

ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL DOM BOSCO
FER - FACULDADE DE ENGENHARIA DE RESENDE
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA



MOISÉS JERÔNIMO DINIZ DA SILVA

**GERADOR DE ENERGIA POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM
BICICLETAS ERGOMÉTRICAS**

RESENDE

2022

MOISÉS JERÔNIMO DINIZ DA SILVA

**GERADOR DE ENERGIA POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM
BICICLETAS ERGOMÉTRICAS.**

Monografia apresentada à Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de Engenharia Mecânica como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel.

Orientadora/Professora: Marília Rios de Paula, D.C.

Coorientador: Pedro Marins Bedê, D.C.

**RESENDE
2022**

CATALOGAÇÃO AEDB - BIBLIOTECA CENTRAL

Biblioteca Central da Associação Educacional Dom Bosco – Resende-RJ

S586 Silva, Moisés Jerônimo Diniz da
Gerador de energia por indução eletromagnética em bicicletas
ergométricas / Moisés Jerônimo Diniz da Silva - 2022.
54f.

Orientador: Marília Rios de Paula

Coorientador: Pedro Marins Bedê

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à
finalização do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de
Engenharia de Resende da Associação Educacional Dom Bosco.

1. Engenharia mecânica. 2. Gerador de energia. 3. Eletromagnetismo.
4. Bicicleta ergométrica. I. Paula, Marília Rios de. II. Bedê, Pedro
Marins. III. Faculdade de Engenharia de Resende. IV. Associação
Educacional Dom Bosco. V. Título.

CDU 621.37(043)

Bibliotecária Márcia Saraiva Carvalho Tonelotto - CRB7/5678

MOISÉS JERÔNIMO DINIZ DA SILVA

**GERADOR DE ENERGIA POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM
BICICLETAS ERGOMÉTRICAS**

Monografia apresentada à Associação Educacional Dom Bosco, Faculdade de Engenharia de Resende, Curso de Engenharia Mecânica como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel.

Aprovado em Resende/RJ: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Anderson Elias Furtado, M.C.

(Professor - Associação Educacional Dom Bosco)

Diniz Felix dos Santos Filho, M.C.

(Professor - Associação Educacional Dom Bosco)

Marília Rios de Paula, D.C.

(Orientadora - Associação Educacional Dom Bosco)

Pedro Marins Bedê, D.C.

(Coorientador - Associação Educacional Dom Bosco)

**RESENDE
2022**

Agradeço à minha mãe por todo incentivo e ajuda para que esse sonho se tornasse possível, a todos os professores ao longo dessa jornada e a mim mesmo por toda dedicação.

Dedico ao meu pai, que não está mais presente nesse plano conosco, mas sem ele, eu não teria motivações para seguir esse caminho, aos professores e colegas de classe por todo incentivo e ajuda durante estes cinco longos anos.

"Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade."

Albert Einstein

RESUMO

Esse trabalho visa validar um modelo de geração de energia, através da indução eletromagnética. O trabalho tem como base de estudo o aproveitamento da energia mecânica proveniente das bicicletas ergométricas para a produção de energia, tendo em vista a sustentabilidade e a prática de atividade física. Para a realização desse projeto foi iniciada uma revisão bibliográfica sobre o tema, e, a partir disso, definido o método de validação e apresentação dos resultados encontrados na produção do protótipo, a partir de um modelo já desenvolvido. O presente trabalho tem como base o reaproveitamento de materiais que se apresentam como rejeitos de outros processos produtivos, através da aplicação de métodos como a reciclagem ou o reuso. Com isso, o protótipo foi desenvolvido utilizando algumas peças recicladas, tais como bobinas de máquinas de lavar e discos de freio de bicicletas, além de outras peças adquiridas separadamente, como ímãs e componentes eletrônicos para o funcionamento esperado do sistema para a captação do campo magnético.

Palavras-chaves: Gerador; Energia Sustentável; Atividade Física; Reaproveitamento.

ABSTRACT

This work aims to validate a model of energy generation through electromagnetic induction. The work is based on the study of the use of mechanical energy from stationary bicycles to produce energy, with a view to sustainability and the practice of physical activity. In order to carry out this project, a bibliographical review on the subject was started, and, based on this, the method of validation and presentation of the results found in the production of the prototype was defined, based on an already developed model. This work is based on the reuse of materials that appear as waste from other production processes, through the application of methods such as recycling or reuse. With this, the prototype was developed using some recycled parts, such as washing machine coils and bicycle brake discs, in addition to other parts purchased separately, such as magnets and electronic components for the expected operation of the system for capturing the magnetic field.

