

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Eduardo Rosini Faria Barbosa

Kauê de Oliveira Cardoso

Rafael da Silva Ferreira

**Estudo e Implantação de Sistema BSG (*Belted
Starter Generator*) em Veículos de Passeio**

Santo André
2018

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Eduardo Rosini Faria Barbosa

Kauê de Oliveira Cardoso

Rafael da Silva Ferreira

Estudo e Implantação de Sistema BSG (*Belted Starter Generator*) em Veículos de Passeio

Trabalho de Conclusão de Curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Delatore

Santo André
2018

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador

Santo André, de Dezembro de 2018

Aluno

Professor

FICHA CATALOGRÁFICA

B238e

Barbosa, Eduardo Rosini Faria
Estudo e implantação de sistema BSG (Belted Starter Generator) em
veículos de passeio / Eduardo Rosini Faria Barbosa, Kauê de Oliveira
Cardoso, Rafael da Silva Ferreira. - Santo André, 2018. – 64f. il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Fabio Delatore

1. Eletrônica. 2. Motor elétrico. 3. Motor de combustão interna. 4. Emissão
de gases. 5. Sistema BSG. 6. Veículos. 7. Tecnologia. I. Cardoso, Kauê de
Oliveira. II. Ferreira, Rafael da Silva. III. Estudo e implantação de sistema
BSG (Belted Starter Generator) em veículos de passeio.

621.389

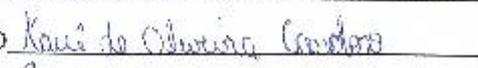
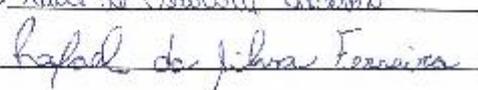
LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 18 DE DEZEMBRO DE 2018.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "ESTUDO
E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA BSG (Belted Starter Generator)
EM VEÍCULOS DE PASSEIO" DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE
DESTA U.E.

BANCAPRESIDENTE:
PROF. TABIO DELATOREMEMBROS:
PROF. FERNANDO GARUP DALBO

PROF. WESLLEY MEDEIROS TORRES

**ALUNOS:**EDUARDO ROSINI FARIA BARBOSA KAUÊ DE OLIVEIRA CARDOSO RAFAEL DA SILVA FERREIRA 

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores e funcionários da instituição Fatec Santo André por proporcionar o melhor aprendizado possível, por acreditar no nosso potencial, em especial ao nosso orientador Professor Dr. Fabio Delatore que ao decorrer do projeto auxiliou com bons conselhos que foram cruciais para o desenvolvimento do mesmo.

Ao Professor Fernando Garup Dalbo agradecemos pela paciência com o grupo e por nos guiar da maneira mais sabia e correta, conseguindo extrair o melhor de cada participante do grupo para que o projeto fosse o melhor possível. Agradecemos aos familiares por sempre estarem juntos conosco no decorrer da graduação mesmo nos momentos difíceis.

Agradecer também os nossos amigos de curso Flavson Francisco da Silva pelos conselhos e ajuda relacionados a parte mecânica do projeto e Antonio Ferreira Socorro e Edson Ramos da Silva com o apoio dado durante o desenvolvimento da integração da parte micro controlada com os hardwares.

RESUMO

A necessidade da diminuição de emissões de gases poluentes impostas pelos governos do mundo todo acarretou o desenvolvimento de novas tecnologias que atendessem a essa necessidade. Desse modo, esta pesquisa teve como objetivo apresentar estudos de implantação do Sistema BSG em veículos de passeio, demonstrando as principais vantagens da inclusão do sistema BSG em veículos leves, e apontando resultados relevantes neste campo comparados aos sistemas considerados convencionais que utilizam o alternador e motor de partida para realizar a geração de energia elétrica no veículo e retirada de inércia do MCI para funcionamento completo. Para tanto, o percurso metodológico pautou-se em uma ampla revisão bibliográfica em bancos de dados de publicações, teses e dissertações cujo objeto de estudo esteja relacionado ao uso e implantação da tecnologia BSG. Com base nesses estudos, concluímos que as pesquisas têm apontado o BSG como uma solução viável e econômica, pois este sistema consiste basicamente em montar esta unidade de gerador de motor na localização convencional tradicionalmente usada para o alternador automotivo padrão, possibilitando um método de baixo custo de adicionar capacidades híbridas, como start-stop, assistência de potência e níveis moderados de frenagem regenerativa. Inferimos a importância de continuar os estudos e a aplicabilidade do circuito BSG, pois todas as suas funções contribuem para o melhor consumo de combustível e redução de emissões. Esse sistema pode ser utilizado com os sistemas start-stop e frenagem regenerativa, podendo diminuir ainda mais o consumo de combustível e recuperar a energia que está sendo colocado ao acionar o pedal do freio.

Palavras chaves: Alternador; Motor de partida; Sistema BSG; Veículos híbridos.

ABSTRACT

The need to reduce emissions of pollutant gases imposed by governments around the world has led to the development of new technologies to meet this need. Thus, this study aimed to present studies of the implementation of the BSG System in passenger vehicles, showing the main advantages of including the BSG system in light vehicles, and pointing out relevant results in this field compared to the conventional systems that use the alternator and starter to perform the generation of electric power in the vehicle and withdrawal of inertia from the MCI for full operation. For that, the methodological course was based on a broad bibliographic review in databases of publications, theses and dissertations whose object of study is related to the use and implementation of BSG technology. Based on these studies, we conclude that research has pointed to BSG as a feasible and economical solution since this system basically consists of mounting this motor generator unit in the conventional location traditionally used for the standard automotive alternator, enabling a method of low cost of adding hybrid capabilities such as start-stop, power assistance and moderate levels of regenerative braking. We underline the importance of continuing the studies and the applicability of the BSG circuit, because all its functions contribute to the better fuel consumption and reduction of emissions. This system can be used with the start-stop and regenerative braking systems, which can reduce fuel consumption and recover the energy being supplied when the brake pedal is activated.

Keywords: Alternator; BSG system; Start engine; Hybrid vehicles.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	155
1.1. Introdução ao Trabalho	155
1.2. Motivação para o Desenvolvimento do Trabalho	177
1.3. Objetivos do Trabalho	177
1.4. Organização do Trabalho	177
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	188
2.1. Revisão Bibliográfica	188
2.2. Revisão de Literatura	233
2.2.1. Motor de Combustão Interna	233
2.2.2. Alternadores Automotivos	255
2.2.2.1 Circuito Retificador de Onda Completa	288
2.2.3. Sistema de Partida	30
2.2.4. Bateria Automotiva	322
2.2.5. Sistemas Híbridos	344
2.2.5.1 História	355
2.2.5.2 Evolução Tecnológica	366
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	388
3.1. Máquinas Elétricas de Corrente Contínua	40
3.2. Drive de Potência	41
3.3. Sensor de Rotação	433
3.4. CPU Fatec	455
3.5. Circuito Acionador de Estado	466
3.6. Consumidores e Bateria	488
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS OBTIDOS	50
4.1. Teste como Gerador de Energia	50
4.2. Teste com a Função de Acionamento Booster	522
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	555
5.1. Propostas Futuras	577

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	588
APÊNDICE A – TABELAS DOS TESTES	60
ANEXO A – REFERÊNCIA DOS MOTORES DC MOTRON	622
ANEXO B – PLACA ELETRÔNICA FATEC	644
ANEXO C – BATERIA ESTACIONÁRIA VRLA 12V 7AH MOD.UP1270E..	666

Lista de Figuras

Figura 1 - Corte de um motor de ciclo Otto.	244
Figura 2 - Ciclo teórico do funcionamento do motor de Ciclo Otto	255
Figura 3 - Bloco de funcionamento do sistema de carregamento	266
Figura 4 - Alternador automotivo	277
Figura 5 - Circuito elétrico do alternador automotivo	288
Figura 6 - Retificador de meia onda	299
Figura 7 - Retificador de onda completa	299
Figura 8 - Retificador de onda completa do alternador automotivo	30
Figura 9 - Motor de partida e seus respectivos componentes	31
Figura 10 - Funcionamento do motor de partida quando acionado	322
Figura 11 - Imagem ilustrativa da bateria e seus componentes.	333
Figura 12 - Carga da bateria: curva característica IU	333
Figura 13 - Carga de bateria: curva característica W	344
Figura 14 - Veículo <i>Lohner Porsche</i>	355
Figura 15 - Evolução históricas dos veículos híbridos.....	366
Figura 16 - Sistema serie	366
Figura 17 - Sistema paralelo	377
Figura 18 - Diagrama de blocos do funcionamento do projeto	399
Figura 19 - Bancada BSG	40
Figura 20 - Motores Fixados na Bancada	41
Figura 21 - Circuito do driver de potência	422
Figura 22 - Drive de potência	433
Figura 23 - Circuito do sensor de rotação	444
Figura 24 – PCI do sensor de rotação junto ao eixo intermediário das máquinas elétricas.....	444
Figura 25 - CPU Fatec	455

Figura 26 - Fluxograma do funcionamento do sistema	466
Figura 27 - Circuito acionador de estado	477
Figura 28 - Circuito acionador com par de relé automotivo	477
Figura 29 - Circuito simples acionador	488
Figura 30 - Circuito acionador simples com relé automotivo	488
Figura 31 - Lâmpadas automotivas de 21 W representando os consumidores.....	499
Figura 32 - Gráfico de resposta da Máquina Elétrica 01	50
Figura 33 - Gráfico de resposta da Máquina Elétrica 02 como gerador	51
Figura 34 - Cálculo para resistência interna da máquina elétrica 02.....	522
Figura 35 - Resultados dos testes de acionamento da função Booster na Máquina Elétrica 01	533
Figura 36 - Resultados dos testes de acionamento da função Booster na Máquina Elétrica 02	544

Lista de Quadro

Quadro 1 - Lista de componentes do driver de potência.....	422
--	-----

Lista de Abreviaturas

<i>A</i>	<i>Amper</i>
<i>BSG</i>	<i>Belt Starter Generator</i>
<i>CPU</i>	<i>Central Processing Unit</i>
<i>LCD</i>	<i>Liquid Crystal Display</i>
<i>MCI</i>	<i>Motor de Combustão Interna</i>
<i>ME</i>	<i>Motor Elétrico</i>
<i>NA</i>	<i>Normalmente Aberto</i>
<i>NF</i>	<i>Normalmente Fechado</i>
<i>PCI</i>	<i>Placa de Circuito Impresso</i>
<i>R</i>	<i>Resistência</i>
<i>RPM</i>	<i>Rotações Por Minuto</i>
<i>V</i>	<i>Volt</i>
<i>VE</i>	<i>Veículo Elétrico</i>
<i>VEB</i>	<i>Veículo Elétrico a Bateria</i>
<i>VEH</i>	<i>Veículo Elétrico Híbrido</i>

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. Introdução ao Trabalho

A necessidade de inovação no ramo automotivo sempre foi algo a ser perseguido ao longo da história, isto sempre foi uma base sólida para o ramo, porém esse segmento estava seguindo uma trajetória indesejável. Com o aumento da utilização do automóvel nas grandes cidades e regiões metropolitanas foi possível notar que esta ferramenta que foi desenvolvida para o auxílio ao ser-humano começou a desencadear grandes problemas para a saúde das pessoas. O motor por ser uma máquina térmica que realiza trabalho através da transformação química de combustíveis fósseis acaba gerando gases no fim de cada processo como o Monóxido de Carbono(CO), Material Particulado(MP), Óxido de Enxofre (SOx), Óxidos de Nitrogênio(NOx) e Hidrocarbonetos(HC) que contribuem para a diminuição da qualidade do ar onde está sendo expelido. A princípio esse foi o principal motivo pela preocupação dos governos, pois isto começou a trazer danos à saúde de toda população. Quando o número de automóveis era pequeno, essas questões não eram discutidas pois não era possível perceber que os automóveis traziam tantos riscos a vida, essa preocupação estava somente focada ao ramo industrial que sempre teve altos níveis de poluição principalmente por estar localizadas nas regiões metropolitanas. Com tudo isso a inovação no ramo automotivo teve que começar a se conciliar com as legislações e desse modo andar lado a lado.

Inicialmente a eletrônica nos veículos era usada para itens como iluminação e conforto dos ocupantes, mas com os avanços da tecnologia os fabricantes de veículos introduziram a eletrônica em pequena escala em seus automóveis para conseguirem atender quesitos que foram exigidos por normas de redução no consumo de combustível e emissão de gases. Através dos benefícios da eletrônica foi possível aumentar o campo de inovação trazendo para o veículo uma maior eficiência por um consumo menor de combustível. A eletrônica ganhou mais espaço, principalmente na parte de diagnose do veículo que possibilitou existência deste quesito nos automóveis, desse modo foi possível monitorar através do painel do automóvel se o mesmo estaria atendendo as normas de emissões através da lâmpada de mau funcionamento do MCI (Motor de Combustão Interna).

A utilização de um veículo que possui MCI a cada dia perde mais adeptos ao redor do mundo, mesmo com as inúmeras tentativas de redução a degradação do ar. Mesmo com esse controle, nas últimas décadas as taxas de poluição atmosférica em regiões urbanas do Brasil aumentaram, tendo em vista o crescimento econômico e industrial. Antigamente havia um número reduzido de veículos sem tecnologia de controle de emissões. Atualmente o número de veículos aumentou junto com avanço da tecnologia, porém não diminuiu o índice de taxa de poluentes conforme Queiroz (2006).

O VEH (Veículo Elétrico Híbrido) surge como uma opção para que ocorra uma transição, da frota convencional de veículos para veículos elétricos, pois em países em desenvolvimento como o Brasil o preço final do VE (Veículo Elétrico) no momento atual não seria um preço acessível a grande parte da população, o que ocasionaria uma rejeição do mesmo. O VEH é classificado como um veículo que utiliza duas fontes de energia para se movimentar e, geralmente adotar um motor elétrico como fonte alternativa assim atendendo as exigências da legislação no cenário atual. Os VEHs possuem uma classificação de hibridização onde a categoria possui uma relação de custo por nível de hibridização e possuem cada arquitetura de construção. Analisando o mercado mundial de veículos automotivos a substituição da frota de veículos leves convencionais por VEH é possível prever a utilização cada vez maior da utilização das arquiteturas de hibridização. Visando essa probabilidade de crescimento foi proposto desenvolver um estudo onde será aplicada a tecnologia BSG (Belted Started Generator), de baixo custo econômico que propõem substituir dois componentes do veículo em um apenas, e realizando a função de ambos, neste caso o alternador e o motor de partida. O motor elétrico que utiliza a tecnologia BSG gera o torque necessário para acionar o motor, ele funciona como um gerador para carregar as baterias durante o momento de frenagem e operação normal do motor, e fornece uma quantidade limitada de energia elétrica durante as demandas de alta aceleração (Emadi, 2014).

O governo Brasileiro já pretende dar os primeiros passos para a implementação do VEH no país, com o fim do programa do governo Inovar Auto novos programas devem ser propostos, pois caso não ocorra, a entrada de VEH importados terá aumento, isso impactará diretamente na economia automobilística.

1.2. Motivação para o Desenvolvimento do Trabalho

Neste trabalho de conclusão de curso uma das maiores motivações é fornecer um estudo amplo de implantação da tecnologia BSG, onde nosso trabalho possa ser um alicerce para estudos futuros sobre o tema. Por ser uma tecnologia ainda pouco conhecida que possui uma grande viabilidade dentro do mercado nacional, podendo ser introduzida tanto em veículos novos ou em veículos que já estão em uso.

Um quesito que também pode ser considerado uma motivação para este projeto de conclusão de curso é possuir parâmetros conhecidos de trabalho para que ocorra o maior aproveitamento possível desta tecnologia podendo garantir que é um sistema confiável e eficaz a ser inserido nos veículos de passeio.

1.3. Objetivos do Trabalho

Com o objetivo primordial de compreender, identificar e demonstrar o conceito de hibridização dos veículos de MCI através da tecnologia BSG, este trabalho irá guiar o estudo completo de tal assunto existente.

Deste modo empregando todo o conhecimento adquirido em uma bancada que terá dentre suas funções a de simular as principais condições de um veículo leve desde sua partida até o desligamento por completo no campo de geração e manipulação de energia; demonstrar as principais vantagens da inclusão do sistema BSG em veículos leves, como a função *booster*; e trazer resultados relevantes neste campo comparados ao sistema considerados convencionais que utilizam o alternador e motor de partida para realizar a geração de energia elétrica no veículo e retirada de inércia do MCI para funcionamento completo.

