

# 1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais os projetos de veículos automotivos estão comprometidos com a segurança e o meio ambiente, o que nos leva a necessidade de desenvolver e estudar profundamente sobre a utilização de componentes elétricos automotivos de forma que seja possível projetá-los e desenvolvê-los para que sua utilização seja mais segura e que a energia consumida seja cada vez menor proporcionada por fontes diferentes.

Constantemente vêm se buscando formas e alternativas para redução de energia consumida por um veículo, novos componentes automação e inteligência dos sistemas eletroeletrônicos automotivos. Isto tudo depende do conhecimento em componentes, metodologia de dimensionamento e funcionamento de características específicas, além de legislação e normas aplicadas a este conceito.

O estudo dos componentes elétricos, bem como sistemas de distribuição de energia em automóveis, é um dos caminhos para se chegar ao aumento da eficiência e autonomia dos veículos, ou seja, a redução do consumo de combustível, redução da emissão de poluentes e a possibilidade de usufruir de fontes de energias que hoje são pouco ou não utilizadas.

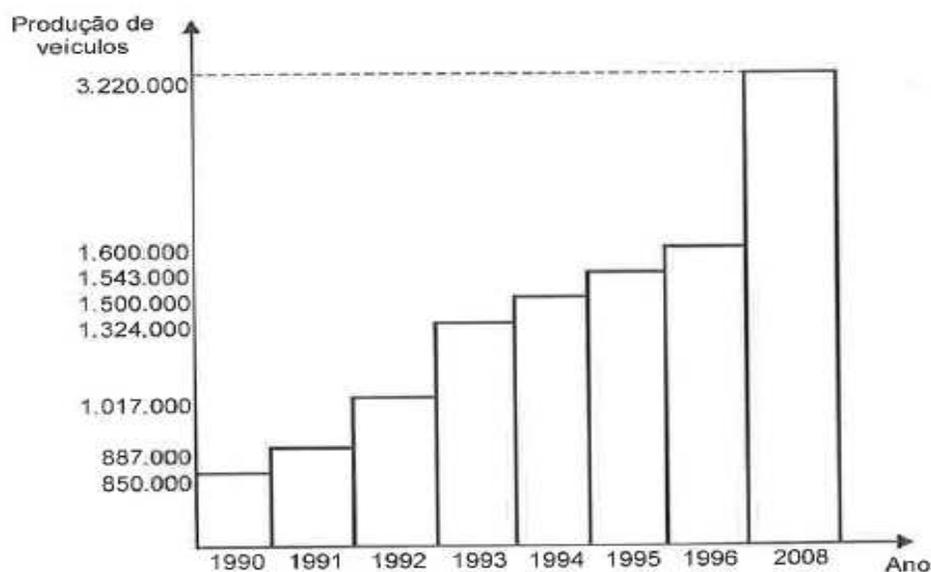
## 2 INDÚSTRIA AUTOMOTIVA BRASILEIRA

Segundo André Barros (2011), o crescimento das indústrias automotivas atingirá um alto número percentual nos próximos anos, em parte deste percentual estão os países emergentes, chamados de BRIC, Brasil, Rússia, Índia e China e representará um percentual de 47% dos números globais relacionados a desenvolvimentos automotivos.

O autor cita o Brasil como um dos grandes responsáveis por este crescimento nos números percentuais globais, referindo-se ao setor automobilístico, devido ao grande momento econômico aqui vivido e também por ser sede de grandes eventos mundiais nos próximos anos, como a Copa do Mundo de Futebol 2014 e Jogos Olímpicos 2016.

De acordo com Capelli (2010), nos últimos anos a indústria automotiva no Brasil se tornou uma das grandes responsáveis pelo aumento do PIB (Produto Interno Bruto). Em estudo realizado em 2010, verifica-se um crescimento nos postos de trabalho gerados pelas montadoras, isto pode representar aproximadamente 140.000 novos postos a cada ano, tratando-se dos postos diretos, isto é, trabalhadores com direitos garantidos pela CLT.

Esta evolução da indústria automotiva é evidente, como mostra a figura 1.



**Figura1-** Evolução da produção de veículos no Brasil

Fonte: Capelli (2010).

Além disso, muitos outros postos de trabalhos são gerados indiretamente, são os terceiros, e outros tipos de serviços não ligados diretamente à indústria, porém fazem parte de todo contexto.

Esta grande massa de trabalhadores diretos e indiretos fazem parte das áreas envolvidas em desenvolvimentos automotivos e na produção dos mesmos.

Dezenas ou centenas de setores fazem com que a economia nacional gire para atender toda demanda por veículos automotores, o qual vem crescendo susceptivamente a cada ano. Isto acontece devido a existência de muitas áreas envolvidas no desenvolvimento automotivo, dentre as quais pode-se citar a indústria de plásticos e derivados (produção de pára-choques, painéis, acabamento interno entre outros componentes plásticos), a indústria metalúrgica (aço, ferro, alumínio, etc.) para confecção de motor, latarias, chapas, rodas e etc, além de muitas outras indústrias como têxtil, informação, química, acessórios, autopeças e automação.

Além da diversidade de segmentos na cadeia produtiva, surgem cada vez mais oportunidades de serviços que requerem mão de obra especializada, o *design*, vendas, pós venda (oficinas e concessionárias) certificação, consultoria e contabilidade.

Devido a este crescimento econômico, o Brasil vem enfrentando um problema já a alguns anos, a falta de mão de obra especializada. Em comparação a um outro país emergente, como a China por exemplo, o nosso país forma bem menos engenheiros e técnicos que os asiáticos. Isto faz com que muitas destas empresas, não particularmente as montadoras, tragam mão de obra e especialistas de outros países. Poucas universidades distribuídas pelo país formam profissionais com experiência neste tipo de mercado. Porém isto não faz parte de nosso estudo, mas é de grande importância ser salientado.

## 2.1 HISTÓRIA DO AUTOMÓVEL

A criação do automóvel surgiu, conforme estudos, através de adaptações tecnológicas para atingir um objetivo: viajar e andar de modo mais rápido e eficaz com o mínimo de esforço possível para os ocupantes.

Um dos registros da criação do primeiro automóvel foi de Nicolas Cugnot em 1769 no Reino Unido, o qual criou o carro a vapor citado por Capelli (2010).

Conforme Capelli (2010), foi a partir da criação do carro de Nicolas que começaram a surgir os primeiros avanços tecnológicos automotivos, um deles era a caixa de velocidade e

de direção, que hoje são comuns na maioria dos veículos manuais. Existem registros que este foi um dos primeiros tipos de transportes movido à energia (vapor) a ser comercializado. Outro detalhe importante é que foi, justamente a partir desta época que começaram a surgir as primeiras leis de trânsito.

Desde então, os automóveis começaram a se modernizar e os avanços tecnológicos se tornam cada vez mais evidentes, como em 1876 o alemão Nikolaus Otto desenvolveu o motor a combustão interna, mistura de gás de iluminação e ar, em 1886 Karl Benz já modernizava os automóveis com os motores de combustão interna a gasolina, os quais temos até os dias de hoje.

## **2.2 O AUTOMÓVEL NO BRASIL**

Segundo Capelli (2010), estudos indicam que o automóvel chegou a Brasil por volta de 1925, e sua produção era feita em garagens ou barracões e o único item que se importava nos princípios era o motor.

Após a Segunda Guerra Mundial, por volta de 1945, o país já iniciava sua produção e importação de veículos, gerando números na economia. Em 1956 surgiu o primeiro carro brasileiro, o Romi-Isetta, fabricado pela própria Romi S.A, da cidade de Santa Bárbara do Oeste, São Paulo, No mesmo ano também surge a primeira camioneta DKW, fabricada pela VEMAG. Em 1959, em São Bernardo do Campo, chega à grande e multinacional alemã, VOLKSWAGEN, já com a produção da KOMBI e do lendário FUSCA 1200. A partir deste momento já começaram a se instalar no Brasil as grandes montadoras conhecidas mundialmente, Chevrolet (1968) também conhecida como GM, Ford (1976) juntamente com a Fiat.

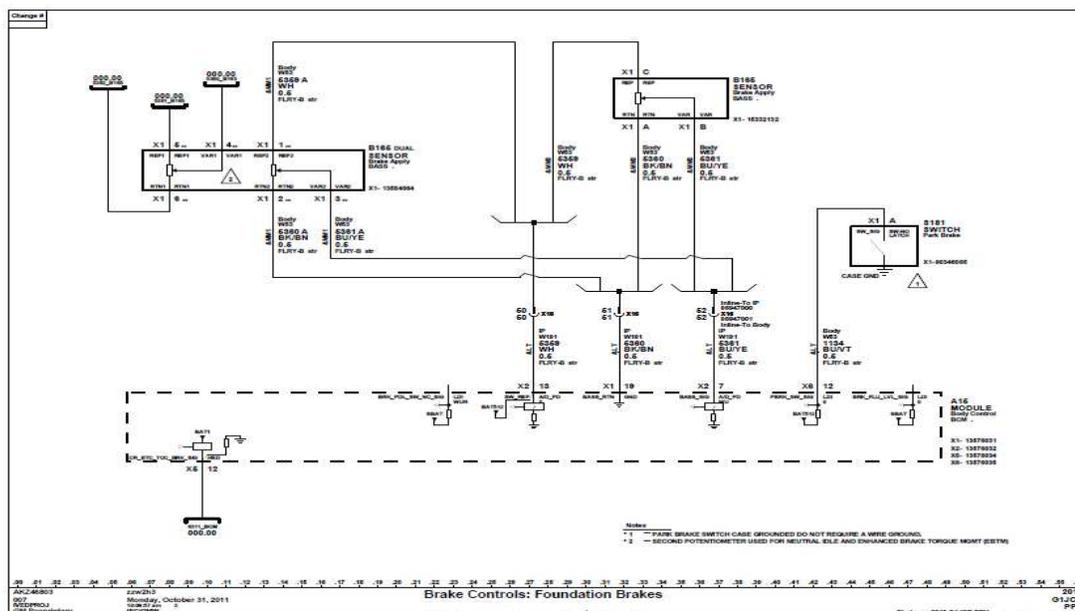
O autor também menciona que após 1990 com o final das proibições da importação, outras iniciaram sua vinda ao Brasil, tais como, Renault, Peugeot, Citroën e muitas outras que, atualmente vêm fundar e fixar suas plantas e empresas no país.

### **3 ABORDAGEM GERAL SOBRE SISTEMAS ELÉTRICOS AUTOMOTIVOS**

Define-se por sistema elétrico, todo sistema de distribuição de energia através de condutores, seus componentes elétricos e eletrônicos.

Segundo Guimarães (2010) sistema elétrico de cargas é um dos mais elementares de um automóvel, devido sua complexidade. Os princípios físicos, químicos e eletroeletrônicos envolvidos são diversos e toda sua atenção durante o desenvolvimento das peças deste sistema é importante.

Conforme artigo publicado pelo SENAI (2004), um sistema elétrico é um circuito ou conjunto de circuitos, que faz com que consumidores (lâmpadas, motores, componentes eletrônicos e etc.) funcionem de acordo com seus objetivos. Ele é constituído, em sua concepção mais geral, por equipamentos e materiais necessários para o transporte da corrente elétrica, da fonte até os pontos em que ela será utilizada. O sistema elétrico desenvolve-se em quatro etapas básicas: geração da corrente, sua transmissão, sua distribuição de cargas. No entanto, a elaboração de um sistema elétrico não é algo tão simples. Daí surge à necessidade de uma ferramenta que represente o sistema elétrico para que, orientando-se através dela, técnicos e reparadores atuem eficientemente na montagem e manutenção dos circuitos que compõem um sistema elétrico. É exatamente nesta lacuna que surgem os diagramas elétricos, conforme figura 2.



**Figura 2 - Exemplo de Diagrama Elétrico.**

Fonte: Capelli (2010).

### 3.1 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA AUTOMOTIVA.

Um sistema elétrico automotivo é composto por uma infinidade de componentes, no entanto existem três grandes componentes responsáveis pela geração elétrica, são eles: a bateria, o alternador e o motor de partida.

A seguir, apresenta-se estes três itens, os quais são de suma importância para todo sistema de geração e distribuição elétrica.

### 3.1.1 Bateria

Defini-se bateria, como um componente elétrico, com características de armazenagem e geração de energia ou cargas elétricas.

