

Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

**PROJETO DE MONTAGEM DE UMA BICICLETA ELÉTRICA**

Felipe Soares Ribeiro

Lucas Gomes da Silva

Thiago Sarmiento Brasileiro

São Paulo, novembro / 2016.

Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Felipe Soares Ribeiro R.A.:

Lucas Gomes da Silva R.A.: 5438477

Thiago Sarmento Brasileiro R.A.: 4710810

**O DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BICICLETA  
ELÉTRICA PARA MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA DO  
MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada exigência parcial para  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Elétrica do Centro Universitário das Faculdades  
Metropolitanas Unidas - FMU.

Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Anneliese de Oliveira Lozada

São Paulo, novembro / 2016.

Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Autor(a) do Trabalho:** Felipe Soares Ribeiro R.A.:  
Lucas Gomes da Silva R.A.: 5438477  
Thiago Sarmiento Brasileiro R.A.: 4710810

**Título do Trabalho: O DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BICICLETA ELÉTRICA PARA MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU.

**Data da Aprovação:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Anneliese de Oliveira Lozada

---

Convidado:

---

Convidado:

### **Ficha Catalográfica**

Brasileiro, Thiago Sarmiento  
Ribeiro, Felipe Soares  
Silva, Lucas Gomes da

**Projeto de Montagem de uma Bicicleta Elétrica**/Felipe Soares  
Ribeiro, Lucas Gomes da Silva, Thiago Sarmiento Brasileiro. São  
Paulo, 2016. 42 p.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Anneliese de Oliveira Lozada

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Curso de Engenharia  
Elétrica, Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas  
- FMU.

1. Mobilidade Urbana. 2. Bicicleta Elétrica. 3. Sustentabilidade. 4.  
Motor BLDC.

*Dedicamos este trabalho as nossas famílias, em especial as namoradas e esposas, pelo incentivo e companheirismo durante todo o processo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Felipe Soares Ribeiro agradece a:

A orientadora Prof<sup>ª</sup>. Anneliese de Oliveira Lozada, e a todos os professores e a coordenação do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, pelo apoio e, por todos os ensinamentos transmitidos durante estes anos.

Aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado e, pelo constante apoio e estímulo e a minha esposa, Kelly Cavalcante Brasileiro, pelo companheirismo e compreensão durante todo o tempo que me dediquei à elaboração deste trabalho.

Aos amigos e colegas, por compartilharem suas experiências e vivências, durante todo o período dessa graduação.

Lucas Gomes da Silva agradece a:

A orientadora Prof<sup>ª</sup>. Anneliese de Oliveira Lozada, e a todos os professores e a coordenação do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, pelo apoio e, por todos os ensinamentos transmitidos durante estes anos.

Aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado e, pelo constante apoio e estímulo e a minha esposa, Kelly Cavalcante Brasileiro, pelo companheirismo e compreensão durante todo o tempo que me dediquei à elaboração deste trabalho.

Aos amigos e colegas, por compartilharem suas experiências e vivências, durante todo o período dessa graduação.

Thiago Sarmiento Brasileiro agradece a:

A orientadora Prof<sup>ª</sup>. Anneliese de Oliveira Lozada, e a todos os professores e a coordenação do Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas - FMU, pelo apoio e, por todos os ensinamentos transmitidos durante estes anos.

Aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado e, pelo constante apoio e estímulo e a minha esposa, Kelly Cavalcante Brasileiro, pelo companheirismo e compreensão durante todo o tempo que me dediquei à elaboração deste trabalho.

Aos amigos e colegas, por compartilharem suas experiências e vivências, durante todo o período dessa graduação.

## RESUMO

A geração de energia alternativa tem sido um dos pontos de maior discussão no mundo moderno e, novas formas são descobertas todos os dias. Neste contexto, observa-se um esforço grande, sobretudo nas capitais São Paulo e Rio de Janeiro, para a criação de ciclovias, visando a utilização de transporte alternativos e prática de esportes. Unindo estes dois cenários, a seguinte pesquisa visa a geração de energia sustentável para o funcionamento de uma bicicleta elétrica. Para a concretização deste projeto será utilizado motor de fluxo radial com adaptação para novas formas de geração de energia. O carregamento das baterias de forma sustentável como alternativa para o funcionamento do motor tem como objetivo a redução do peso dos equipamentos e maior autonomia para a bicicleta. Serão utilizados os métodos tradicionais: frenagem e rotação dos pneus; e captação por energia solar (alternativa). Além do funcionamento do motor, há a preocupação com a segurança e manutenção da vida útil dos equipamentos. Para isso serão instalados sensores para controle de temperatura e fuga de corrente elétrica. No término deste trabalho, será possível uma visualização do processo de funcionamento deste motor com uma alternativa para carregamento das baterias.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana, Bicicleta Elétrica, Sustentabilidade, Motor BLDC.

## ABSTRACT

A geração de energia alternativa tem sido um dos pontos de maior discussão no mundo moderno e, novas formas são descobertas todos os dias. Neste contexto, observa-se um esforço grande, sobretudo nas capitais São Paulo e Rio de Janeiro, para a criação de ciclovias, visando a utilização de transporte alternativos e prática de esportes. Unindo estes dois cenários, a seguinte pesquisa visa a geração de energia sustentável para o funcionamento de uma bicicleta elétrica. Para a concretização deste projeto será utilizado motor de fluxo radial com adaptação para novas formas de geração de energia. O carregamento das baterias de forma sustentável como alternativa para o funcionamento do motor tem como objetivo a redução do peso dos equipamentos e maior autonomia para a bicicleta. Serão utilizados os métodos tradicionais: frenagem e rotação dos pneus; e captação por energia solar (alternativa). Além do funcionamento do motor, há a preocupação com a segurança e manutenção da vida útil dos equipamentos. Para isso serão instalados sensores para controle de temperatura e fuga de corrente elétrica. No término deste trabalho, será possível uma visualização do processo de funcionamento deste motor com uma alternativa para carregamento das baterias.

Palavras-chave: transporte urbano, bicicleta elétrica, energia alternativa, bicicleta híbrida, sustentabilidade, eficiência energética, motor de fluxo radial.



## **LISTA DE FIGURAS**

## **LISTA DE TABELAS E QUADROS**

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

## **SUMARIO**

## 1. INTRODUÇÃO

É atribuído ao arquiteto e inventor alemão Karl Friedrich Drais Von Sauerbronn, a criação do primeiro modelo do que viria a ser uma bicicleta, embora exista muita discussão sobre o assunto. Ele criou, em junho de 1817, uma geringonça com duas rodas ligadas por uma barra de madeira com um guidão fixo, que logo recebeu o nome de Draisiana. Em 1818, o inglês Dennis Johnson a patenteou, e logo o invento virou moda em Londres. Desde então, esse modelo não parou de se modernizar, através do acréscimo dos pedais, freio, sistema de transmissão de força mais eficiente, mais aerodinâmica, diferentes tipos de rodas, selim, melhor tração, mais comodidade e conforto (SESI, 2012).