1.4. Organização do Trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em 5 Capítulos. O Capítulo 1 apresenta uma introdução e visão geral do trabalho, além dos objetivos e motivação. O Capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica e a fundamentação teórica para o entendimento do trabalho. O Capítulo 3 apresenta a metodologia para o desenvolvimento do trabalho. O Capítulo 4 apresenta os resultados dos testes realizados. Finalizando, o Capítulo 5 apresenta as conclusões obtidas.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Revisão Bibliográfica

Os VEs possuem a descrição de acordo com as fontes de energia que movimentam o veículo. Possuem dois tipos: veículo elétrico híbrido, possuindo um motor de combustão interno gasolina ou diesel, e um conjunto de baterias químicas mais acionamento ou conversor de potência e motor elétrico, podendo ser *plug-in* ou não, e VEB (Veículo Elétrico a Bateria), onde a única fonte de energia é a bateria elétrica, de acordo com Lenerneier&Eichenberger (2015).

Lenerneier&Eichenberger (2015) afirma que na categoria de veículos híbridos elétricos ocorre o uso organizado de uma fonte de energia gerado por um MCI com um ME (Motor Elétrico), a energia elétrica que é atribuída nesse dispositivo é gerada no próprio veículo através do MCI. Existem duas maneiras que este motor pode ser abastecido, combustíveis líquidos (gasolina, etanol, diesel, etc.) e combustíveis gasosos (gás natural veicular). Possui ainda a tecnologia de frenagem regenerativa, aproveitando a energia cinética procedente da desaceleração do veículo para efetuar a carga das baterias.

VHEs podem ter três configurações típicas de arquitetura nos modelos atualmente comercializados: Série, paralela ou mista. Os VE movidos à bateria atribuem um ou mais motores elétricos que são alimentados com energia elétrica proveniente de uma ou mais baterias, não possuem MCI. As cargas são realizadas através de uma fonte externa ao veículo, normalmente os *plug-ins*.

Com os avanços tecnológicos no ramo eletricidade/eletrônica voltados para a área automotiva em geral, com o intuito de reduzir consumos e emissões, deram-se especificamente com o início do processo de hibridização das novas frotas de veículos automotivos, visando reduzir os custos com a produção desses veículos híbridos. Através de Queiroz (2006), o conhecimento da sociedade sobre assuntos relacionados ao meio ambiente e assuntos voltados à qualidade de vida, ficou notável a preocupação de todos em relação a estes temas e a partir de eventos ambientais que notoriamente prejudicavam a saúde de todos foi tomado decisões através dos governos em todo o mundo em relação à diminuição da poluição.

A partir de então as emissões começaram a ser restringidas. A maioria dos países desenvolvidos e em desenvolvimento foi forçada a determinar metas para a diminuição de gases que geravam a degradação do meio. Com o aumento da utilização dos veículos automotor foi possível notar que eles tinham uma grande porcentagem na degradação do ar, principalmente em regiões metropolitanas por ter uma concentração maior de veículos. Em nosso país mesmo com o aumento da rigorosidade nas leis de emissões ocorreu um aumento das taxas de poluição atmosférica.

Bravo (2016) aponta que com a necessidade de diminuição de emissões imposta pelos governos em todo o planeta às empresas ligadas ao ramo automotivo em geral, sejam elas montadoras ou empresas de tecnologia voltada à essa área se sentiram obrigadas a desenvolver novas tecnologias que atendessem essa necessidade. Por meio da diminuição do volume dos motores de combustão foi encontrada uma solução bastante usada, porém com isso acompanhou junto uma piora no desempenho de aceleração. A hibridização do MCI passou a ser vista com bons olhos na qual encaminhou a implementação de um motor elétrico que pode adicionar potência em determinadas ocasiões de operação, com isso, também trouxe conceitos de frenagem regenerativa que efetua o reaproveitamento de energia no momento de frenagem do veículo. O pesquisador cita ainda que, no decorrer dos anos é possível notar que a hibridização no ramo automotivo será um tema ainda muito comentado, discutido e estudado, pois os veículos elétricos ainda não possuem característica de armazenamento rápido de energia e espaço.

Desse modo, a existência de novas tecnologias de hibridização e os estudos de implementação desse novo conceito ocorreu um aumento considerado significativo nas instituições de ensino e nas empresas automotivas do mundo todo.

Um exemplo claro da expansão dessa tecnologia, conforme aponta Bravo (2016), são os kits desenvolvidos para serem instalados em veículos novos e em veículos já produzidos de forma convencional, e um deles que chama bastante atenção é o Sistema 48 V Eco Drive da Continental que foi desenvolvido na Alemanha e que usa um motor de indução com um inversor integrado que é conectado ao MCI através de uma correia, esse circuito auxilia o MCI tanto na regeneração de energia como em momentos de aceleração e partida.

De acordo com Queiroz (2006) o veículo híbrido, utilizam além do MCI um motor elétrico auxiliar que possui a finalidade de permitir uma maior economia de combustível e menor nível de gases nocivos na atmosfera. A utilização da tecnologia híbrida em veículos atende duas exigências básicas: a tendência da indústria automobilística em desenvolver tecnologias que atendam a requisitos de ordem ambiental, e a preocupação de órgãos governamentais mundiais para reduzir a emissão de poluentes por veículos automotores.

Diversos estudos têm apontado o BSG como uma solução viável e econômica. Este sistema consiste basicamente em montar esta unidade de gerador de motor na localização convencional tradicionalmente usada para o alternador automotivo padrão, possibilitando um método de baixo custo de adicionar capacidades híbridas, como partida e parada, assistência de potência e níveis moderados de frenagem regenerativa.

O BSG é um sistema que vem crescendo ao longo das últimas décadas, por conta de suas características referentes ao baixo custo, um menor peso, e a influência em um menor consumo de combustível, de acordo com Baldizzone (2012).

Cossale (2017) apresentou um estudo que teve como objetivo principal apresentar a tecnologia BSG, desde o surgimento de tecnologias elétricas voltadas ao transporte, princípios básicos de funcionamento, geração de energia e as funções mais importantes realizadas no motor de combustão interna. De acordo com esse pesquisador, um ponto importante no desenvolvimento desse sistema é focado na parte do motor elétrico no qual possui diversos pré-requisitos a serem seguidos para poder fazer parte desse sistema, entre eles estão: o peso e volume; alta eficiência; baixa vibração e ruído; robustez; tolerância a falhas e baixo custo de produção. A temperatura de trabalho e capacidade de refrigeração são um dos pontos cruciais nesse sistema, pois isso pode afetar a vida útil do gerador de energia, desse modo seu estudo constituiu de inúmeros cálculos e testes para determinar qual seria a melhor máquina elétrica para aplicação do sistema BSG.

Outro estudo sobre o circuito BSG realizado por Baldizzone (2012), que se aproxima do nosso objeto de estudo, corrobora que o BSG representa um tipo de sistema possível para utilizar em veículos híbridos usando um gerador de partida, com a sua eletrônica associada a uma bateria tem a capacidade de executar diversas funções incluindo o arranque do motor, a recuperação da frenagem regenerativa, o aumento de força de energia elétrica, o corte precoce de combustível, a geração de

energia elétrica de maior eficiência e a alavanca de torque da linha de transmissão assim trazendo uma sensação melhor de conforto, dirigibilidade. O pesquisador ressalta que, para o uso do sistema BSG, deve ser realizado algumas modificações no sistema de *powertrains* (sistema de transmissão acoplado ao MCI) conforme segue:

1 – Suporte do gerador de partida: deve ser projetado um novo suporte, pois se colocado no mesmo lugar que o alternador, ocorreria restrições para utilizar os mesmos orifícios de fixação.

2 – Unidade de acessório: quando o gerador de partida está incluído no acionamento de acessório devem-se verificar as larguras da polia e correia, que pode aumentar de acordo com a capacidade e esforço que vai receber.

Adicionando componentes novos ao sistema de *powertrains*, alguns dos componentes podem ser resultados das principais funcionalidades do BSG para melhorar a eficiência e remover o custo alto do sistema. O sistema por correia do BSG transmite um alto torque ao contrário dos veículos convencionais, outros componentes, como a correia, devem ser mais largos para suportar alta carga e tensão, de acordo com Emadi (2015).

Dessa forma, o BSG introduz novos componentes como o gerador de partida a bateria e uma nova configuração no sistema elétrico. Os novos componentes devem ser utilizados adequadamente para atingir o seu máximo desempenho.

Bravo (2016) explica que, o gerador ou motor-gerador para o sistema BSG, substitui a partida atual e o alternador do veículo, cumprindo apenas os trabalhos que são realizados por estes dois componentes. O BSG une as funções do alternador e motor de partida em um único sistema, e apresenta demais vantagens, podendo gerar maiores saídas elétricas mesmo em baixa velocidade, uma melhor eficiência.

Aprofundando ainda mais o estudo do funcionamento do circuito BSG, nos reportamos ao estudo de Emadi (2015), que afirma que o sistema BSG deve fornecer melhorias para o sistema de economia de combustível, e deve fornecer uma alternativa acessível à elétrica de alta tensão. Seu *designer* deve ser utilizado para diversas tecnologias e funções diferentes. O sistema BSG permitirá reduzir o tamanho do motor suportando maiores picos de potências. Deve minimizar os ruídos para melhorar a qualidade do deslocamento e permitir a introdução de cargas auxiliares de 48V. Além disso, um sistema BSG tem os objetivos secundários que melhorarão ainda mais a economia de combustível, o desempenho, o conforto do cliente e reduzirão os custos e as restrições de embalagem do veículo. Eles incluem, mas não se limitam a

eliminar a necessidade de um alternador, eliminando potencialmente a necessidade de um arranque, corte de combustível durante a desaceleração e desaceleração, suavizando o torque do motor e, por último, mas não menos importante, permitindo acionamento elétrico. O recurso de start-stop, frenagem regenerativa e assistência de torque pelo sistema BSG são os objetivos funcionais mais significativos do sistema BSG.

Emadi (2015) salienta em seu estudo, que o sistema BSG deve ser projetado para atender a vários requisitos de desempenho, custo e tempo do veículo. A função mais básica do sistema BSG é fornecer um recurso de partida automática rápido durante a partida a quente e a frio, e aponta também a preocupação relacionada à tensão de trabalho desse sistema que é maior que a convencional, onde os sistemas convencionais hoje trabalham na faixa de 12V e o sistema BSG 48V. Geralmente mais usada, a configuração com uma bateria de 48V fornece energia para uma carga de 12V por meio de um conversor DC/DC.

Baisden&Emadi (2004), em seu estudo, traz uma importante contribuição em encontrar uma fonte de armazenamento eficaz de energia para os VEHs, pois esse quesito é o maior objetivo dos desenvolvedores. De acordo com esse pesquisador, conseguir conciliar uma grande autonomia de energia e atender picos de energia é algo muito difícil para uma bateria somente acolher por esses motivos esse trabalho vem por intermédio de testes e simulações apresentar uma solução viável.

Afirma ainda que, o ultra capacitor não possui característica de armazenamento de energia por um longo período, porém, pode fornecer uma grande corrente de indução suprindo as desvantagens da bateria, assim em conjunto, o armazenamento e requisitos de fluxo de energia podem ser atendidos.

O controle de energia nos VHEs é a essencial, pois só desse modo é possível demonstrar resultados expressivos de economia e atendendo normas de emissões.

Baisden&Emadi (2004) realizou testes para a simulação de um veículo, para tanto, foi usado um simulador de veículo avançado, o ADVISOR, ele funciona no software Matlab/Simulink ele tem a característica de fornecer o ambiente para teste de situações práticas que o veículo é submetido. O conversor DC/DC foi modelado de acordo com os modos de operação conhecidos. A dificuldade de determinar estratégias de controle adequado estabelecendo tempo exato para alternar entre os modos de operação para alcançar os melhores resultados é uma das dificuldades de desenvolver o projeto. O objetivo da combinação paralela das duas fontes é a fim de

diminuir o custo e aumentar a eficiência dos VHEs. Os resultados do trabalho trouxeram uma boa perspectiva voltada ao armazenamento de energia, mostrando uma forma de sustentar novas tecnologias híbridas em veículos convencionais que possuem o motor de combustão interna desse modo fazendo uma ponte para os veículos elétricos.

Pei&Ran (2016), apontam que os sistemas de armazenamento de energia otimizados para este campo de aplicação oferecem um alto potencial de melhoria das futuras plataformas de veículos quanto à redução do consumo de combustível e emissão de CO₂, enquanto realizam a maioria das bem conhecidas funcionalidades híbridas leves. Essas funcionalidades híbridas suaves podem ser alcançadas pela mudança de tensão para 48V de todo o sistema. Assim, em comparação com os sistemas de 12V, as demandas de potência avançadas, como a capacidade de recuperação de energia no regime de até 10kW, nas fases de frenagem do veículo podem ser satisfeitas.

Inferimos que estes estudos são importantes e nos trarão contribuições significativas para o sistema que iremos estudar e manipular, pois todas as suas funções contribuem para o melhor consumo de combustível e redução de emissões. Esse sistema pode ser utilizado com os sistemas start-stop e frenagem regenerativa, podendo diminuir ainda mais o consumo de combustível e recuperar a energia que está sendo colocado ao acionar o pedal do freio.

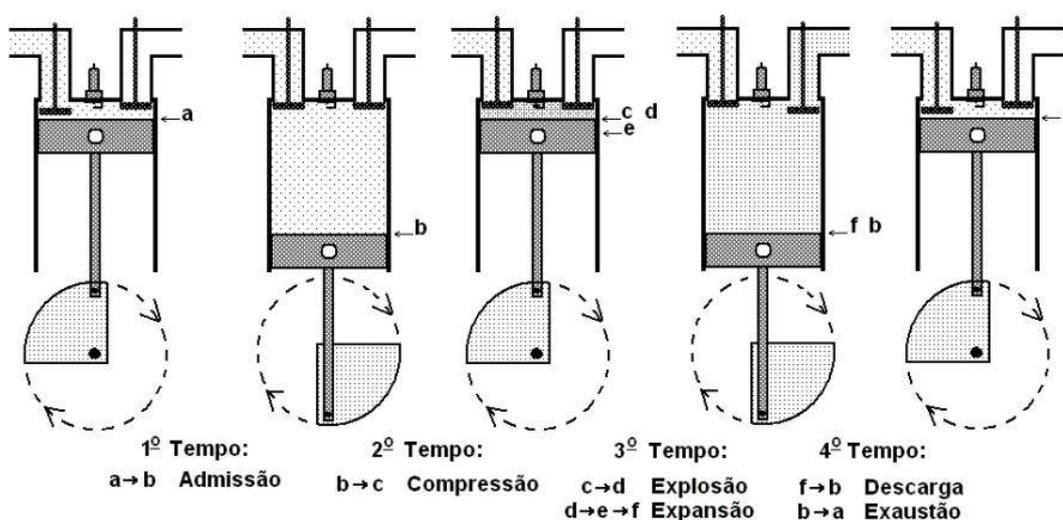
2.2. Revisão de Literatura

2.2.1. Motor de Combustão Interna

O primeiro motor aplicado em um veículo foi o Motor *Benz&Co* de 1879 que era um motor de dois tempos em um cilindro único horizontal. O motor de combustão interna é um conjunto de peças fixas e móveis que transformam a energia química do combustível seja ele gasolina ou etanol em energia calorífica assim transformando em energia mecânica. O MCI geralmente é classificado a partir da sua capacidade volumétrica que nada mais é a cilindrada do motor, que coincide ao volume máximo que o motor consegue admitir no cilindro seja ele motor diesel ou motor de ciclo Otto. Os motores que são usados nos veículos de passeios leves atualmente são os motores alternativos onde o trabalho é obtido através do vaivém do pistão, transformando em rotação contínua por um sistema biela-manivela (Brunetti, 2012,

p28). Quanto a ignição os motores rotativos ainda são divididos em duas categorias, o motor de ciclo otto e o de ciclo diesel. Os motores do ciclo otto realizam a ignição através de uma faísca gerada pela vela de ignição depois que a mistura ar-combustível foi admitida no cilindro do motor ocorre a combustão assim gerando trabalho, o motor diesel realiza a ignição através da compressão do combustível. Através da figura 1 é possível observar como ocorre o ciclo de operação do motor de ciclo Otto.

