

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

FABIO SILVESTRINI

2018

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

FÁBIO SILVESTRINI

**DESENVOLVIMENTO DE UM COMPUTADOR DE BORDO E
ELETRIFICAÇÃO DE UMA BICICLETA CONVENCIONAL**

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. Edson C. Kitani

Santo André
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S587d

Silvestrini, Fabio

Desenvolvimento de um computador e eletrificação de uma bicicleta convencional / Fabio Silvestrini. - Santo André, 2018. – 61f: il.

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

Orientador: Prof. Dr. Edson C. Kitani

1. Eletrônica automotiva. 2. Bicicleta convencional. 3. Veículos.
4. Sistemas elétricos. 5. Computador de bordo. 6. Bateria. I.
Desenvolvimento de um computador e eletrificação de uma bicicleta convencional.

621.389

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 11 DE JULHO DE 2018.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA
"ELETRIFICAÇÃO DE UMA BICICLETA CONVENCIONAL" DO
ALUNO DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCAPRESIDENTE:
PROF. EDSON CAORU KITANIMEMBROS:
PROF. CARLOS ALBERTO MORIOKA

PROF. FABIO DELATORE

**ALUNO:**

FABIO SILVESTRINI



Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família e aos meus amigos que sempre estiveram próximos, me incentivando e apoiando nos momentos difíceis dessa jornada.

Agradecimentos

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson C. Kitani, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente é uma das principais buscas para uma interação mais saudável entre o ser humano e a natureza. Com isso contamos com o constante avanço tecnológico e vemos que os investimentos em sistemas automotivos elétricos estão em destaque. Estes investimentos refletem em todos os setores comerciais que englobam os sistemas, ou seja, os que compõem estes tipos de veículos, sendo motores, baterias, sistemas de tração, entre outros. Este trabalho tem por propósito o estudo sobre a eletrificação de uma bicicleta convencional a partir de kits comprados no mercado nacional, tornando-a um veículo automotor. A meta da pesquisa, além de se poder eletrificar uma bicicleta profissional, é o desenvolvimento da instalação de um computador de bordo com várias funções, sendo a principal, a medição da autonomia, de maneira que o condutor poderá verificar a velocidade, a quilometragem, entre outras funções. Além disso, principalmente a consciência de um meio ambiente mais limpo de poluentes, melhores que os carros emitem, pois com essa preocupação buscam-se soluções mais viáveis para uma interação na locomoção das populações de uma maneira mais saudável para a natureza e para a saúde das pessoas.

Palavras Chave: Baterias. Computador de Bordo. Eletrificação. Bicicleta Convencional.

ABSTRACT

The concern with the environment is one of the major searches for a healthier interaction between the human being and the nature, and with the constant technological advance, investments in electrical automotive systems are highlighted. These investments reflect in all the commercial sectors that encompass the systems, which is, those that make up these types of vehicles, being, engines, batteries, traction systems, among others. This research aims to study the electrification of a conventional bicycle from kits purchased in the national market, making it a self-propelled vehicle. The target of the research, besides being able to electrify a professional bicycle, it is the development and installation of an on-board computer with several functions, the main being the measurement of autonomy, where the driver can check the speed, mileage, among other functions. Moreover, especially the awareness of a cleaner environment of pollutants that cars emit, because of this concern is sought more viable solutions for an interaction in the movement of the populations in a healthier way for the nature and people's health.

Keywords: Batteries. Board computer. Electrification. Conventional Bicycle.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo.....	14
1.2	Resultados Esperados.....	15
2.	HISTÓRIAS DAS BICICLETAS ELÉTRICAS.....	16
2.1	Baterias de Lítio.....	17
2.2	E.Bikes.....	20
2.3	Computador de Bordo.....	22
2.4	Motor Brushless.....	25
3.	ELETRIFICAÇÃO DAS BICILETAS CONVENCIONAIS COM COMPUTADOR DE BORDO.....	28
3.1	Computador de bordo.....	38
4.	RESULTADOS.....	44
4.1	Testes.....	44
5.	CONCLUSÃO.....	51
5.1	Proposta futuras.....	52
6.	REFERÊNCIAS.....	53
	Apêndices.....	56
	Anexos.....	59

Lista de Figuras

Figura 1 - Processo de carga e descarga de uma célula de íon lítio.	19
Figura 2 - Modelo de Pedal (PAS).	22
Figura 3 - Sensor PAS.	22
Figura 4 - Bicicleta Biobike.	23
Figura 5 - Ciclo Computador <i>Belfix</i>	24
Figura 6 - Computador de Bordo.	25
Figura 7 - Skate Elettrico (<i>Overboard</i>).	27
Figura 8 - <i>Trotinette</i>	27
Figura 9 - Bicicleta Elétrica.	28
Figura 10 - Acelerador <i>Twist Grip</i>	31
Figura 11 - Manete de freio.	32
Figura 12 - Acelerador modelo <i>Twist</i>	32
Figura 13 - Controlador Eletrônico da Bicimoto.	33
Figura 14 - Instalação do kit e-bike com motor na roda traseira.	34
Figura 15 - Identificação dos fios do modulo de controle.	35
Figura 16 - Identificação dos fios do modulo de controle.	35
Figura 17 - Conexões do motor.	36
Figura 18 - Esquema da montagem das conexões.	37
Figura 19 - Bateria com carga completa.	38
Figura 20 - Conclusão instalação do módulo de controle.	38
Figura 21 - <i>Arduino</i> Uno R3.	39
Figura 22 - Display 16x2.	40
Figura 23 - Divisor de tensão.	40
Figura 24 - Esquema elétrico Computador de Bordo.	41
Figura 25 - Diagrama de Blocos do Computador de Bordo com a Bicicleta Elétrica.	42
Figura 26 - Diagrama de blocos Computador de Bordo.	43
Figura 27 - Parte 1 do software.	43
Figura 28 - Parte 2 do software computador de bordo.	44

Figura 29 - Bicicleta Convertida para Eletrica.....	45
Figura 30 - Computador de Bordo.	46
Figura 31 - Computador de Bordo fixado na bicicleta.....	47
Figura 32 - Organização dos fios do Computador de bordo e modulo eletrônico.....	47
Figura 33 - Organização das cablagens.	48
Figura 34 - Teste de descarga da bateria.	49
Figura 35 - Recarga da Bateria.....	50

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre algumas baterias encontradas no mercado (Andrade, 2014).	21
Tabela 2 - A tabela mostra alguns exemplos que utilizam dos motores bldc.....	26
Tabela 3 - Comparação técnica dos kits de conversão de uma bicicleta convencional.	30
Tabela 4 - Conexão do modulo de controle.	37

1. INTRODUÇÃO.

Nos dias atuais o volume de veículos nos grandes centros brasileiros tem aumentado muito. Na cidade de São Paulo, por exemplo, tem mais de 150 mil carros circulando em horários de pico com uma população sempre com muita pressa de chegar ao seu destino e o resultado disso é um trânsito caótico. Assim, o transporte alternativo é uma maneira para se chegar ao destino utilizando meios diferentes das formas convencionais. Desta forma, a bicicleta poderia ser um desses meios tendo como vantagens: ser mais acessível economicamente, ambientalmente sustentável e saudável para os usuários e a população em geral. (Ferreira et al, 2014)

Em algumas localidades a bicicleta é utilizada principalmente por questões ideológicas, pelo fato de não agredir o meio ambiente e também por não causar tantos transtornos como os carros. No interior do Brasil ela é muito utilizada, mas nos grandes centros ainda há alguma resistência e falta de apoio dos governos municipais. (Revista Bicicleta, 2013) Na Holanda, por exemplo, a bicicleta é o principal meio de transporte, sendo que as ruas, estradas, avenidas, são totalmente adaptadas para que se atendam os ciclistas de uma maneira adequada. As ciclovias são priorizadas, garantindo a segurança tanto dos ciclistas como dos motoristas que trafegam no mesmo sentido. As bicicletas que ficam estacionadas em Amsterdã, por exemplo, são de responsabilidade dos próprios donos, que devem colocar cadeados e correntes para que se evitem furtos ou roubos. (Silveira, 2010)

No Brasil, infelizmente, não dispõe da mesma estrutura que na Holanda, mas estamos avançando, pois o número de ciclovias na cidade de São Paulo tem aumentado gradativamente, bem como de ciclistas. Entretanto, devido ao aumento do número de acidentes com ciclistas os governantes estudam possibilidades de se aumentar a segurança nas ciclovias para atrair mais usuários e assim conseguir diminuir o número de carros que circulam pelos grandes centros urbanos (DIAS, 2008).

O presente estudo mostra que em cidades medianas como Araraquara (interior de São Paulo), os moradores começaram a adotar o uso de bicicletas como meios de transporte, diminuindo também os gastos com combustíveis

para a locomoção e reduzindo também a emissão de poluentes (acidadeon, 2017).

A utilização de bicicletas como meio de transporte contribui para a redução de poluição, diminuindo o congestionamento em horários de pico, diminuem também a quantidade de automóveis que circulam e principalmente ajudam a população a terem uma vida mais saudável com a prática de exercícios. Portanto, entende-se que o uso mais intensivo desse meio de locomoção trará muito mais benefícios do que problemas. Contudo, em uma cidade como São Paulo, que tem variações de morros com subidas e descidas, o uso da bicicleta ficaria restrito as regiões planas. Desse modo, as questões geográficas são um grande empecilho para expansão das bicicletas. Como solução para esse problema, tem-se o conceito de bicicletas elétricas que pode auxiliar o usuário em locais que exijam maior esforço humano. (Carvalho, 2015)

Talvez um dos grandes obstáculos seria a autonomia da bateria e tempo de recarga. Porém, se a bicicleta dispuser de um computador de bordo que informe a taxa de consumo, autonomia em km e outras informações relevantes, o usuário poderia planejar o trajeto na qual usa a força física e em outros trechos usa a assistência elétrica. Para isso, é necessário que a bicicleta tenha mais do que apenas uma bateria e um motor elétrico. Conclui-se que uma bicicleta elétrica equipada com computador de bordo seria um dos atrativos para que o condutor tenha opções tecnológicas adequadas para que o transporte seja otimizado e total segurança e conforto.