No final do século XIX, os bicíclós e bicicletas chegaram ao Brasil, trazidos da Europa por famílias mais abastadas. As cidades de Curitiba, no Paraná, e São Paulo receberam um grande número de imigrantes europeus de onde datam os primeiros registros da utilização da bicicleta em território brasileiro. Em 1895 já existia um clube de ciclismo organizado por imigrantes, provindos da Alemanha, em Curitiba. Em São Paulo, foi construído o primeiro velódromo do país ainda no ano de 1895 e, pouco depois, foi fundado, também em São Paulo, o Veloce Club Olímpico Paulista. Neste período a bicicleta era uma realidade distante devido aos altos custos de importação e da inexistência de fabricantes em território brasileiro.

Foi depois da Segunda Guerra Mundial, que empresas como Caloi e Monark, devido a dificuldades que tinham para a importação de peças, passam a produzi-las integralmente em território brasileiro. Entretanto, sob o governo de Juscelino Kubitschek, houve a valorização da indústria do automóvel e a construção de estradas o que deixou a bicicleta estigmatizada como “veículo de pobre”, apenas da classe trabalhadora (CASSILEI, 2016).

Visando a redução da poluição atmosférica produzida pelos veículos automotores e os crescentes problemas com congestionamento, em diversas cidades pelo mundo, a partir dos anos 2000, os governos locais de vários centros urbanos, passam a projetar investimento em ciclovias, propiciando, assim, uma nova procura pelas bicicletas, seja para lazer, esporte ou para substituir o automóvel no deslocamento casa-trabalho. Além disso, diversos serviços voltados para as bikes foram sendo criados, como sistemas de empréstimo, aluguel, entre outros (CET, 2016).

Atualmente, a utilização da bicicleta atingiu um novo patamar com as bicicletas elétricas ou e-bikes. Ela permite usar um veículo praticamente não poluente para circular pela cidade de forma prática e rápida. Para quem tem limitação física ou não quer chegar suado ao trabalho, a bicicleta elétrica cumpre uma função especial na mobilidade urbana, criando uma independência com relação aos carros e à lotação do transporte público. Ela incentiva o exercício físico ao mesmo tempo em que é uma grande aliada em trajetos com subidas. O fato de poder contar com o auxílio elétrico e exigir menos esforço nas pedaladas torna as pessoas mais confiantes a percorrerem distâncias um pouco maiores.

Nesse sentido, este projeto de pesquisa tem como objetivo aperfeiçoar o sistema elétrico e mecânico de uma bicicleta convencional transformando-a em uma bicicleta elétrica, e avaliando os seus impactos para a mobilidade urbana e o meio ambiente no município de São Paulo.

## **2. TEMA E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA**

### **2.1. Delimitação do Tema**

Esta pesquisa está inserida na linha de pesquisa de “Automação” e abordará o tema “Bicicleta elétrica e Mobilidade urbana”.

Visando restringir o âmbito de análise do tema, o delimitamos de modo que o mesmo tratará “da utilização da bicicleta elétrica no município de São Paulo”.

Sendo assim, o título deste projeto de pesquisa é **“O DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE BICICLETA ELÉTRICA PARA MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO”**.

### **2.2. Objetivos**

#### **2.2.1. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral aperfeiçoar o sistema elétrico e mecânico de uma bicicleta convencional tornando-o elétrica, e dessa forma contribuindo para melhorar a mobilidade urbana e os impactos ambientais no município de São Paulo, bem como apresentando um modal que possa ser economicamente viável para os usuários.

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

Para atingirmos o objetivo geral, traçamos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre os componentes necessários para a montagem da bicicleta elétrica;
- Levantar a legislação vigente sobre mobilidade no município de São Paulo;
- Identificar os componentes de uma bicicleta convencional;
- Selecionar o motor elétrico adequado às especificações da legislação vigente;
- Dimensionar a bateria para atender as características dos componentes;
- Escolher o módulo controlador compatível com o sistema elétrico;
- Testar a interface elétrica que será utilizada pelo usuário;
- Montar o protótipo da bicicleta elétrica;
- Realizar testes em vias públicas para averiguar o funcionamento da bicicleta e possíveis falhas no sistema elétrico;
- Avaliar os custos de aquisição e manutenção da bicicleta elétrica, estabelecendo um comparativo com outros modais em relação aos custos e performance.

### **2.3. Metodologia**

Trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória. Para tanto, será necessário o levantamento bibliográfico e documental (consulta de periódicos, livros, artigos científicos, catálogos técnicos de fabricantes), acerca do tema pesquisado, seguindo-se da construção de um protótipo de uma bicicleta elétrica, avaliando-se sua viabilidade em termos de custos e implantação deste tipo de modal no município de São Paulo.

Serão pesquisados diversos modelos de bicicletas elétricas, identificando seus componentes essenciais (motores, os sensores, o controlador, a bateria e seu carregador) e levando em consideração seus custos de aquisição.

Um ponto de análise importante é o melhor tipo de bateria, para reduzir o peso e espaço, o que dificultaria a implantação em uma bicicleta. Para uma abordagem inicial, a

bateria que será utilizada será a de 36V contínuos, de lítio, pois os componentes eletrônicos já funcionam nessa voltagem. Com isso não será necessária a alteração de voltagem. Definido os componentes, estudaremos sobre a forma de instalação de cada um deles, bem como se os mesmos podiam ser montados em qualquer tipo de bicicleta.

#### **2.4. Problema de Pesquisa**

A questão de pesquisa ficou delineada da seguinte forma:

**“Quais as vantagens e desvantagens da utilização da bicicleta elétrica no município de São Paulo em relação à mobilidade urbana e quais são os custos envolvidos para sua implantação e manutenção?”**

Assim, com esta questão pretendemos demonstrar a viabilidade da utilização e comercialização deste modal e seus impactos para a mobilidade urbana e para o meio ambiente.

#### **2.5. Hipóteses**

Foram levantadas as seguintes hipóteses em relação ao problema de pesquisa:

- **A implantação da bicicleta elétrica no município de São Paulo não se concretizou em virtude do plano de mobilidade urbana que ainda não foi implantado.**
- **Os custos para a aquisição da bicicleta elétrica ainda são altos, sendo necessários investimentos e políticas públicas que viabilizem o desenvolvimento de tecnologias com custos acessíveis para que o usuário possa adquirir o modal.**

#### **2.6. Justificativa e relevância do tema de pesquisa**

A poluição gerada pelos veículos automotores a combustíveis fósseis e o trânsito das grandes cidades são os principais problemas causados pelos meios de transporte atuais. Esses problemas são comuns a todas as grandes cidades do mundo, inclusive São Paulo. Visando solucionar esses problemas, e sendo a bicicleta um meio de transporte sustentável e não-poluidor, diversos países vêm investindo em ciclovias, visando aumentar o número de usuários dessa modalidade.