Figura 1 - Corte de um motor de ciclo Otto.



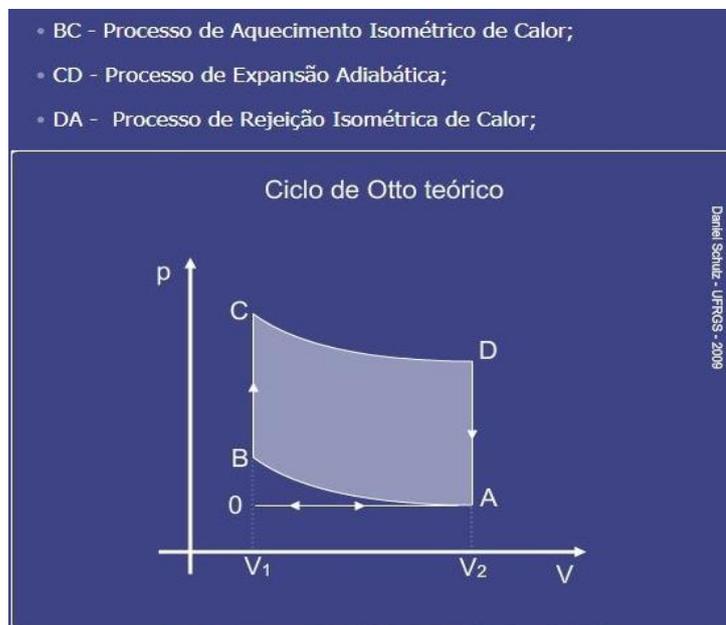
Fonte: Artigo Máquinas térmicas à combustão interna de Otto e de Diesel - Autor Fernando Lang da Silveira

No motor de ciclo Otto ocorrem quatro fases que são denominadas como:

- **Admissão:** Momento que o motor realiza admissão de ar e combustível no cilindro do motor.
- **Compressão:** Momento que o motor comprime a mistura ar-combustível e realiza a centelha no final desta fase.
- **Expansão:** Momento após a centelha onde ocorre a reação química da centelha com a mistura ar-combustível que ocasiona a expansão dos gases.
- **Escape:** Última fase onde a válvula de saída abre assim permitindo a saída dos gases queimados, diminuindo a temperatura da câmara e liberando o cilindro para realização de outro processo.

Na figura 2 temos o exemplo teórico de funcionamento deste motor, onde no eixo x temos a velocidade que ocorre o processo e no eixo y a pressão.

Figura 2 - Ciclo teórico do funcionamento do motor de Ciclo Otto



2.2.2. Alternadores Automotivos

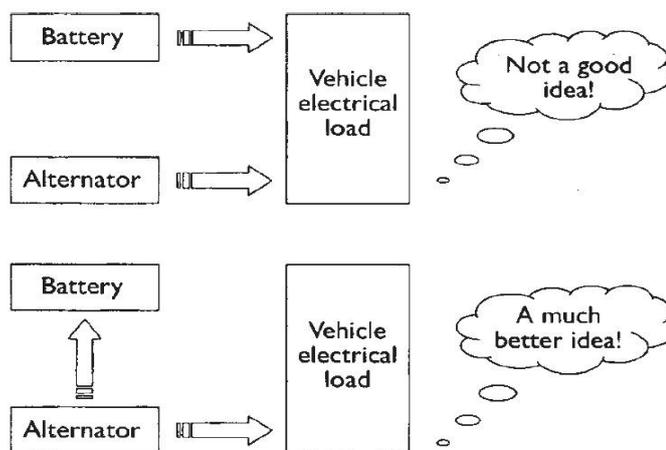
Na geração de energia no veículo o alternador possui grande importância pois é a principal peça elétrica do automóvel na parte de carregamento. Sem ele não seria possível gerar energia para todos os consumidores do veículo e ao mesmo tempo efetuar o carregamento da bateria. Os componentes que geram energia dentro do veículo têm como função fornecer tensão constante independente da rotação do motor para atender as funções citadas no início do parágrafo o antecessor do alternador nesse ofício no princípio era o dínamo que gerava corrente contínua para o sistema, porém não atendia alguns quesitos como gerar energia com o motor em marcha lenta. O alternador surgiu como um componente com um menor peso, construção pequena e arquitetura melhor desenvolvida para manutenção que por sua vez se tornou menos necessária em comparação ao dínamo.

Para atender um veículo atualmente o alternador deve seguir alguns pré-requisitos como: Fornecer energia em diversas condições de funcionamento do motor independente da carga e velocidade do motor; atuar em marcha lenta; possuir uma boa eficiência na relação de potência e peso; pouca manutenção; indicar a operação correta; fornece tensão constante em todas as condições de uso. O alternador foi

projetado para gerar uma tensão maior que a tensão na bateria no caso dos veículos leves ele gera 14 volts para que a bateria possa ser carregada suficientemente (Manual de Tecnologia Automotiva, 2005, p975).

O sistema de carregamento está separado em três blocos, o alternador, bateria e cargas consumidoras do veículo. Quando a tensão gerada pelo alternador é menor que a tensão da bateria o veículo consome a energia vindo da bateria isso ocorre quando o motor está lento (não atinge rotação mínima para gerar a tensão necessária para carregamento) ou desligado, por possuir diodos que impedem a passagem de corrente a energia da bateria não é consumida pelo alternador. Quando o motor ganha velocidade suficiente para a geração de tensão do alternador maior que a bateria a corrente irá para os componentes do veículo e para carregamento da bateria (Denton, 2004, p129).

Figura 3 - Bloco de funcionamento do sistema de carregamento



Fonte: Livro Automobile Electrical and Electronic Systems - Autor Tom Denton.

O alternador é composto basicamente do estator, rotor, regulador de tensão, anéis coletores, retificador e ventoinha onde cada um exerce uma função fundamental para que ocorra o funcionamento pleno. Atualmente existem diversos tipos de alternadores os mais comuns são: alternador de pólo tipo garra, alternador tipo compacto (refrigerado a ar), alternador de pólos individuais e alternador com rotor guia (refrigerado a ar ou refrigerado por liquido).

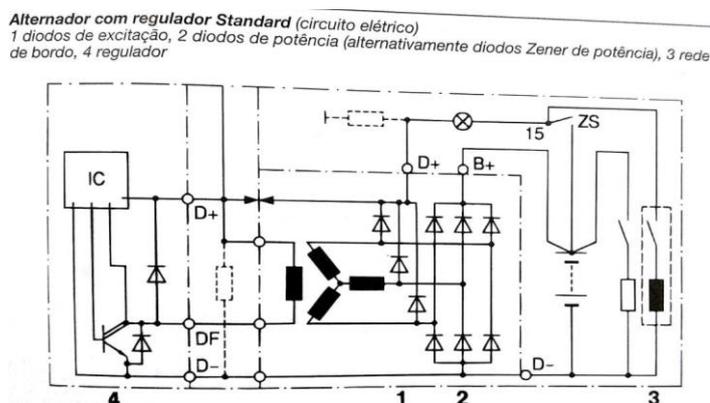
Figura 4 - Alternador automotivo



Fonte: <http://br.bosch-automotive.com>

Na geração de energia nos alternadores se usa na maioria dos casos a ligação conhecida como estrela na saída do estator que produz uma tensão maior em relação a ligação triangular que fornece uma corrente maior, desse modo a saída é ligada ao retificador para aproveitar ao máximo a energia produzida. A regulação da tensão de saída do alternador é feita através de um circuito eletrônico, este circuito é chamado de IC um circuito híbrido ou monolítica que possuem transistores de potência e diodos integrados em um mesmo chip, este chip tem a capacidade variar sua resposta em função da temperatura garantindo a tensão correta em diversos ambientes e condições climáticas ao decorrer da vida útil do alternador. Caso o alternador seja acionado quando estiver desconectado o circuito possui um diodo *zener* que oferece proteção fazendo a tensão do sistema continue nos limites predeterminados. Na figura 5 temos o circuito que foi explicado no início do parágrafo.

Figura 5 - Circuito elétrico do alternador automotivo



Fonte: Livro Manual de Tecnologia Automotiva - Autor Edgard Blucher.

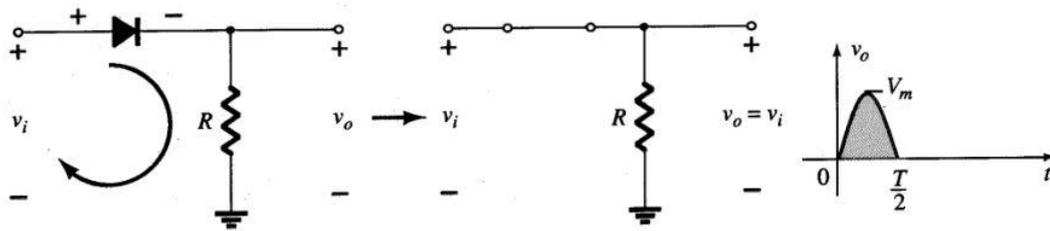
Com a evolução da eletrônica no sistema veicular os de consumidores de energia aumentaram consideravelmente ao decorrer das gerações. Os consumidores são classificados em três categorias que são: Cargas contínuas, Cargas de uso prolongados e cargas intermitentes. Onde a demanda de consumo do alternador é a soma das três cargas com um fator predeterminado aplicado. Em cada geração se exige mais desse componente assim sendo imprescindível o sistema de carregamento de bateria nos veículos modernos.

2.2.2.1 Circuito Retificador de Onda Completa

Os circuitos retificadores são projetados a partir de diodos, onde a partir de um sinal alternado conduzem apenas o valor positivo da onda. Os diodos são dispositivos semicondutores que possuem a característica de conduzir a corrente somente em um sentido como se fosse uma chave, esse componente possui dois terminais um positivo e outro negativo. Entre os materiais que são produzidos os diodos estão os de germânio e de silício, cada um apresenta um valor típico de resistividade que é tabelado.

Quando colocado um diodo em serie com uma carga e na entrada um sinal alternado senoidal o valor do sinal em cima dessa carga será a metade do sinal de entrada com apenas o sinal positivo conduzindo, esse circuito é chamado de retificador de meia onda.

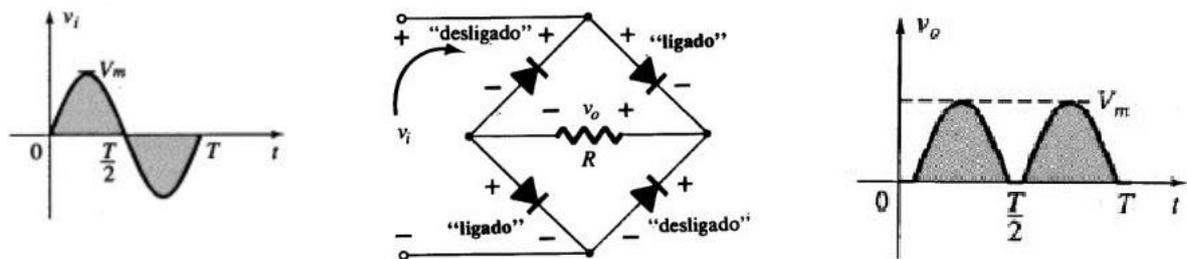
Figura 6 - Retificador de meia onda



Fonte: Livro Dispositivos Eletrônicos e Teoria De Circuitos – Autor Robert L. Boylestad.

No momento que temos um retificar de onda completa é quando aproveitamos em cem por cento os sinais alternado de entrada onde é colocado quatro diodos em uma configuração em ponte.

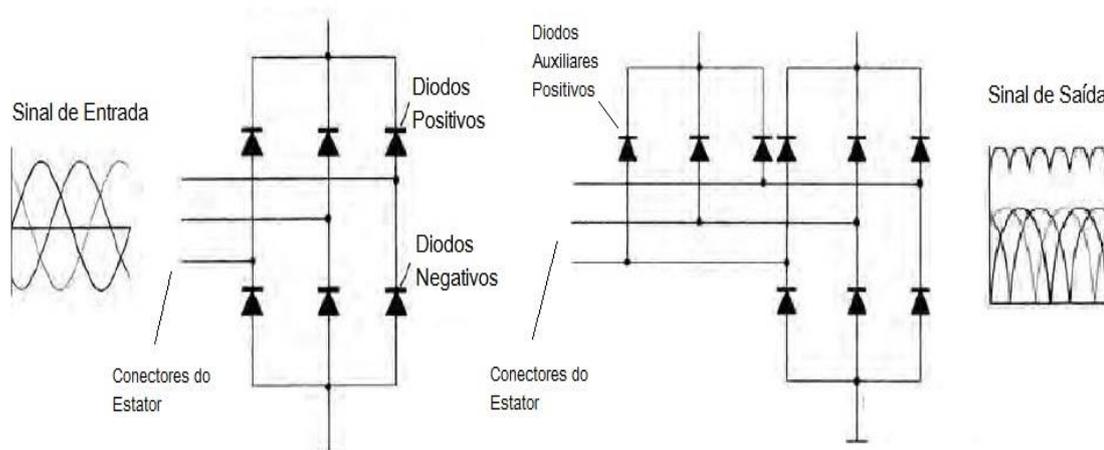
Figura 7 - Retificador de onda completa



Fonte: Livro Dispositivos Eletrônicos E Teoria De Circuitos – Autor Robert L. Boylestad.

Usando como exemplo o alternador que utiliza um circuito retificador para um sinal trifásico é necessário o uso de seis diodos onde cada par de diodo fica responsável em conduzir uma parte positiva e o outro a parte negativa do sinal. Além dos diodos retificadores ainda é colocado três diodos para fornecer uma pequena corrente de volta aos enrolamentos de campo no rotor (Denton, 2004, p131).

Figura 8 - Retificador de onda completa do alternador automotivo



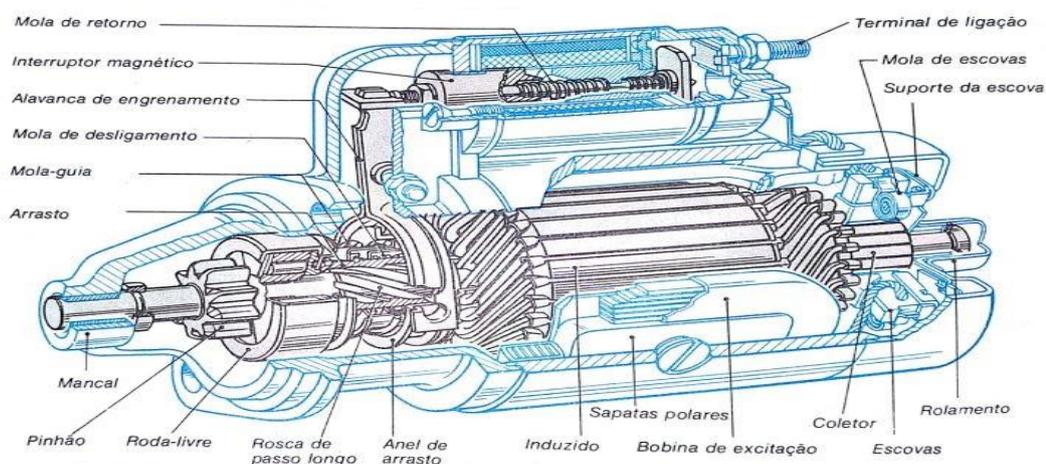
Fonte: Livro Automobile Electrical and Electronic Systems - Autor Tom Denton.

2.2.3. Sistema de Partida

O sistema de partida compõe-se basicamente da bateria, motor de partida e sistema de ignição. Para que o MCI possa entrar em operação é necessário um auxílio onde ele consiga sair da inercia e trabalhar por conta própria, o motor de partida tem a função de proporcionar a rotação mínima para que isso ocorra (aproximadamente 100 RPM (Rotações Por Minuto) para veículos leves). Uns dos fatores que podem dificultar a realização da tarefa do motor de partida é a temperatura limite de trabalho que pode alterar o torque de saída, os fabricantes desse componente determinam faixas de trabalho entre -20°C a $+20^{\circ}\text{C}$.

