção automotiva.

? **Curiosidade**
 A eletricidade que é comumente distribuída em nossas casas possui uma forma de onda senoidal pois deriva diretamente da maneira como os alternadores funcionam.

2.1.5 Corrente trifásica

Uma corrente ou tensão trifásica é constituída de três tensões elétricas alternadas com a mesma frequência (isofrequencial) e com a mesma diferença de fase.

Para obter um gerador trifásico, podemos conectar três geradores senoidais monofásicos isofrequenciais, de modo a constituir um sistema trifásico no qual as três tensões devem estar 120° fora de fase conforme mostra a Figura 14.

O deslocamento das 3 fases gerará um campo magnético rotativo.



Figura 14

2.1.6 Resistência elétrica

Devido às propriedades elétricas da matéria, qualquer corpo exibe uma certa resistência à passagem da corrente elétrica.

Portanto, podemos definir a resistência, como a tendência de um corpo se opor à passagem de uma corrente elétrica, se este estiver submetido a uma tensão elétrica. A resistência ocorre essencialmente devido ao "atrito" interno por parte do material em relação ao movimento ordenado das cargas elétricas para produzir uma corrente.

Essa oposição pode depender do material que o condutor é feito, de suas dimensões (secção e comprimento) e de sua temperatura.

i Um dos efeitos da passagem de corrente em um condutor é o seu aquecimento (Efeito Joule).

Utilizando novamente a analogia hidráulica, a resistência pode ser comparada com a incrustação dentro de um tubo, conforme mostra a Figura 15. Quanto maior a quantidade de incrustações (a) no tubo, menor é o fluxo da água.

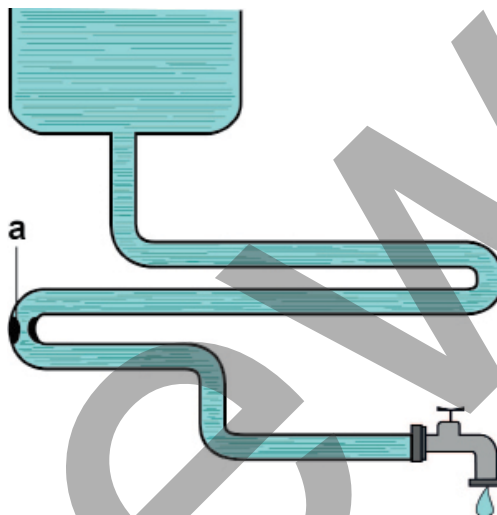


Figura 15

A resistência elétrica é indicada com a letra R e sua unidade de medida é o Ohm, cujo símbolo é a letra Ω (ômega).

Conclusão:
 A resistência elétrica pode ser definida como a tendência de um corpo se opor à passagem de uma corrente elétrica, se este estiver submetido a uma tensão elétrica.
 O símbolo da resistência elétrica é a letra R.
 Sua unidade de medida é o ohm, indicado pela letra grega Ω .
 O instrumento utilizado para medir a resistência elétrica é o ohmímetro.

2.2 Lei de Ohm

Sabe-se que a eletricidade pode ser perigosa para a saúde.



Figura 16