1.1. OBJETIVO.

O objetivo deste trabalho é estudar e discutir a eletrificação de uma bicicleta convencional, a partir de kits comprados no mercado nacional pesquisando-se três tipos de kits oferecidos. O primeiro *kit* é fornecido por uma loja da cidade do Rio de Janeiro, chamado Eletro Bike, o segundo é da loja Convert E-bike da cidade de Mogi Guaçu (interior de São Paulo), e o terceiro da loja Bicimoto, também da cidade do Rio de Janeiro. Este estudo descreverá como funcionam os modelos de kits para instalações e vantagens e desvantagens.

A meta do trabalho, além de eletrificar uma bicicleta convencional, é desenvolver e instalar com computador de bordo com funções para medição de autonomia, de modo que o condutor consiga verificar em um *display* a velocidade, quilometragem percorrida, entre outras funções. A bicicleta será alimentada por uma bateria de lítio, que apesar do custo, apresentam benefícios tais como: durabilidade da carga, número maior de ciclos de carga e descarga e a tensão constante até que a bateria consiga atingir 50% de sua capacidade nominal. Conclui-se que uma bicicleta elétrica com computador de bordo, seria uma das opções para que o condutor tenha opções tecnológicas adequadas para que o transporte seja efetuado com total segurança, também o computador de bordo juntamente com a bateria podendo ajudar a controlar sua velocidade, entre outras funções.

1.2. RESULTADOS ESPERADOS.

A partir dos estudos aqui propostos pretende-se alcançar os objetivos apresentados no item 1.1 deste projeto, além de alcançar os seguintes resultados:

- Converter bicicleta convencional para elétrica;
- Fazer teste de eficiência da bicicleta já convertida para bicicleta elétrica;
- Desenvolver um computador de bordo utilizando o Arduino Uno R3;
- Fazer teste de carga e descarga da bateria em perfeitas condições;
- Produzir propostas para novos projetos relacionados a bicicleta elétrica;
- Verificar parâmetros com o computador de bordo;
- Ser uma alternativa para mais um modal de transporte.

2. Histórico.

As bicicletas elétricas começaram a ser patenteadas na década de 1890 nos EUA. A primeira patente foi em 31 de dezembro de 1895 por BOLTON, Ogden Jr. (1895), no qual o seu invento era de uma bicicleta elétrica com um motor de 100 ampères e uma bateria de 10 volts. Não havia pedais e o motor era no cubo da roda traseira. Seu modelo era reconhecido como uma melhoria dos modelos já pré-existentes.

Em 1897, LIBBEY, Oséias W. (1897) registrou patente de uma bicicleta com dois motores e duas baterias. Esses dois motores auxiliariam o condutor da e-bike em uma subida, mas em uma estrada plana somente um estaria funcionando de acordo com o que o condutor da bicicleta desejasse.

Vários outros inventores foram aperfeiçoando esses projetos, mas foi em 1946 que TRUCKER, Jesse D. (1946) desenvolveu um motor com engrenagens internas que permitiam que a roda ficasse livre, assim haveria a opção de pedalar com ou sem o auxílio do motor. As imagens das patentes estão no anexo deste trabalho.

A diferença entre uma bicicleta elétrica e uma normal é o motor, ou seja, o auxílio elétrico e também os componentes que nela são colocados, como por exemplo, o computador de bordo. Existem duas fontes principais de energia, a humana e a elétrica, sendo que as duas tem um conjunto misto para que a tração da bicicleta elétrica funcione e cujo principal benefício é a praticidade.

A bicicleta é um veículo não poluente que permite circular pela cidade de forma rápida e prática. Pode se recarregar a bateria praticamente sem custo, a bicicleta elétrica permite que a mobilidade urbana seja realizada sem nenhuma restrição, incentiva o exercício físico, tornando-se também uma grande aliada aos trechos de subida. Assim, os usuários ficam mais confiantes em fazer trajetos um pouco maiores pelo fato de contar com o auxílio elétrico.

Com o auxílio do computador de bordo, em alguns modelos, o ciclista pode verificar a velocidade atual, a distância percorrida e dependendo do programa que se tiver instalado pode se ter outras informações.

No Brasil existe uma Resolução nº 315/2009 do Contran que diz: “será classificado como ciclo motor todo veículo de duas ou três rodas equipados

com motores de até 50 cc ou 4.000 Watts de potência e velocidade máxima de 50 km/h, com peso máximo do veículo somado ao do ocupante não ultrapassando 140 kg” (DENATRAN, 2009).

Esses veículos podem circular em qualquer rua do perímetro urbano, sempre do lado direito da faixa ou acostamento quando o uso em rodovias, não sendo permitido uso em rodovias expressas. Desde que não possuam acelerador, as bicicletas elétricas se equiparam com as comuns de acordo com o Contran na Resolução 465/2013. As bicicletas elétricas que não atinjam mais que 25 km/h, não exigem do usuário nenhum tipo de documentação para utiliza-la, mas devem ter sinalizações, tais como, indicador de velocidade, campainha, sinalização noturna (lateral, dianteira e traseira), espelhos retrovisores. E o condutor deverá se equipar de capacete, braceleira e joelheira, para sua maior segurança. (DENATRAN, 2013)

Sendo assim as bicicletas elétricas comparadas com as normais podem ser utilizadas por condutores de qualquer idade, sem nenhuma objeção, desde que sempre utilizada com respeito às normas e pedestres.

2.1. Baterias de Lítio.

As bicicletas elétricas utilizam baterias, que antes eram feitas de chumbo e ácidos, hoje foram substituídas pelas de íons de lítio, que além de durarem mais, são menos tóxicas e podem ser recicladas. Assim as pilhas e baterias primárias que são descartadas, não podem ser recarregadas, pois existe uma reação química que destrói um dos eletrodos, normalmente o negativo (ânodo).

Já as pilhas e baterias íons de lítio podem ser recicladas tendo um ganho maior para o meio ambiente, tanto na forma da bateria, como no seu uso, pois não emite gases quando usada. Essas baterias de íon de lítio possuem normalmente entre 400 a 2000 ciclos de recarga, isso quer dizer que sua longevidade é maior e tem menor impacto de descarte e novos modelos com melhores características surgem a cada dia.

Existem muitas vantagens em se usar a bateria de íon de lítio ao invés das de chumbo ácido, sendo as principais diferenças:

- a) Vida útil é 4 vezes mais que a de chumbo

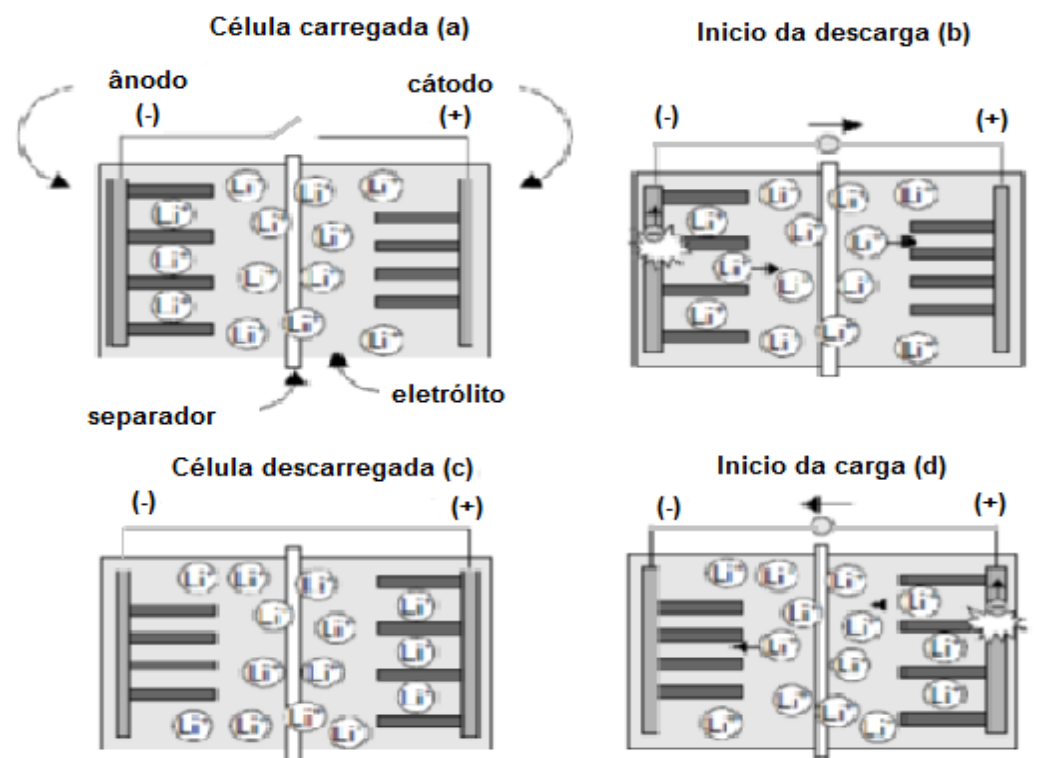
- b) Pesa menos do que a metade
- c) Volume é menor
- d) Autonomia é quase o dobro

A escolha da bateria ideal deve considerar os seguintes aspectos:

- a) Potência, a tensão
- b) Número de ciclos de carga e descarga
- c) Tamanho

Esses aspectos descritos acima são de fundamental importância para que a escolha seja adequada para o modelo da e-bike a ser instalada.

Figura 1 - Processo de carga e descarga de uma célula de íon lítio.



(Fonte: ROOT, 2010)

Usando o BMS (*Battery Management System*), a bateria pode ser guardada em qualquer estágio de carregamento e descarrega muito pouco. Por

isso a vantagem de se usar baterias de íons de lítio nas bicicletas elétricas, é muito maior, com isso o usuário tem mais disponibilidade e autonomia de uso.

As formas de carregamento das baterias influenciam o modo de como será o desempenho delas na hora do uso. A diferença entre os carregadores e as fontes, estão no fato do carregador suprir algumas especificidades da bateria de íons de lítio exigidas durante a carga e também para aumentar sua eficiência e garantir principalmente a segurança. (ROOT, 2010)

As cargas exigem em regimes que são caracterizados pelo tempo que a bateria é carregada, existindo a carga lenta, a rápida e a ultrarrápida. Assim, esse tempo está diretamente ligado à sua capacidade de produzir a corrente necessária para a bateria ser carregada. Concluindo que o método de carregamento e o circuito eletrônico estão interligados com o tipo de bateria a ser carregado e o perfil de carregamento indicado para cada tipo de bateria a ser carregada.