Os motores de partida devem atender condições mínimas de estrutura entre eles estão: robustez para suportar o torque em cada partida, temperatura e altos ciclos de vibração; tamanho e peso compacto. A posição da bateria em relação ao motor de partida deve ser sempre estudada quando ocorre a elaboração do projeto do sistema de partida pois o sistema deve garantir no máximo uma queda de tensão de 0,5 volts (quando a bateria for de 12 volts) entre o motor de partida e a bateria, por isso é necessário saber determinar a distância entre esses dois componentes e o condutor que vai ser usado.

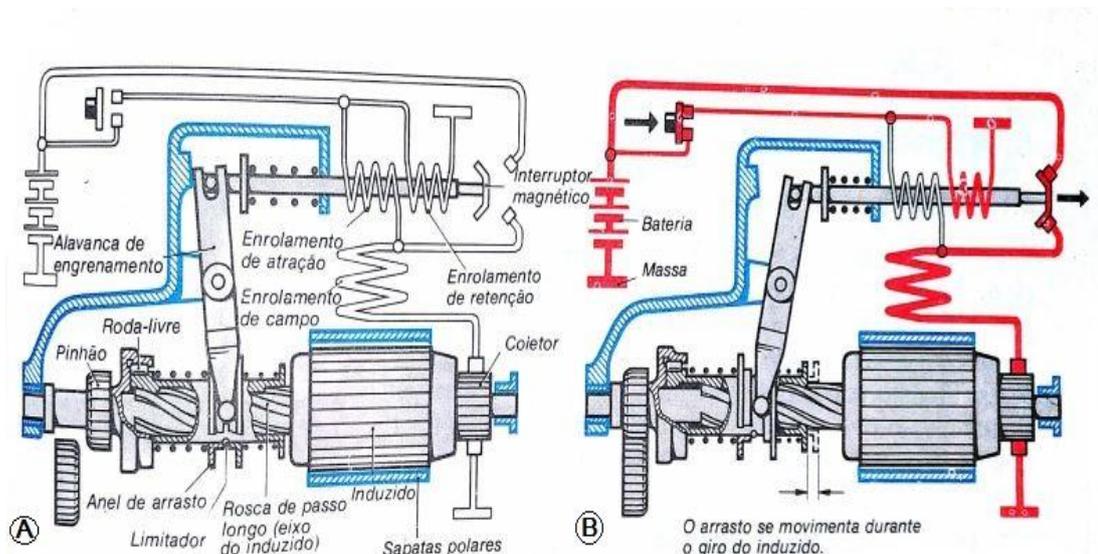
Figura 9 - Motor de partida e seus respectivos componentes



Fonte: Livro Eletricidade de automóveis - Autor F. Niess.

Em um sistema simples de partida quando ocorre o giro da chave pelo condutor é preciso acoplar o motor de partida ao MCI, isso acontece através de uma ligação elétrica ocasionando o acionamento de uma alavanca de engrenamento que faz o pinhão se conectar a cremalheira assim possibilitando o início do funcionamento do MCI. Após efetuar a função de retirar da inércia do MCI, o motor de partida precisa se desacoplar pois caso continue acoplado a alta rotação pode danificar o mesmo, ele efetua isso através da roda livre que é um componente mecânico. Quando a chave de ignição é virada para a posição de desligado corta a corrente existente no circuito e os componentes voltam ao estado inicial como mostra a Figura 10 abaixo.

Figura 10 - Funcionamento do motor de partida quando acionado



Fonte: Livro Eletricidade de automóveis - Autor F. Niess.

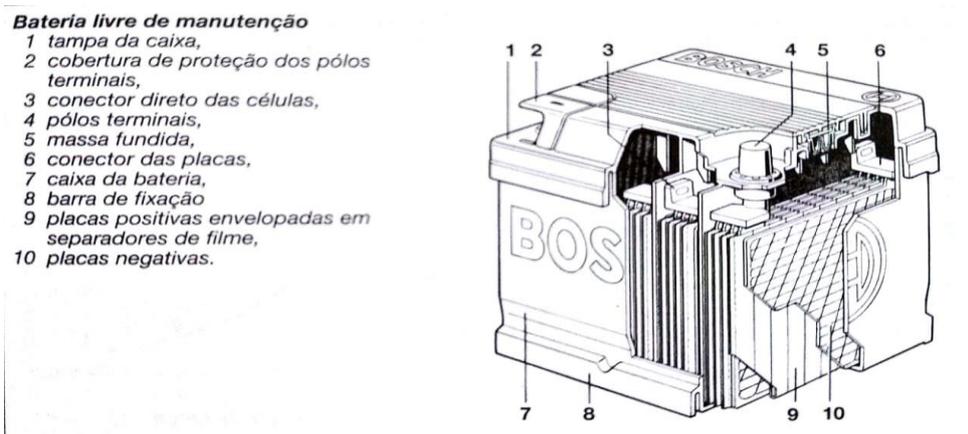
Em geral os motores de partida usam um motor DC de imã permanente porque possuem um peso e um menor tamanho comparado aos outros. Os imãs permanentes disponibilizam uma corrente de excitação constante assim fornecendo velocidade e torque constantes também no momento de partida (Denton, 2004, p157).

2.2.4. Bateria Automotiva

A capacidade da bateria é a quantidade de corrente que pode ser oferecida sob diversas condições. Ocorre a diminuição com o aumento da corrente de descarga e com a diminuição da temperatura.

A bateria de 12 volts de um veículo automotivo, possui 6 células ligada em série. Sua estrutura é montada em uma caixa de polipropileno separado por divisórias. A célula compõe de placa positivo e negativo. Polos terminais, células e os conectores entre as placas são de chumbo. A tampa da caixa, realizado através do processo de vedação a quente, fecha a caixa para cima. (Manual de Tecnologia Automotiva, 2005, p970).

Figura 11 - Imagem ilustrativa da bateria e seus componentes.

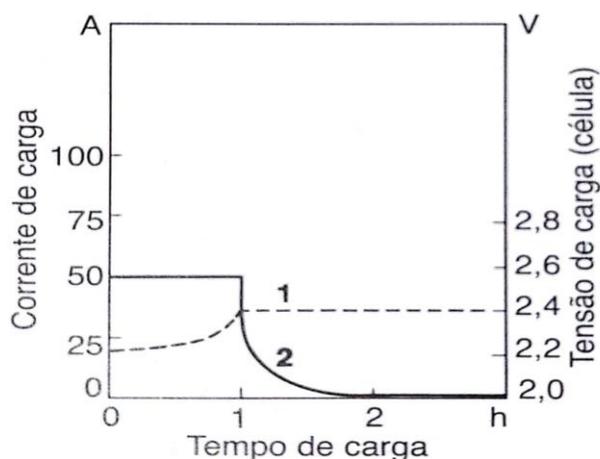


Fonte: Livro Manual de Tecnologia Automotiva - Autor Edgard Blucher.

No regime de funcionamento a bateria é carregada com limitação de tensão utilizando o método UI, no qual a corrente de carga volta espontaneamente, tão logo a tensão da bateria suba. O recurso de carga UI evita a sobrecarga e garante uma longa vida à bateria. (Manual de Tecnologia Automotiva, 2005, p972)

Figura 12 - Carga da bateria: curva característica IU

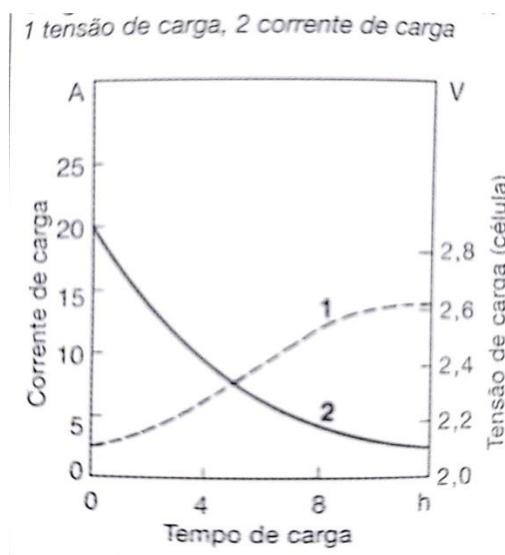
1 tensão de carga, 2 corrente de carga



Fonte: Livro Manual de Tecnologia Automotiva - Autor Edgard Blucher.

Carregadores de bateria trabalham com corrente constante ou de acordo com a curva característica W. Em ambos, após atingir a carga máxima, continua a carga com corrente constante ou pouco reduzida, provocando maior consumo.

Figura 13 - Carga de bateria: curva característica W



Fonte: Livro Manual de Tecnologia Automotiva - Autor Edgard Blucher.

As baterias mesmo não submetidas a carga descarregam ao longo da vida útil, as baterias mais modernas perdem aproximadamente 0,1% da sua carga diariamente, esse valor pode chegar a 1% ao longo da vida útil da bateria. Após a descarga, a tensão da bateria baixa a um valor, o qual na continuação da descarga muda relativamente. Apenas o termino da descarga, pelo desgaste de um ou mais componentes a tensão cai imediatamente. (Manual de Tecnologia Automotiva, 2005, p973).

2.2.5. Sistemas Híbridos

Veículos elétricos híbridos com configurações paralelas ou em serie reduz enormemente o consumo de combustível, com o motor trabalhando em forma melhorada e utilizando a frenagem regenerativa. O motor de acionamento híbrido possui um arranjo totalmente diferente dos motores de acionamento convencionais. Uma solução é colocar um pequeno motor elétrico atrás do motor para idear o chamado acionamento elétrico híbrido. Este pequeno motor elétrico funciona como um motor de arranque, como um gerador elétrico, ele também pode gerar energia adicional ao motor e pode transformar parte da energia de frenagem em energia elétrica. Um motor elétrico híbrido não precisa de armazenamento de energia de alta potência devido à pequena potência do motor elétrico. Um sistema elétrico de 42 volts pode atender aos requisitos.

Apresentou Brunetti (2012, p457) que o veículo híbrido tem duas fontes de energia para movimentá-lo. Normalmente são veículos que usam o ME como uma fonte alternativa de energia, além do MCI, assim consegue aumentar a potência, melhorar a economia de combustível e diminuir a poluição.

2.2.5.1 História

Os veículos elétricos com baterias nasceram no século XIX após a união de conhecimentos entre o conceito do automóvel com os motores elétricos e as baterias recarregáveis. A primeira anotação de um veículo híbrido ocorre em 1898, criado por Ferdinand Porsche. O automóvel utilizava um MCI que gerava energia para um ME tracionar as rodas de acordo com Brunetti (2012, p459).

Figura 14 - Veículo *Lohner Porsche*

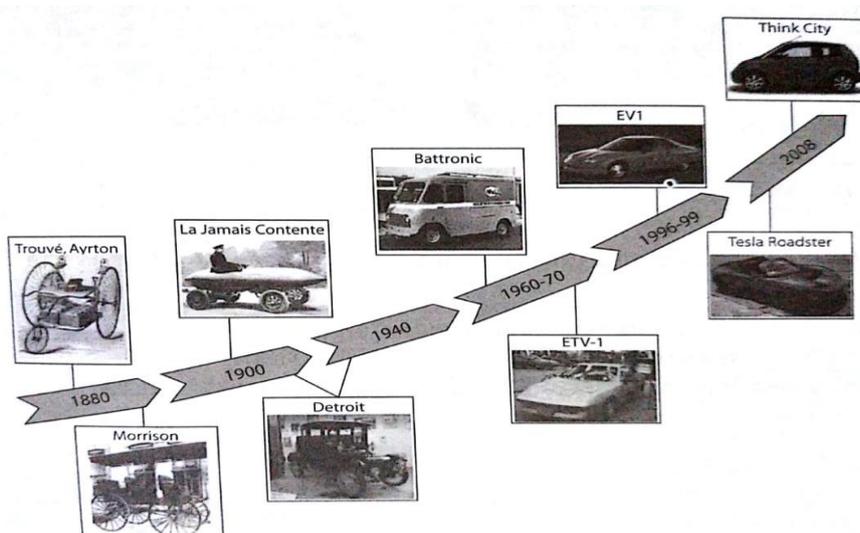


Fonte: Livro Motores de combustão interna: volume 2 – Autor Franco Brunetti.

Em meados do século passado, as montadoras retomaram o interesse no desenvolvimento de veículos com sistema elétrico híbrido o principal motivo desta retomado foi o crescente aumento do valor do petróleo.

Entretanto nenhuma tecnologia era viável comercialmente, até que duas montadoras Toyota com o veículo Prius e Audi com o veículo Audi-Duo lançaram em 1997 seus veículos híbridos no mercado.

Figura 15 - Evolução histórica dos veículos híbridos



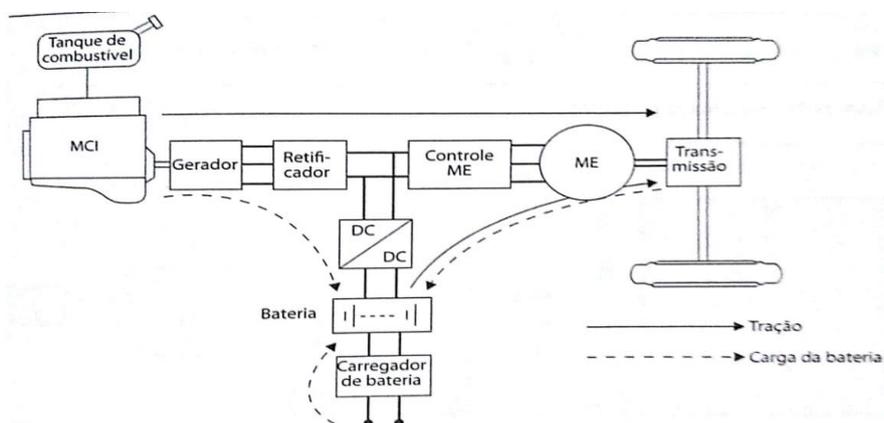
Fonte: Livro Motores de combustão interna: volume 2 – Autor Franco Brunetti.

2.2.5.2 Evolução Tecnológica

Ressaltou Brunetti (2012, p466) desde que Ferdinand Porsche fez o primeiro carro híbrido muito se evoluiu. Houve avanços nos estudos com finalidade de melhorar a instalação do ME. Na atualidade existem três tipos de sistemas híbridos.

No sistema em série o MCI aciona um gerador que alimenta o motor elétrico. Nessa configuração apenas o motor elétrico atua na movimentação do veículo, cabendo ao motor de combustão interna o papel de movimentar o gerador para se produzir energia para a bateria (Brunetti, 2012, p466).

Figura 16 - Sistema serie

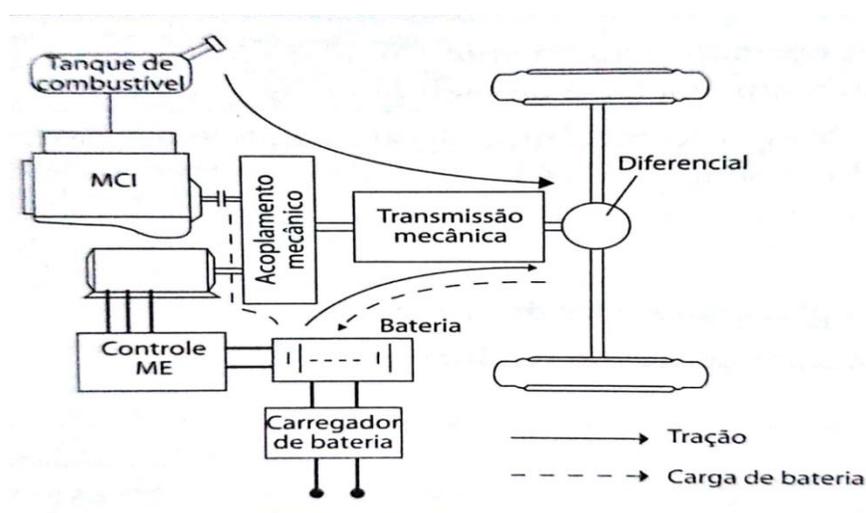


Fonte: Livro Motores de combustão interna: volume 2 – Autor Franco Brunetti.

Os híbridos em série apresentam vantagens na operação em baixas velocidades ou quando se realizam paradas sucessivas. Essa vantagem pode ser atribuída principalmente ao fato de o MCI não tracionar as rodas diretamente, o MCI é operado virtualmente em modo estacionário, trabalha com melhor eficiência térmica. Também pode ser instalado separado do MCI.

No sistema em paralelo o MCI é auxiliado pelo motor elétrico nas situações que exijam mais potência. Nessa configuração o MCI participa na movimentação do veículo. Brunetti (2012, p468).