Os países europeus reúnem os principais modelos de ciclovias do mundo.

**Tabela 1 - Principais modelos de referências mundiais em ciclovias**

Barcelona	<p>Malha: mais de 150 km.</p> <p>Mais eficiente sistema de empréstimo: o Bicing, que dispõe de 413 estações de retirada e devolução e registra mais de 100 mil viagens anuais.</p>
Paris	<p>Malha: mais de 700 km.</p> <p>Maior sistema de empréstimo gratuito de bicicletas no mundo: o Vélib, que foi criado em 2007 com 10 mil bikes e 750 estações automatizadas. Em julho de 2011, alcançou 100 milhões de viagens, 20 mil bicicletas à disposição em 1.800 postos de aluguel e mais de 180 mil assinantes no ano.</p>
Munique	<p>Malha: mais de 1.200 km.</p> <p>Oferece serviços de empréstimo e promove passeios turísticos sobre duas rodas e, além disso, dispõe de sistema online pelo qual o usuário encontra rotas e traça caminhos.</p>
Amsterdã	<p>Malha: mais de 500 km.</p> <p>A partir dos anos 1960, a população foi estimulada pelo governo com o lema “construa o caminho e os ciclistas virão”. O número de ciclistas é tão elevado que há congestionamento de bikes.</p>
Berlim	<p>Malha: mais de 650 km.</p> <p>Voltadas não só para o transporte urbano, mas para o cicloturismo. Amantes de bikes mais ousados podem, inclusive, percorrer um trajeto específico de Berlim a Copenhague, capital da Dinamarca.</p>
Copenhague	<p>Malha: mais de 350 km.</p> <p>40km delas não há contato com automóveis. Hoje, cerca de 37% da população se move sobre bikes. A cidade é um dos poucos locais do mundo onde há semáforos específicos para ciclistas.</p>

A cidade de São Paulo sofre dos mesmos problemas das principais cidades do mundo, e visando minimizar os crescentes problemas de congestionamento e a prejudicial emissão de gases poluentes, o **Plano Diretor do Município de São Paulo**, em conformidade com **a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal 12.587/2012)**, define diretrizes que favorecem os modos de transporte não motorizados, incentivando o uso da bicicleta como meio de transporte sustentável.

Se comparada aos modos de transporte motorizados, a bicicleta é uma alternativa de locomoção econômica e ambientalmente mais saudável, razão pela qual **o Plano de Governo da atual gestão** contempla a implantação de uma série de medidas adequando a cidade a esta crescente demanda.

O aumento do número de viagens de bicicleta no município de São Paulo, confirmado pelos resultados das últimas **pesquisas de Origem e Destino do Metrô**, e as políticas públicas recentemente praticadas pelas maiores metrópoles do mundo com vistas à mudança da matriz energética do planeta, definem como uma das diretrizes da atual gestão da Prefeitura do Município de São Paulo o estímulo à utilização da bicicleta como meio de transporte e o investimento na implantação e ampliação da infraestrutura cicloviária da cidade de São Paulo.

A Rede Cicloviária Estrutural da cidade é composta por diferentes tipos de infraestrutura, todas devidamente sinalizadas com placas e pinturas de solo (sinalização vertical e horizontal), entre elas estão as ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas, calçadas compartilhadas e calçadas partilhadas, implantadas em todas as regiões da cidade. Além das infraestruturas permanentes, São Paulo conta também com 120,8 km de ciclofaixas operacionais de lazer, funcionando aos domingos e feriados nacionais, das 7h às 16h.

Completando o Sistema Cicloviário do Município, a cidade conta também com um sistema público de bicicletas compartilhadas, através dos programas BikeSampa e CicloSampa, ofertando mais de duas mil bicicletas de empréstimo para a população. As bicicletas compartilhadas podem ser uma forma de transporte bastante eficiente, servindo tanto para viagens exclusivas neste modal quanto para a integração com o transporte público coletivo. (CET, 2016)

A prefeitura de São Paulo tem como meta chegar aos 400 km ao final de 2016.

Além de ser um meio de transporte limpo, a utilização da bicicleta, mesmo as elétricas, são um ótimo exercício físico, ajudando milhares de pessoas a sair do sedentarismo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. As Bicicletas Elétricas**

As primeiras patentes de bicicletas elétricas datam do fim do século XIX. Em 1895, Ogden Bolton Jr. inventou um modelo sem engrenagens e com motor que alcançava 100 amperes de uma bateria de 10 volts. Dois anos depois, Hosea W. Libbey of Boston inventou um modelo que utilizava dois motores.

Diversos tipos diferentes surgiram durante o século XX, como o de Jesse D. Trucker, que teve a ideia de produzir um motor com engrenagens internas que permitiam que a roda da bicicleta ficasse livre, sendo possível pedalar com ou sem o auxílio elétrico.

Nos anos 90 foram inventados os sensores de torque e controladores de potência. Com início da era tecnológica, o mercado de bicicletas elétricas começou a se expandir graças à redução do preço dos componentes e o surgimento de novas tecnologias, inclusive com formas inovadoras de recarregar a bateria, como energia do movimento e solar.

Hoje, bicicleta elétrica é um mercado em expansão com grandes indústrias pelo mundo. Em 2009, foi estimada a existência de 200 mil bicicletas elétricas pelos Estados Unidos. Na Alemanha, a produção ultrapassa a marca de 400 mil unidades. No Brasil, o mercado ainda está em desenvolvimento e a maioria dos modelos presentes é importada, apesar de haver alguns locais que fabricam e-bikes tupiniquins. (eCycle, 2016)

Existem dois grandes grupos de bicicletas elétricas: o primeiro é o dos Pedelects, que são as bikes sem acelerador e cujos motores são ativados conforme o ciclista pedala. Nesse caso, a bicicleta só irá se locomover a partir do ato de pedalar. O outro grupo abrange as bicicletas elétricas com acelerador. Elas possuem as opções de só acelerar, só pedalar ou uma combinação entre as duas funções.