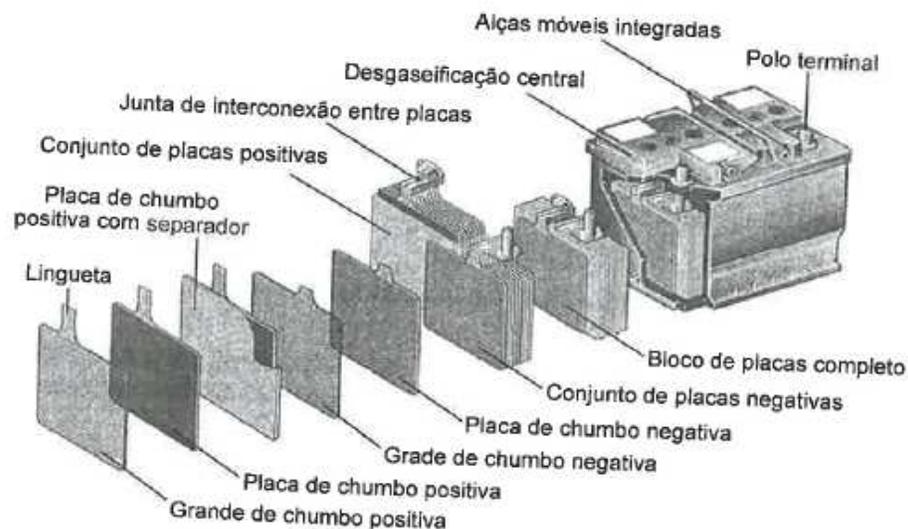
Atualmente os veículos automotores estão dispendo de vários componentes eletrônicos e sistemas eletroeletrônicos, estas condições fazem com que as baterias estejam preparadas para este tipo de condição.

No geral as baterias automotivas devem estar preparadas a realizar tarefas fundamentais, tais como:

- Dar a partida em grandes motores a combustão sob efeito de condições de baixa temperatura;
- Gerar energia (alimentar) todo sistema elétrico e eletrônico automotivo;
- Suportar por no mínimo de 40 dias (conforme informações das montadoras e fabricante) todas as funções básicas em um automóvel parado, garantir o funcionamento dos componentes eletrônicos e elétricos e ser capaz de dar a partida neste intervalo de tempo.

De acordo com Guimarães (2010), existem estudos direcionados a esta dificuldade em realizar tais tarefas que alguns veículos estão projetando e considerando a utilização de duas baterias, servindo uma para gerar a energia e carga requerida e a outra como suporte de capacidade e também gerador de energia.

As baterias são estruturadas por alguns componentes, entre os quais, um conjunto de placas de chumbo que por meio de reação química assumem o papel de polaridade invertida e são separadas com materiais micro porosos, a caixa é de matéria plástica e os pólos também são de chumbo, como pode-se observar na figura 3.



**Figura 3** – Componentes internos de uma bateria

Fonte: Capelli 2010.

### 3.1.2 Capacidade da Bateria

Conforme Capelli (2010), capacidade é a quantidade de eletricidade disponível em uma bateria, a unidade desta capacidade é dada em Ah (ampere-hora).

Atualmente as baterias utilizadas têm sua capacidade nominal determinada pelo fabricante, isto é, o valor de corrente que uma bateria pode fornecer por um determinado intervalo de tempo, sem que a capacidade de seus pólos fique abaixo de 10.5V (volts), este tempo determinado é de 20h (horas).

Para entender melhor, veja exemplo de uma bateria de 60Ah, ela pode fornecer uma corrente de 3A durante um tempo, até sua tensão chegar a 10.5V,  $60Ah: 20h=3A$ .

Atualmente as baterias automotivas têm tensão nominal igual a 12V, especificada em todas as montadoras e fabricantes, isto para veículos de passeio com motorização acima ou igual a 1000cc (cilindradas), esta tensão pode variar entre 12.6 e 13.4V, isto quando totalmente carregada. Antigamente as motocicletas de motores dois tempos utilizavam baterias 6 v, devido sua simplicidade e motor pouco potente, atualmente com as tecnologias avançadas que as mesmas dispõem, motores mais potentes, acessórios, partida elétrica, sensores e outros itens eletrônicos estas baterias já se equiparam a bateria dos veículos

de passeio, isto é, 12V. Para os veículos pesados (caminhões) as baterias são de 24V devido à motorização potente, para as atividades que os mesmos exercem, requerem um motor com potência forte e alguns itens eletrônicos para segurança, isto faz com que o mesmo tenha de ter um sistema elétrico potente também para ser capaz de suportar certas descargas.

Algumas normas como SAE, DIN, EM entre outras citam algumas características físicas e técnicas destas baterias, porém quanto à normalização estaremos falando mais a frente neste trabalho.

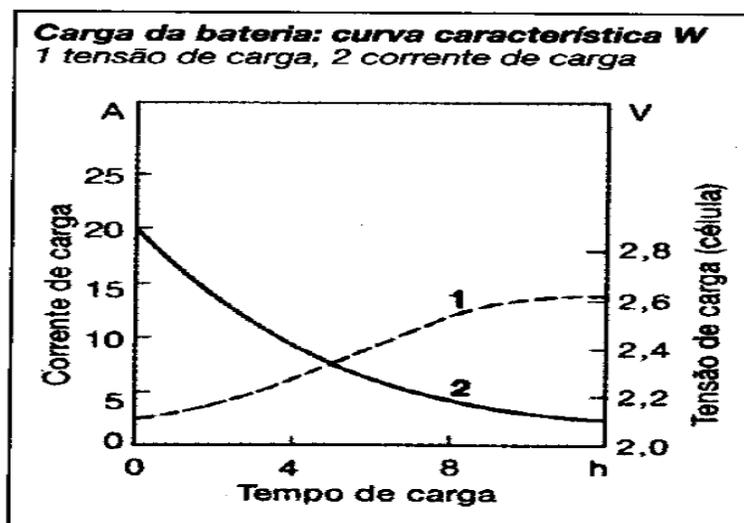
## **3.2 REGIME DE FUNCIONAMENTO DA BATERIA**

### **3.2.1 Carga**

Na rede de bordo dos veículos automotores as baterias são carregadas com limitação de tensão, isto é, na qual a corrente de carga retrocede automaticamente, tão logo que a carga da bateria aumente. Este método evita a sobrecarga na bateria e lhe garante a vida útil fornecida pelo fabricante.

Quanto aos carregadores de baterias, podemos dizer que eles trabalham com corrente constante ou de acordo com a curva característica W, conforme figura 4.

Após atingir a plena carga, a mesma se mantém com corrente contínua ou pouco reduzida, o que provoca um alto consumo de água ou a corrosão da grade positiva da bateria.



**Figura 4 - Carga de bateria: Curva característica W**

Fonte: Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005

### 3.2.2 Descarga

As descargas das baterias automotivas se iniciam no momento quando a tensão da mesma diminui a um certo valor, que se altera de maneira lenta quando comparado a um capacitor. Somente no final da etapa da descarga, pelo esgotamento de um ou mais componentes (Massa positiva, negativa, eletrólito) a tensão irá diminuir rapidamente.

Outro processo de descarga bem conhecido é a auto-descarga, que constitui o processo de descarga normal durante a vida útil da bateria. Esse processo da pelo funcionamento diário a não utilização da bateria também pode causar sua descarga, pois a mesma necessita de um processo de agitação das partículas internas para que tenha sua garantia de funcionamento e seus componentes internos ativos.

### 3.2.3 Falhas da Bateria

As baterias utilizadas atualmente são como as de antigamente, porém com um fator importante, elas requerem cada vez menos manutenção, isto é, menos adição de água (solução) nas baterias para garantir todo funcionamento de seus componentes ativos internos, pois muitas delas estão sendo fabricadas com esta solução e já blindadas.

Quem nunca passou por um momento em ter de dar partida no automóvel e o mesmo nem ao menos dar um sinal?

Pois então, hoje as baterias são fabricadas de forma a ser capazes de suportar sua vida útil, independente da utilização da mesma, mas infelizmente as mesmas, por ser um componente elétrico, também apresentam suas falhas.

Muitas vezes quando damos conta de que as baterias estão com seus dias contados é porque algo está andando errado com o veículo. Demora na partida, mau funcionamento elétrico, oscilações de componentes (*lanternas, faróis, cluster*) são problemas que a bateria começa a evidenciar indicando que sua capacidade está se esgotando e que necessita de carga, métodos que muitos especialistas da área automotiva não recomendam, ou a troca por uma nova bateria.

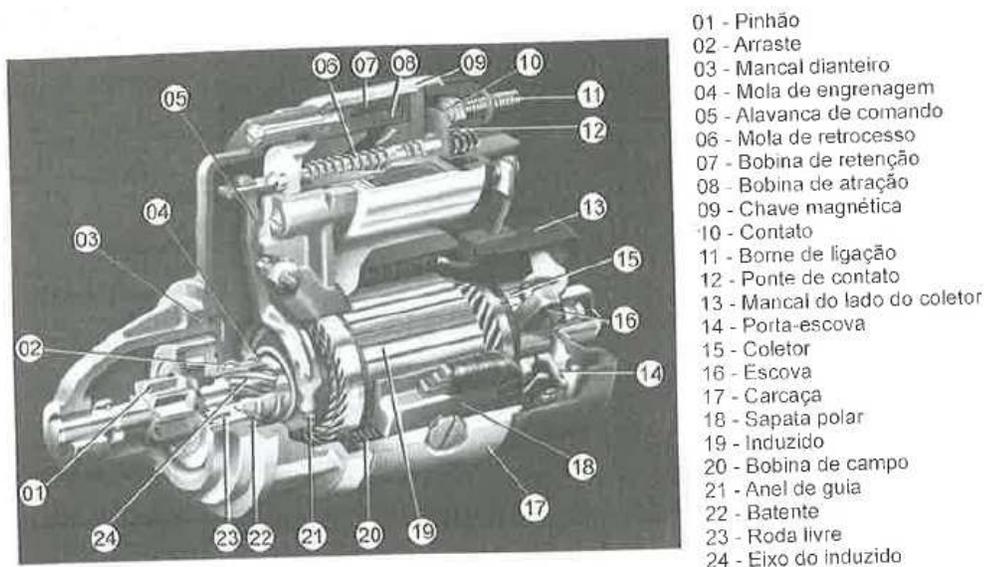
A opção de recarregá-las é válida quando as mesmas ainda apresentam uma sobrevida, porém como já mencionado, a melhor solução é a substituição deste componente tão importante para o sistema elétrico automotivo.

## 3.3 MOTOR DE PARTIDA

Também conhecido como motor de corrente contínua, trata-se de um motor elétrico de baixa rotação, acoplado ao volante do motor de combustão interna por meio de um solenóide. Quando o sinal 50 do comutador de partida é acionado, esta energia aciona o solenóide que com ação mecânica faz o acoplamento ao motor elétrico, do volante do motor de combustão interna por meio de uma engrenagem. Ao mesmo tempo este solenóide aciona um interruptor interno que faz a energia da bateria acionar o motor elétrico.

Isto tudo porque o comutador de ignição não tem capacidade para trabalhar com correntes altas. Acionado, o motor de partida faz com que o motor de combustão interna gire em uma velocidade de 60 e 100 rpm (Ciclo Otto) e entre 80 e 200 rpm (Ciclo Diesel).

Um motor de partida é composto por motor elétrico, sistema de engrenagem, roda livre e eventualmente transmissão planetária, além de uma serie de componentes nele montado conforme indica figura 5.



**Figura 5** - Motor de partida montado.

Fonte: Capelli, 2010.

### 3.3.1 Motor Elétrico

Conforme Bosch 2005, com os materiais magnéticos disponíveis atualmente, é possível desenvolver motores de partida resistentes a desmagnetização com fluxo magnético de alta eficiência para elevada potência de partida. A excitação magnética permanente para motores de partidas de veículos de passeio se tornou padrão.

O objetivo deste desenvolvimento é diminuir seu volume, peso e dimensões deste motor. Estas alterações farão com que o torque menor do induzido seja compensado pela sua rotação, isto fará com que ele trabalhe na mesma potência de partida, além das padronizações da transmissão planetária e da árvore de manivelas do motor a combustão.

Para veículos de passeio usam-se motores de partida de excitação permanente com transmissão intermediária e potência de até 2.5 KW. Estes motores têm vantagens quando comparados aos de excitação elétrica, no que se refere volume e peso.

Para motores com potência entre 3 a 7 KW são adequados motores de partida diretos e com transmissão intermediária com motor de circuito de excitação em série.