Como comparação entre baterias recarregáveis, alguns pontos devem ser observados durante a escolha de uma bateria, tais como: potência, tensão, número de ciclos de carga e descarga que a bateria suporta, tamanho, etc. A Tabela 1 faz um comparativo entre as principais baterias recarregáveis do mercado. Nessa tabela observa-se que as baterias de íons de lítio oferecem uma excelente alternativa frente as demais apresentadas (Kester, et al.).

Tabela 1 - Comparação entre algumas baterias encontradas no mercado (Andrade, 2014).

	Chumbo-ácido	Níquel cádmio	Hidreto de metal de níquel	íon lítio
Tensão média na cel. (V)	2	1.20	1.25	3.6
Densidade energia (Wh/Kg)	35	45	55	100
Densidade energia (Wh/l)	85	150	180	225
Custo (\$/Wh)	0.25 - 0.50	0.75 - 1.5	1.5 - 3.0	2.5 - 3.5
Efeito memória?	No	Yes	No	No
Auto descarga (%/mês)	5 - 10	25	20 - 25	8
Taxa de descarga	<5C	>10C	<3C	<2C
Ciclos de carga/descarga	500	1000	800	1000
Faixa de temperatura (°C)	0 to +50	-10 to +50	-10 to +50	-10 to +50
Danoso ao ambiente	Sim	Sim	Não	Não

(Fonte: Andrade, 2014).

2.2.E. Bikes.

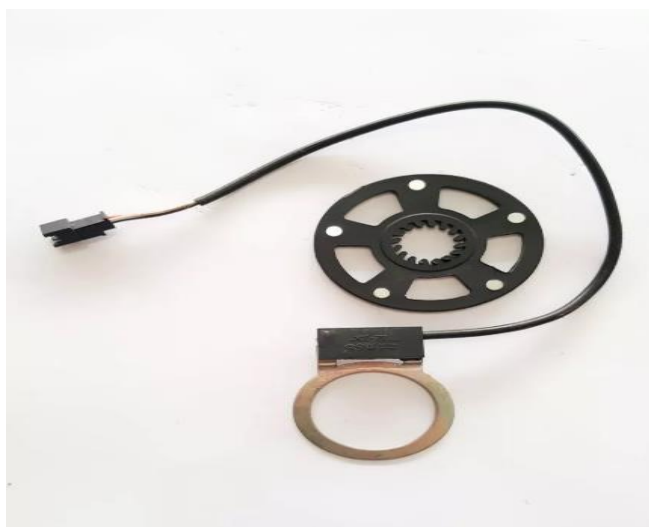
Há dois grupos de bicicletas elétricas, o primeiro são sem acelerador, chamando-as de *pedelecs*, sendo que o auxílio elétrico vem do sistema PAS (*Pedal Assistance Sensor*), como ilustrado na figura 2, e um sensor (figura 3). O sistema funciona quando o ciclista pedala e o motor é ativado. Nesse exemplo a bicicleta somente se locomove a partir do momento que o ciclista pedala. O outro tipo são das bicicletas elétricas com acelerador. Essas bicicletas podem ter a opção de acelerar, somente pedalar ou combinar aceleração e pedal.

Figura 2 - Modelo de Pedal (PAS).



(Fonte: Sanelkit,2018)

Figura 3 - Sensor PAS.



(Fonte: Sanelkit,2018)

Um modelo que está no mercado atualmente é da Biobike visto na figura 4. Esse modelo é uma e-bike que compartilha acessibilidade e mobilidade, pois a acessibilidade dos quadros é pensada na facilidade de acesso, para uma postura mais correta e funcional. A mobilidade é pensada para atender a necessidade de deslocamento onde o esforço físico é realizado de forma

moderada ou até mesmo para quem não pode realizá-lo, mas adora exercícios e não consegue ficar sem pedalar (Revista Bicicleta, 20138).

Figura 4 - Bicicleta Biobike.



(Fonte: Loja.BioBike,2018)

2.3.Computador de Bordo.

Existem modelos de e-bikes que possuem computadores de bordo que facilitam ainda mais a vida do ciclista, pois auxiliam com determinação da velocidade atual, percurso percorrido, relógio e algumas outras funções.

Um exemplo é o ciclo computador *Belfix* ilustrado na figura 5. Ele conta com 12 funções:

- Velocidade
- Distância total
- Relógio 24h
- Distância por trecho
- Velocidade máxima
- Velocidade média

- Tempo de percurso
- Temperatura ambiente
- *Scan* de função
- Função auto liga/desliga

Figura 5 - Ciclo Computador *Belfix*.



(Fonte: Koala.eletroshop,2018)

Outro modelo de computador de bordo (figura 6) mais completo é o modelo da Sunding que conta com 24 funções tais como:

- Velocidade atual,
- Odômetro,
- Distância total,
- Distância parcial,
- Velocidade máxima
- Velocidade média
- Tempo total do percurso
- Tempo de viagem
- Tempo total do percurso (sem interrupção)

- Relógio (12h/24h),
- Cronômetro
- Temperatura (- 10°C - 50°C)
- Ajuste de um tempo pré-determinado (contagem progressiva)
- Ajuste de um tempo pré-determinado (contagem regressiva)
- Ajuste de uma distância pré-determinada (contagem progressiva)
- Ajuste de uma distância pré-determinada (contagem regressiva)
- Comparativo (+/-) da AVS
- Alerta de manutenção, alerta de lubrificação
- Alerta de velocidade alta
- Ajuste da circunferência do pneu
- Ajuste da última km do odômetro total,
- BACKLIGHT
- Luz de fundo verde (liga somente quando a pouca luz)
- Congelamento de memória
- Auto on/off.

Figura 6 - Computador de Bordo.



(Fonte: MercadoLivre, 2018)

Os dois modelos citados acima contam com uma variedade boa de funções, mas para um bicicleta elétrica falta ainda a função de tensão da bateria e autonomia do conjunto.

2.4.Motor Brushless.

As e-bikes atuais utilizam motores de corrente contínua sem escovas ou motores BLDC (Brushless DC), que são motores elétricos síncronos alimentados por um inversor (driver). Esse motor oferece diversas vantagens sobre os motores de corrente contínua com escovas, dentre as quais se podem-se destacar: a confiabilidade mais elevada, o ruído reduzido, vida útil mais longa, isto se deve à ausência de desgaste da escova,

Os motores BLDC são considerados mais eficientes do que os motores de corrente contínua escovados, significando que para a mesma potência de entrada, os motores BLDC converterão mais energia elétrica em energia mecânica do que um motor de corrente contínua escovado e a sua eficiência é maior na região de "baixa-carga" e em vazio" na curva característica do motor. sob cargas mecânicas elevadas (How Brushless Motors Work (BLDC Motors), 2018).

Tabela 2 - A tabela mostra alguns exemplos que utilizam dos motores bldc.

Motores BLDC em diferentes utilizações					
Descrição	Modelo	Motor	Potência	Tensão	Rpm
Skate Elétrico	JQ/ 8-INCH	Bldc	350W	36V	620
Trotinette	JQ/ 8-INCH	Bldc	350W	60V	800
Bicicleta Elétrica	BiciMoto	Bldc	350W	42V	120

(Fonte: Silvestrini, 2018)

Nos dias atuais, há uma grande variedade de produtos no mercado que utilizam o motor BLDC. Na tabela 2 foram citados três exemplos que são encontrados com certa frequência. O skate elétrico é um produto que teve

grande aceitação a partir de 2015, sendo possível encontrar pessoas utilizando-o em parques e até mesmo em *Shopping Centers* (Giacomelli, 2015).

Já o Trotinete é muito frequente em Shoppings e os seguranças usam para dar agilidade na locomoção (Vitoria, 2012). A bicicleta elétrica já não é uma novidade e vem tomando espaço nas cidades. Um exemplo bem sucedido é a cidade de Araraquara (Acidadeon, 2017).

Figura 7 - Skate Elétrico (*Overboard*).



(Fonte: *Hub Motor for Adult Electric Motorcycle*,2018)

Figura 8 - Trotinete.



(Fonte: *Hub Motor for Adult Electric Motorcycle*,2018)

Figura 9 - Bicicleta Elétrica.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

3. Eletrificação de Bicicletas Convencionais.

Pelo estudo do presente trabalho discutiu-se que o uso de bicicletas elétricas está ficando cada vez mais comum nas grandes, médias e pequenas cidades do país. Um exemplo é a cidade de Araraquara (interior SP), onde as pessoas estão adotando o uso de bicicletas como hábito diário para se locomover para qualquer atividade na cidade, seja para o trabalho, lazer ou esporte, diminuindo assim o gasto com combustível e passagens de ônibus (acidadeon, 2017).

Existem vários modelos de bicicletas elétrica com diferentes marcas e modelos, mas se mesmo assim o ciclista não gostar de algum acessório, ou se quiser equipar ainda mais a bicicleta, é possível comprar um *kit* de conversão elétrica para montar a bicicleta da maneira mais conveniente ao usuário.

Para o estudo deste trabalho optou-se por escolher três tipos de *kits* para descrever sobre o assunto. Nesta monografia também será utilizado uma placa com Arduino Uno R3 para desenvolver o computador de bordo com funções de:

- Velocidade
- Quilometragem percorrida
- Tensão da bateria
- Autonomia

O Arduino é uma placa de micro controlador baseado no ATmega328, que possui 14 pinos de entrada/saída digital, na qual 6 podem ser usados como saídas PWM. Tem ainda 10 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16 MHz, uma conexão USB, entrada de alimentação, conexão ICSP para reprogramação e um botão de *reset*.

A tabela a seguir mostra uma comparação entre os 3 modelos de *kits* de conversão oferecidos no mercado Brasileiro. A tabela compara vários parâmetros e características de cada *kit*.

Tabela 3 - Comparação técnica dos kits de conversão de uma bicicleta convencional.