Em ambos os grupos, os principais componentes de uma bicicleta elétrica são o motor; a bateria, que é responsável por alimentar o motor; o controlador eletrônico ou módulo que

controla a velocidade do motor; o acelerador; o sistema de pedal assistido (PAS); e o painel de instrumento, onde é possível acompanhar em tempo real as informações da bicicleta, como nível de bateria e velocidade. (eCycle, 2016)

## 2.2. A Legislação

Em 2013, o Conselho Nacional de Trânsito (Contran) regulamentou a utilização de bicicletas elétricas no Brasil. Até então, todas as bicicletas com auxílio elétrico eram equiparadas a ciclomotores, conforme a Resolução nº 315, de 08 de maio de 2009. Com a nova resolução, a Resolução nº 465, de 27 de novembro de 2013, as bicicletas elétricas foram equiparadas as bicicletas comuns, e dispensadas de registro, tributação, habilitação e seguro obrigatório, desde que atendam as seguintes condições, conforme parágrafo 3º:

- I – com potência nominal máxima de até 350 Watts;*
- II - velocidade máxima de 25 km/h;*
- III - serem dotadas de sistema que garanta o funcionamento do motor somente quando o condutor pedalar;*
- IV – não dispor de acelerador ou de qualquer outros dispositivo de variação manual de potência;*
- V – estarem dotadas de:*
  - a) indicador de velocidade;*
  - b) campainha;*
  - c) sinalização noturna dianteira, traseira e lateral;*
  - d) espelhos retrovisores em ambos os lados;*
  - e) pneus em condições mínimas de segurança.*
- VI – uso obrigatório de capacete de ciclista.”*

Agora o Brasil se equipara aos principais países do mundo, com por exemplo:

<b>PAÍS</b>	<b>OBRIGATÓRIO PEDELEC</b>	<b>VELOC. MÁX. COM MOTOR</b>	<b>POTÊNCIA</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO LEGAL</b>
<b>EUA</b>	-	32 km/h	750 Watts	Federal Electric Bicycle Law HR 727
<b>União Europeia</b>	Sim	25 km/h	250 Watts	Lei 2002/24/CE
<b>Reino Unido</b>	Sim	25 km/h	200 Watts	Lei 2002/27/CE e Stat. Instr. 1168 e 1176
<b>Japão</b>	Sim	24 km/h	-	Road Traffic Law (2001)
<b>Finlândia</b>	Sim	25 km/h	250 Watts	N/D

<b>Índia</b>	-	25 km/h	250 Watts	ARAI
<b>Nova Zelândia</b>	-	-	300 Watts	N/D
<b>Canadá</b>	Sim	32 km/h	500 Watts	Motor Vehicles Safety Regulations

Tabela 02: Resumo das principais legislações sobre bicicletas elétricas.

Fonte: SCHORNER, 2013.

É importante notar que não é o ciclista que decide até que velocidade vai o apoio do motor, mas é o próprio veículo que é feito com os limites embutidos, adequando-se às leis que estejam em vigor.

## **2.2. Bicicletas Elétricas do Mercado**

Devido ao crescente mercado brasileiro e mundial, as principais fabricantes de motos e automóveis investiram também nas bicicletas elétricas, como:

### **2.2.1. Ford**

A Ford, atenta aos novos conceitos e possibilidades de mobilidade urbana, apresentou no salão do automóvel de Frankfurt uma bicicleta de propulsão elétrica, um quadro de perfil trapezoidal construído em alumínio e carbono o E-Bike pesa apenas 2,5 kg. As rodas de seis raios têm desenho em V e as baterias de lítio de 36V, 9,3 Ah, ficam escondidas no interior do quadro e são responsáveis por alimentar o pequeno motor de CC de 250 W, instalado no cubo da roda dianteira, enquanto a transmissão final substitui a tradicional corrente por uma correia dentada de carbono. O modelo dispõe ainda de um sistema de reaproveitamento de energia (tanto dos freios quanto dos pedais) similar ao utilizado nos bólidos de Fórmula 1 que, segundo a marca, lhe garante uma autonomia de cerca de 85 km. Mas, se a bateria acabar ela vira uma bicicleta convencional com câmbio Shimano Alfine de 11 marchas e manopla Shimano Rapidfire.

(<http://quatorrodas.abril.com.br/materia/bike-eletrica-ford-640753>)

(<http://www.autoportal.iol.pt/noticias/geral/ford-apresenta-e-bike-uma-bicicleta-electrica-para-a-cidade/>)



Fonte: Quatro Rodas

**Figura 3 - Bicicleta elétrica da Ford**

### **2.2.2. Mercedes-Benz**

A ebike da Mercedes-Benz pesa 26 quilos, possui um visual premiado em concurso de design europeu e tecnologia surpreendente: a smart ebike, feita pelas alemãs Grace e Mercedes-Benz, é uma bicicleta elétrica no espaço dedicado a alguns dos carros mais cobiçados do planeta. Para alcançar a velocidade de 25 km/h, a ebike funciona como moto, empurrada por baterias de 423 Wh, encasuladas num pacote destacável no centro do quadro; acima disso, você precisa pedalar. Mas tudo é facilitado por equipamentos típicos de carro: há freios a disco, LEDs formando as luzes frontal e traseira, corrente "limpa" (sem lubrificante e feita de composto plástico, mais resistente) e até computador de bordo. Por toda essa tecnologia, o preço convertido para real é de aproximadamente R\$ 7.500.

(<http://carros.uol.com.br/noticias/redacao/2012/10/26/mercedes-benz-mostra-ebike-bicicleta-eletrica-de-r-10-mil-no-salao.htm>)



Figura 03: Bicicleta elétrica da Mercedes Benz, smart.

Fonte: Uol Carros.

### 2.2.3. Dafra

Para não ficar de fora, a fabricante de motos Dafra, possui 4 tipos de e-bikes.

A que possui menor preço, de R\$ 2.590,00, é o modelo Dafra DBX, que possui bateria portátil de chumbo ácido, velocidade máxima de 25 km/h e peso de 44 kg.





Figura 03: Bicicleta elétrica da Dafra DBX.

Fonte: Dafra. (<http://www.dafrabikes.com.br/dbx.php>)

Já o modelo mais caro, é o Dafra VT, que custa de R\$ 3.690,00. Esta já possui uma bateria de lítio, autonomia média de 70 km, além de itens comuns aos outros modelos, como quadro em alumínio, motor de 350 W, rodas aro 26", câmbio Shimano, freio dianteiro a disco e traseiro V-Brake.



Figura 03: Bicicleta elétrica da Dafra DBX.

Fonte: Dafra. (<http://www.dafrabikes.com.br/dbt.php>)



### 3.1. A Bicicleta Convencional e seus componentes

Existem diversos tipos de bicicletas, entre elas as urbanas, dobráveis, mountain bike, speed, BMX, infantil, etc., porém todas elas tem basicamente a mesma estrutura, conforme figura abaixo (Figura 1).



Figura 1: Estrutura da Bicicleta.

Fonte: Escola de Bicicleta, 2016.