Figura 17 - Sistema paralelo



Fonte: Livro Motores de combustão interna: volume 2 – Autor Franco Brunetti.

No sistema série paralelo atuam dois motores elétricos. Brunetti (2012, p469) informa que o ME série atua com o objetivo de carregar as baterias, e outro em paralelo ao MCI para auxiliar na tração, visando obter os benefícios de operação de ambos. Os custos envolvidos no desenvolvimento desta configuração são maiores do que no sistema paralelo, pois necessita de um gerador, um conjunto maior de baterias, além de um sistema de controle mais complexo para operar os dois sistemas de maneira integrada.

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

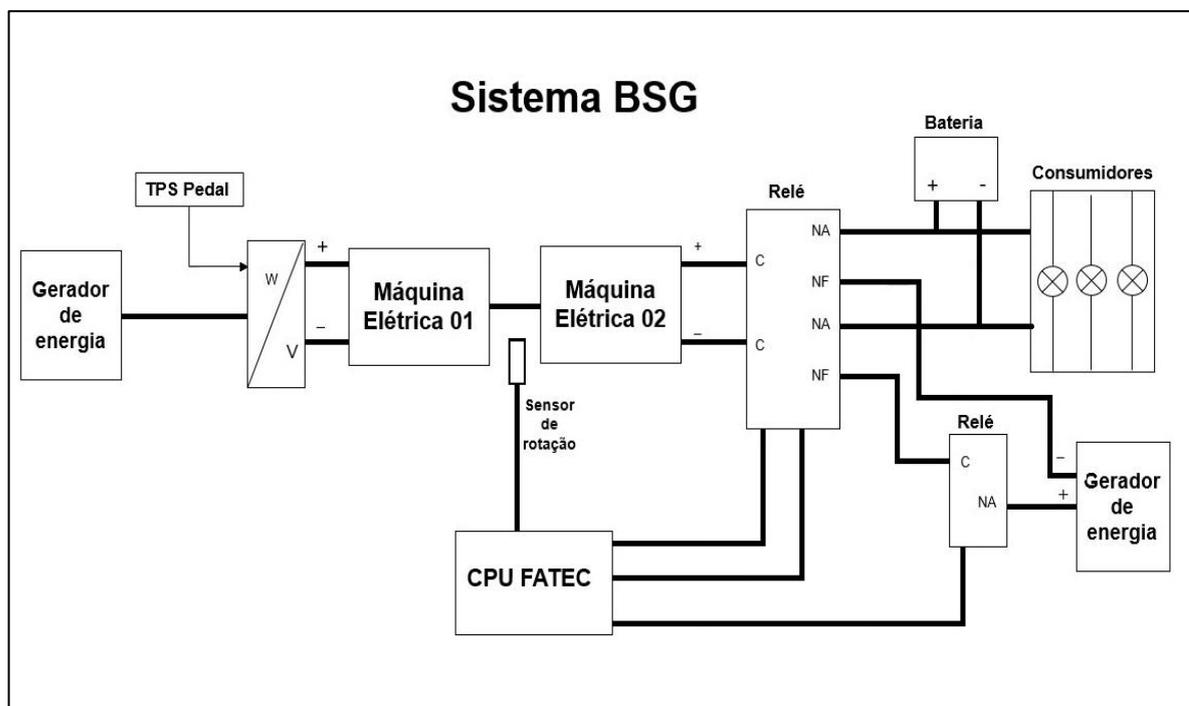
Com o conhecimento adquiridos na pesquisa sobre a tecnologia BSG foi possível desenvolver uma bancada de teste, onde a construção do projeto teve andamento em duas partes. A parte mecânica, em que abrange toda parte de fixação dos componentes, estabilidade e acabamento. A parte eletrônica, em que ocorreu toda montagem dos circuitos que realizam controle e monitoramento de rotação das máquinas elétricas implantando as características do estudo realizado sobre o sistema.

O primeiro passo realizado no projeto foi desenvolver os componentes mecânicos para a fixação dos motores e escolher a base que seria usada para comportar os mesmos. Em um escopo foi definido as dimensões necessárias da base, os materiais básicos a priori e o lugar que cada componente seria fixado proporcionando um entendimento claro do funcionamento do projeto.

O material escolhido como base foi o compensado de madeira, pelo seu fácil manuseio e disponibilidade no mercado onde oferece uma boa resistência para a fixação dos componentes. Com a furadeira de bancada foi realizado furos com diâmetro de seis milímetros para a fixação das máquinas elétricas de corrente contínua. Duas bases de tubo de ferro galvanizada foram fixadas paralelamente através de parafusos na base. O tubo de ferro tem uma ótima capacidade de fabricação, resistente a deformações e ao desgaste. O eixo intermediário usado para a conexão dos eixos dos motores foi desenvolvido nos laboratórios da faculdade onde tem a função de intermediar o movimento de rotação da máquina elétrica um para a máquina elétrica dois, no eixo intermediário foi instalado um disco, que tem o objetivo de fornecer ao sensor a posição em que está o eixo assim proporcionando efetuar a leitura através do microcontrolador a rotação dos motores por minuto. Para simular os consumidores foram colocadas três lâmpadas automotivas de doze volts onde, a fixação destes consumidores utilizou-se um tubo perfilado de alumínio e com a furadeira de bancada foram realizados três furos com o diâmetro de trinta e cinco milímetros para fixar o soquete das lâmpadas e assim fixados na base juntamente com os outros componentes.

O segundo passo do projeto BSG foi à realização do estudo e desenvolvimento da eletrônica envolvida no trabalho. O diagrama em blocos abaixo ilustra o funcionamento da bancada de teste em termos eletrônicos.

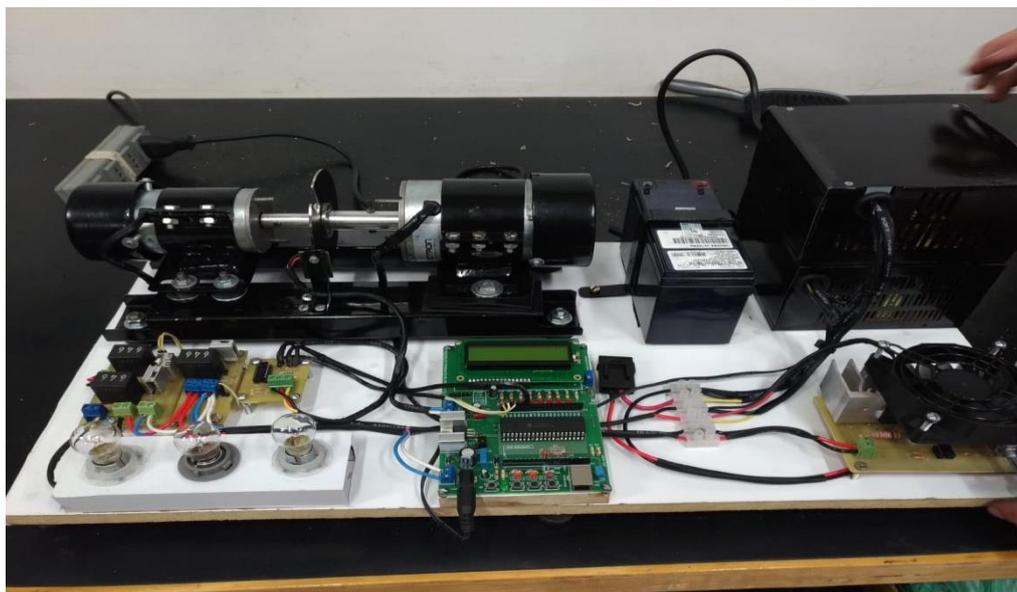
Figura 18 - Diagrama de blocos do funcionamento do projeto



Fonte: Dados do autor.

O segundo passo do projeto foi elaborar os circuitos eletrônicos que efetuam o controle da rotação, monitoramento da rotação e tomada de decisão. O primeiro circuito desenvolvido foi o drive de potência que realiza o controle da rotação da máquina elétrica número um, este drive tem como função controlar a rotação no eixo do motor de zero a cem por cento, em seguida construímos o segundo circuito, o sensor de rotação do eixo da máquina elétrica que em conjunto com a CPU (Central Processing Unit) FATEC irá fazer o monitoramento da rotação e irá simultaneamente mostrar no display do mesmo. Por fim foi efetuada a construção do circuito de acionamento de estado que a partir da rotação das máquinas elétricas permite decidir a função que a máquina elétrica dois irá atuar no conjunto. Nos próximos subcapítulos será possível ter uma explicação mais aprofundada de cada circuito desenvolvido e o papel de cada um na bancada.

Figura 19 - Bancada BSG



Fonte: Dados do autor.

3.1. Máquinas Elétricas de Corrente Contínua

A máquina elétrica de corrente contínua é constituída por duas partes principais que são denominadas de estator e rotor, os mesmos encontram-se separados pelo entreferro. O estator é a parte da máquina que é estacionária. Isto é, não possui movimento. O rotor é a parte móvel, ou rotacionaria que realiza o movimento de giro. Ambos são construídos utilizando materiais ferro magnéticos que são necessários para aumentar a densidade de fluxo e diminuir assim o tamanho da máquina (Luiz Sérgio, 2013, p06). Em nosso projeto essas máquinas são utilizadas para representar o funcionamento dos dois componentes mais importantes da tecnologia BSG que são: o MCI e o motor de corrente contínua.

Máquina elétrica de número um, representada na figura18 tem como função representar o MCI. Podendo ser alimentada por doze ou vinte quatro volts e possui a potência de oitenta watts. A segunda máquina possui a função do motor de corrente contínua com um porte menor possuindo as mesmas características que a número um, porém tendo a potência de cinquenta watts. Ambas sendo da fabricante de máquinas elétricas Motron. No Anexo A, está disponível as característas do motor.

Figura 20 - Motores Fixados na Bancada



Fontes: Dados do autor.

A máquina número um tem sua fonte de alimentada através do drive de potência que possibilita efetuar o controle de sua velocidade podendo ir de zero a cem por cento em seu eixo, na extremidade do eixo está ligado um eixo intermediário que faz a interligação dos dois motores. A máquina de número dois possui dois momentos distintos, no momento de partida em baixas rotações da máquina de número um funciona como fornecedora de energia ajudando o conjunto a sair da inércia mais rápido quando o conjunto passar a ter rotações por minutos maiores ela muda de função agora passa a ser uma fornecedora de energia aos consumidores assim aproveitando a energia gerada pelo sistema. Tudo isso sendo possível pelo monitoramento de rotação do micro controlador.

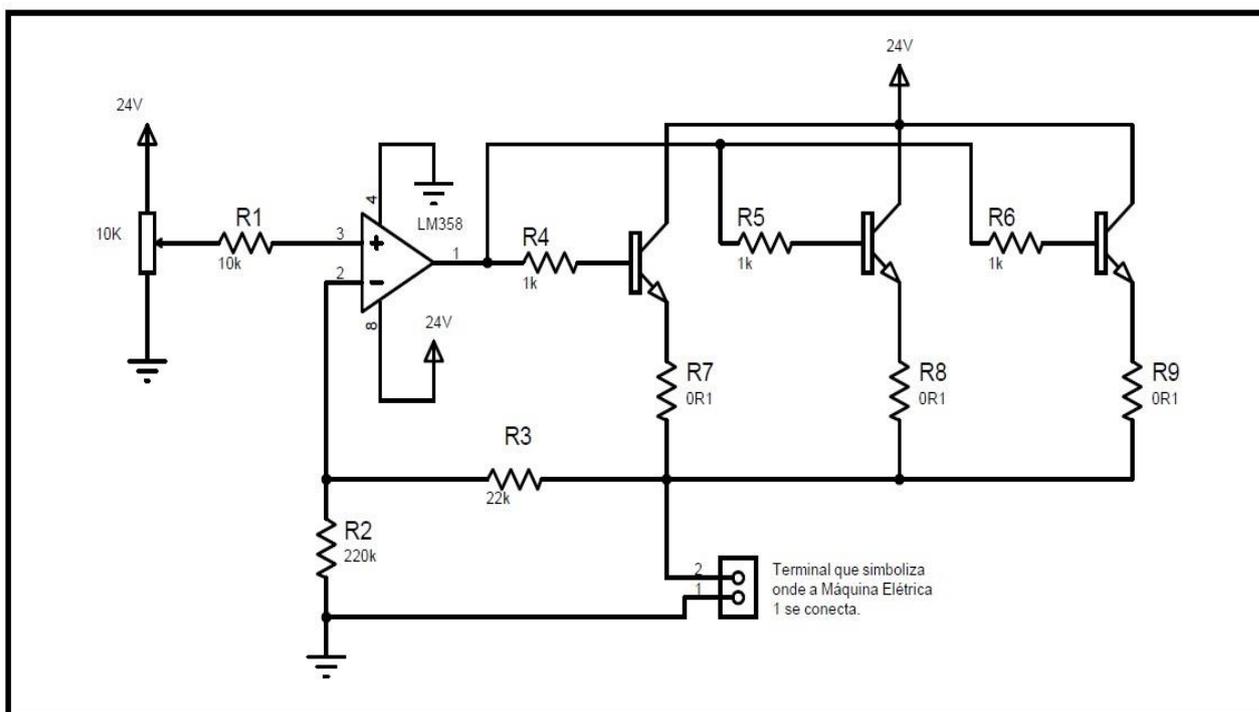
No Anexo A, está disponível as características técnicas das máquinas elétricas.

3.2. Drive de Potência

O desenvolvimento e construção do drive de potência foi o primeiro passo para realização do controle da máquina elétrica, onde no início do projeto foi determinado o modelo de drive e sua principal característica. O drive de potência nesse projeto tem como atributo realizar o controle da rotação no eixo do motor de zero a cem por cento.

Segundo o Boylestad (2013) utilizando um amplificador operacional convencional como circuito comparador é possível realizar o chaveamento mais rápido entre dois níveis de saída e elas são capazes de acionar diretamente uma variedade de cargas. Na saída desse comparador possui um transistor de junção bipolar que faz o controle da tensão e corrente da máquina elétrica.

Figura 21 - Circuito do driver de potência



Fontes: Dados do autor.

No início do desenvolvimento deste drive de potência foi realizada a escolha dos componentes que seriam utilizados através de *datasheet* e se as suas características atenderiam ao projeto.

Quadro 1 - Lista de componentes do driver de potência

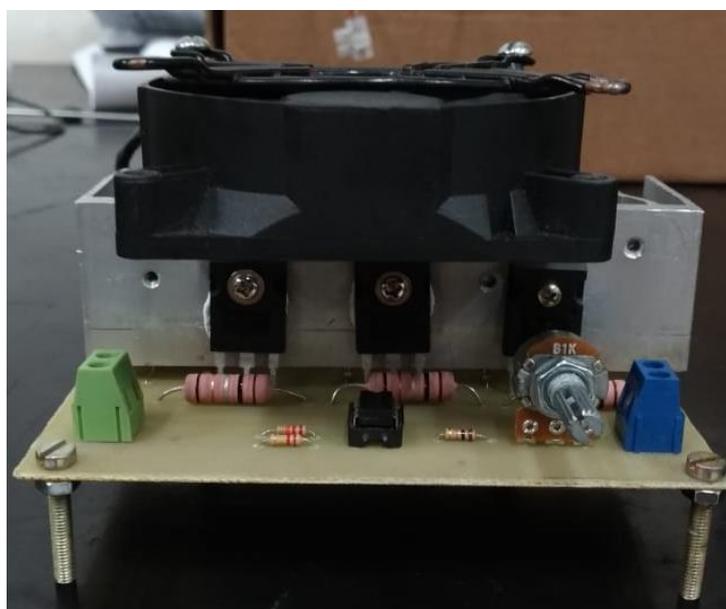
Quantidade	Componentes
1	LM358
1	Resistor de 22kΩ
1	Resistor de 220kΩ
3	Resistor de 1kΩ
3	TIP142

Fonte: Dados do autor.

Para o circuito de realimentação do amplificador operacional foi aplicado o cálculo básico para determinar a referência de tensão no pino dois do LM358. Quando o comparador receber uma tensão acima que a calculada no pino um o amplificador começa a liberar uma corrente para que ocorra o controle da carga nos transistores.