Empresa	Electrobike	Convert E-Bike	Bicimoto
Motor	350W	600W	350W
Bateria de Lítio	36V/10Ah	36V/9Ah	42V/10Ah
Acelerador	PAS/Twist**	PAS/Twist grip	Twist
Freios	Freio inteligente, quando acionado desliga o motor	Freio inteligente, quando acionado desliga o motor	Sistema regenerativo
Carregador universal	100-240W	100-240W	100-240W
Voltagem de trabalho	36V	36V	42V
Roda	*Aro 26 polegadas	Aro 26 polegadas	Aro 26 polegadas
Velocidade	Até 32 km/h	Até 40 km/h	Até 50 km/h
Peso condutor	Até 90 kg	Até 90 kg	Até 90 kg
Valor Kits	R\$ 2.190,00	R\$ 3.100,00	R\$ 1.699,00

(Fonte: Silvestrini, 2018)

Os principais elementos diferenciais entre uma bicicleta comum e a elétrica estão relacionadas com o Aro e o Acelerador, como descrito abaixo.

- Aro, onde instala o pneu e câmara de ar, junto com raios e cubo central, que neste caso é o próprio motor elétrico BLDC.
- Acelerador *Twist* figura 13 é um acelerador comum, em bicicletas elétricas o seu acionamento é elétrico, o *Twist Grip* é um acelerador com controle de intenção, o condutor seleciona a intenção de aceleração, assim o controle seleciona a engrenagem de baixa rotação ou a de alta rotação. Figura 10 mostra um acelerador *Twist Grip*.

Figura 10 - Acelerador Twist Grip.



(Fonte: *AliExpress*,2018)

Depois de analisados todos os *kits* escolhidos para a realização deste trabalho, a relação custo benefício foi mais relevante, sendo que o primeiro *kit* é o mais completo e custa o valor de R\$ 2.190,00. O segundo *kit* tem pouca tecnologia e é a que tem o maior valor entre todos. O *kit* escolhido então foi o terceiro, por ter a relação custo/benefício razoável. O custo na época da aquisição foi no valor de R\$ 1.699,00 e tem o sistema de regeneração de energia integrado.

A instalação *kit* é relativamente simples e na verdade, o motor, acelerador e os dois manetes de freio devem ser conectados ao controlador eletrônico e conectado ao pack e baterias de lítio. Os manetes de freio, ilustrado na figura 11, devem ser instalados no lugar do manete original da bicicleta. O chicote de fios será conectado ao controlador eletrônico de forma a permitir o funcionamento do sistema regenerativo de energia durante a frenagem.

Figura 11 - Manete de freio.



(Fonte: Manual Bicimoto, 2014)

O acelerador tipo *Twist*, conforme ilustrado na figura 12, deve ser instalado na parte direita ou esquerda do guidão. Primeiro, a parte onde sai o fio e em seguida o espaçador plástico que é fornecido juntamente com o *kit*, e por fim a ponta do acabamento.

Figura 12 - Acelerador modelo *Twist*.



(Fonte: Manual bicimoto, 2014)

O controlador eletrônico, visto na figura 13, também conhecido como módulo, é como um computador de bordo da bicicleta elétrica. O módulo tem um avançado sistema de controle eletrônico, e que pode controlar a velocidade do motor usando dados que vem do acelerador PAS e dos vários sensores instalados no motor. O controlador eletrônico ainda protege a bateria cortando

o consumo quando a voltagem fica mais baixa, limitando a corrente drenada da bateria.

Figura 13 - Controlador Eletrônico da Bicimoto.



(Fonte: Manual bicimoto, 2014)

Para a instalação do *kit* na bicicleta é necessário seguir alguns passos:

- Retirar os punhos e manetes da bicicleta original onde será instalado controlador do e-kit Bicimoto;
- Instalar os manetes de freio e em seguida o acelerador eletrônico, que vem junto com o *kit*;
- Instalar o bagageiro fornecido com o *kit*, mas sem a bateria, na parte traseira da bicicleta,
- Instalar o motor com os raios fornecidos na roda dianteira (ou traseira) nos kits sem aro, ou simplesmente instalar a roda com o motor nos *kits* com aro e desconectando o conector do motor para facilitar o processo.

Caso o motor elétrico do *kit* não venha instalado no aro, recorra-se ao serviço de uma bicicletaria para que a roda seja enraçada com 36 raios, juntamente com os *nipples*, e que devem estar corretamente alinhadas. Para prender os fios dos manetes de freio e o fio do acelerador ao quadro da bicicleta usam-se abraçadeiras de plástico. Os fios são conduzidos até a caixa

estanque que fica localizado no bagageiro e deve-se observar uma folga perto do guidão para que ele possa ser virado livremente para a esquerda e para a direita. A figura a seguir ilustra como como fica o kit montado completamente numa bicicleta.

Figura 14 - Instalação do kit e-bike com motor na roda traseira.



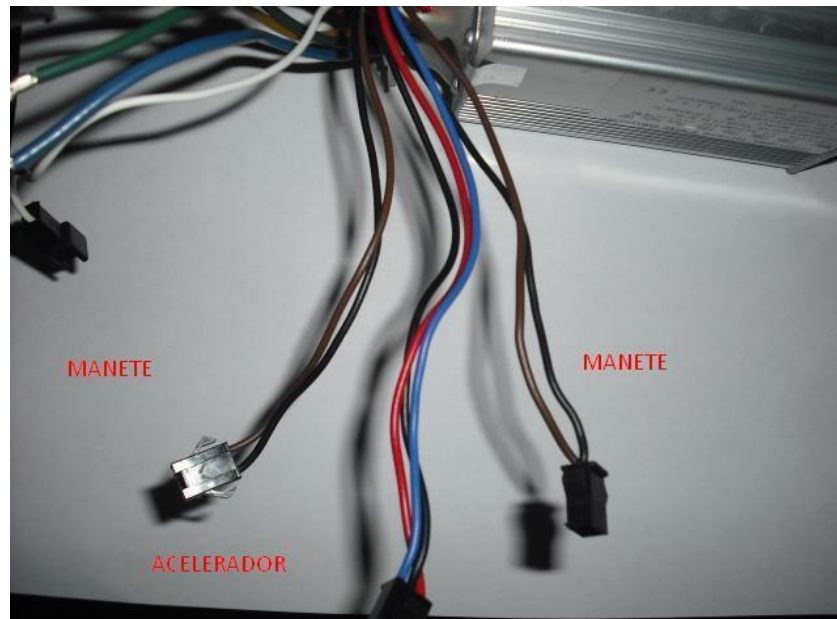
(Fonte: Manual Bicimoto, 2014)

Dos manetes saem dois fios de conexão entre eles. Os fios fazem parte do sistema de regeneração de energia. Conectam-se os fios de cores azul e vermelho, aos fios marrom e preto do controlador eletrônico. Já do acelerador saem 3 fios, vermelho, preto e branco. Conectam-se aos fios azul, vermelho e preto que ficam no controlador eletrônico. Do motor sai um terminal branco, que é quadrado, e 3 fios, verde, azul e amarelo. Conecta-se o terminal branco quadrado ao terminal branco quadrado que fica no controlador, e na sequencia os fios na seguinte ordem:

- Verde com verde
- Azul com azul
- Amarelo com amarelo

A figura 16 a seguir ilustra os fios definidos acima.

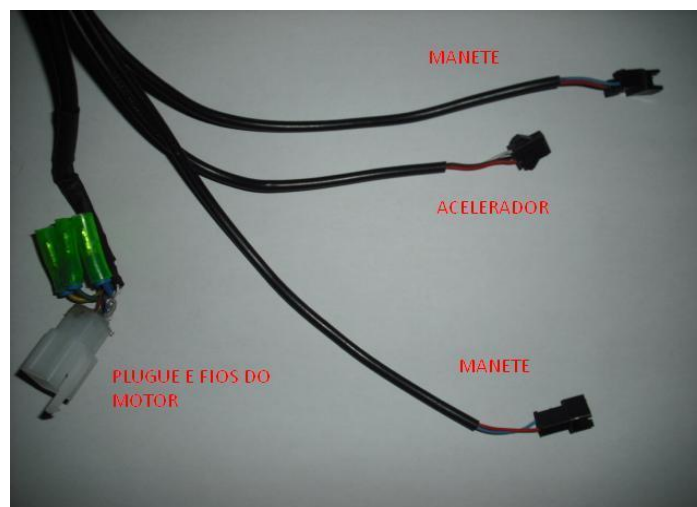
Figura 15 - Identificação dos fios do modulo de controle.



(Fonte: Manual bicimoto, 2014)

Os fios que saem do motor amarelo, verde, azul com termo retrátil verde e conector branco, manete e do acelerador devem ser conectados aos seguintes fios do controlador eletrônico, como mostra a figura a seguir, também chamado de módulo.

Figura 16 - Identificação dos fios do modulo de controle.



(Fonte: Manual Bicimoto, 2014.)

A figura 17 ilustra as conexões do módulo e do motor que serão conectados no plugue do acelerador. Isso permite o controle de velocidade do motor. A caixa preta a esquerda da figura é para guardar a fiação completa do

Sendo que as conexões são as seguintes, o fio verde, azul e amarelo do motor devem ser conectados aos seus pares, verde, azul e amarelo do controlador eletrônico. Para finalizar as ligações, os fios vermelho e preto do controlador eletrônico devem ser ligados aos fios vermelho e preto do pack de baterias de lítio. A seguir o esquema de montagem.

Figura 17 - Conexões do motor.



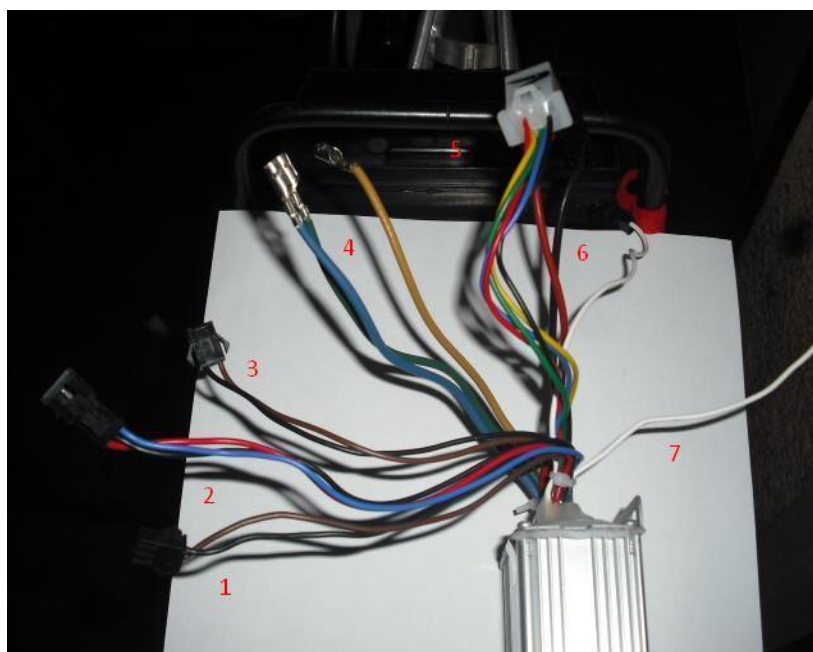
(Fonte: Manual Bicimoto, 2014.)