1. Selim: assento do ciclista;
2. Canote de selim: tem a função de ajustar a altura do selim, dando maior conforto e otimizando a pedalada do ciclista;
3. Guidão: tem a função de direcionar os movimentos da bicicleta;
4. Mesa: tem a função de conectar o guidão ao garfo;
5. Manetes de freio: utilizados para acionar os freios, tanto traseiro quanto dianteiro;
6. Cabos de aço: possuem a função de transmitir o comando dos manetes de freio aos freios, tanto dianteiro quanto traseiro;
7. Freio dianteiro: freiam as rodas dianteiras;
8. Pneu: componente principal das rodas;
9. Roda dianteira: são compostas de quatro elementos, sendo eles: pneu, aro, raios e cubo;
10. Garfo: peça em forma de forquilha, que aloja a roda dianteira e faz parte do conjunto de direção da bicicleta;
11. Pedal: é conectado ao eixo do movimento central através da pedivela;

12. Pedivela ou movimento central: e engrenagem: transmite a força exercida nos pedais a engrenagem, que por sua vez, movimenta a corrente;
13. Corrente: conjunto de elos metálicos flexíveis, que transmite o movimento da coroa para o pinhão;
14. Roda livre e engrenagem: conectada a corrente, a engrenagem transfere o movimento a roda traseira;
15. Freio traseiro: freiam as rodas traseiras;
16. Quadro: peça de grande importância da bicicleta, onde se fixam todas as outras partes.

### **3.2. Motores Elétricos**

O motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica – baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando – com sua construção simples e grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos (WEG, 2013). Os tipos mais comuns de motores elétricos são:

#### **3.2.1. Motores de corrente alternada**

São os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita normalmente em corrente alternada. Os principais tipos são:

Motor síncrono: funciona com velocidade fixa, ou seja, sem interferência do escorregamento; utilizado normalmente para grandes potências (devido ao seu alto custo em tamanhos menores).

Motor de indução: funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Devido a sua grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado de todos, sendo adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, encontradas na prática. Atualmente é possível o controle da velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

### 3.2.2. Motores de corrente contínua

São motores de custo mais elevado e, além disso, precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada comum em contínua. Podem funcionar com velocidade ajustável entre amplos limites e se prestam a controles de grande flexibilidade e precisão. Por isso, seu uso é restrito a casos especiais em que estas exigências compensam o custo muito mais alto da instalação e da manutenção (WEG, 2013).

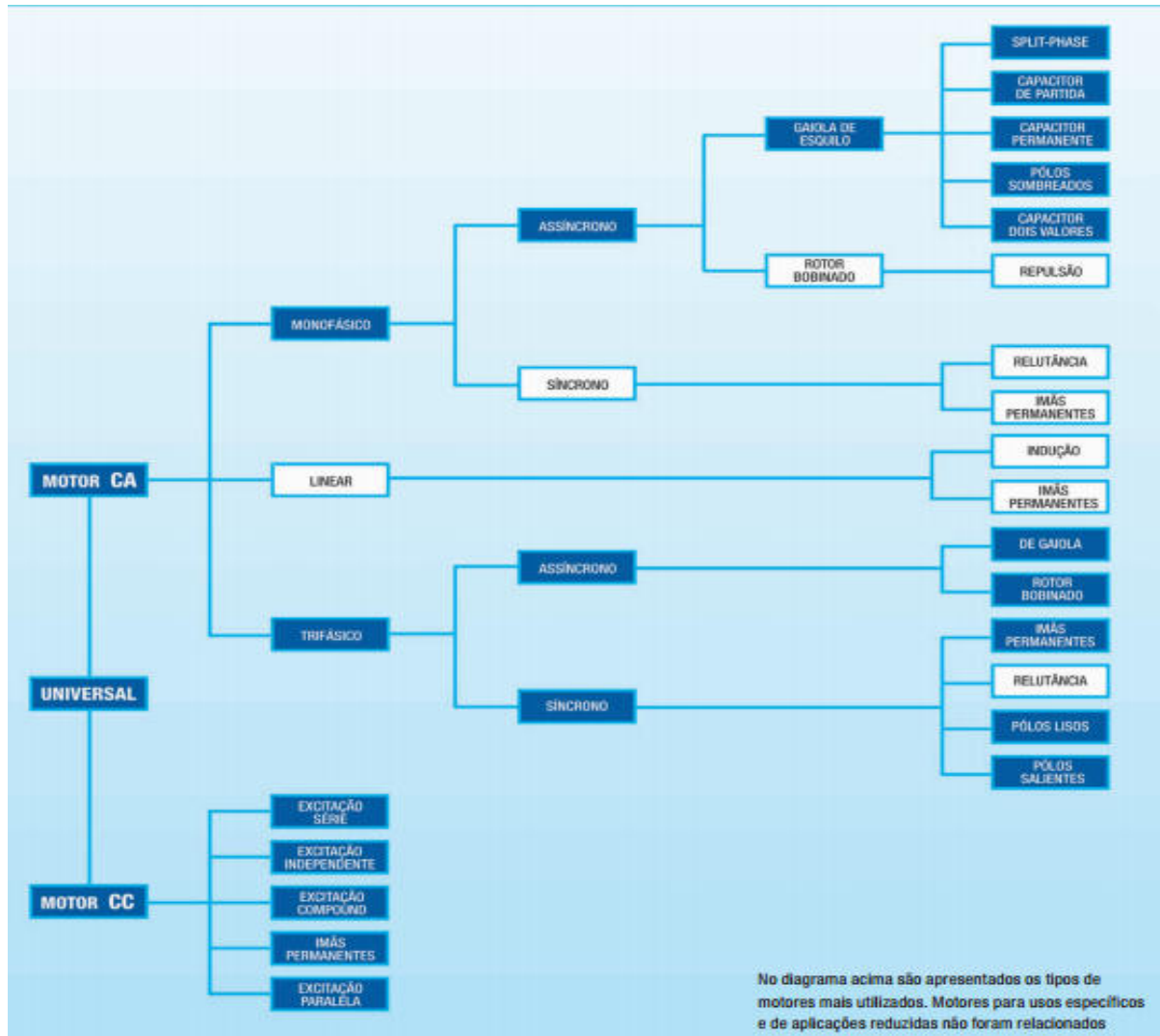


Figura 2:

Fonte: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>

Esses motores ainda podem ser com escovas (*brush*) ou sem escovas (*brushless*). Ele é alimentado por baterias de corrente contínua e controlado por um circuito eletrônico. Comumente, fica alojado no cubo da roda ou no movimento central. Geralmente, utiliza-se o

motor sem escovas ou BLDC (*Brushless DC motor*), que dá pouca manutenção, é eficiente e silencioso. O sistema com instalação no movimento central tem a vantagem de se aproveitar do câmbio da bicicleta, pois ele coloca sua força diretamente na corrente da e-bike.