Os transistores usados nesse projeto possuem uma ligação *Darlington* interna que permite fazer o controle de altas correntes no coletor do transistor a partir de pequenas correntes na base, o TIP142 a princípio atende nossos pré-requisitos de trabalho para a função por ser um transistor *Darlington* encapsulado, por ser mais robusto e poder trabalhar em condições mais severas de corrente e temperatura. Na figura 22 temos o drive de potência em uma PCI (Placa de Circuito Impresso) desenvolvido para aplicação no projeto.

Figura 22 - Drive de potência



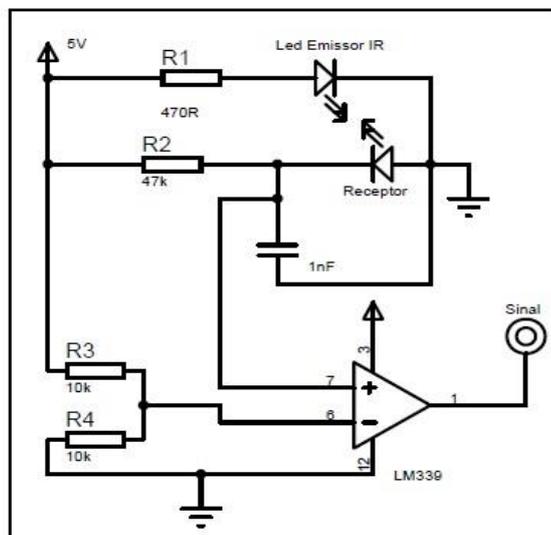
Fontes: Dados do autor.

Em conjunto com o drive de potência foi colocada uma ventoinha para garantir que o sistema não sobreaqueça ligada toda vez que a bancada entra em funcionamento assim possibilitando um grande período de testes sem comprometer o funcionamento pleno do sistema.

3.3. Sensor de Rotação

O sensor de rotação deste projeto é circuito montado em placa de circuito impresso junto com um interruptor óptico (foto transistor).

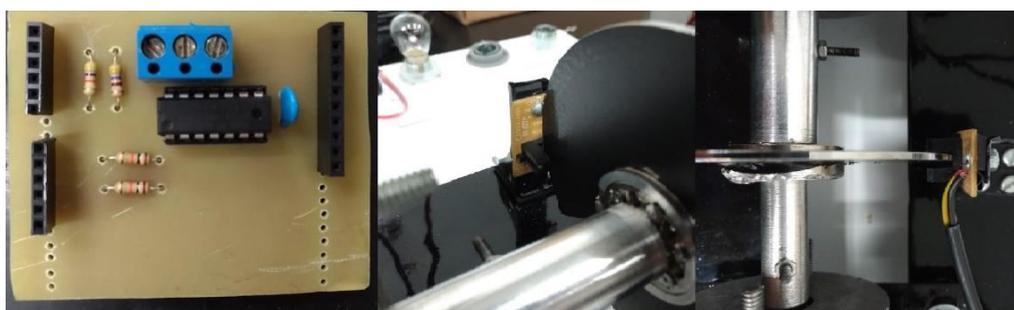
Figura 23 - Circuito do sensor de rotação



Fonte: Dados do autor.

O funcionamento deste circuito é simples, quando existe uma barreira interrompendo o sinal do LED emissor para o receptor foto transistor o sinal saindo deste sensor é de nível logico um, quando não possui nenhum objeto entre o LED emissor e o receptor foto transistor o sinal é de nível logico zero. O amplificador operacional nesse circuito tem como objetivo quadrar a onda gerada pelo interruptor óptico para quando posicionado entre o disco do eixo da máquina elétrica o sensor gerar um sinal de onda quadrada que proporciona a CPU FATEC efetuar a leitura e calcular a rotação por minuto em tempo real. Por ter alimentação direta de cinco volts do micro controlador da CPU FATEC não é necessário um circuito grampeador caso o sinal do sensor ultrapasse os cinco volts.

Figura 24 – PCI do sensor de rotação junto ao eixo intermediário das máquinas elétricas



Fonte: Dados do autor.

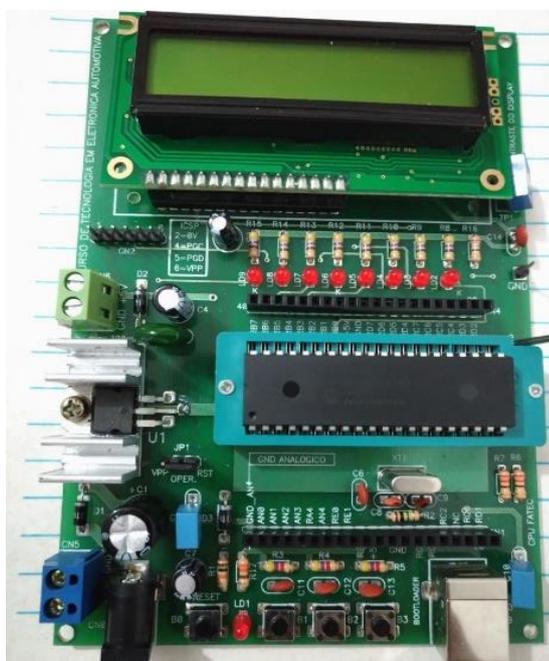
3.4. CPU Fatec

A CPU FATEC é uma placa de circuito impresso disponibilizado para os alunos da instituição FATEC Santo André para realização de projetos, em que ao longo da graduação os professores da instituição utilizam para desenvolver os projetos relacionados as disciplinas. O micro controlador usado é o PIC18F4450 que possui amplo campo para ser trabalhado assim atendendo todas as necessidades que possam surgir. Essa unidade foi escolhida para ser usada por ser um item de fácil manuseio e aquisição na faculdade e por ser um componente familiar ao grupo e por propiciar agilidade no desenvolvimento.

A unidade tem o papel ser uns dos protagonistas no projeto pois ela que realiza o comando de partida e mudança de estado de funcionamento através do monitoramento da rotação das máquinas elétricas. Através do conceito de máquina de estado é realizado comandos de liga e desliga do LCD (Liquid Crystal Display); partida e *booster* (Do inglês impulsionar) usando os botões da CPU. Na figura abaixo, está o modelo de placa utilizada no projeto.

No Anexo B, está disponível o circuito da placa utilizada.

Figura 25 - CPU Fatec

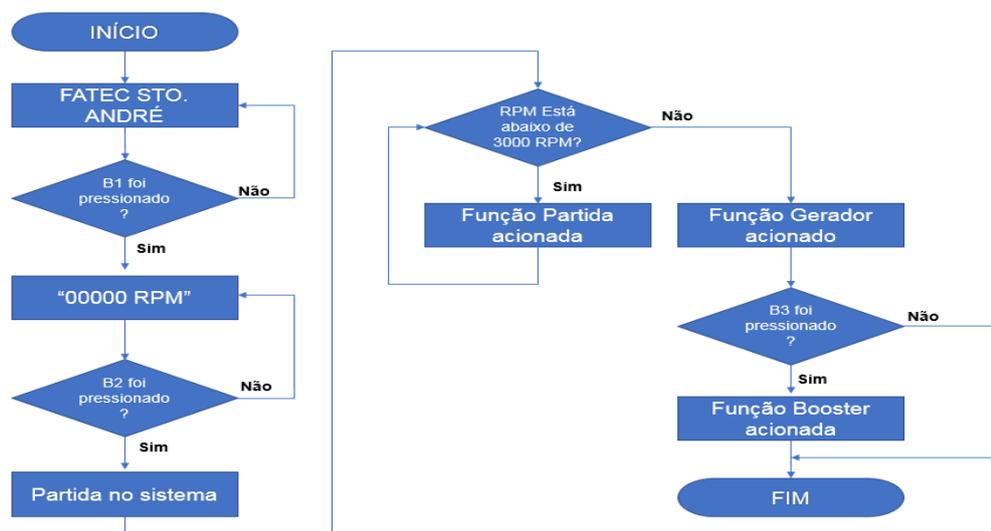


Fonte: Dados do autor.

Para o funcionamento do projeto foi elaborado um programa em linguagem C para microcontrolador. Utilizamos para o acionamento das funções da placa os

botões B1, B2 e B3 com suas respectivas atribuições: Liga-desliga, partida da máquina elétrica 02 e função *booster*.

Figura 26 - Fluxograma do funcionamento do sistema



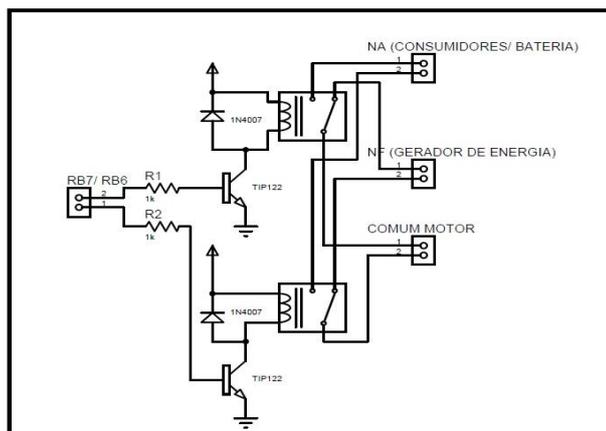
Fonte: Dados do autor.

3.5. Circuito Acionador de Estado

Os circuitos que tem como função fazer o acionamento dos estados de funcionamento do sistema é constituído basicamente por três minis relés automotivo relé, TIP122, resistor e um diodo. Neste projeto contém três circuitos com a função de alterar o estado dependendo da condição que o micro controlador impõe.

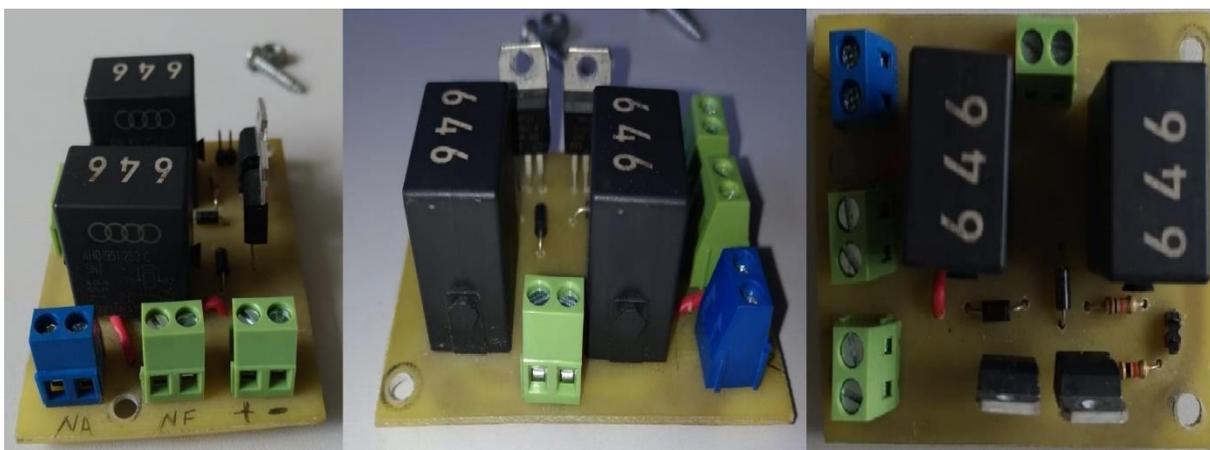
Na primeira PCI os dois relés automotivo de doze volts que contém um contato normalmente aberto e um contato normalmente fechado serão os responsáveis por fazer a ligação da máquina elétrica com os consumidores ou com a alimentação de doze volts isso levando em consideração a condição de operação das máquinas elétricas. Este relé depende do comando vindo da CPU FATEC para realizar a troca de estado, com a energização da bobina obtida através do transistor TIP122. O diodo nesse circuito tem a função de proteger o circuito caso ocorra uma corrente contrária.

Figura 27 - Circuito acionador de estado



Fonte: Dados do autor.

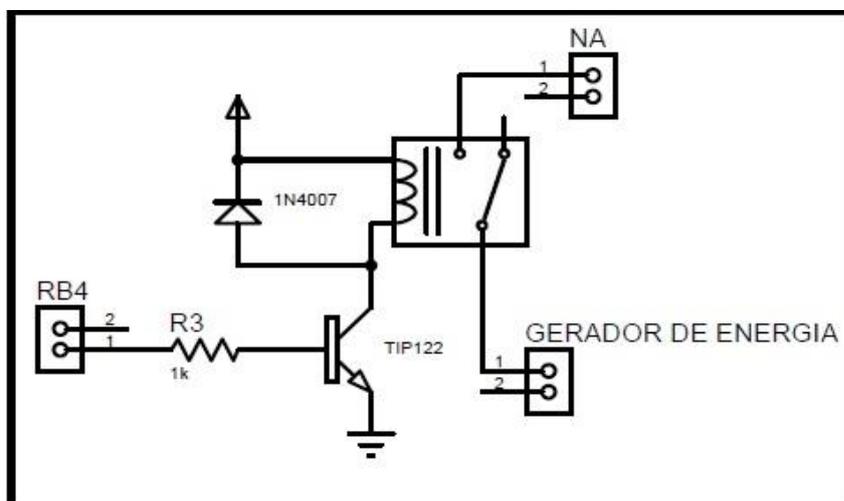
Figura 28 - Circuito acionador com par de relé automotivo



Fontes: Dados do autor.

O segundo circuito possui a função de fazer a ligação entre o gerador de energia com o contato NF do primeiro circuito através do contato NA, portanto sendo possível controlar quando a máquina elétrica 02 pode receber energia. Usando os mesmos componentes que o circuito anterior, porém sem a utilização do contato NF.

Figura 29 - Circuito simples acionador



Fontes: Dados do autor.

Figura 30 - Circuito acionador simples com relé automotivo



Fontes: Dados do autor.

3.6. Consumidores e Bateria

Para fazer demonstração do consumo de energia do veículo foi montado um suporte contendo três lâmpadas automotivas de doze volts que no momento de pleno funcionamento terá como função simular as cargas de consumo do veículo e sinalizar a função que está sendo exercida pela segunda máquina elétrica.

Figura 31 - Lâmpadas automotivas de 21 W representando os consumidores



Fonte: Dados do autor.

Em paralelo com os consumidores foi conectada uma bateria estacionária de doze volts que tem a função de fornecer energia aos consumidores no momento da partida e quando a função *booster* é acionada pelo usuário na CPU.

No Anexo C, está disponível as especificações técnicas da bateria.

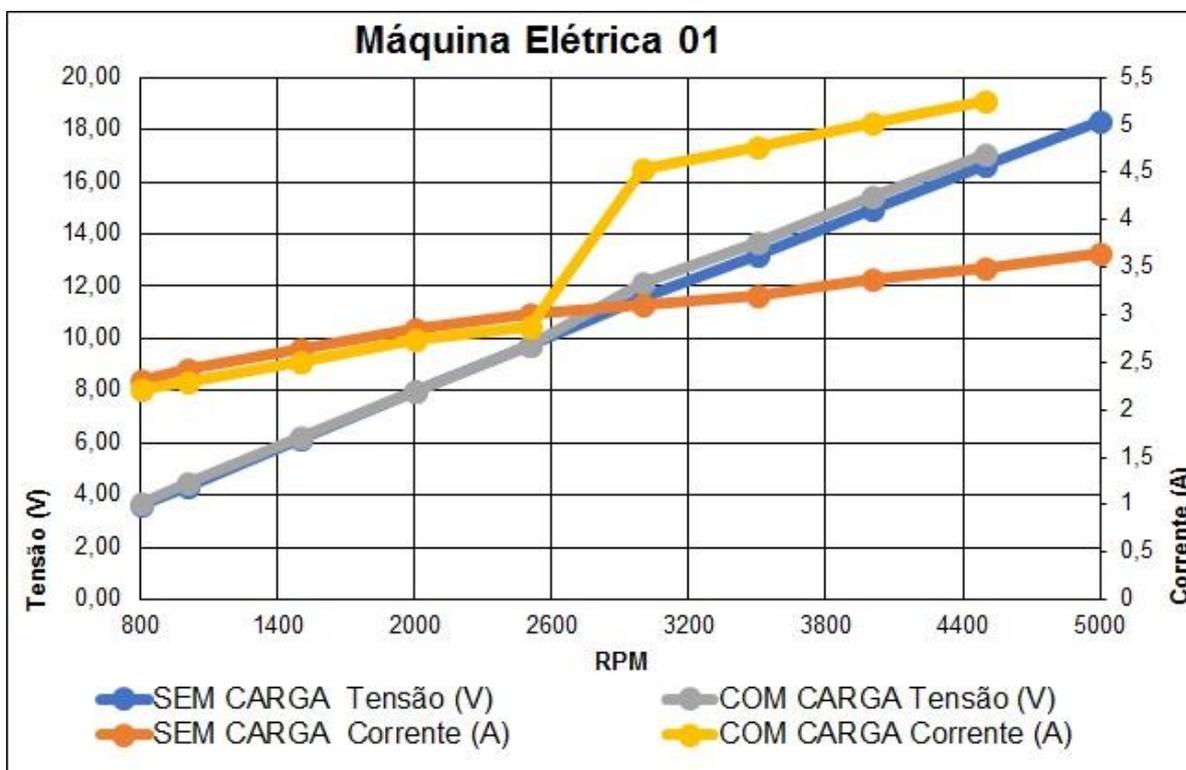
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo irá abordar a forma e os resultados obtidos nos testes de eficiência feitos na bancada. Aplicando duas condições de uso do sistema como gerador de energia e com a função de acionamento *booster*. Para ambos os testes a carga usada foi uma lâmpada automotiva de doze volts.