## **3.4 CONTROLE DO MOTOR DE PARTIDA**

### **3.4.1 Sistema de partida convencional**

Durante partidas convencionais, as quais são realizadas através da chave de ignição, é realizada no momento em que se conecta a tensão da bateria no relé do motor de partida, a corrente do relé (aproximadamente 30A para veículos de passeio e 70A para veículos utilitários) faz com que a força deste empurre o pinhão na direção da cremalheira do motor e por outro lado liga a corrente principal do alternador, que pode ser de 200 a 1000A em veículos de passeio e de aproximadamente 2000A em veículos utilitários.

O desligamento do motor de partida ocorre no momento em que se volta a chave de ignição no ponto inicial, isto é, o interruptor da chave de ignição abre e separa a tensão do rele do motor de partida.

### **3.4.2 Sistemas de Controle de partida automático**

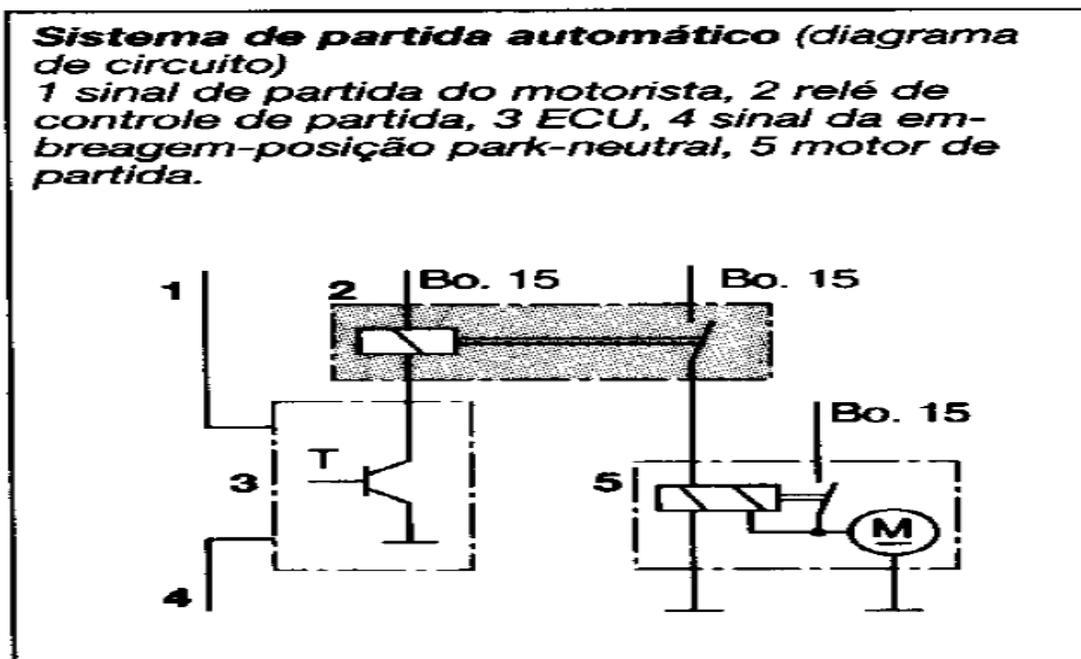
A diferença entre um sistema de partida convencional e um sistema de partida automático se dá pela adição de componentes neste sistema.

Tais componentes são os relés de comando de partida ou relés de controle de partida como são conhecidos, componentes de *hardware* e *software*, utilizados nos módulos de motores e controles sequenciais de partidas.

A diferença entre estes sistemas está no ponto onde se inicia a partida, no convencional, como mencionado anteriormente, a partida é feita através da chave de ignição dando a partida, já no sistema automático, é identificada a presença da chave, que atualmente são em sua maioria codificadas, e é realizado um teste de segurança em todo sistema de partida do veículo. Seguem os itens verificados pelo teste:

- Proteção antifurto, identifica a codificação da chave com todo sistema do veículo;
- Motor de combustão em repouso (evitar engrenamento ou qualquer tipo de anormalidade);
- Carga da bateria (se as condições da bateria estão dentro do que o sistema requer de carga para partida ou uma eventual anormalidade detectada);
- Caixa de câmbio ou alavanca de câmbio na posição neutra (desengatada).

Após todos estes testes elaborados pelo sistema a partida é realizada, isto é feito em um tempo muito rápido e imperceptível, assim obtém-se um tempo de partida curto uma redução nos ruídos e um menor desgaste do motor de partida. Abaixo, a figura 6 mostra o diagrama de um circuito de sistema de partida automático.



**Figura 6** – Sistema de partida automático.

Fonte: Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005.

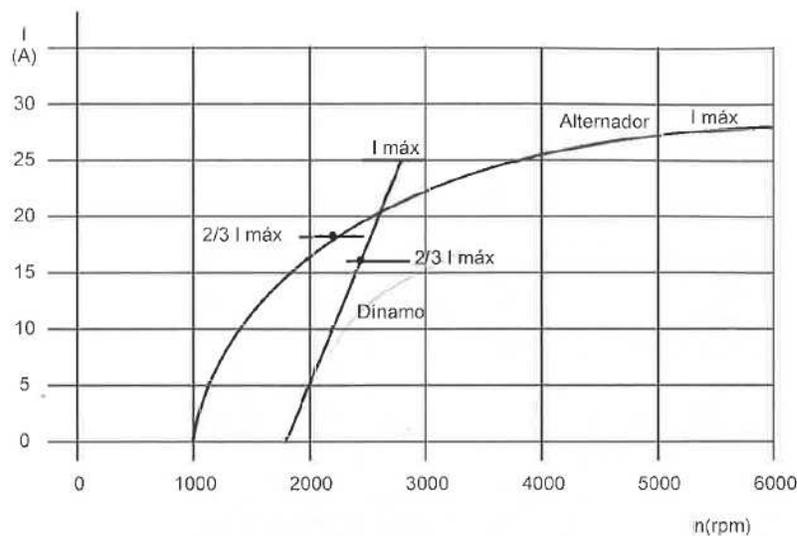
### 3.5 ALTERNADOR

O motor é um dispositivo que converte a energia elétrica em mecânica. Já a função do gerador é justamente o contrário do motor, fazer com que a energia mecânica seja convertida para energia elétrica. No automóvel o gerador tem duas funções distintas e essenciais, sendo estas, carregar a bateria e sustentar o sistema elétrico quando o motor do carro estiver funcionando.

Nos automóveis pode-se encontrar dois tipos de geradores: o dínamo e o alternador.

O dínamo não fará parte do trabalho, porém citam-se o mesmo, como efeito informativo.

Conforme Capelli 2010, o dínamo tem um conjunto coletor escova igual ao um motor de corrente contínua, e, por conta disso, também gera corrente contínua diferentemente do alternador que também tem um conjunto coletor escova igual a um motor de corrente alternada e também geram este tipo de corrente. Esta diferença entre ambos faz com que, com menos rpm o alternador tenha uma corrente maior que a do dínamo, o qual precisa de uma rotação maior para se aproximar da corrente do alternador, como mostra a figura 7.

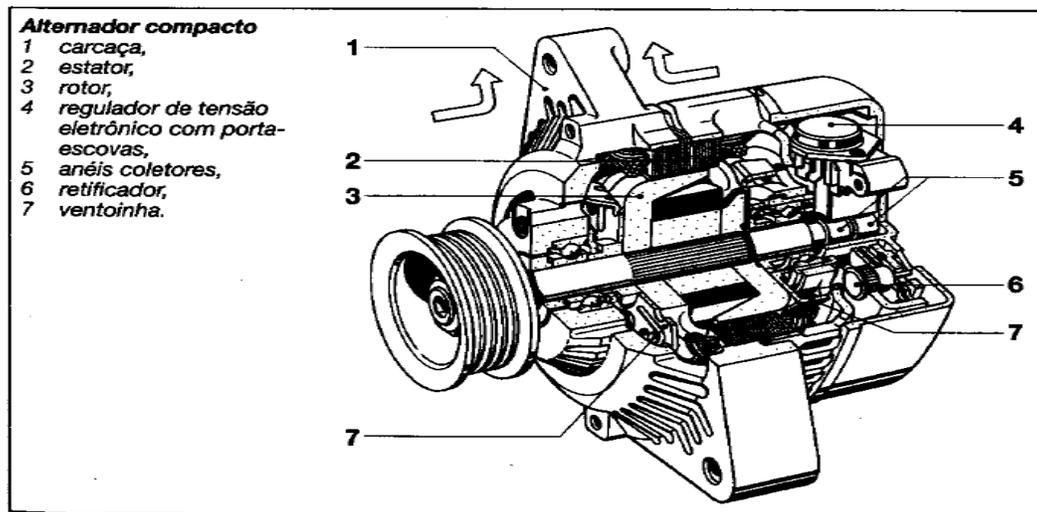


**Figura 7 – Dínamo X Alternador**

Fonte: Capelli, 2010.

Um alternador automotivo é um gerador de corrente acoplado ao motor do veículo através de correia. Como já mencionada, a corrente gerada pelo alternador é utilizada para recarregar a bateria e alimentar as cargas elétricas, a qual é utilizada durante a partida

(Start) no veículo e para alimentar todo sistema elétrico enquanto o automóvel está desligado. A figura 8 mostra um alternador com seus componentes.



**Figura 8** – Alternador compacto

Fonte: Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005.

A corrente gerada por um alternador (CA) é retificada por um retificador em ponte integrado ao alternador. Depois deste processo de retificação, a corrente passa a ser contínua (CC) e passa a alimentar todo sistema eletrônico veicular.

### 3.5.1 Principais características e fatores de influência no funcionamento dos alternadores

Como todo componente eletroeletrônico, o alternador também apresenta suas características, as quais estão sendo citadas abaixo:

- Ser capaz de carregar a bateria minimamente, mesmo tendo de fornecer e corrente à todas as cargas elétricas do sistema elétrico veicular, isto tudo ao mesmo tempo;
- Manter a mesma tensão em qualquer situação de rotação do motor e da carga elétrica, acoplados ao mesmo;
- Ser capaz de suportar todas as condições de vibração, temperatura, condições térmicas, dentre outras;
- Emitir baixo ruído e ter peso e dimensões compactos conforme sua aplicação.

Apesar da maioria dos componentes eletroeletrônicos possuírem eficácias garantidas pelos fabricantes, muitos deles passam por severos testes a fim de garantir sua funcionalidade dentro de um sistema elétrico. Isto serve para a área automotiva também, muitos componentes precisam apresentar garantias de funcionalidade e funcionamento, independente da área aplicada, da temperatura ambiente a qual será exposto, dos desgastes, etc.

Cita-se, abaixo, alguns fatores de influências de funcionalidade sob os quais o alternador é submetido:

- Rotação do motor: Diretamente ligado da marcha lenta a altas rotações, de acordo com as condições de montagem e características de vibração, o alternador pode estar sujeito a oscilações de 500 a 800 m.s<sup>2</sup>. (efeito mecânico);

- Temperatura: Diretamente exposto a altas temperaturas, devido a sua proximidade do motor (Efeito térmico);

- Perdas mecânicas do acoplamento ao motor (vibração);

- Precipitadores de corrosão: Causados por sujeiras, combustíveis, óleo, água (efeito químico).

### 3.5.2 Tipos de alternadores

Os alternadores para veículos automotores são projetados e fabricados conforme especificações técnicas e normas. Isto porque os automóveis são padronizados para trabalharem com sistemas de carga de 12V e 24V.

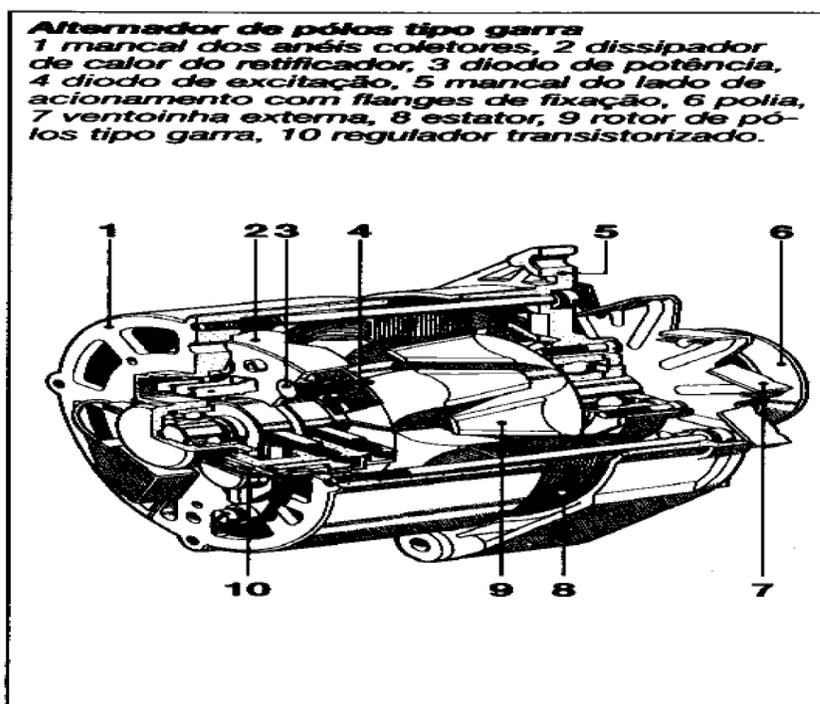
Existem estudos futuros para que os alternadores possam ser agregados ao sistema de 42V, assunto esse, que será abordado no item redução de custos para sistemas elétricos automotivos, desse trabalho.