Na Tabela abaixo, é apresentado um comparativo entre o motor BLDC e o motor CC, que destacando-se o comportamento de cada motor para determinadas características.

<b>Características</b>	<b>Motor BLDC</b>	<b>Motor CC</b>
Comutações	Comutações eletrônicas baseadas nos sensores de Hall.	Comutação das escovas.
Manutenção	Baixa manutenção devido a ausência das escovas.	Manutenção periódica.
Durabilidade	Alta.	Baixa.
Velocidade / Binário	Permite a operação linear em todas as velocidades com carga nominal.	Em velocidades altas o atrito das escovas prejudica o binário.
Eficiência	Alta, pois não tem queda de tensão nas escovas.	Moderada.
Potencia de Saida / Tamanho do Motor.	Alta. Redução do tamanho devido às características térmicas, pois como estes motores tem os enrolamentos no estator a dissipação é superior.	Moderada / Baixa. O calor produzido pela armadura é dissipado no entre ferro, aumentando a temperatura.
Inércia do Rotor	Baixa, pois tem ímãs permanentes no rotor, o que melhora a resposta dinâmica	Alta inércia do rotor, o que limita a característica dinâmica.
Gama de Velocidade	Alta pois não contém limitações mecânicas impostas pelas escovas	Baixa, pois contém limitações mecânicas das escovas.
Ruído Elétrico	Baixo.	Alto devido a geração do arco elétrico nas escovas.
Custo de Fabricação.	Alto devido a existência dos ímãs permanentes de terras raras.	Baixo.
Controle	Complexo.	Simples.
Requisitos do Controle.	O controle é indispensável para o funcionamento do motor.	O controle só é necessário para variar a velocidade.

Tabela XX: Comparativo entre o motor BLDC e o motor CC

Fonte: Araujo, Ruy

Já na Tabela abaixo, mostra-se o comparativo entre o motor BLDC e o motor de Indução, destacando-se o comportamento de cada motor para determinadas características.

<b>Características</b>	<b>Motor BLDC</b>	<b>Motor de Indução</b>
Velocidade / Binário.	Linear, permitindo a operação em todas as velocidades com carga nominal.	Baixo binário quando funciona a baixas velocidades.
Potência de Saída/Tamanho.	Alta devido à utilização de ímãs permanentes.	Moderado devido à existência de enrolamentos quer no estator quer no rotor.
Inércia do Rotor.	Baixa, pois apresenta melhores características dinâmicas.	Alta, pois apresenta poucas características dinâmicas.
Corrente Inicial.	Não necessita de nenhum circuito de controlo de corrente no arranque.	Necessita de um circuito de controlo de corrente no arranque.

Requisitos do Controle.	O controle é indispensável para o funcionamento do motor, sendo que o mesmo controlador pode ser usado para variar a velocidade.	O controle só é necessário para variar a velocidade.
Escorregamento.	Não existe escorregamento entre o rotor e o estator.	O rotor gira a uma frequência inferior do que a do estator, existindo assim escorregamento.

Tabela XX: Comparativo entre o motor BLDC e o motor de indução

Fonte: Araujo, Ruy

Com o desenvolvimento da eletrônica de potência é possível alimentar os motores elétricos através de conversores eletrônicos, ajustando também o controle do motor de forma a respeitar as características nominais deste, em função da carga que vai acionar.

Por enquanto, os motores de cubo dominam o mercado. Há o motor de tração direta (direct drive), de construção mais simples, com o estator do motor preso no eixo fixo e o rotor com ímãs é acoplado ao cubo que gira; tem diâmetro de 25 cm, peso entre 6 e 9 kg e potências altas, de até 1.000 Watt. A outra configuração é o motor *geared*, ou seja, com um sistema planetário interno de rodas dentadas que permite uma rotação mais ideal. São cerca de 20% mais eficientes, proporcionam mais torque em baixas rotações. Possui diâmetro menor, cerca de 13 cm, e peso reduzido, entre 2 a 3 kg. A potência varia de 180 a 500 Watts. É um produto de consumo de massa nos países em que há legislação limitando a potência, como ocorre na Europa (SCHORNER, 2013).

### 3.3. Modulo Controlador

O controlador, por vezes chamado de módulo, é o cérebro da bicicleta elétrica. É um processador que integra os sinais dos todos os componentes e passa o comando ao motor. Ele também protege a bateria cortando, quando a voltagem começa a ficar baixa, o que acontece numa bateria vazia demais. Ele também limita a corrente (amperes) puxada da bateria. O nível de corte de amperes é uma característica própria de cada controlador. É um exercício de equilíbrio configurar o sistema certo de modo que a bateria não sofra demais com altas correntes e que mesmo assim o motor permaneça vivo o suficiente. Uma amperagem maior permite mais arranque ao motor, mas não aumenta a velocidade máxima. Controladores também roubam um pouco de energia, por isso eles têm um percentual de eficiência.

Controladores podem também incorporar o limite absoluto de velocidade em conjunto com o motor e o comando. (DERYCLE, 2014)

### **3.4. Bateria**

A bateria é responsável por alimentar e dar energia ao motor.

Até pouco tempo era mais comum as e-bikes virem equipadas com baterias de chumbo-ácido (bateria de gel, VRLA ou AGM são baterias seladas, de chumbo-ácido), que utiliza componentes químicos assemelhados aos utilizados na produção de baterias de carro e no-breaks, por seu baixo custo e popularidade. Independente do nível de energia que ela ainda tenha, o indicado é sempre fazer a recarga após usá-la. Seu peso fica em torno de 10 kg, pois para atingir os 36 V, os módulos de 12 V devem ser agrupados, e este tipo de bateria suporta cerca de 400 ciclos de recarga. Por isso, estão em franco retrocesso. Por sofrer do efeito Peukert, a capacidade realmente utilizável chega a ser dezenas de por cento inferior à nominal, ainda mais na medida que é exigida uma corrente alta dela.

Atualmente, a bateria de chumbo-ácido está sendo substituída pela bateria de íons de lítio, a mesma que se utiliza em notebooks, por exemplo. A explicação está no baixo peso (cerca de 3,2 kg por 36 Volts e 10 Ampères) e maior vida útil (entre 500 e 1000 ciclos), itens muito importantes para a e-bike. Mas a bateria de lítio é mais cara e mais difícil de encontrar no mercado. As baterias de lítio apresentam diversos formatos e composições químicas, como as de Cobalto (LiCoO<sub>2</sub>), Manganês (LMO ou LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), NCM (LiNiMnCoO<sub>2</sub>) e Fosfato (LFP ou LiFePO<sub>4</sub>), que têm características diferentes. Essas baterias consistem em células em série e em paralelo. Por exemplo, uma bateria LMO tem 40 células de 3,8 Volts a célula. Isso requer um sistema de controle das células individuais, que é feito por um processador (Battery Management System), parte integrante da bateria e oferece, entre outras vantagens, proteção contra recarregamento desequilibrado.