4.1. Teste como Gerador de Energia

Neste teste foram medidos a corrente e tensão em cima das máquinas elétricas 01 e 02 em determinadas condições de rotação, com carga e sem carga. A primeira rotação registrada foi a de 800 RPM (por serem uns dos primeiros valores que a CPU consegue interpretar), após essa primeira leitura a próxima realizada foi de 1000 RPM, depois foram coletados valores no intervalo de 500 RPM até o valor máximo de rotação por cada condição.

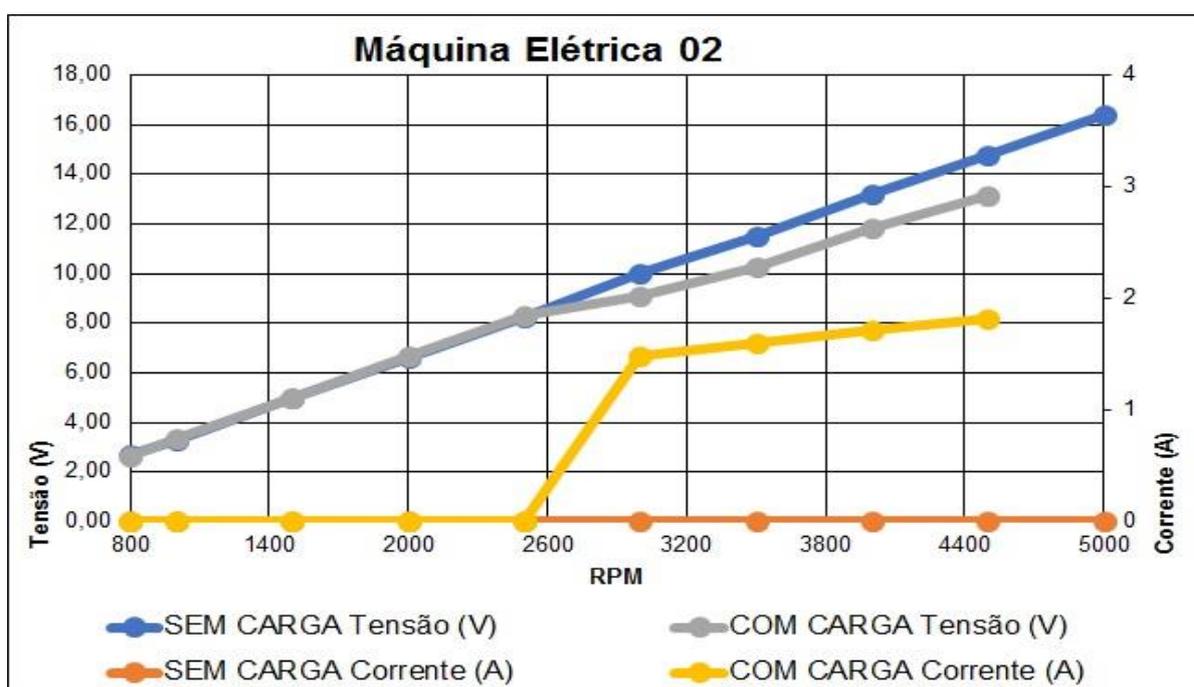
Figura 32 - Gráfico de resposta da Máquina Elétrica 01



Fontes: Dados do autor.

Os gráficos das figuras 32 e 33 mostram como se comporta as máquinas elétricas 01 e 02 em condições diferentes de carga na mesma faixa de rotação. O primeiro teste realizado foi sem carga onde a máquina elétrica tem sua função apenas como um gerador de energia. Notasse que os valores de corrente e tensão em ambos os motores sobem linearmente sem mudanças bruscas de comportamento.

Figura 33 - Gráfico de resposta da Máquina Elétrica 02 como gerador



Fontes: Dados do autor.

No segundo teste, onde temos uma lâmpada automotiva de 12 V ocorre um comportamento similar com a elevação da corrente e tensão, a partir dos 3000 RPM o sistema faz a alteração de função da máquina elétrica 02, a partir deste ponto ela passa a ser um gerador de energia para o sistema (no caso a lâmpada automotiva). Nesse caso o sistema agora precisa suprir a necessidade de corrente que a lâmpada consome por esse motivo ocorre o a elevação do consumo de corrente, esse aumento é de aproximadamente 1,66A na corrente de entrada na máquina elétrica 01 e de 1,49A na saída da máquina elétrica 02.

Com o aumento da rotação é possível notar no segundo gráfico que o valor de tensão da máquina elétrica 02 começa a diminuir após a troca de função nos 3000 RPM, isso ocorre, pois, a resistência interna da máquina começa a aumentar. Essa resistência pode ser calculada através da fórmula:

Figura 34 - Cálculo para resistência interna da máquina elétrica 02

$$R \text{ interna} = (V \text{ sem carga} - V \text{ com carga}) \div I \text{ com carga}$$

Fontes: Dados do autor.

Para realizar este cálculo pegamos os valores correspondentes na maior rotação de 4500 RPM e seu resultado foi de aproximadamente 0,923 ohms.

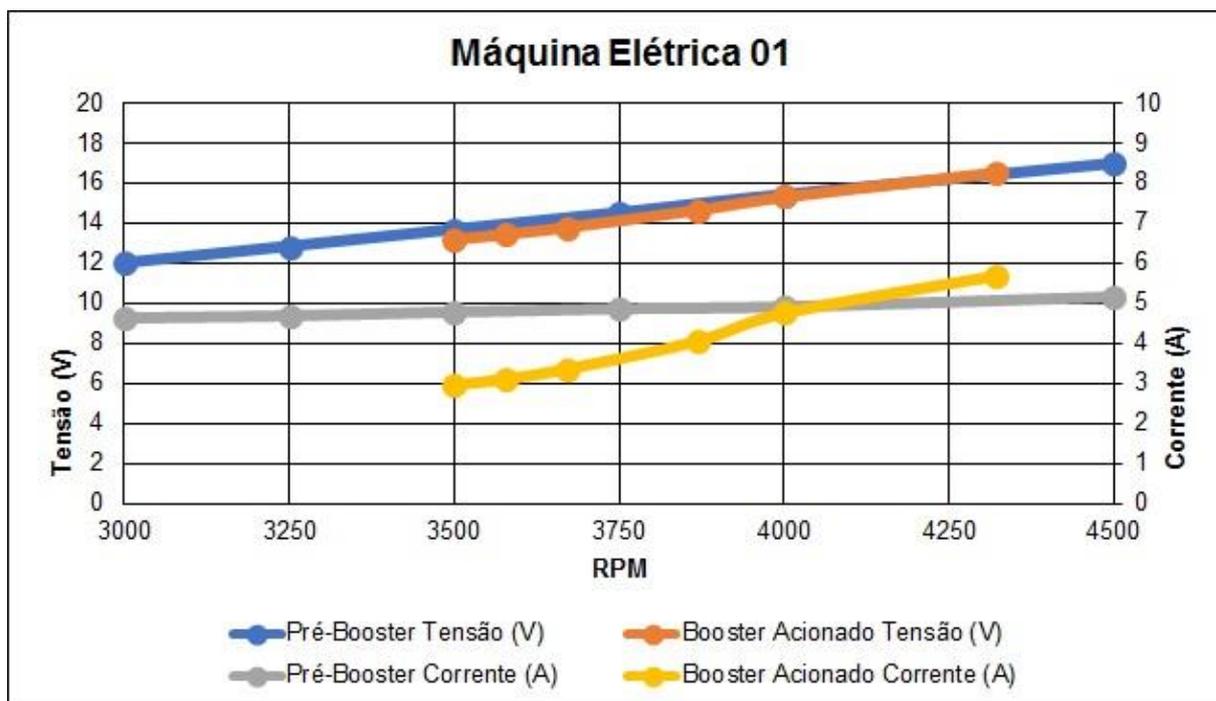
No Apêndice A, está disponível a tabela com os valores obtidos em teste.

4.2. Teste com a Função de Acionamento Booster

A função *booster* no sistema BSG foi criada para auxiliar o veículo em situações severas que há a necessidade de alto torque do MCI, por exemplo, em aclives. Quando essa função entra em ação ela altera a função da máquina elétrica 02 que passa a fornecer energia ao MCI por alguns segundos desse modo poupando os desgastes causados ao sistema caso fique trabalhando nessas condições.

No teste referente com a função de acionamento *booster* foram colocadas duas situações onde valores de rotação, corrente e tensão nas duas máquinas elétricas foram registrados antes e durante o acionamento das funções. Nas figuras 35 e 36 temos os resultados obtidos nos testes realizados. Para estes testes determinamos o valor inicial para acionamento que foi de 3000 RPM, pois é o valor que determinamos o ideal para a troca de função da nossa máquina elétrica, a partir deste valor inicial aumentamos os valores no intervalo de 250 RPM até o máximo valor que foi de 4500 RPM. Em ambos os gráficos, seja nas máquinas elétricas 01 ou 02 consegue-se enxergar o ganho que o corre em relação a rotação, onde quanto menor a rotação maior o ganho e com o aumento da rotação ocorre a diminuição do ganho.

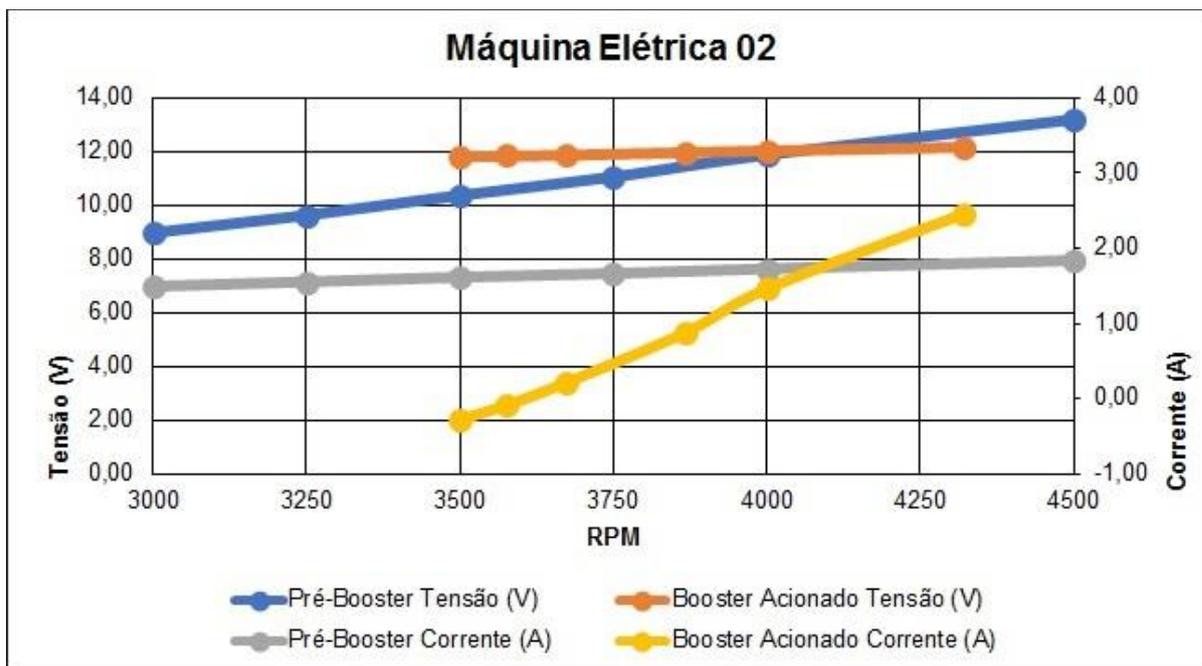
Figura 35 - Resultados dos testes de acionamento da função Booster na Máquina Elétrica 01



Fontes: Dados do autor.

No primeiro acionamento foi onde tivemos o maior ganho de rotação que foi de 500 RPM a mais do valor inicial, nos acionamentos seguintes este valor de ganho inicial começou a diminuir. Em 4000 RPM é o exato momento em que a função *booster* perde sua eficiência completamente onde nos dois gráficos temos o encontro entre as curvas seja de tensão ou de corrente, após esta rotação a máquina elétrica 02 passou a se tornar uma carga para a máquina elétrica 01 assim perdendo todas suas características benéficas para o sistema e ocasionando até a perda de rotação e o aumento de consumo de corrente da máquina elétrica 01.

Figura 36 - Resultados dos testes de acionamento da função Booster na Máquina Elétrica 02



Fontes: Dados do autor

No Apêndice A, está disponível a tabela com os valores obtidos em teste.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

De acordo com estudos até o momento o Brasil não está preparado para integrar a sua frota de veículos leves com os veículos elétricos, por conta disso é importante a implantação de sistemas híbridos no mercado assim, possibilitando a troca de informações entre as tecnologias para melhorar o conhecimento básico para o futuro. A mão de obra relacionada ao sistema elétrico é escassa, nosso trabalho conseguiu agregar um conhecimento base sobre o tema, para o ramo automotivo e apresentar as novas tecnologias que influenciarão em diversos fatores para melhorias.

Os temas relacionados aos VHE são discutidos em todos os continentes, porém não houve um investimento necessário pelo nosso país para que essa tecnologia ganhe mercado, por ser um país subdesenvolvido em um momento econômico ruim e pelo preconceito, por falta de conhecimento da população terá dificuldade em migrar cem por cento para uma frota de sistema VHE. O incentivo do governo será essencial para vencer essas barreiras, assim tendo um maior índice de aceitação pela população.

Na realização da bancada o primeiro maior desafio do grupo foi desenvolver um suporte que conseguisse absorver as vibrações geradas pelas máquinas elétricas em altas rotações que causava interferências na realização das medições das rotações, depois de inúmeras tentativas com bases de borracha chegamos a ideia de utilizar coxins utilizados para fixação de radiador automotivo que foi uma solução de baixo custo e de fácil acesso podendo ser encontrado em autopeça. Outro problema que surgiu durante a realização do projeto foi a dificuldade de adequar nosso drive para o alto consumo de corrente quando colocado para alimentar todos os consumidores (as três lâmpadas automotivas) o que demandava muito do transistor com inclusão de mais dois transistores em paralelo esse problema foi solucionado.

Devido a máquina elétrica 02 possuir uma alimentação direta de tensão igual a 12V, resultou uma limitação de ganho de rotação na faixa da função *booster*, e pelo fato das máquinas elétricas estarem conectadas via um eixo intermediário não foi possível realizar uma relação de transmissão de ganho, com isto, a partir de 4000 RPM a função acionada deixa de fornecer energia e passa ser uma carga para a máquina elétrica 01.

Nesse trabalho também conseguimos demonstrar em testes os benefícios da função *booster* mesmo não sendo uma solução sofisticada consegue auxiliar os veículos em situações que podem prejudicar a vida útil do motor como um acrílico acentuado na via.

Com a conclusão desse projeto também ficou claro o quanto o mesmo será benéfico para estudos futuros na instituição principalmente para qualificar os recentes profissionais em uma tecnologia nova no mercado, além de ser um ótimo instrumento de demonstrações de funcionamento nas aulas relacionadas à geração e armazenamento de energia.

5.1. Propostas Futuras

Para propostas futuras nosso projeto possibilita duas direções distintas que podem proporcionar novas descobertas da tecnologia BSG.