Os alternadores atuais são fabricados com 14V, 28V e 36V, isto para que as baterias possam ser suficientemente carregadas e para garantir todas as condições de trabalho e funcionamento do sistema elétrico.

Porém, para cada caso há um tipo definido de alternador. A seguir, apresenta-se alguns tipos mais comuns de deles:

- **Alternador de pólos com garras:** modelo utilizado como base para os outros desenvolvimentos de alternadores e um dos mais conhecidos no mercado. Um ponto a se destacar neste tipo de alternador é sua eficácia quanto à ventilação, pois sua refrigeração é

feita através de uma ventoinha externa e ventilação com fluxo direto. Apresenta-se na figura 9, uma imagem de um alternador de pólos com garras.



**Figura 9** – Alternador de pólos tipo garra.

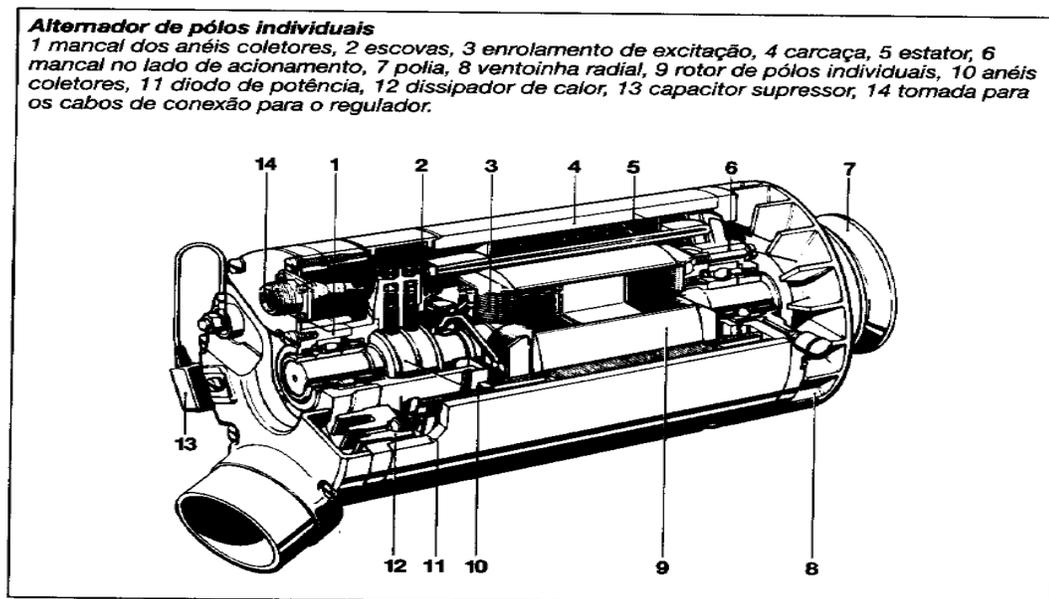
Fonte: *Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005.*

**Alternador de pólos individuais:** neste tipo, como o título já diz, os pólos magnéticos são individuais e cada qual tem seu próprio enrolamento de campo.

Esta característica, própria deste tipo de alternador, faz com que o estator seja aumentado, assim permitindo a geração de uma maior potência disponível.

O regulador de tensão é montado fora do alternador devido a dissipação térmica.

Este tipo de alternador é utilizado em aplicações especiais, onde é necessária alta potência. Apresenta-se um exemplo do alternador de pólos individuais na figura 10.



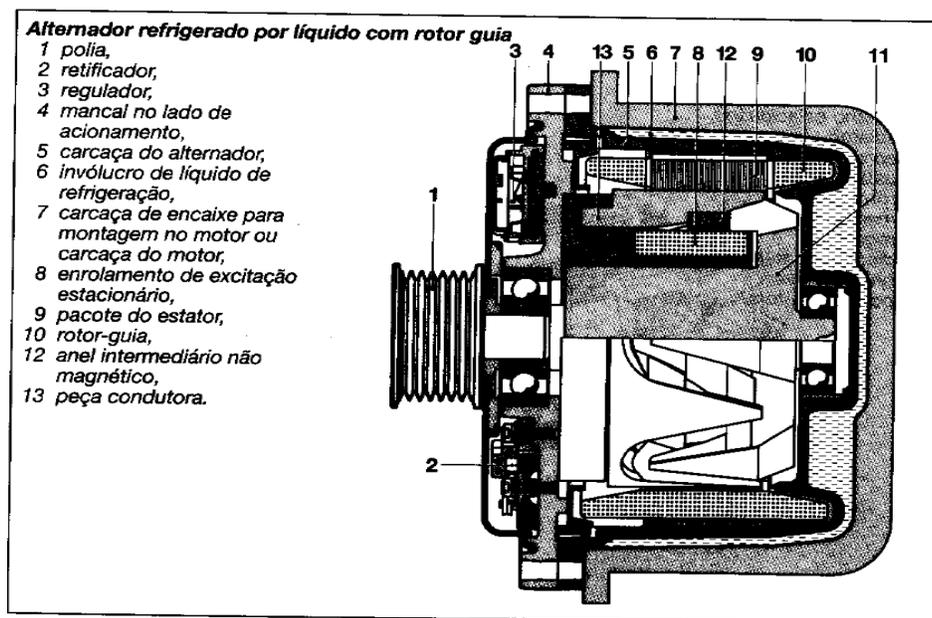
**Figura 10** – Alternador de pólos tipo individuais.

Fonte: Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005.

**Alternador com rotor guia:** estes alternadores são uma variante dos alternadores tipo garra, isto porque possuem a mesma característica, a qual os pólos ficam girando e o enrolamento de excitação fica totalmente estático.

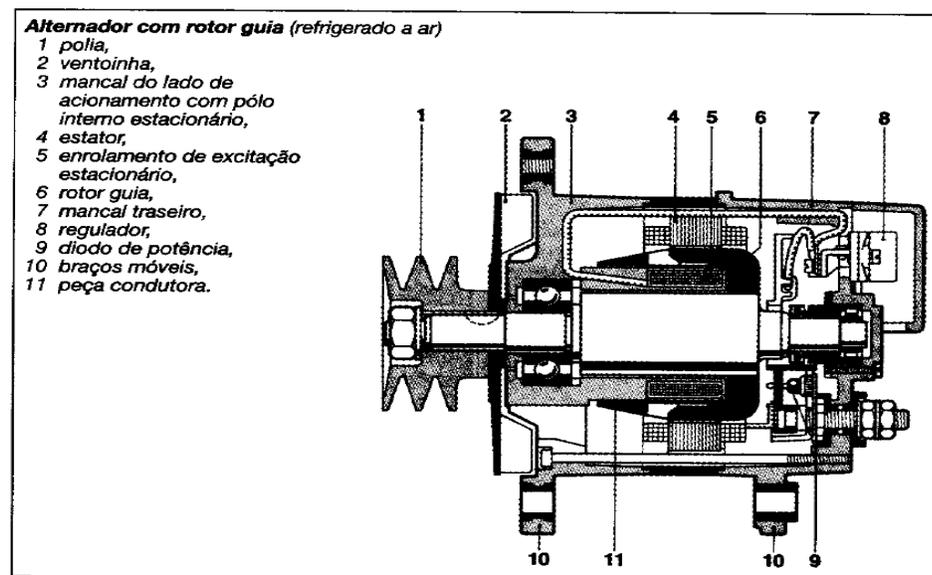
Neste tipo de alternador o retificador alimenta o enrolamento de excitação, diretamente, com a corrente através do regulador. Contatos deslizantes não são necessários.

São produzidos em duas versões de refrigeração, uma delas, com refrigeração por líquido, conforme figura 11 e a outra, com refrigeração a ar, conforme figura 12.



**Figura 11** – Alternador refrigerado a líquido com rotor guia..

Fonte: Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005.



**Figura 12** – Alternador com rotor guia (refrigerado a ar).

Fonte: Manual de tecnologia automotiva Bosch, 2005.

### 3.5.3 Montagem e acionamento do alternador no veículo

A maioria dos alternadores automotivos é fixada no motor através de um braço móvel, isto porque, durante a manutenção ou troca do mesmo, esta mobilidade no braço de fixação faz com que a manutenção fique mais rápida e de fácil realização. Esta característica é própria para alternadores acionados pelas correias normais V.

Os alternadores com acionamento por correias V contendo nervuras, ou seja, as chamadas correias Poly-V, são fixados diretamente e sem mobilidade para manutenção. Isto porque a troca ou manutenção das correias é realizada através de tensores.

Muitos dos componentes, como os rolamentos e as polias, são determinantes para a escolha correta das correias, as quais são importantes no acionamento dos alternadores.

Usualmente as correias com nervuras são as mais indicadas para este trabalho de acionamento, pois conforme normas e fabricação, elas não possibilitam dobras em sua atividade, fazendo com as rotações e relações de transmissão, sejam mantidas.

## 4 METODOLOGIA

Faz parte da metodologia adotada, neste trabalho, a descrição de todo o sistema de distribuição elétrica automotiva através de condutores, os chamados chicotes elétricos, visando à identificação de componentes que fazem parte do sistema de distribuição elétrica automotiva, além de suas características técnicas e físicas.

A identificação destes componentes será importante durante todo trabalho, pois é a partir das idéias de geração de energia e armazenamento de cargas elétricas que são dimensionados todos os componentes do chicote elétrico e também da maioria dos componentes eletrônicos, como conectores, terminais, *coverings* (acabamento) tecido, PVC, etc e cabos condutores.

Neste item descreve-se, de forma técnica, o desenvolvimento do chicote elétrico, desde sua fase de elaboração teórica, onde são postos todos os *features* (opcionais elétrico eletrônicos) que o veículo irá conter, até sua fase de construção como um protótipo ainda, sua fase de conclusão, além da proteção elétrica a ele incorporada.

A abordagem deste item é de suma importância, assim será apresentada toda característica física adotada para cada automóvel, sua distribuição dentro do veículo e a sua função de transportar sinais e energia para diversos componentes que um automóvel dispõe, bem como sua importância nas montagens veiculares e ainda a intercambiabilidade deste componente.

### 4.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA E SINAL ELÉTRICO ATRAVÉS DO CHICOTE ELÉTRICO VEICULAR

#### 4.1.1 Chicote elétrico automotivo

São os componentes responsáveis pela transmissão de energia e informações por todo o veículo.

Eles são constituídos por condutores (fios e cabos), terminais, conectores, fitas e tubos, os quais serão detalhados em seguida neste item.

Chicotes elétricos foram concebidos por uma soma de necessidades veicular, a primeira delas é conectar eletricamente dois ou mais pontos eletroeletrônicos.

Para fazer a conexão de modo mais rápido e eficaz foram acoplados os terminais, como em algumas funções específicas há necessidade de além da energia outras informações elétricas ou sinais serem inseridos os conectores, a partir daí os chicotes foram tomando formas e se definindo conforme sua necessidade de aplicação.

Dependendo da aplicação dos chicotes no veículo, existem áreas que requerem proteção química, física, mecânica, térmica e outras, para estas finalidades foram especificadas fitas e tubo, determinados dependendo da área em que o chicote elétrico será aplicado.

#### **4.1.2 Condutores automotivos**

Como mencionado anteriormente, define-se como condutores, os fios e cabos, e muitas vezes são fabricados com materiais condutores, como cobre ou alumínio.

Na área automotiva, o cobre é bem mais utilizado.

Esses condutores são fabricados dentro de uma especificação técnica e definidas por normas automotivas.