Tabela 4 - Conexão do modulo de controle.

Modulo de Controle	Cor	Conectado
1	Preto e Marrom	Manete de freio
2	Azul, Preto e Vermelho	Acelerador <i>Twist</i>
3	Preto e Marrom	Manete de freio
4	Azul, Verde e Amarelo	Motor bldc
5	Azul, Verde, Amarelo, Vermelho e Preto	Controle do motor bldc
6	Preto e Vermelho	Bateria
7	Branco	Limitador de velocidade.

(Fonte: Silvestrini, 2018)

Figura 18 - Esquema da montagem das conexões.



(Fonte: Manual Bicimoto, 2014.)

Após a conclusão da instalação do modulo de controle ele deve ser acomodado dentro da caixa estanque que se localiza no bagageiro, ou nos suportes de alumínio do bagageiro. Se for na caixa de estanque o *kit* é o de 350W e se for no suporte de alumínio o *kit* é o de 500W. Acomode

cuidadosamente os fios e o módulo de forma que ao fechar a tampa, sem que nenhum fio fique exposto ou corra o risco de ser cortado.

Figura 19 - Bateria com carga completa.



(Fonte: Manual Bicimoto, 2014.)

Figura 20 - Conclusão instalação do módulo de controle.



(Fonte: Manual Bicimoto, 2014.)

Após completada a carga do *pack* de baterias de íons de lítio, o Led verde do carregador de bateria se ascenderá, indicando que a carga está completa. Então desconecte o carregador da tomada, o fio do carregador do *pack* e encaixe o *pack* de bateria de íons de lítio na gaveta do bagageiro até que esta trave, prendendo a bateria. Após esse procedimento, instale a chave

fornecida com o kit, posicione-a em ON, abaixe a alça e aperte o botão vermelho, que fica do lado direito do *pack* de baterias. Este procedimento é um sistema de teste e verificação de carga, se os três Led verdes acenderem, a carga estará completa.

3.1.Computadores de bordo.

Para desenvolvimento do computador de bordo utilizou-se um Arduino Uno R3 para fazer aquisição de dados e processar informações pré-determinadas, como:

- Velocidade
- Quilometragem percorrida
- Tensão da bateria
- Autonomia da bateria.

A figura a seguir ilustra a placa do modelo Arduino Uno R3.

Figura 21 - *Arduino Uno R3*.



(Fonte: [store.arduino, 2018](https://store.arduino.cc/))

Utilizou-se também um *display* 16x2 para mostrar as informações que o Arduino irá processar. Esse *display* LCD tem 16 colunas e 2 linhas, com *backlight* (luz de fundo) verde e letras na cor preta. Para conexão, são 16 pinos, dos quais usamos 12 para uma conexão básica, já incluindo as conexões de alimentação (pinos 1 e 2), *backlight* (pinos 15 e 16) e contraste (pino 3).

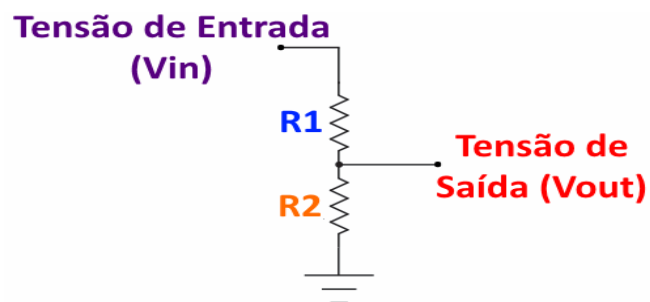
Figura 22 - Display 16x2.



(Fonte: [arduinoocia, 2018](#))

A conexão do Arduino e com *display* foram feitas com os pinos dos I/Os digitais de 7 a 12 do Arduino. No *display* utilizou-se as entradas 4, 6, 11, 12, 13 e 14 para receber as informações do Arduino. Para fazer a aquisição da velocidade utilizou-se um sensor indutivo, que é composto por um sensor e um ímã, instalados na roda e no garfo da bicicleta. Na medição da autonomia foi montado um divisor de tensão para adequar a tensão medida num nível em que o Arduino possa trabalhar sem riscos.

Figura 23 - Divisor de tensão.



(Fonte: [arduinoocia, 2018](#))

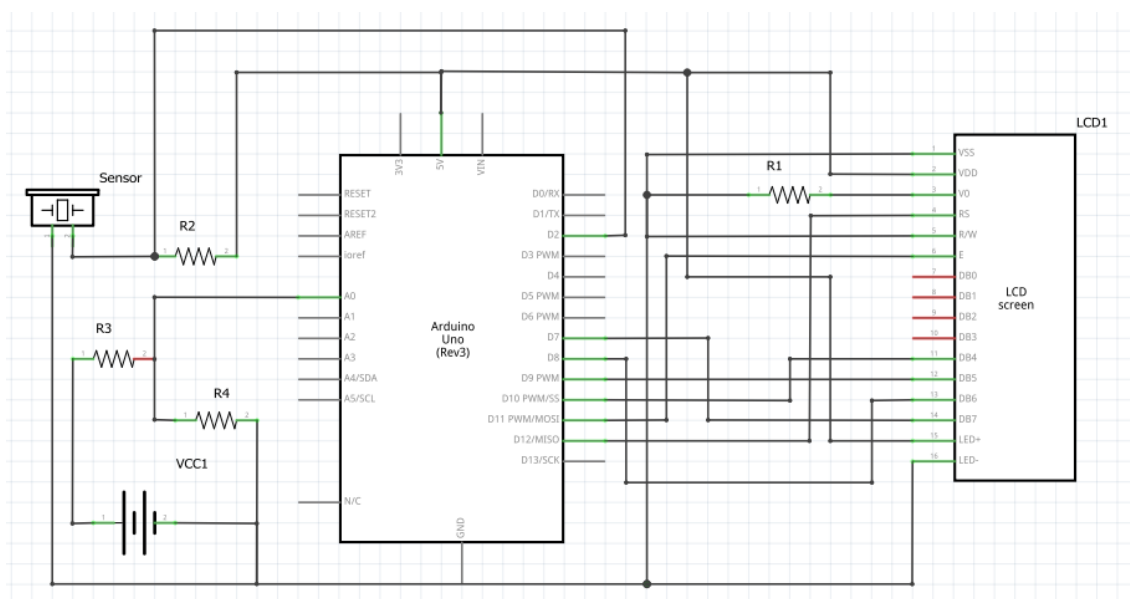
O cálculo do divisor de tensão segue a clássica equação apresentada em 1.

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (1)$$

Como ilustrado na figura 23, a tensão de entrada é 42v, o resistor R1 é de 5k Ohms e R2 de 680 Ohms. A tensão de saída ficou em 5,052V, que é o suficiente para proteger o Arduino.

Partir dos dados citados foi desenvolvido o esquema elétrico do computador de bordo. O esquema a seguir ilustra como foram implementados e ligados os diversos componentes do computador de bordo.

Figura 24 - Esquema elétrico Computador de Bordo.



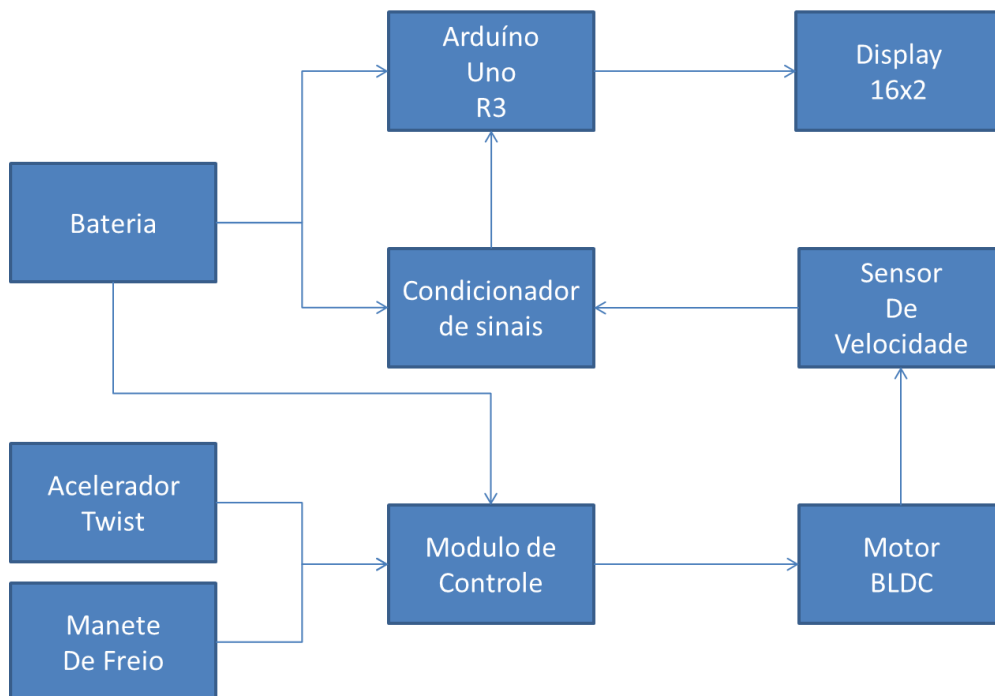
(Fonte: Silvestrini, 2018)

O diagrama de blocos a seguir ilustra plataforma de como o Arduino interage com a bicicleta elétrica. Nesse diagrama é possível identificar os diferentes componentes necessários para o desenvolvimento do Computador de Bordo.

Na parte do *software* do Arduino foram utilizadas as bibliotecas disponíveis, LiquidCrystal.h, para controlar o *display* lcd, Timer.h para controlar a função millis() e para determinar o tempo de execução do sensor de velocidade. Na imagem a seguir tem-se uma parte do *software* do computador de bordo. O *software* completo está disponível no anexo.