O primeiro caminho seria o de tornar a nossa bancada um projeto mais eficiente desenvolvendo um novo drive de potência que tivesse menos perda possível de energia comparado com o atual e uma interface em conjunto ao micro controlador onde o controle de rotação fosse feito somente através da CPU como um acelerador eletrônico. Boa alternativa seria utilizar um circuito digital para controle do drive de potência, podendo melhorar a eficiência. Também é possível fazer a troca da máquina elétrica 02 por uma que possua uma menor resistência interna onde iria trazer uma transmissão mais eficiente de energia.

O segundo caminho seria levar todo conhecimento adquirido neste trabalho para a implantação da tecnologia em um veículo de passeio leve onde seria possível elevar o nível de estudo e conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

Baisden&Emadi. 2004.: Advisor-Based Model of a Battery and an Ultra-Capacitor Energy Source for Hybrid Electric Vehicles. Andrew C, Baisden e Ali Emadi, 2004 – Transactions on Vehicular Technology, VOL 53.

Baldizzone. 2012.: Performance and Fuel Economy Analysis of a Mild Hybrid Vehicle Equipped with Belt Starter Generator. Stefano Baldizzone, member student University of Windsor Scholarship at UWindsor 2012.

Boylestad. 2013.: Dispositivos eletrônicos e teoria dos circuitos 11ª Edição. Tradução de Sônia Midori Yamamoto et al. São Paulo: Robert L. Boylestad Louis Nashelsky, 2013.

Bravo. 2016.: Estudo sobre a Utilização de um Sistema Auxiliar Elétrico para a Propulsão de Veículos Leves de Baixa Cilindrada. Diego Bravo Moreno, 2016. 199p - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas

Brunetti. 2012.: Motores de Combustão Interna: volume 1 e 2. São Paulo. Franco Brunetti, 2012

Cossale. 2017.: Multi-phase Starter-Generator for 48V Mild-Hybrid Powertrains. Marco Cossale, 2017 - Universidade Politécnica de Turim, Repositório Institucional do Porto. Tese de doutorado.

Denton. 2004.: Automobile Electrical and Electronic Systems. Oxford. Tom Denton, 2004.

Emadi. 2015.: Advanced Electric Drive Vehicles. Hamilton. Emadi, Ali: CRC, 2014. Press – Cap. 10, pág. 331 à 365.

Lernerneier&Eichenberger. 2015.: Inserção de veículos elétricos. Alexandre Lernerneier de Araujo & Alyne Carolina Elchenberger, 2015 – Universidade de Tecnologia Federal do Paraná.

Luiz Sérgio. 2013.: Apostila de máquinas elétricas. Luiz Sérgio B Marques; Ana Barbara K. Sambaqui; Janderson Duarte. Instituto Federal de Santa Catarina-Campus Joinville, 2013.

Manual de Tecnologia Automotiva. 2005.: Manual de Tecnologia Automotiva. 25. Ed Tradução de Euryale de Jesus Zerbini et al. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

Pei&Ran. 2016.: Architectural, energy and information engineering Taylor & Francis Group.

Queiroz, J. F. 2006.: Introdução ao veículo híbrido no Brasil: evolução tecnológica aliada à qualidade de vida. Juliana F. Queiroz 2006 - (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

APÊNDICE A – Tabelas dos Testes

Testes como Gerador

Máquina Elétrica 01				
SEM CARGA		COM CARGA		
RPM	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente
800	3,64	2,32	3,69	2,21
1000	4,30	2,42	4,46	2,30
1500	6,15	2,65	6,25	2,51
2000	7,97	2,85	8,00	2,73
2500	9,73	3,00	9,74	2,88
3000	11,55	3,10	12,16	4,54
3500	13,18	3,21	13,66	4,77
4000	14,92	3,37	15,43	5,02
4500	16,63	3,49	17,09	5,26
5000	18,36	3,65		

Máquina Elétrica 02				
SEM CARGA		COM CARGA		
RPM	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente
800	2,70	0	2,65	0
1000	3,27	0	3,35	0
1500	4,96	0	4,99	0
2000	6,63	0	6,66	0
2500	8,25	0	8,29	0
3000	10,00	0	9,07	1,49
3500	11,51	0	10,30	1,6
4000	13,20	0	11,81	1,72
4500	14,80	0	13,12	1,82
5000	16,40	0		

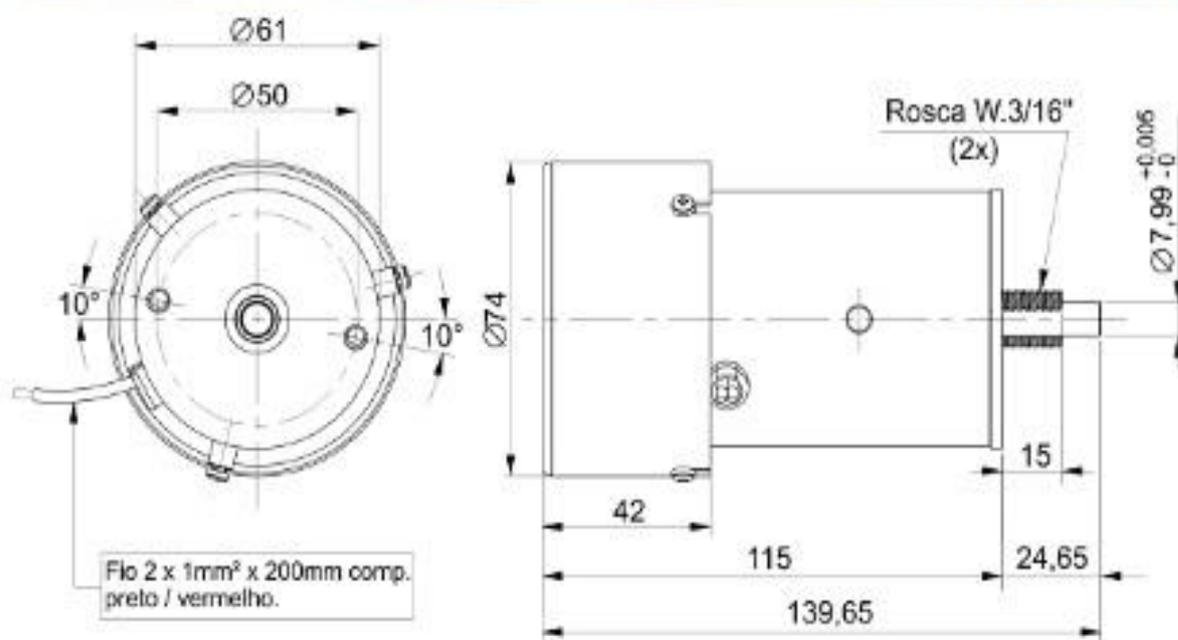
Testes com o Acionamento da função Booster

COM CARGA				
Pré Acionamento da Função Booster				
	Máquina Elétrica 01		Máquina Elétrica 02	
RPM	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão (V)	Corrente (A)
3000	12,02	4,63	8,99	1,49
3250	12,85	4,69	9,64	1,55
3500	13,70	4,79	10,37	1,61
3750	14,54	4,88	11,05	1,66
4000	15,44	4,93	11,87	1,72
4500	17,01	5,19	13,17	1,83

COM CARGA				
Booster Acionado				
	Máquina Elétrica 01		Máquina Elétrica 02	
RPM	Tensão (V)	Corrente (A)	Tensão (V)	Corrente (A)
3500	13,19	2,97	11,85	-0,28
3577	13,46	3,11	11,87	-0,09
3672	13,82	3,37	11,90	0,21
3868	14,69	4,07	11,99	0,88
4000	15,36	4,78	12,05	1,46
4320	16,60	5,72	12,17	2,45

ANEXO A – Referência dos motores DC Motron

Motores >> M 110 VER



- Corrente contínua
- Ímã permanente
- 2 Pólos
- 12 ou 24 Vcc
- Ventilação externa
- Classe de isolamento 180° C
- Massa 850g
- Rolamentado

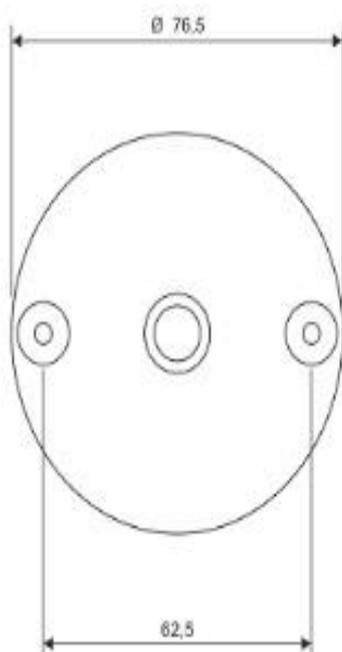
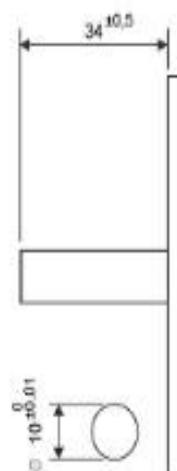


Controladores recomendados: CVE 2002 ou CVE 8701

Dimensões em milímetros (mm)

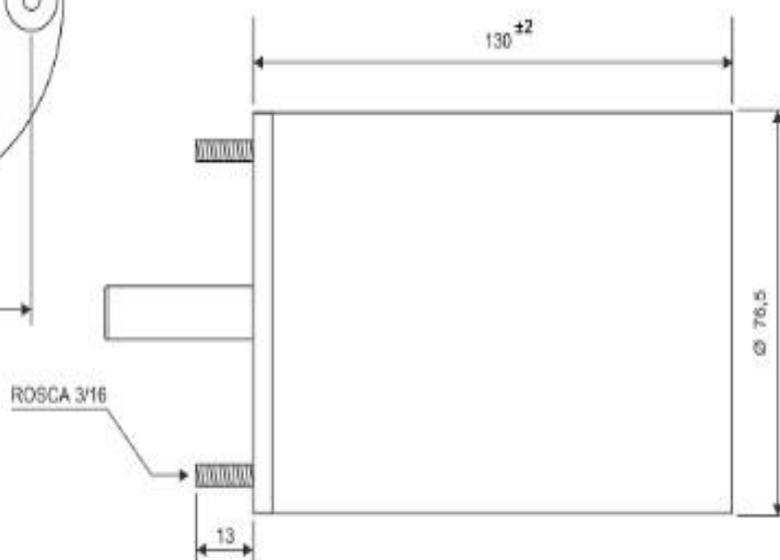
MODELO	VOLTS V	S / CARGA		MÁXIMA EFICIÊNCIA				TORQUE TRAVADO kgf cm	
		RPM	A	RPM	A	TORQUE kgf cm	POTÊNCIA W CONSUMO ENTREGA		
M 110 / VER 1k5	24	1500	0,3	790	0,75	1,2	18 9,5	3,9	
M 110 / VER 2k5	24	2500	0,6	1630	1,4	1,3	34 21	6,9	
M 110 / VER 3k3	24	3300	0,8	2410	2,2	1,5	50 36	12,4	
M 110 / VER 6k6	24	6600	1,38	5800	4,1	1	98 58	16,5	

Motores >> M 210 R



- 12 ou 24 Vcc
- Classe de isolamento 180° C
- Rolamentado

- Corrente contínua
- Ímã permanente
- 2 Pólos
- Massa 1,6 kg

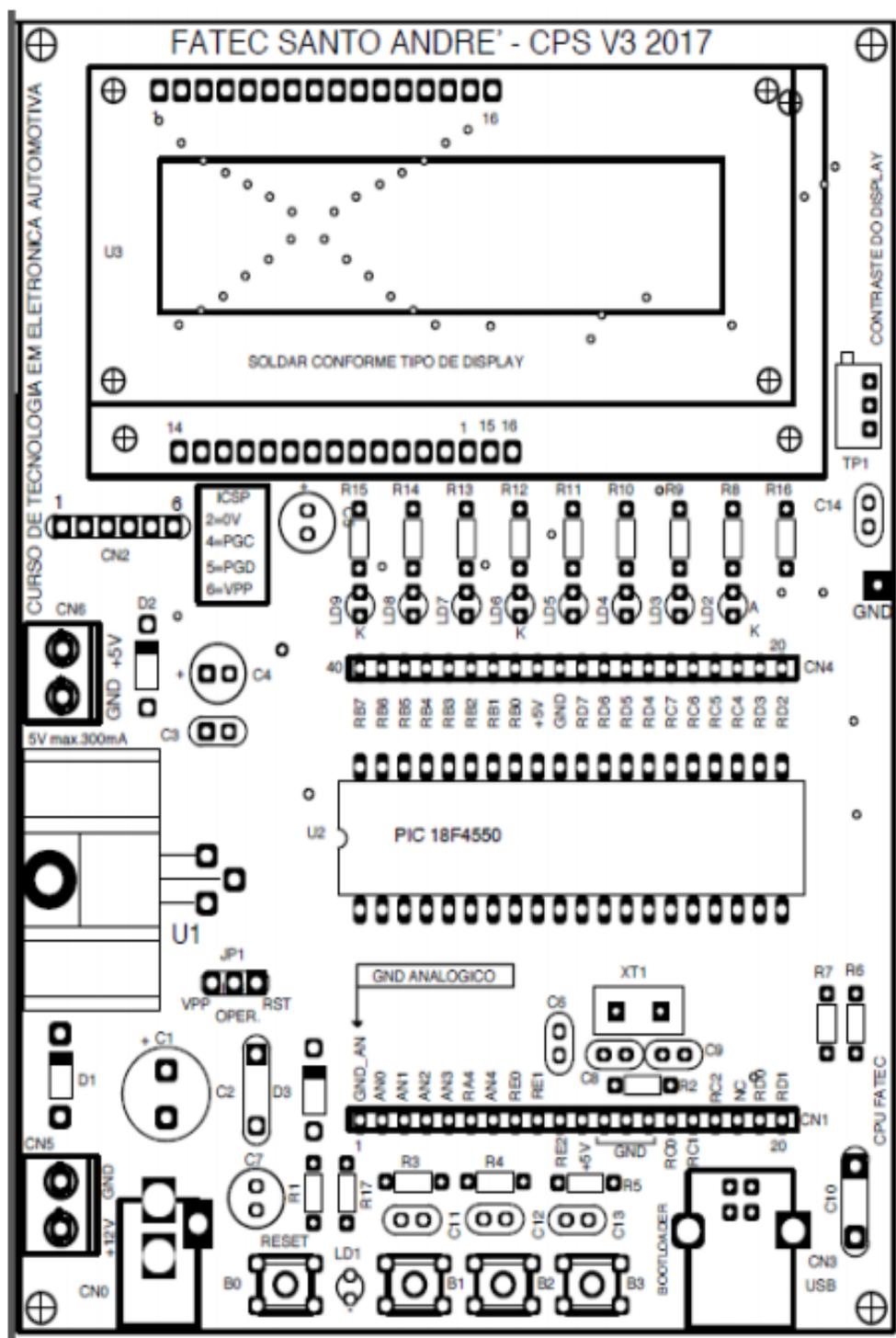


Controladores recomendados: CVE 2002 ou CVE 8701

Dimensões em milímetros (mm)

MODELO	VOLTS V	S / CARGA		MÁXIMA EFICIÊNCIA				TORQUE	
		RPM	A	RPM	A	TORQUE kgf cm	POTÊNCIA W CONSUMO	ENTREGA	TRAVADO kgf cm
M 210 R 1k2	24	1200	0,5	675	1,6	2,2	38	15	7,8
M 210 R 2k2	24	2200	0,8	1725	2,6	2,4	62	42	12
M 210 R 3k3	24	3000	1	2570	3,3	2,2	80	57	16
M 210 R 6k	24	6000	1,4	5340	6	1,7	144	90	23

ANEXO B – Placa Eletrônica FATEC



ANEXO C – Bateria Estacionária VRLA 12V 7Ah Mod.UP1270E

Informações Técnicas

Modelo	UP1270E
Tensão Nominal (V)	12
Capacidade (C10)	6,4
Capacidade (C20)	7
Comprimento (mm)	151
Largura (mm)	65
Altura Total (mm)	100
Peso (kg)	2,1
Tipo Terminal	Faston 187
Garantia (meses)	12
Certificações	UL



<https://unipower.com.br/produto/bateria-estacionaria-vrla-12v-7ah-mod-up1270e/>