Esses condutores quando fabricados são sem acabamento ou nu e o acabamento, por sua vez, é feito por material não condutor, geralmente PVC, o qual tem sua coloração de acabamento também definida por norma (Norma Din).

Na tabela 1, pode-se ver alguns exemplos de cabos aplicados conforme coloração. O acabamento PVC caracteriza a rigidez dielétrica dos condutores e nas aplicações automotivas é de baixa tensão (12, 24 ou 36 volts).

**Tabela 1:** Tabela de cabos, número indicativo de função e função.

Fonte: Norma DIN 72551.

<b>COR (BASE / LISTRA)</b>	<b>NUMERO</b>	<b>SINAL (FUNÇÃO DESCRIÇÃO)</b>
Preto	15	Positivo pós ignição
Vermelho	30	Positivo Bateria
Marrom	31	Ground (Negativo)
Azul e Amarelo	32	Sinal levantador vidro
Verde e Amarelo	33	Sinal levantador vidro
Violeta	34	Sinal Espelho retrovisor
Preto e Branco	49	Emergência
Preto e Azul	50	Sinal motor Partida
Verde	53	Sinal Limp. Para brisas
Preto e Vermelho	54	Positivo pós chave
Preto e Amarelo	55	Sinal Luz Neblina Diant.
Cinza	58	Sinal Luz posição
Amarelo e Marrom	2-	Sinal Velocidade
Marrom e Branco	31B	Negativo Chaveado
Branco	56A	Sinal Farol Alto
Amarelo	56B	Sinal Farol Baixo
Cinza e Verde	58L	Sinal Luz Posição Esq.
Cinza e Amarelo	58R	Sinal Luz Posição Dir.
Vermelho e Amarelo	71	Buzina
Amarelo e Preto	76-3	Alto Falantes Esq.
Amarelo e Branco	76-4	Alto Falante Dir.
Branco	77	Sinal Trav. Portas
Azul	D+	Sinal Carga Bateria
Preto e Branco	L-	Indicador direção Esq.
Preto e Verde	R-	Indicador direção Dir.

A escolha de um condutor para um circuito é baseada na sua capacidade de transmissão de energia, associada as suas perdas, para alimentar a carga que lhe foi destinada. A escolha de sua formação é consequência da flexibilidade que o mesmo deve possuir ou de alguma característica especial de crimpagem de terminais.

Dentre os condutores (cabos) utilizados na área automobilística existem também os cabos especiais, os quais são definidos por aqueles que requerem aplicações com certas características magnéticas e físicas, dentre eles podemos citar os cabos de antena, cabo de sensor de oxigênio, cabos USBs dentre outros, ao quais devem ficar isolados de interferências magnéticas.

### **4.1.3 Dimensionamento dos condutores**

Para o dimensionamento dos cabos automotivos em projetos há uma seqüência lógica a ser seguida, a qual é detalhada a seguir:

- Verificar/determinar os componentes eletroeletrônicos no veículo;
- Determinar os fatores de demanda dos mesmos;
- Elaborar/descrever o esquema elétrico.

Com estes três primeiros passos tomados no projeto, já consegue-se determinar as cargas e correntes nominais em função de tensão de alimentação.

Para a próxima fase, define-se os ranges de aplicação de cada condutor utilizado, conforme segue:

- Calcular a corrente de cada circuito, aplicando as considerações da etapa anterior;
- Determinar os ranges de condutores conforme corrente aplicada; neste ponto, especialmente, tem-se que prestar atenção na queda de tensão que liga as cargas de acordo com o range escolhido;
- Adequar o range do cabo à função escolhida.

A determinação da seção transversal do cabo deve ser realizada considerando a queda de tensão e o efeito de elevação de temperatura. O cálculo será realizado de acordo com as instruções contidas na bibliografia de referência BOSCH, 2005. Os cálculos podem ser realizados através de cinco passos, conforme descrito abaixo:

1. Determinar a corrente do componente elétrico, utilizando a equação;

$$I = \frac{P}{U_n}$$

**Equação 1. Corrente de componente elétrico.**

Em que:

$I$  = Corrente elétrica (A)

$P$  = Potência elétrica requerida (W)

$U_n$  = Tensão Nominal (V)

2. Calcular a seção transversal do condutor;

$$A = \frac{I \cdot \rho \cdot l}{U_{vl}}$$

**Equação 2. Seção transversal de condutor.**

Em que:

$A$  = Seção transversal do cabo (mm<sup>2</sup>);

$i$  = Corrente elétrica (A);

$\rho$  = Resistividade (Ω. mm<sup>2</sup>);

$l$  = Comprimento do cabo (m);

$U_{vl}$  = Queda de tensão permissível (V).

Para esta equação utilizaremos 0.0185 Ω.mm<sup>2</sup> como resistividade do condutor de cobre.

3. Aproximar para o maior valor seguinte de bitola; utilizando a tabela 2, a seguir, como referência.

**Tabela 2.** Cabos elétricos de cobre para uso automotivo.

Fonte: Norma DIN 6722.

Bitola (mm <sup>2</sup> )	Número de Filamentos	Resistência máxima por metro á 20 °C (mΩ/m)	Diâmetro máximo do condutor (mm)	Espessura da parede de isolamento (mm)	Diâmetro máximo externo
0.35	12	52	0.90	0.25	1.4
0.50	16	37.1	1.00	0.30	1.6
0.75	24	24.7	1.20	0.30	1.9
1.00	32	18.5	1.35	0.30	2.1
1.50	30	12.7	1.70	0.30	2.4
2.50	50	7.6	2.20	0.35	3.0
4.00	56	4.7	2.75	0.40	3.7
6.00	84	3.1	3.30	0.40	4.3
10.00	80	1.82	4.50	1.00	6.5
16.00	126	1.16	6.30	1.00	8.3
25.00	196	0.743	7.80	1.30	10.4
35.00	276	0.527	9.00	1.30	11.6
50.00	396	0.368	10.50	1.50	13.5
70.00	360	0.259	12.50	1.50	15.5
95.00	475	0.196	14.80	1.60	18.0
120.00	608	0.153	16.50	1.60	19.7

4. Calcular a queda de tensão atual;

$$U_{vl} = \frac{I \cdot \rho \cdot l}{A}$$

**Equação 3. Queda de tensão atual.**

Em que:

**A** = Seccção transversal do cabo (mm<sup>2</sup>);**i** = Corrente elétrica (A);**ρ** = Resistividade (Ω. mm<sup>2</sup>);**l** = Comprimento do cabo (m);**U<sub>vl</sub>** = Queda de tensão permissível (V).

5. verificar a densidade de corrente;

$$S = \frac{I}{A}$$

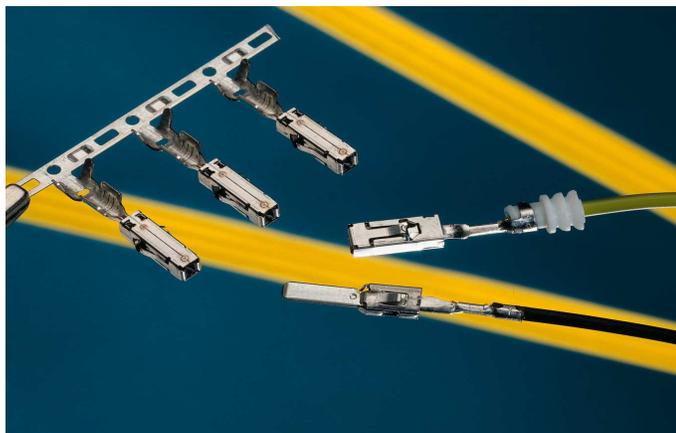
**Equação 4. Densidade de corrente.**Para assegurar a estabilidade térmica de operações de curta duração  $S < 30A/mm^2$ .

Com isto o estudo referente a cabos para projeto automobilístico está completo e determinado, conforme todos os passos seguidos acima.

#### 4.1.4 Terminais

Desenvolvidos para possibilitar um engate rápido dos cabos em seus destinos, os terminais possuem variados tipos e formas, cuja discussão de conceitos não cabe na finalidade deste trabalho.

As informações básicas que se deve ter em mente sobre um terminal é que o mesmo deve ser escolhido em função do componente que ligará (forma e tamanho da região de contato), e pelo tipo de cabo que lhe será aplicado (bitola e dimensões da capa).



**Figura 13** - Tipos de terminais.

Fonte: Tyco (2001).

Quando é necessário decidir por um tipo de terminal a ser utilizado, basta escolher aquele cujo projeto esteja adequado à aplicação, isto é, que suporte as intempéries da região e que suporte a carga elétrica que será aplicada.

Em resumo, a escolha de um terminal deve considerar as seguintes características:

- Tipo do terminal (Ex.: macho, fêmea, pino, soquete);
- Material e acabamento do terminal (muito importante, pois temos muitos componentes elétricos eletrônicos onde os sinais e cargas devem estar chegando sempre limpos e com os valores determinados, alguns materiais apresentam características resistivas, pois perdem certo percentual de carga e sinal);
- *Range* de bitolas de cabos aplicáveis;
- Diâmetro da isolação de cabos aplicáveis;
- Corrente aplicada.

### 4.1.5 Conectores

Do mesmo modo que os terminais, os conectores são componentes cujos conceitos e métodos de fabricação não cabem neste trabalho. Sua finalidade sim é importante de ser conhecida.

Os conectores nasceram da necessidade de isolar eletricamente os terminais que ligam um determinado equipamento elétrico. Conclui-se então que o conector, normalmente plástico ou de outro material isolante, é um invólucro para o terminal. Este último deve ser inserido em uma cavidade adequada, que o conector possui.

Outra necessidade que obrigou o uso do conector é a dificuldade que existe em inserir um terminal em seu destino, pois suas formas não são ergonômicas. O conector é um meio físico mais adequado ao manuseio, até mesmo porque o tamanho dos terminais elétricos é cada vez menor.

A múltipla inserção também é uma necessidade que faz do conector um aliado do sistema de distribuição elétrica. Um conector de múltiplas vias permite que, eventualmente, todos os terminais dedicados a ligar um mesmo equipamento sejam conectados de uma única vez.

A forma de um conector está baseada no espaço físico que o equipamento que será conectado disponibiliza, e da disposição que os terminais necessitam para o perfeito assentamento, além das condições ambientais como temperatura, umidade, etc.



**Figura 14** – Exemplos de conectores.

Fonte: Tyco (2001).

#### 4.1.6 Selos

Constituídos por diferentes tipos de borrachas, os selos têm a finalidade de preencher o espaço entre o terminal e a sua cavidade em um conector, de modo a não permitir a entrada de água ou gases ao ponto de conexão.

O lado externo do compartimento dos passageiros de um veículo é considerado um ambiente sujeito a intempéries, que são nocivas a uma conexão entre terminais. Portanto, recomenda-se utilizar conexões elétricas seladas nestas regiões. Como exemplo, pode-se citar a conexão dos faróis e sensores do motor, entre outros.



**Figura 15** – Exemplos de selos.

Fonte: Tyco (2001).

### 4.1.7 Circuitos

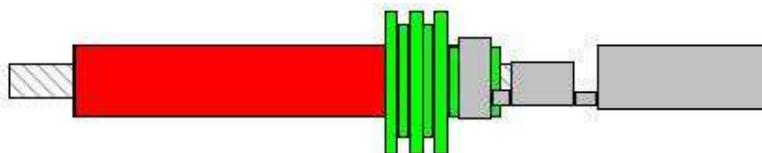
Os circuitos são cabos cortados em um comprimento determinado pelo projeto, com suas extremidades modificadas para sua finalidade, seja por um simples decape (retirada do material isolante), um banho de estanho ou pela aplicação de terminais e selos.

Os circuitos normalmente são produzidos em máquinas automáticas, que alimentadas por uma bobina de cabos, bobinas de terminais e carregadas de selos, admitem, medem, cortam e modificam as pontas do cabo conforme sua programação, conforme figura 16.

Geralmente dentro de um chicote elétrico o número de circuitos variam muito, dependendo da aplicação do chicote, em caso mais complexo, como chicote de Painel (*Instrument Panel*) o número de circuitos podem variam em de 400 a 700 circuitos ou mais, devido à grande variedade de *features*<sup>1</sup>, que o mesmo dispõe.



**Circuito 1 - Cabo com terminal nas duas extremidades.**



**Circuito 2 - Cabo com uma extremidade decapada e outra com terminal e selo.**

**Figura 16 – Exemplos de circuitos**

Fonte: Manual de projetos de chicotes elétricos (2001).