Os formatos também variam bastante. O formato cilíndrico é muito usado para montagem dentro do triângulo do quadro, proporcionando uma ótima distribuição à bicicleta elétrica. O tipo Frog é montado em baixo do banco, no canote. Outro formato é a montagem na garupa, passível de instalação em muitos modelos de bike.

A capacidade das baterias se expressa em Ah (Ampere-hora) com uma certa tensão. Por exemplo, 10 Ah com 36 V (Volts), dá uma capacidade de 360 Wh (Watt-hora), sabendo

que  $Ah \times V = Wh$ . Na prática interfere ainda o tipo de uso, a idade da bateria e uma série de outros fatores. Com 360 Wh alcançam-se, em condições boas, uns 35 km de autonomia, andando a 25 km/h, sem apoio do ciclista. Aumentar a velocidade reduz exponencialmente a autonomia.

Para a longevidade da bateria, item caro, entram em jogo vários aspectos. Primeiro, tem o número de recargas, ou seja, ciclos de descarga-recarga e também a profundidade das descargas. No total final, poder-se-á andar mais quilômetros caso se recarregue sempre que puder, já que descargas profundas afetam mais a bateria, ainda mais se for bateria do tipo selada. Em segundo lugar, baterias envelhecem. Uma bateria de um ano, mesmo não usada, vai perdendo da sua capacidade. Terceiro, a intensidade de uso em termos de corrente demandada a bateria. Controladores que permitem uma amperagem mais alta com arranques fortes no acelerador vão envelhecer mais a bateria. Quarto, o cuidado ao guardar a bateria. Existe uma porcentagem de carga que é ideal para se guardar, e deve-se evitar guardá-la vazia e prestar atenção ao descarregamento gradativo natural que acontece ao manter a bateria parada. Recarregar periodicamente é obrigatório. Quinto, há variações de temperatura, vibrações fortes, a qualidade do carregador [que tem que seguir vários estágios de carregar] e outros fatores. (SCHORNER, 2013; DERYCLE, 2014)

### **3.5. Carregador de bateria**

Sobrecarga não controlada é outro problema em muitos carregadores, especialmente os que carregam baterias à base de Níquel. Altas temperaturas durante carga durante muito tempo, estragam as baterias. A sobrecarga ocorre quando o carregador mantém a baterias a uma temperatura que é quente para se tocar (mais de 60 graus).

Carregador Bicicleta,

**Tensão de entrada: 110/220v 50-60 Hz**

**Tensão: 24V, 36V, 48V, 60V, 64V e 72V**

**Plug de alimentação: Conforme o tipo de conector da e-bike**

**LED indicativo de carga em operação e completa**

**Material: Plástico rígido resistente ou Alumínio**

**Tipo Inteligente com 2 ou 3 Ciclos de recarga**

**Polaridade do plug Padrão (+/-)**

**\* Cooler disponível em alguns modelos**

<http://e-bikepecas.com/Site1/Carregador-Bicicleta-EI%C3%A9trica.php>

<http://www.loja.ecobikes.com.br/carregador-bicicleta-eletrica-ecobikes-48v-2a-bateria-chumbo-61047372xJM>

### **3.6. Acelerador e Sistema PAS**

O acelerador é um dispositivo eletrônico que dá o comando para o motor trabalhar.

Na e-bike, é comum ter um acelerador de comando manual, que fica no guidão, e é chamado de acelerador de punho (Acelerador Twist), acionado girando a mão, como em motos. Há também o acelerador de alavanca pequena para o polegar (Acelerador Thumb), cuja tradução é dedão, pois é acionado pelo polegar. Esses aceleradores possibilitam usar a estrutura da bicicleta para uso como mini-moto, sem pedalar. É proibido em muitos países em função dessa transformação do uso da bicicleta.

Já os sistemas automáticos, utilizados nos Pedelecs, possuem um sistema PAS (Pedal Assist Sensor), que também é chamado de pedal assistido, é outra forma de acelerador. A aceleração, neste caso, acontece ao pedalar, quando sensores enviam dados para o controlador eletrônico, que aciona o motor. Esses sensores podem ser de velocidade ou de torque. O sensor de velocidade (ou sensor de giro) lê a quantidade de pedaladas e com base nessa variável, o motor é acionado. Geralmente tem um controle LED ou LCD no guidão que permite escolher o nível de assistência. Mais sofisticados são sensores que medem a força (ou torque) com a qual se pisa no pedal, oferecendo um grau de ergonomia maior, mas esses são mais caros, mais frágeis e mais raros. O maior problema desse tipo de sensor é o custo elevado e manutenção complicada. (SCHORNER, 2013; DERYCLE, 2014)

Existe a combinação dos dois princípios de comandos que é chamado de híbrido.



### **3.7. Outros elementos**

Acoplado ao guidão, temos o painel de instrumentos, onde é possível acompanhar o nível de carga da bateria e determinar o estágio de velocidade, uma espécie de sequência de marchas. Alguns painéis já incluem um velocímetro. Lembrando que em todos os modelos é possível adaptar um ciclocomputador e ter informações como velocidade, velocidade máxima, distância percorrida etc. (DERYCLE, 2014)

Manetes de freio que cortam a ação do motor na hora de frear são essenciais principalmente nos Pedelecs. (DERYCLE, 2014)

## **3. O DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO**

Neste tópico apresentamos os componentes utilizados no desenvolvimento do protótipo, especificando-os.

#### **4.1. Bicicleta**

Foi utilizada uma mountain-bike comum, da marca Caloi, sem nenhum tipo de acessório ou modificação, com aros 26”, que suporta no máximo 140 Kg, para que possa ser mostrado como exemplo, que qualquer pessoa e qualquer bicicleta padrão pode se beneficiar deste projeto.

#### **4.2. Motor Elétrico**

A escolha do motor foi o primeiro passo para criação de um sistema adequado para a bicicleta elétrica, utilizamos um motor brushless (BLDC) de 350W este motor tem uma melhor autonomia em relação aos motores DC e CC comuns, ele é composto por engrenagens que ajudam a aumentar o seu torque, localizado na roda traseira para maior tração e controle, silencioso, possui uma baixa manutenção por conta da ausência de escovas, por essas e outras vantagens que achamos melhor utilizar este motor, ele é mais caro que os motores convencionais, porém com tantas vantagens ele acaba se tornando viável para o projeto.