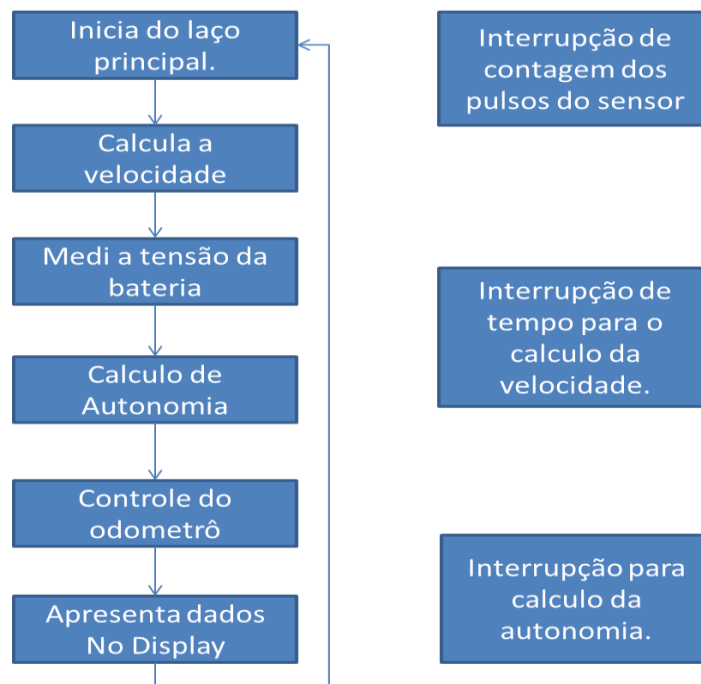
Essa parte do código contém a aquisição de dados pelo Arduino, que recebe a informação do sensor de velocidade no pino digital 2 do Arduino, e a tensão da bateria pelo pino analógico A0.

Figura 25 - Diagrama de Blocos do Computador de Bordo com a Bicicleta Elétrica.



(Fonte: Silvestrini, 2018).

Figura 26 - Diagrama de blocos Computador de Bordo.



Os cálculos, apresentados na própria figura, da quilometragem, a tensão da bateria e o cálculo da velocidade, são ajustadas para enviar as informações para o *display*.

Figura 27 - Parte 1 do software.

```
void loop()
{
  attachInterrupt(2, velocidadeCalc, RISING);

  tensao = analogRead(A0) ;
  tensaoCalc =(tensao*0.0049* 8.4);

  odometro= (((contOdometro*perimetro)/2)/1000);

  if(millis() - lastRefresh >=REFRESH_TIME)
  {
    velocidade =((3600*perimetro*contador)/2)/(millis() - lastRefresh);
```

A próxima imagem a baixo mostra o cálculo da autonomia da bateria.

Figura 28 - Parte 2 do software computador de bordo.

```
void auTo()  
{  
  if(tensaoLeitura>tensaoCalc)  
  {  
    tensaoQtd = (tensaoLeitura - 32.4)/(tensaoLeitura - tensaoCalc);  
    autonomia = tensaoQtd*5;  
    tensaoLeitura = tensaoCalc;  
  }  
  
}  
  
void velocidadeCalc()  
{  
  contador++;  
  contOdometro++;  
  
}
```

O cálculo para autonomia foi feito com base no teste de recarga e descarga da bateria no capítulo a seguir. Na figura 28 mostra as linhas de programação para chegar na autonomia, o primeiro passo é identificar a variação de tensão entre a carga máxima da bateria (42,2V) e até ela “zerar” (32,4V), com isso, temos 9,8V, após ter determinado a amplitude de variação, passamos para identificar a variação real da tensão da bateria quando a bicicleta estiver funcionando, a tensão fica oscilando em função do motor elétrico, então entra o voltímetro que seria a tensaoLeitura, a tensaoCalc é o valor da tensaoLeitura no seu último loop.

Como a variação de tensão é constante, sempre a tensaoLeitura terá um valor diferente de tensaoCalc.

Um exemplo, $((42,2 - 32,4)/(42,1-42,0))*5= 490$ minutos.

4. Resultados.

A eletrificação da bicicleta convencional criou uma certa dificuldade para adaptar e montar o conjunto mecânico. Após a montagem a bicicleta foi levada a um profissional da área para realizar alinhamentos na parte mecânica. Somente após essa intervenção o conjunto pôde ser testado.

4.1. Testes.

A conversão da bicicleta convencional foi concluída seguindo os passos citados no item 3.1, na qual a configuração final pode ser observada na imagem abaixo. A bicicleta modelo Gallo foi eletrificada com o kit descrito no capítulo 3.

Figura 29 - Bicicleta Convertida para Eletrica.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

O teste de autonomia foi feito no bairro de Santana - São Paulo, no trajeto de ida e volta do meu trabalho, o percurso consta com subida, decida e reta, com a distância de aproximadamente quatro quilômetros de ida e volta. O teste foi realizado usando somente a força do motor elétrico, sem ajuda dos pedais. A eficiência foi de vinte e dois quilômetros, feitos cinco percursos completos e uma ida ao trabalho com um carga completa da bateria.

A Bicimoto diz que com velocidade em torno de 35 km/h chega a ter autonomia de 45 km em média, dependendo de vários fatores, tais como, descidas, peso do ciclista.

No teste de eficiência feito chegou a ter 48% da autonomia dita pela Bicimoto, pois o percurso feito havia subidas e só foi utilizado o motor, usando o motor só para auxílio ela chegaria a tal autonomia dita pela Bicimoto.

Computador de bordo foi desenvolvido conforme descrito no capítulo 3 e a imagem abaixo mostra o *display* com as funções definidas anteriormente.

Figura 30 - Computador de Bordo.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

A instalação do computador na bicicleta se iniciou com o display, sendo fixado no guidão da bicicleta, os 12 fios que saem do display foram agrupados com os fios que vão para o módulo de controle da bicicleta, para os fios ficarem unidos, foi utilizado um organizador de fios de computadores.

Figura 31 - Computador de Bordo fixado na bicicleta.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

Figura 32 - Organização dos fios do Computador de bordo e modulo eletrônico.



(Fonte: Silvestrini, 2018).

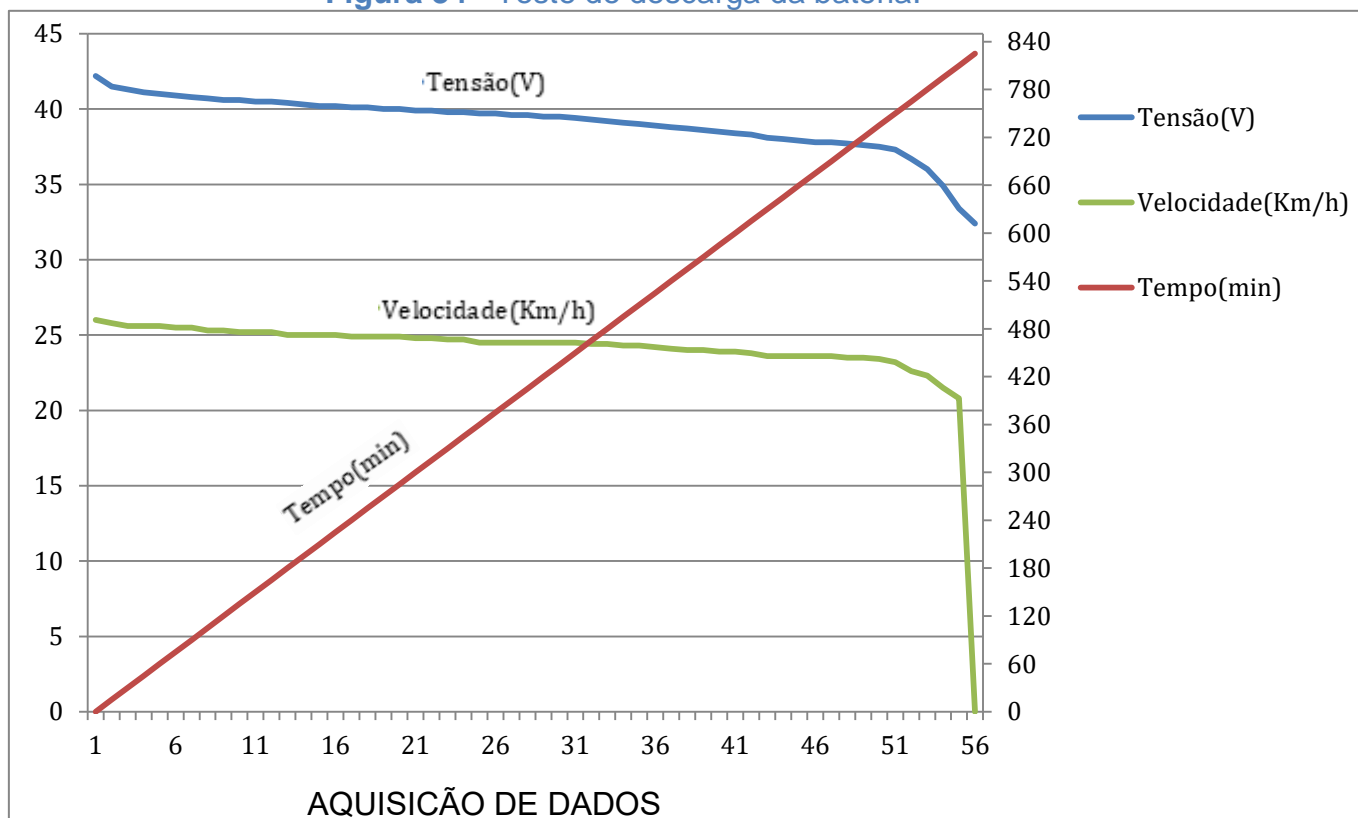
Figura 33 - Organização das cablagens.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

Para fazer o teste de descarga da bateria, foi utilizado um suporte para elevar a roda dianteira, onde se localiza o motor elétrico. Após elevar a roda, o acelerador foi travado no máximo e coletou-se a tensão da bateria e a velocidade da bicicleta a cada 15 minutos. O gráfico abaixo ilustra os resultados obtidos.