<sup>1</sup>Features – características físicas, cada circuito possui sua característica.

#### 4.1.8 Fitas (*Tape*)

As fitas são tiras de material plástico, têxtil ou alumínio, normalmente acomodadas em rolos, com largura e comprimento definidos em projeto, que servem para agrupar os circuitos em um único maço e definir o chicote, ou abrigar emendas ou ainda aplicações expostas e também para proteção química, mecânica, elétrica ou causas naturais.

As fitas também apresentam características técnicas específicas dependendo da aplicação, algumas como exemplo tem temperaturas definidas e servem para aplicação térmica, exemplo maior com o chicote de motor, pois o mesmo é acondicionado ao compartimento de motor e sofre com temperaturas altíssimas e neste caso usam-se fitas especiais de alta temperatura.

Usualmente são utilizadas:

- Fita de PVC não adesiva: sua maior aplicação é para formar o maço de cabos. Baixo custo é sua principal vantagem.
- Fita de PVC auto-adesiva: é utilizada para formar maços, proteger emendas de união, e fixar componentes.
- Fita têxtil auto-adesiva: também utilizada para formar maços, proteger cliques de união e fixar componentes, mas se difere por evitar ruídos e possuir resistência.
- Mecânica considerável.
- Fita de feltro não adesiva: é muito eficiente na redução de ruídos, e, portanto, normalmente aplicada a chicotes no interior do veículo.
- Espumas: também são muito eficientes na redução de ruídos, acondicionadas em tiras, são muito usadas no acabamento para proteger os cabos.

#### 4.1.9 Tubos

Estes componentes nasceram da necessidade de proteger mecanicamente os maços. Normalmente são aplicados em chicotes que se encontram no compartimento do motor para proteger os circuitos das altas temperaturas, ou trechos de chicotes sujeitos a esforços mecânicos. Inicialmente, utilizavam-se tubos lisos e fechados, fabricados em PVC. O custo destes tubos era extremamente baixo, mas os mesmos possuíam grandes desvantagens como não suportar altas temperaturas ou ainda por aumentar o tempo de montagem dos chicotes já que os circuitos necessitavam ser introduzidos por dentro dos mesmos, em uma operação complicada e demorada, principalmente em ramificações compridas ou de grande quantidade de circuitos. Ainda hoje estes produtos têm sua aplicação, mas em aplicações simples ou muito particulares.

Uma solução para melhorar a instalação dos circuitos por dentro dos tubos foi abrir um corte longitudinal nestes últimos, de modo que os circuitos pudessem ser colocados em seu interior, ao invés de inseridos. Entretanto os tubos de PVC perdiam estabilidade mecânica e perdiam seu propósito. Foi daí que se desenvolveu o tubo corrugado. É um tubo, fabricado com os mais diversos polímeros como poliamida, polietileno e polipropileno, que possui ondulações transversais ao seu comprimento e garantem tamanha estabilidade mecânica que suporta um corte longitudinal.

Como citado, os tubos podem ser construídos com os mais variados tipos de material, e isso depende basicamente da sua aplicação. Por exemplo, em locais de altas temperaturas como as proximidades do coletor do escapamento, é recomendada a utilização de silicone, cuja temperatura de trabalho gira em torno dos 180°C. No compartimento do motor dos veículos mais modernos, sugere-se polipropileno, cuja temperatura gira em torno dos 135°C.

Uma grande vantagem dos tubos é que os mesmos eliminam o acabamento com fitas. Ainda, para garantir a ausência de fitas até para acabamento e fixação dos tubos, foram desenvolvidas peças de arremate, as chamadas junções ou *manifolds*.



**Figura 17** – Exemplos de tubo corrugado com engates tipo “T” com manifolds.

Fonte: Manual de projetos de chicotes elétricos (2001)

## **5 PROTEÇÃO DE SISTEMA ELÉTRICO VEICULAR**

### **5.1 CENTRAL DE FUSÍVEIS E RELÉS.**

Trata-se de um conjunto que centraliza em uma única região, fusíveis e relés, responsáveis por proteger os cabos de sobrecargas ou curto-circuito, e controlar os sinais que passam pelos mesmos, respectivamente.

A razão de estarem centralizados é basicamente organização, facilidade de manutenção e a interação que estes componentes possuem. Por exemplo, quando se aciona o botão dos faróis no painel dos instrumentos, envia-se um sinal de comando a um relé, que conecta a energia proveniente da bateria ou do alternador para os fusíveis dos faróis, e destes últimos para seu destino final.

### 5.1.1 Relés

São componentes eletromecânicos que têm função fundamental em sistemas cujos componentes comandantes não conseguem comutar a energia que os componentes comandados consomem. Por exemplo, o botão de acionamento dos faróis de um carro possui contatos que podem não suportar os quase 10A consumidos pelas lâmpadas de um conjunto de faróis, portanto o sinal comutado irá acionar a bobina de um relé (cujo consumo é de aproximadamente 200mA) e fechar seus contatos, adequado a esta alta corrente. Ainda, relés podem ser utilizados como realizadores de lógicas de funcionamento como garantir que funções do veículo só operem quando o mesmo estiver ligado.

### 5.1.2 Fusíveis

Os fusíveis são fundamentais na proteção da instalação contra correntes de curto-circuito, muito comuns durante reparos ou mau funcionamento de componentes elétricos. Os riscos de um curto-circuito são altos, principalmente devido à carroceria metálica dos automóveis serem conectadas ao pólo negativo da bateria. Além de ser muito difícil de substituir cabos incendiados em um chicote elétrico, o risco de este incêndio tomar proporções maiores é bastante grande.

Do ponto de vista elétrico, um fusível é caracterizado por:

- Corrente nominal ( $I_n$ ) – É a máxima corrente que o fusível suporta ininterruptamente sob condições específicas (considera-se 25°C de temperatura ambiente por aproximadamente 100 horas).
- Tensão ( $V_b$ ) – Indica a máxima tensão do circuito para que o fusível trabalhe de forma segura em caso de sobre corrente. Portanto o valor de tensão especificado para um fusível deve ser igual ou maior à especificada para o circuito que vai proteger. O de acordo com a

norma 257 do fabricante Littelfuse, valor de tensão especificado para fusíveis automotivos é até  $V_b = 32$  volts.

Usualmente as condições de aplicação são diferentes daquela cuja corrente foi determinada, isto com respeito à temperatura ambiente, secção dos cabos e tempo de aplicação da carga.

A relação entre o tempo de queima ( $t_s$ ) e a corrente ( $I$ ) é dada pela característica tempo X corrente, ou curva  $I t$  de um fusível, que é determinada por seu *design* e por parâmetros ambientais.

A corrente nominal ( $I_n$ ) é ligeiramente inferior que a mínima corrente de queima ( $I_s$ ), que é exatamente aquela onde o elemento fusível atinge sua temperatura de queima. A razão entre  $I_s$  e  $I_n$  é chamada de fator mínimo de queima dado por:

$$I_s/I_n$$

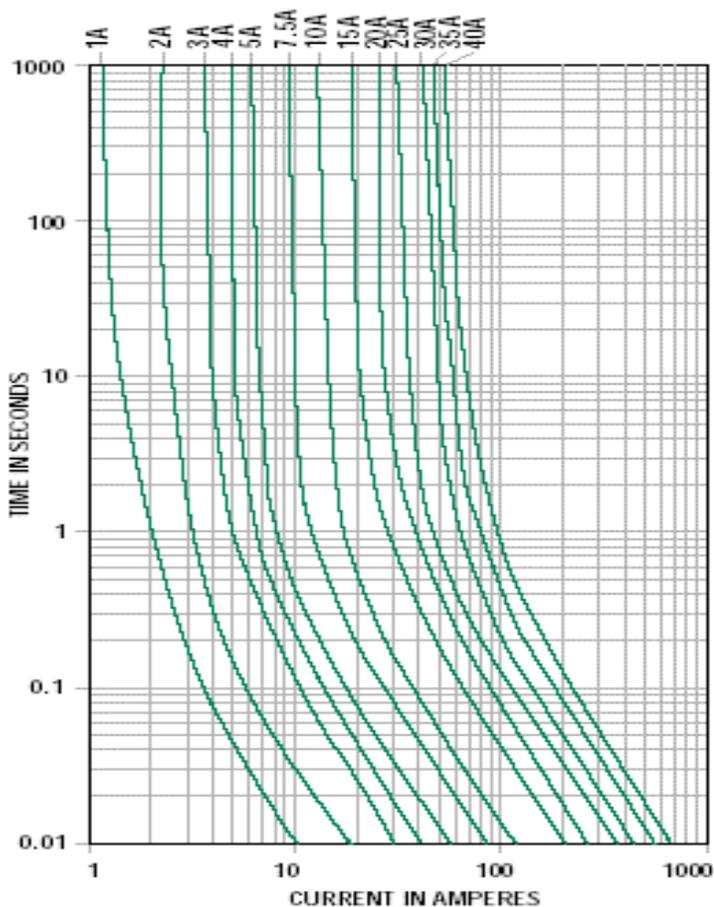
#### ***Equação 5 - Fator de queima***

Em correntes  $I > I_s$ , o elemento fusível irá romper em um intervalo de tempo determinado, chamado de tempo de queima  $t_s$ . Quanto maior  $I$ , menor será  $t_s$ . Para correntes relativamente elevadas, a relação entre  $t_s$  e  $I$  se aproximará de uma curva:

$$I^2 * t_s = c$$

#### ***Equação 6 - Constante de Meyer***

em que  $c$  é uma constante. Esta constante é determinada pela forma do fusível, bem como pela temperatura ambiente, e é conhecida como constante de Meyer. Na figura 18, pode-se notar a relação de tempo X corrente, a qual denomina-se curva de atenuação do fusível.



**Figura 18** – Curva de atenuação de Fusíveis.

Fonte: [www.littelfuse.com](http://www.littelfuse.com)

Quando aplicada  $I < I_s$  num fusível, certa quantidade de energia será dissipada pelo mesmo. A medida desta energia dissipada é a queda de tensão  $v_d$  sobre o fusível, que é proporcional a corrente nominal  $I_n$ . Como conseqüência desta dissipação, um aumento de temperatura irá ocorrer na região do fusível. A corrente de aplicação  $I_a$  é normalmente mais baixa que  $I_n$ , pois existem limites de uso contínuo dos materiais empregados e as variações da carga e do ambiente.

## 6 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

O capítulo “metodologia” teve o objetivo de apresentar o funcionamento de vários elementos que compõe o sistema elétrico embarcado automotivo.

De forma detalhada, apresentaram-se o funcionamento da bateria automotiva, suas características construtivas, as formas de carregamento etc. Além do alternador e também do motor de partida, responsáveis pela geração de energia automotiva.

Pôde-se expor o funcionamento do sistema de geração de energia, do sistema de partida, e da distribuição elétrica, além de abordar de forma mais superficial, o funcionamento e as características de outras cargas também presentes no sistema elétrico embarcado.

Apresenta-se também, de forma compacta, o detalhe do desenvolvimento do chicote elétrico e seus componentes agregados, bem como a proteção de todo sistema elétrico, o qual é foco desse trabalho.

Para a próxima fase do trabalho, daremos seqüência na fase de desenvolvimento de chicotes elétricos através de programas computacionais próprios para a execução de alguns trabalhos, tais como, roteirização do produto, dimensionamentos de cabos, dentre outros, além das fases de protótipos, testes e definições de produto.

Serão apresentados também, estudos direcionados à redução de custos como também alguns avanços tecnológicos automotivos.

## 7 CHICOTE ELÉTRICO AUTOMOTIVO COMO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.

Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado. Os projetos e operações diferem principalmente no fato de que os projetos são temporários e exclusivos as operações contínuas e repetitivas. Os projetos são normalmente autorizados como resultados de uma ou mais considerações estratégicas. Estas podem ser uma demanda de mercado, necessidade organizacional, solicitação do cliente, avanço tecnológico ou requisito legal.

Os projetos de chicotes elétricos automotivos se diferem dos demais projetos embarcados, pois dependem do conhecimento e informação de todos os outros subsistemas do veículo. É necessário conhecer as características estruturais, as dimensões do veículo, quais as cargas acopladas ao chicote, as variações de modelos, as características do ambiente, entre outras peculiaridades.

O chicote elétrico é responsável pelas interligações entre cargas que são distribuídas de forma simultânea e são direcionadas a levar informações a sensores e ou componentes elétricos eletrônicos ao longo do veículo. Isto tudo nos deixa claro que o chicote é responsável pela distribuição de corrente dentro do veículo e pela interligação do sistema elétrico automotivo.