### 4.3. Modulo Controlador

O modulo controlador é compatível com motores brushless do modelo (KT36ZWSR-GP13F), queríamos um controlador pequeno, leve e eficiente por isso o modelo indicado foi a melhor escolha para o nosso sistema, a carcaça dele é de alumínio com vedações resistentes a agua, com uma corrente de **15Ah** e limitações de 25Km/H conforme previsto na legislação nº 465, parágrafo 2º de 27 de novembro de 2013.



#### 4.4. Bateria

Bateria de Ion de Lithium tipo Cilíndrica (Conhecida como Garrafa d'água) 36V, 10Ah, Células Sansung, 1500 a 2500 ciclo ou carga, recarga da bateria de 4 a 6h.



#### **4.5. Carregador de Bateria**

Carregador de bateria de bi volts de 36 volts, pino fino, com sistema off ao completar a carga.

#### **4.6. Acelerador e Sensor PAS**

Acelerador 36V de Dedão (somente utilizados para testes neste projeto, pois o mesmo é proibido pela norma), e Pedalec ou sistema PAS (sensor de assistência ao pedal) fixado no eixo central, feito com 8 ímãs de neodímio para efetuar a leitura dos movimentos.



#### 4.7. Display

Display LED com indicador do nível da bateria, aceleração, e regulador de velocidade.



#### **4.8 Manetes**

Manetes de freio com sistema off para desligar o motor ao ser acionado.

### **4. RESULTADOS**

## 6. CONCLUSÃO

O Desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise da importância de uma bicicleta elétrica. Ela permite usar um veículo não poluente para circular pela cidade de forma prática e rápida. Para quem tem limitações físicas ou não quer fazer muito esforço, a bicicleta elétrica é a solução viável, criando uma independência em relação aos carros e a lotação dos transportes públicos e também incentiva os exercícios físicos e ao mesmo tempo é uma grande aliada em trajetos com subidas. Ela incentiva também o exercício físico e o fato de poder contar com o auxílio elétrico e exigir menos esforço nas pedaladas torna as pessoas mais confiantes a percorrerem distâncias um pouco maiores.

Apesar de todas as vantagens mostradas no decorrer da pesquisa, este projeto não ficou muito econômico com um valor total R\$: 1.990,00, somando todos os componentes e serviços necessários, porém se levarmos em consideração que para a maioria dos carros o quilômetro rodado alcança mais de R\$ 0,30 em grandes centros urbanos e a bicicleta elétrica utiliza o equivalente a R\$ 0,02 de energia elétrica (XXXXXX), portanto o projeto acaba se pagando em alguns anos, sem contar o fato de que não existe a necessidade de licenças ou impostos para pilotar uma bicicleta elétrica.

### **(Principais resultados)**

Existem vários aspectos que podem ser complementados ou até modificados nesta pesquisa em estudos futuros, como o carregamento solar, travagem regenerativa, implementação de sistema com pastilhas de peltier para refrigeração da água, etc.

Como problemas identificamos a poluição indireta gerada pela bicicleta elétrica na geração de energia elétrica para sua utilização, além da sua fabricação e descarte, e nesses casos as baterias são o principal problema. Mesmo assim, os efeitos positivos para o meio ambiente ainda levam vantagem, já que uma e-bike tem um impacto ambiental muito menor que os automóveis convencionais.

Outro problema importante é o descarte das baterias feitas de chumbo e ácidos, que estão sendo substituídas pelas de íons de lítio, que além de serem mais duradoras (possuem normalmente entre 400 e 2000 ciclos de recarga), são bem menos tóxicas e podem ser



recicladas. Porém, diversas tecnologias para criar baterias com maior longevidade e menor impacto de descarte estão sendo desenvolvidas a cada dia.

<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/41-pegue-leve/2849-bikes-eletricas-historia-mercado-expansao-motor-caracteristicas-vantagens-praticidade-pedalar-trabalho-limitacao-fisica-custo-economia-acelerador-integrado-separado-solar-movimento-beneficios-problemas.html>

## 7. REFERÊNCIAS

Cartilha do Ciclista - <http://www.cetsp.com.br/consultas/bicicleta/cartilha-do-ciclista.aspx>

CARVALHO, D. Conheça os principais modelos de referências mundiais em ciclovias. Correio Braziliense, Brasília, set. 2015. Disponível em: [http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2015/07/20/interna\\_mundo,490693/europa-ocidental-concentra-os-principais-modelos-de-ciclovias-do-mundo.shtml](http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/mundo/2015/07/20/interna_mundo,490693/europa-ocidental-concentra-os-principais-modelos-de-ciclovias-do-mundo.shtml). Acesso em: 14 de set. 2016.

CASSILEI. História da bicicleta no Brasil, da importação à fabricação nacional. Disponível em: <http://andardebike.com/historia-da-bicicleta-no-brasil-da-importacao-a-fabricacao-nacional/>. Acesso em: 14 de set. 2016.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (CET). Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/consultas/bicicleta/bicicleta-um-meio-de-transporte.aspx>. Acesso em: 14 de set. 2016.

DERYCLE, P. **Especialista em e-bikes revela tudo sobre as magrinhas elétricas [Parte I]**. Disponível em: [http://www.mobfloripa.com.br/mobilidade\\_det.php?codigo=168](http://www.mobfloripa.com.br/mobilidade_det.php?codigo=168). Acesso em: 14 de set. 2016.

\_\_\_\_\_. Especialista em e-bikes revela tudo sobre as magrinhas elétricas [Parte II]. Jan. 2014. Disponível em: [http://www.mobfloripa.com.br/mobilidade\\_det.php?codigo=169](http://www.mobfloripa.com.br/mobilidade_det.php?codigo=169). Acesso em: 14 de set. 2016.

ECycle. Bikes elétricas: conheça história, características, benefícios e problemas. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/41-pegue-leve/2849-bikes-eletricas-historia-mercado-expansao-motor-caracteristicas-vantagens-praticidade-pedalar-trabalho-limitacao-fisica-custo-economia-acelerador-integrado-separado-solar-movimento-beneficios-problemas.html>. Acesso em: 14 de set. 2016.

Escola de Bicicleta. Disponível em: <http://www.escoladebicicleta.com.br/bicicleta.html>. Acesso em: 14 de set. 2016.

SESI - Serviço Social da Indústria (São Paulo), Ciclismo, BMX & Mountain Bike, Sesi-SP Editora, 2012.

SCHORNER, A. R. Especial Bicicleta Elétrica. Jan. 2013. Disponível em: [http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta.php?especial\\_bicicleta\\_eletrica&id=2351](http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta.php?especial_bicicleta_eletrica&id=2351). Acesso em: 14 de set. 2016.

## **NOTAS – CRÉDITO DAS FIGURAS**

Fig. [3]. Disponível em: <http://quatorrodas.abril.com.br/materia/bike-eletrica-ford-640753>.  
Acesso em: 24 set. 2016.