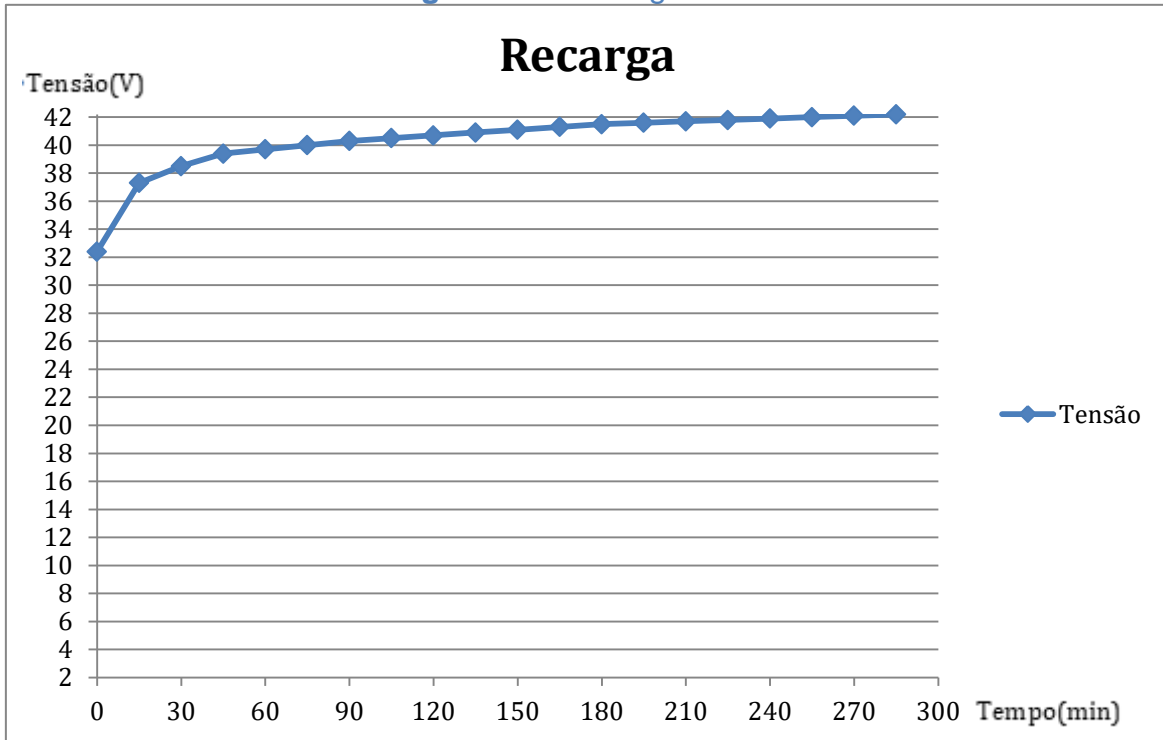
Figura 34 - Teste de descarga da bateria.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

O gráfico da figura 34 mostra a relação entre a tensão e a velocidade. Nota-se que quanto mais carregada a bateria estiver a velocidade será maior, justamente porque há uma relação linear entre a tensão de alimentação do motor e a rotação final. Deve-se lembrar que o teste foi feito nas condições sem carga e sem o atrito com o solo. A recarga da bateria foi feita com a aquisição de tensão a cada 15 minutos. O gráfico da figura 35 mostra o tempo de recarga da bateria, totalizando 285 minutos ou 4 horas e 45 minutos para carga total. Também mostra o tipo de estratégia utilizada para recarga, inicialmente o carregador envia uma corrente alta até 70% da recarga da bateria e monitora a temperatura, após os 70% o carregador baixa a corrente e aumenta a tensão para finalizar a recarga.

Figura 35 - Recarga da Bateria.



(Fonte: Silvestrini, 2018)

Os testes de carga e descarga da bateria, foram utilizados para fazer a autonomia do computador de bordo, em função do tempo e tensão, no caso da descarga da bateria, o tempo foi de 825 minutos e a tensão da bateria chegou a 32,4 volts, uma queda de 9,8 volts. Em relação ao tempo e a tensão foi feito o cálculo da autonomia.

5. Conclusão.

O presente trabalho buscou descrever como e com quais características pode-se montar uma bicicleta convencional em uma elétrica, para sua utilização nas ruas como transporte sem causar danos ao meio ambiente, pois para sua eletrificação foram utilizados materiais que não emitem gases e são sustentáveis não causando degradação. A bateria utilizada foi a de lítio, que pode ser recarregada em qualquer estágio de sua carga, e tem uma descarga bem menor do que as outras pesquisadas, sua principal vantagem é a disponibilidade para o uso do condutor. A bicicleta elétrica é uma das formas de mobilidade mais sustentáveis, por utilizar energia elétrica e humana para se locomover. Utilizando o exemplo citado no item 4.1 deste trabalho e comparando o mesmo trajeto com um carro, no mesmo horário, o custo do percurso de quatro quilômetros em etanol foi de quase três litros, equivalente a sete reais em um único dia, somando os cinco dias da semana, trinta e cinco reais, no mês cento e quarenta reais, comparando com a bicicleta elétrica o gasto de uma recarga da bateria é de aproximadamente um real para uma semana, no mês o gasto total é de quatro reais, nessa comparação a economia será de cento e trinta e seis reais por mês, além disso, o tempo foi reduzido pela metade, com isso a bicicleta elétrica é uma excelente forma de mobilidade urbana, é bom para o trânsito das cidades, uma vez que uma bicicleta ocupa muito menos espaço nas vias, bom para a saúde, já que quem anda de bicicleta melhora seu condicionamento físico, e ainda evita todo o estresse diário, proveniente das horas parados no engarrafamento urbano. E acoplado a ela também montou-se um computador de bordo para que o condutor tenha disponível em um display, a carga da bateria, a quilometragem, a velocidade, tornando-a uma aliada para a mobilidade humana e para o meio ambiente, pois não polui quando utilizada.

Concluindo assim que a eletrificação de uma bicicleta convencional, foi uma pesquisa de grande valia para o aprendizado, pois utilizou-se a prática para a elaboração deste projeto, onde buscou-se materiais de menor custo, tanto para sua eletrificação como para a elaboração do computador de bordo.

5.1.Proposta futuras:

Como propostas futuras para continuidade deste projeto sugerem-se:

- Conectar e enviar as informações do computador de bordo para um celular Android.
- Testar o sistema de regeneração de energia gerada na frenagem.
- Implementar mais funções ao computador de bordo.

6. Referências

ABRACICLO. Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. 2015. Disponível em <http://www.abraciclo.com.br/>. Acesso dia 15/08/2017.

ARAÚJO, Rui J.F. **Desenvolvimento de uma Bicicleta Elétrica**. Portugal: Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2012.

BARROS, W. M.; SILVA, F. S. F. **Pequena geração de energia elétrica – bicicleta sustentável**. EITEC, 2016.

BATERIAS PAMPA. **Regras gerais de segurança e manutenção de sua bateria**. Disponível em: http://www.bateriaspampa.com.br/news/n_0003.php. Acesso dia 11/08/2017.

Bike Magazine. Bicicletas Elétrica ganham mercado. Disponível em: <http://www.bikemagazine.com.br/2011/03/bicicletas-eletricas/>. Acesso dia 21/08/2017.

BIOBIKE. **Loja Biobike. Manual de Usuário modelo JS-150**. Disponível em: <https://loja.biobike.com.br/> acesso dia 10/08/2017.

Blog das Baterias. **O que é uma bateria de íon lítio**. Disponível em: <http://bbaterias.com.br/bateria-notebook/artigos-bateria/o-que-e-uma-bateria-de-ion-de-litio>. Acesso dia 21/08/2017.

Blog da Bicimoto. A Evolução das Bicicletas Elétricas. Disponível em: <http://www.bicimoto.com.br/blog/bicicleta-eletrica/a-evolucao-das-bicicletas-eletricas/>. Acesso dia 10/08/2017.

BLOG do Kauffmann. Baterias de Lítio, uma alternativa ao chumbo, ao cádmio e ao hidreto. Disponível em: <https://blogdokauffmann.wordpress.com/2007/08/16/baterias-de-litio-uma-alternativa-ao-chumbo-ao-cadmio-e-ao-hidreto/>. Acesso dia 15/09/2017.

CHAGAS, Marcos W. P. **NOVAS TECNOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DE BATERIAS**. Curitiba: Dissertação no curso de Mestrado Profissionalizante em Desenvolvimento de Tecnologia, IEP/LACTEC, 2007.

Mardonio P.A. SISTEMA DE CARGA PARA BATERIAS ÍON LÍTIO EM VEÍCULOS COM TRAÇÃO ELÉTRICA, FATEC Santo Andre, 2014. Disponível <http://fatecsantoandre.edu.br/arquivos/TCC337.pdf>. Acesso dia 20/05/2018.

Embarcados. Arduino Mega 2560. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>. Acesso dia 20/09/2017.

Energia TV. **Baterias de todos os tipos e suas utilidades**. Disponível em: <http://www.energia.tv/>. Acesso dia 20/08/2017.

JC online. **Bicicletas Elétricas Livres de Habilitação**. Disponível em: <http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/veiculos/noticia/2013/12/21/bicicletas-eletricas-livres-de-habilitacao-110376.php>. Acesso dia 27/08/2017.

LAFUENTE, César O. **Carregador de baterias monofásico para aplicação em veículos elétricos**. Fortaleza: Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, 2011.

Manual de Instalação dos Kits Bicimoto. Disponível em: http://www.bicimoto.com.br/blog/manual/novos/Manual_Kit_Eletrico_Bicimoto_5/00w_350w. Acesso dia 15/08/2017.

MOÇO, Anderson. **Troque o carro pela bicicleta**. Disponível em: http://saude.abril.com.br/edicoes/0289/corpo/conteudo_250528.shtml Acesso dia 15/08/2017.

NETO, Antônio L.Rezende; JÚNIOR, Ari Magagnin; NEIVA, Eduardo C. R; FARINHAKI, Ricardo. **Sistema de medição de campo magnético baseado no efeito Hall e Arduino**. Curitiba: Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

NEVES, Rodrigo A. **Eficiência energética com aplicação de motores de ímãs permanentes**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-enie-eficiencia-energetica-com-aplicacao-de-motores-de-imas-permanentes-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>. Acesso dia 18/08/2017.