Exemplo maior é que para se projetar e desenvolver um chicote elétrico temos de conhecer todo sistema de suprimento de energia, do motor de partida, da bateria, do alternador ou do sistema de iluminação, os quais são mencionados no decorrer desta metodologia.

Para o desenvolvimento é necessário aos projetistas, engenheiros ou técnicos conhecerem toda sua aplicação, tais como, área de aplicação, componentes, normalizações pertinentes a projetos automotivos, custos de componentes dentre outras.

Para os fornecedores deste item, além de estar totalmente em contato com o cliente, o qual repassa todas as informações necessárias para o desenvolvimento, tem também de estar com toda uma equipe formada para que o programa siga dentro do *time* e do *budget* estipulado nas negociações de nomeação de fornecimento.

## 8 FASES DE PROJETO PARA DESENVOLVIMENTO DE CHICOTES ELÉTRICOS AUTOMOTIVOS.

### 8.1 Método de dimensionamento de condutores elétricos para chicotes.

Após conhecer toda aplicação do chicotes, dos componentes a qual o veículo irá dispor é necessário adequar, dimensionar os cabos conforme suas descargas elétricas e envio de sinais eletrônicos para casa componente.

Segue um roteiro que é de suma importância para estes casos:

- Determinar as cargas de veículo e seus valores de consumo;
- Determinar os fatores de demanda;
- Elaborar o esquema elétrico de distribuição de energia do veículo.

Após a execução desta fase, a qual chamamos de definição de cargas e corrente nominais em função da tensão de alimentação, é necessário seguir em frente e definir a aplicação a cada componente, e assim segue:

- Calcular a corrente de cada circuito, aplicando as condições de demanda, a qual definirmos anteriormente;
- Determinar os *ranges* dos cabos em função da corrente;
- Verificar as quedas de tensões;
- Adequar os range em função da queda de tensão.

Com estas definições passaremos a definição de proteção do sistema, utilização de fusíveis e reles:

- Especificar os fusíveis para os circuitos através do range dos cabos;
- Comparar as curvas dos fusíveis específicos;
- Avaliar casos de incompatibilidade;
- Corrigir os range com os fusíveis definidos;
- Reavaliar as quedas de tensões;
- Ajustes finais, como ajuste de queda com relação a *range X Carga*.

Esta fase de dimensionamento de cargas, definições de sinais, sistemas de proteção entre outras é elaborada pela Engenharia Estrutural, a qual é responsável por toda parte elétrica de dimensionamento.

## **8.2 Estruturação de roteiros, derivativos e componentes de conexão.**

Definidas todas as cargas e aplicações, o produto começa a tomar suas formas, para esta fase é definido o chicote conforme a estrutura do carro, chamada de *Body*, onde são definidos os roteiros por onde o chicote irá ser montado.

Mas ainda não com o produto físico, e sim nos moldes 3D, onde o assentamento é realizado através de *software* específico para aplicação desta atividade, fazendo todo *lay-out* do chicote ao veículo.

Esta atividade é apenas uma roteirização do produto, não é ligado algum componente elétrico eletrônico nesta tarefa.

Após esta tarefa, onde definiram os roteiros (*lay-out*), passamos a definir as conexões, chamados conectores e mencionados os tipos deste item durante a fase de metodologia deste trabalho, a definição é uma atividade acompanhada por engenharia estrutural que corre em paralelo com o projeto, assim à medida que o projeto vai se tornando real e físico os mesmo já estão definidos.

Para cada componente elétrico disposto no veículo a um tipo específico de conexão, assim poderá acontecer de termos uma quantidade enorme de conectores, dependendo dos meios elétricos eletrônicos e tecnologia que o veículo irá dispor.

Tais definições são transpostas de desenhos 2D, o qual é repassado ao fornecedor nomeado para já dar o *start*, dar início ao projeto montagem do chicote automotivo, o qual a partir desta fase do programa irá ser responsável pelo fornecimento físico do chicote, *time*, definições de programação de montagens, testes e atualização do projeto junto ao cliente, neste caso são as montadoras.

Um das primeiras fases de projeto de responsabilidade do fornecedor são os protótipos dos chicotes, os quais serão os primeiros veículos a serem montados e definidos o produto e mostrados na próxima fase.

### 8.3 Protótipos.

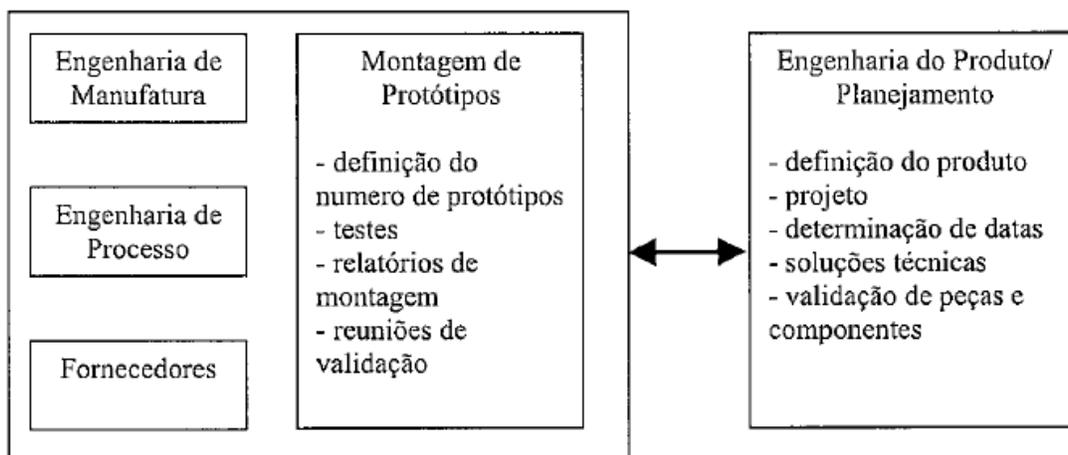
Uma das principais fases de um projeto, sendo ele direcionado ao desenvolvimento de chicotes elétricos ou não, é a fase de protótipos.

Nesta fase é onde são definidos praticamente todos os aspectos físicos do produto propriamente dito, antes de sua produção em série. Os protótipos são realizados para efetivar suas características técnicas, mercadológicas e a aplicação das tecnologias de produção.

Dentro de uma fábrica, geralmente temos uma equipe dedicada ao desenvolvimento de protótipos, os quais são formados por:

- 1) Engenharia de produto: é o grupo que é responsável pela elaboração dos desenhos de produtos, componentes e coordenação de novos projetos;
- 2) Engenharia Industrial: responsável pelas montagens e testes a serem realizados nos protótipos, além de garantir as datas de montagem do programa e validação;
- 3) Engenharia de processo: responsável pelos meios de produção, alterações, também acompanham todo processo de linha e montagem dos produtos.
- 4) Logística, planejamento de produto e administração de materiais: responsável pelas compras de componentes, elaborar lista de item necessários juntos a engenharia de produto, e entrega dos protótipos (produtos) nas datas programadas junto ao cliente.

A figura 19 abaixo demonstra bem como as equipes estão sempre bem conectadas durante esta fase.



**Figura 19** – Atuação das equipes durante fase de protótipos.

Fonte: Universidade de São Paulo.

Os protótipos são divididos em 3 fases distintas dentro de um desenvolvimento de produto, os quais definem cada etapa do produto, conforme descreve abaixo:

- 1) Fase I: nesta fase são definidos os roteiros, os dimensionais, os pontos críticos (áreas cortantes onde os mesmos são aplicados no roteiro do veículo) e de todos os outros aspectos físicos do produto, os mesmos não requerem que suas funcionalidades elétricas sejam funcionais, pois não serão validados estes aspectos e sim apenas o conteúdo físico do produto;
- 2) Fase II: nesta fase, além das definições de fase I também é necessário que as funções elétricas do chicote estejam definidas e funcionais;
- 3) Fase III: nesta fase já estão todos os componentes definidos, meios de produção, funções elétricas, efetividade, dentre outras, sendo bem específico, esta fase antecede a sua produção em série.

#### **8.4 Testes de produto.**

Conforme normas automotivas, em todos os produtos acabados e componentes que os compõem são necessários testes laboratoriais, técnicos e específicos para que sejam comprovadas suas qualidades e homologações.

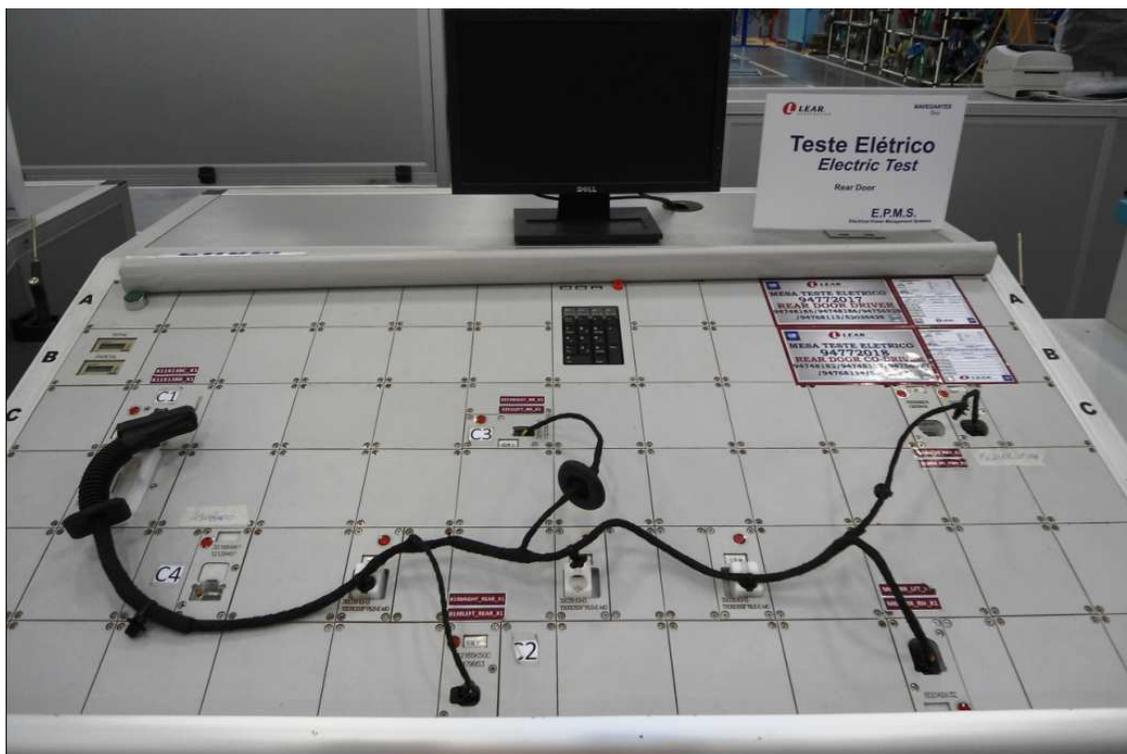
Com chicotes elétricos não é diferente, para os componentes geralmente os próprios fornecedores já fazem suas homologações *in loco*, isto é, realizando prévias montagens diretamente em veículos protótipos na própria montadora. Porém para chicotes elétricos, produto acabado, existem testes distintos devido suas complexidades físicas e elétricas.

Alguns dos testes são elaborados através de laboratórios certificados, definidos como: teste de envelhecimento, os quais todos os chicotes elétricos (produto final) são expostos a baixas e altas temperaturas, descargas de corrente, pressões, vibrações, dentre outros.

Outros testes são definidos pelo próprio cliente (neste caso as montadoras), tais como: rodagem, montagem, estruturação, teste de componencia (componentes contidos no chicotes), teste de presença, elaborado com os componentes elétricos eletrônicos contidos no veículo.

Para os fornecedores de chicotes elétricos, conhecidos como indústria chicoteira ou de autopeças, os testes são requisitos críticos recomendados. Os testes elétricos nos chicotes são como uma identificação de qualidade garantida para o cliente final, sem estes o

produto não tem sua validade reconhecida. Os testes elaborados nos fabricantes são os de continuidade elétrica, conhecida ponto a ponto, são elaborados em mesas modulares específicas, onde cada módulo representa a conexão do chicote e sua devida função, conforme figura 20 abaixo.



**Figura 20** – mesa modular para teste elétrico.

Fonte: Lear Corporation (2012).

## 8.5 Definições de processo de desenvolvimento de produto.

Define-se pelo processo de negócios, o estágio que compreende desde a idéia inicial e levantamento de informações do mercado até a homologação final do produto e processo e transmissão das informações sobre o projeto e o produto para todas as áreas funcionais da empresa.

Como os projetos possuem um caráter único, a eles esta associado a um certo grau de incerteza. As organizações que desenvolvem projetos usualmente dividem-no em várias

fases visando um melhor controle gerencial e uma ligação mais adequada de cada projeto aos seus processos operacionais contínuos.

Para os projetos de chicotes, como mencionado anteriormente, o mesmo define-se na entrada do produto na produção em série, porém ainda existem os controles ao projeto envolvido, tais como:

- Alterações;
- Modificações;
- Processos;
- Entradas de novos componentes;
- Reduções de custos, dentre outros.

Então define-se o projeto de desenvolvimento de produto, a partir da implementação do produto para produção. Os projetos passam para a fase de controle, onde a qualquer momento as engenharias, cliente e fornecedor, estão prontos para qualquer solicitação de alteração. Geralmente o projeto a partir deste momento é controlado pelo *Programmer Manager*, onde o mesmo dispõe das datas de todo o programa.

Há alguns anos atrás um projeto automotivo tinha um tempo de desenvolvimento muito alto, devido à transformação do mercado, a competitividade, globalização de meios e tecnologias cada vez mais atuantes em projetos, os mesmos tiveram uma redução extrema nas datas de programa. Antigamente para se comprar um carro do ano, esperava-se todo início e primeiro trimestre do ano para se obter o mesmo, atualmente as montadoras desenvolvem um mesmo modelo de veículo em um só ano, os diferenciando por alguns opcionais, algumas o chamam de *facelift*, e os diferenciando apenas pelo ano de entrada, destinados *Model Year*. Algumas montadoras se propõem a desenvolver pelo menos dois projetos por ano, alguns dos motivos a levar esta aceleração nos projetos são as concorrências que vêm aumentando constantemente, devido a abertura para outras multinacionais, principalmente as orientais, cujo custo pra desenvolver é baixo em relação às européias e também devido a legislação do país, as quais ultimamente estão focadas na segurança e sustentabilidade.

Contudo, as fornecedoras de auto peças, como as chicoteiras, tem de acompanhar todo o processo de desenvolvimento e conclusão de programas e projetos.

## 9 ESTUDOS AVANÇADOS SOBRE SISTEMAS ELÉTRICOS AUTOMOTIVOS.

### 9.1 Sistema elétrico 36/42 v.

Devido a uma série de fatores, tais como itens de segurança, conforto, exigências legais, diminuição de emissão de poluentes dentre outros, o sistema elétrico automotivo atual está passando por necessidade de avaliação, pois com toda esta tecnologia implementada, módulos e componentes o sistema elétrico atual não esta adequado para carga de potência nos veículos atuais.

Conforme estudos encontrados no site visitado, antigamente os carros tinham uma potência de consumo de aproximadamente 500 W, hoje esta potência esta em 1 KW, isto falando em carros compactos, se falarmos de carros médios esta potência sobe para 1.5 KW e para carros de luxo 2 KW. Para um futuro não tão longe esta carga deve ultrapassar os seus 3,5 KW devido a avanços e tecnologias.

O sistema atual que conhecemos é o de 12V, porém esta carga é o nominal, este sistema trabalha em até 14V. o sistema atual esta dimensionado para trabalho em até 3KW. Então se notou a necessidade de desenvolver um sistema para que comportasse a demanda de energia veicular e a revolução do sistema elétrico automotivo, daí surgiu o que hoje se estuda muito e pode ser a revolução automobilística do futuro, o **sistema elétrico 42 V**.

A tecnologia 42V é o triplo da tecnologia atual e sua capacidade de carga é de até 9kw, como pode se ver, três vezes mais que o sistema atual. Com a implementação deste novo sistema os automóveis ganharão vários benefícios tecnológicos e também na parte física, tais como:

- 1) Substituição de componentes e sistemas completos e complexo por sistemas mais eficazes e eficientes, por exemplo: direção, ar condicionado e freios;
- 2) Alternador e motor de partida serão substituídos por um só sistema;
- 3) sistema de desligamento e *start* automático;
- 4) sistemas de viabilização de combustíveis, economia e emissão de poluentes.

Fornecedores de autopeças, montadoras e indústrias ligadas ao setor automobilístico terão uma tarefa grandiosa e desafiadora, pois com a migração de todo este sistema será necessário a readequação de componentes, adaptar sistemas, criação de novos componentes, tudo a partir de um processo e conceito já conhecidos e técnicas já desenvolvidas. Contudo, o conhecimento e a tecnologia são as chaves para se participar deste novo processo, as quais serão um diferencial entre os fornecedores.

Com certa experiência na parte de sistema elétrico veicular, falando em chicotes elétricos, acredita-se que quem estiver bem preparado para as mudanças, que com certeza é inerente, fará e dará um passo importante para desenvolver e agregar informações importantes sobre este novo sistema e terá uma certa vantagem comparado com os demais concorrentes.

## **9.2 Aplicação de alumínio no sistema de distribuição elétrica automotiva.**

Como é de conhecimento de muitos de nós, atualmente um dos maiores gargalos na fabricação de veículos automotores são os estudos avançados para garantir as normas, exigências do CONTRAN (conselho nacional de transito) e leis governamentais de emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Infelizmente muitos de nossos veículos estão sendo reprovados neste quesito, emissões de poluentes.

Conforme site acessado, em estudos realizados, mostra-se um aumento considerável no peso do veículo, aí vem a pergunta, o que tem a ver o peso do veículo com emissão de poluentes? Quanto mais equipamentos inseridos ao veículo maior fica o peso, e quanto mais peso é necessário uma força maior de torque para fazer o motor rodar, conseqüentemente uma maior carga de consumo de combustível e assim fazendo com que se emita um numero maior de gases na atmosfera.

Uma das saídas para solucionar parte do problema é a aplicação de alumínio ao veículo, pois o alumínio tem um peso bem inferior ao metal utilizado atualmente nas carrocerias e também na utilização de cabos de alumínio para fabricação de chicotes elétricos, os quais são utilizados na distribuição de energia em vários pontos do automóvel.

Conforme site, para os sistemas elétricos o alumínio seria um importante aliado, pois reduziria em até 48% o peso em relação a um chicote elétrico feito com cabos em cobre, os

quais são utilizados atualmente. Fazendo um comparativo entre o alumínio e o cobre nota-se algumas desvantagens, tipo a condutividade elétrica do alumínio é 61% menor em relação ao cobre, nestes casos teríamos de utilizar cabos muito mais grossos para satisfazer a demanda de corrente e carga, no entanto, mesmo com essa desvantagem ainda sim tem-se uma redução de peso no veículo.

O ponto de vantagem é o custo em relação ao cobre, o alumínio é bem mais barato que o seu concorrente, o cobre.

Já estão sendo realizados alguns testes com o alumínio com esta função de transmissão de sinais e cargas automotivas, mas ainda temos alguns cabos de cobre acompanhando, pois o cobre tem uma ótima condutividade quando relacionados a cabos finos, como por exemplos os cabos com *ranges* de 0.25mm, 0.35mm, 0,50mm e assim por diante.

Só para se ter uma idéia, foi feito um levantamento, se fossem fabricados 3 milhões de veículos com este sistema em alumínio, seria poupado aproximadamente 9,4 milhões de litros de combustíveis anualmente, isto representa 16.5 milhões de quilos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a menos na atmosfera.

Contudo, acredita-se que para um futuro bem próximo já estaremos utilizando deste benefício, tanto para o planeta terra quanto para nós consumidores, pois quando seu veículo estivesse fora de linha ou inutilizado, não precisaríamos vender como um único produto e sim vendê-lo por peso, utilizando como base o preço do alumínio.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A formação acadêmica é a porta de entrada no mercado de trabalho, que carece cada vez mais de mão de obra especializada.

No Brasil, o setor automobilístico apresenta-se como grande empregador de mão de obra especializada, em especial de engenheiros. A aproximação entre esses dois meios, acadêmico e automotivo, traz um potencial de ganho para ambos envolvidos, tanto em pesquisas quanto em investimento profissional.

O presente trabalho pretende informar de uma forma teórica, um estudo atual sobre desenvolvimento do sistema elétrico automotivo, mais definidamente na parte de distribuição de cargas e sinais elétricos através de chicote elétrico, mostrar a teoria sobre o funcionamento, componentes que o compõe, características construtivas, áreas envolvidas e também as fases de desenvolvimento até o produto final.

Realizaram-se vários estudos direcionados com o objetivo de organizar e viabilizar num único trabalho, informações e conhecimentos sobre o desenvolvimento deste produto.

Apesar da experiência neste tipo de trabalho, vale ressaltar as dificuldades encontradas, pois se trata de assuntos não tratados diretamente no meio acadêmico devido a apresentar em certas partes do trabalho um conhecimento pelo menos superficial na área de gestão e direcionamento de metas.

Para o sistema de geração de energia, alternador, motor de partida e bateria foram feitos estudos não incisivos e sim estudos superficiais, pois não é a tema principal do presente trabalho, mas deve ser mencionado, pois sem entender a geração de carga veicular, este trabalho ficaria com conteúdo sem foco e sem notoriedade.

Na parte de metodologia, onde se inicia o foco do trabalho foram levantados todos os detalhes construtivos do produto chicote elétrico, passos para desenvolvimento, áreas que contribuem para o desenvolvimento, componentes em geral, além de todo processo para definição e conclusão do desenvolvimento e produto final.

Portanto, o trabalho realizado sobre desenvolvimento de chicotes elétricos automotivos requer um melhor aprofundamento, pois devido à complexidade e

normalizações as quais este requer, o trabalho ficaria de um modo muito extenso e sairia do escopo, mas com tudo isto, acredita-se que de um modo didático e com ênfase pode-se perfeitamente ser bem informativo e útil para consulta e direcionamento de estudos.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SANTOS, MAX MAURO DIAS. **Redes de Comunicação Automotiva**. São Paulo, SP, Editora: Erica, 2010.

GUIMARÃES, ALEXANDRE DE ALMEIDA. **Eletrônica Embarca Automotiva**. São Paulo, SP, Editora: Erica, 2010.

CAPELLI, ALEXANDRE. **Eletroeletrônica Automotiva: Injeção Eletrônica, arquitetura do motor e sistemas embarcados**. São Paulo, SP, Editora: Erica, 2010.

BARROS, ANDRE. **Crescimento da indústria automotiva global**. Disponível em: <http://adilsongordiano.blogspot.com.br/2010/11/crescimento-da-industria-automotiva.html> . Acesso em: 14 Mar. 2012.

SENAI. **Sistema de sinalização e iluminação**. 2004  
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAelqAAH/eletrica-automotiva> . Acesso em: 17. Mar. 2012.

BOSCH, ROBERT. **Manual de tecnologia automotiva**. Tradução: Helga Madjderey, Gunter W. Prokesch, Euryale de Jesus Zerbini, Suely Pfeferman – São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

DIN 72551 - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.. Veículos de rua, cabos elétricos de baixa tensão – polares sem blindagem com isolamento fino em PC. [s.l.] 1996.

LITTELFUSE APPLICATIONS. **Fusíveis Automotivos**. [s.l.]. Disponível em [www.littelfuse.com](http://www.littelfuse.com), acesso em 02/06/12.

TE ELECTRONICS. **Wire Seal, Connectors and Terminals**. [s.l.]. Disponível em [www.tycoelectronic.com](http://www.tycoelectronic.com), acesso em 25/05/12.

MAZETO, RAFAEL. **Estudo da metodologia de dimensionamento elétrico automotivo e análise de comportamento de cargas em veículos quando sujeitos a variação de tensão**. Curitiba, 2010.

OLIVEIRA, MAURI APARECIDO DE. OLIVA, FABIO LOTTI. BUENO, UBIRATAN. **Fabricas de protótipos como vantagem competitiva no processo produtivo industrial**. Universidade de São Paulo. São Paulo.

NOGUEIRA, PEDRO. **Manual de projetos de chicotes elétricos**. São Paulo.2001.

ALUAUTO. **Alumínio em automóveis.** [s.l]. Disponível em <http://www.abal.org.br/aluauto/ed25/cabos.htm>, acesso em 25/10/12.

INOVATECNOLOGIA. **Carros passarão a utilizar sistema elétrico de 42V.** [s.l]. Disponível em <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010170010907>, acesso em 25/10/12.