OLIVEIRA, João G. S. M. **Materiais usados na construção de motores elétricos**. Porto Alegre: Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2009.

PONTES, Ronaldo S. **Baterias de chumbo**. João Pessoa: Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, 2009.

REVISTA BICICLETA. **Especial Bicicleta Elétrica**. Disponível em: http://www.revistabicicleta.com.br/bicicleta.php?especial_bicicleta_eletrica&id=2351 Acesso dia 20/08/2017.

Simplificando, por uma vida mais leve. **Bicicleta Elétrica seus pós e contras**. Disponível em: <http://simplificando.blog.br/bicicleta-eletrica-os-pros-e-os-contras/>. Acesso dia 15/08/2017.

Sampa Bikes. Legislação sobre Bicicleta Elétrica. Disponível em: <http://www.sampabikers.com.br/legislacao-sobre-bicicleta-eletrica/>. Acesso dia 29/08/2017.

SENSE Eletric Bike. Bicicleta Elétrica. Disponível em:
<http://www.sensebike.com.br/faq>. Acesso dia 16/08/2017.

APÊNDICE

Código em C do Arduíno para o computador de bordo

Software do Computador de Bordo.

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Event.h>
#include "Timer.h"
#define REFRESH_TIME 1000
LiquidCrystal lcd(12,11,10,9,8,7);
Timer t;
int tensao;
float tensaoCalc;
float tensaoLeitura;
float tensaoUso;
float tensaoQtd;
volatile float autonomia;
volatile float velocidade;
const float perimetro = 2.08;
float odometro;
float calcOdometro;
volatile long contador;
volatile long contOdometro;
unsigned long lastRefresh;
int pin = 13;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    lcd.begin(16,2);
    lcd.clear();
    tensaoLeitura = 42.2;
    tensaoUso = 0;
    tensaoCalc = 0;
    tensaoQtd = 0;
    autonomia = 0;
```



```

velocidade = 0.0;
odometro =0.00;
contOdometro = 0;
contador = 0;
lastRefresh = millis();
pinMode(2, INPUT_PULLUP);
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(pin, OUTPUT);
t.oscillate(pin, 10000, LOW);
t.every(10000, auTo);
}
void loop()
{
  attachInterrupt(2, velocidadeCalc, RISING);
  tensao = analogRead(A0) ;
  tensaoCalc =(tensao*0.0049* 8.4);
  odometro= (((contOdometro*perimetro)/2)/1000);
  if(millis() - lastRefresh >=REFRESH_TIME)
  {
    velocidade =((3600*perimetro*contador)/2)/(millis() - lastRefresh);
    lastRefresh = millis();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(int(velocidade));
    lcd.print(" Km/h ");
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print(float(odometro));
    lcd.print("Km ");
    contador = 0;
  }
  t.update();
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(float(tensaoCalc));
  lcd.print("V ");
  lcd.setCursor(10,1);
  lcd.print(int(autonomia));
}

```

```
lcd.print("Min ");

}

void auTo()
{
if(tensaoLeitura>tensaoCalc)
{
    tensaoQtd = (tensaoLeitura - 32.4)/(tensaoLeitura - tensaoCalc);
    autonomia = tensaoQtd*5;
    tensaoLeitura = tensaoCalc;
}
}

void velocidadeCalc()
{
    contador++;
    contOdometro++;
}
}
```

ANEXO

Patente Ogden Bolton Jr.

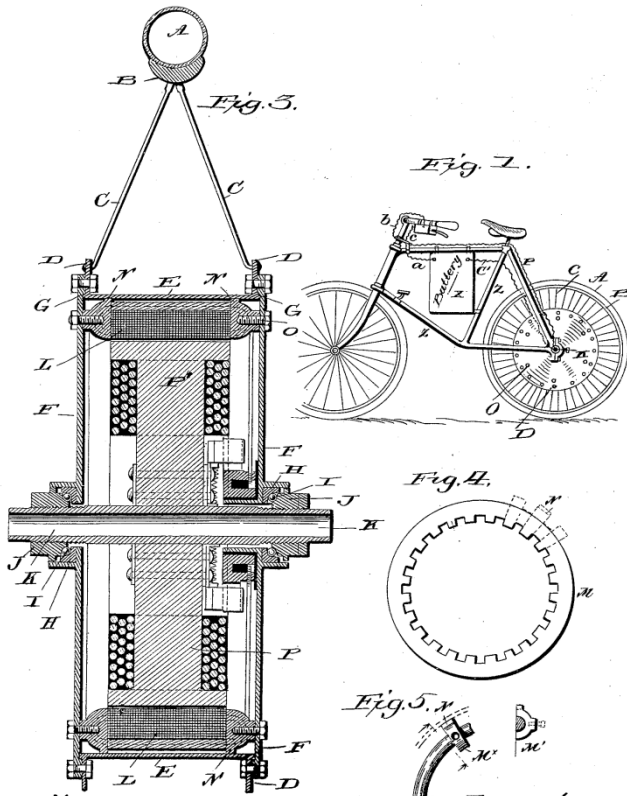
(No Model.)

3 Sheets—Sheet 1.

O. BOLTON, Jr.
ELECTRICAL BICYCLE.

No. 552,271.

Patented Dec. 31, 1895.



Witnesses:
L. C. Hills
W. W. Van Loan

Inventor:
Ogden Bolton Jr.
by Franklin D. Hooker

ANDREW B. GRANHAM PHOTO-LITHO WASHINGTON, D.C.

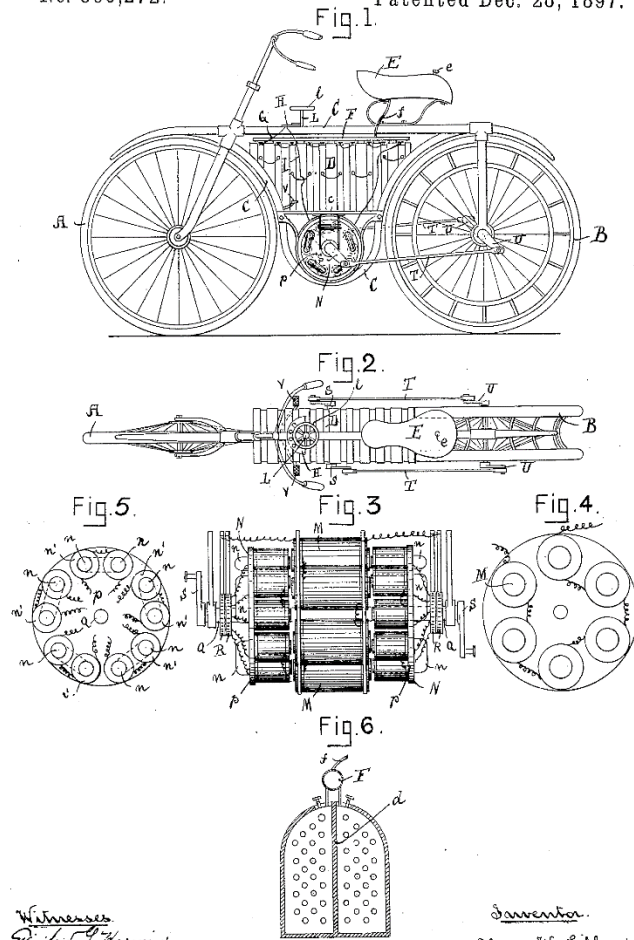
Patente Oséias W. Libbey.

(No Model.)

H. W. LIBBEY,
ELECTRIC BICYCLE.

No. 596,272.

Patented Dec. 28, 1897.



Witnesses
Manfred S. Herwin
Larna E. Hayward

Inventor
H. W. Libbey
by Edwin Clark
attorney.

THE MERRIS PICTURE CO., PHOTO LITHO., WASHINGTON, D. C.

Imagem retirada: <http://www.google.com/patents/US596272?hl=pt-BR>
01/04/2014

Patente , Jesse D. Trucker.

July 11, 1950
 J. D. TUCKER
 WHEEL MOTOR UNIT
 Filed May 7, 1946
 2,514,460
 2 Sheets-Sheet 2

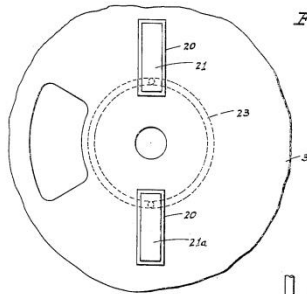


Fig. 2

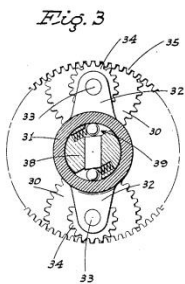


Fig. 3

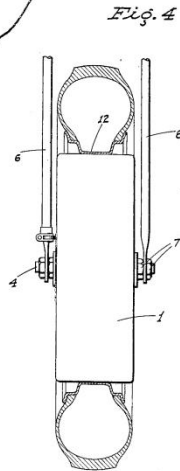


Fig. 4

INVENTOR.
Jesse D. Tucker
 BY *Robert V. ...*
 ATTYS

July 11, 1950
 J. D. TUCKER
 WHEEL MOTOR UNIT
 Filed May 7, 1946
 2,514,460
 2 Sheets-Sheet 1

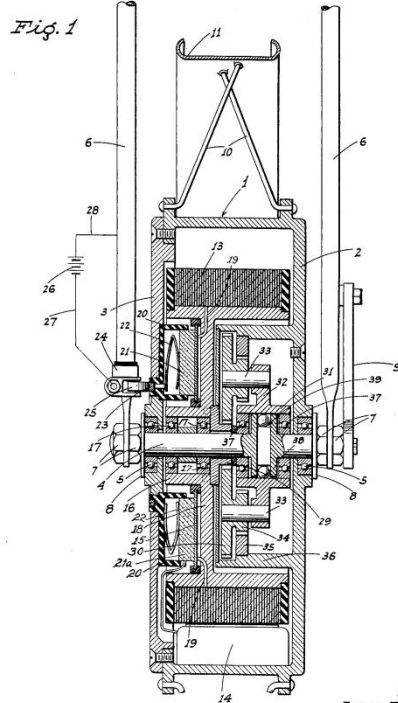


Fig. 1

INVENTOR.
Jesse D. Tucker
 BY *Robert V. ...*
 ATTYS

Imagem retirada: <http://www.google.com/patents/US2514460?hl=pt-BR>
 02/04/2014