Keywords: Generator; Sustainable energy; Physical activity; Reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração do fluxo magnético	16
Figura 2 - Sentido da corrente induzida.....	16
Figura 3 - Matriz energética brasileira 2020.....	19
Figura 4 - Matriz elétrica brasileira 2020	19
Figura 5 - Fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo 2019	20
Figura 6 - Consumo de energia elétrica 2021 X 2022	20
Figura 7 - Gráfico de consumo acumulado por região	21
Figura 8 - Gráfico de consumo médio por classe	21
Figura 9 - Emissões relativas de CO ₂	22
Figura 10 - Consumo de energia primária no mundo	23
Figura 11 - Esquema de gerador monofásico elementar.....	25
Figura 12 - Ciclo de vida de um projeto	29
Figura 13 - Fluxograma de todas as etapas realizadas.....	30
Figura 14 - Suporte para o gerador	35
Figura 15 - Disco	36
Figura 16 - Bobina	37
Figura 17 - Alternador de corrente	37
Figura 18 - Bateria para armazenagem	38
Figura 19 - Capacitor eletrolítico.....	39
Figura 20 - Sistema adaptado para a captação de energia utilizado no artigo.....	39
Figura 21 - Tipos de comportamento das cargas dos carregadores	40
Figura 22 - Adaptador de USB	42
Figura 23 - Lâmpadas de LED.....	43
Figura 24 - Velocímetro digital	43
Figura 25 - Gerador acoplado a uma bicicleta convencional	44
Figura 26 - Medição com multímetro.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela do não consumo de dióxido de carbono (CO ₂).....	31
Tabela 2 - Velocidade X Tensão X Potência.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FER	Faculdade de Engenharia de Resende
kVA	Quilovoltampere
V	Volt
GW	Gigawatt
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
m/s	Metros por segundo
CA	Corrente alternada
Fem	Força eletromotriz induzida
PVC	Policloreto de Vinila
km/h	Quilômetros por hora
h	Hora
USB	Universal Serial Bus
LED	Light Emitter Diode
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
BEN	Balanço Energético Nacional
GEE	Gases de Efeito Estufa
CO ₂	Dióxido de Carbono
TWh	Terawatt-hora
GWh	Gigawatt-hora
MWh	Megawatt-hora
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
SAM	Sistema de Acompanhamento do Mercado
COPAM	Comissão Permanente de Análise e Acompanhamento do Mercado de Energia Elétrica
NiCd	Níquel cádmio
NiMH	Níquel-hidreto metálico
SG	Specific Gravity

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	OBJETIVO	13
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2.	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM BICICLETAS ERGOMÉTRICAS	17
2.2	HISTÓRIA DO MÉTODO DE GERAÇÃO DE ENERGIA	18
2.3	DEFINIÇÃO DE GERADOR POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	23
2.4	MÉTODO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	26
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
4	SUSTENTABILIDADE	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6	AMOSTRA DA PESQUISA	44
7	CONCLUSÃO	46

1. INTRODUÇÃO

O aumento acelerado e o desenvolvimento de novas tecnologias implicam na larga escala de produção de equipamentos eletrônicos ligados ao consumo de energia elétrica. Com a dominância da participação das fontes não renováveis na oferta mundial energética, que são presentes em quantidades limitadas, a sociedade busca por fontes alternativas de baixo custo e alta eficiência, como soluções para diminuição do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição global. A busca por energias renováveis de uso sustentável é a grande meta para o desenvolvimento de tecnologia mundial, preservando a natureza (STRZELECKI, 2007).

Esse aumento da demanda energética implicou na escassez dos recursos naturais e grandes impactos ambientais, devido à necessidade de expansão da produção hidrelétrica ou aumento no consumo de combustíveis fósseis (BRONZATTI E IAROSZINSKI NETO, 2008). Nesse sentido, surge a necessidade de alternativas de fontes energéticas de baixo custo e alta eficiência (JANNUZZI, 2000).

O presente trabalho apresenta a construção e operação de um protótipo de equipamento para produzir e armazenar energia a partir de materiais recicláveis, pela adaptação das bicicletas ergométricas presentes em academias, para fins não comerciais. Foi utilizado um alternador automotivo ligado por uma corrente à roda da bicicleta ergométrica, cuja energia gerada foi armazenada em uma bateria do tipo ácido-chumbo. O gerador será adaptado em bicicletas ergométricas de academias, ou de uso pessoal para a captação do campo magnético, produzido através dos ímãs dispostos a um disco. A realização desse projeto permitirá a produção de energia sustentável para dispositivos eletrônicos, enquanto é realizada a prática de atividade física, fazendo com que o protótipo aproveite a produção de energia limpa para melhorar a saúde das pessoas além de contribuir para o meio ambiente.

Para isso, foram desenhados os seguintes objetivos.

1.1.OBJETIVO

Esse projeto tem como objetivo apresentar um gerador eletromagnético com base na transformação da energia mecânica da rotação em eletricidade, através da indução magnética, baseado no artigo Produção e Captação de Energia Elétrica Através de Adaptação de Bicicletas Ergométricas, extraído da Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2015.

1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Validar um modelo principal de geração de energia composto por um motor (bobina) acoplado a uma bicicleta ergométrica.
2. Elaborar um hardware que realize a conexão do módulo principal a uma bateria, para que esta possa ser utilizada no carregamento de dispositivos móveis que utilizem pequenas cargas (5 a 10 Watts), tais como: celulares, tablets e players de música.
3. Sugerir a implantação desse modelo em academias e bicicletas convencionais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Para a construção de um gerador por indução magnética, é necessário o conhecimento da Lei de Faraday, que relaciona a força eletromotriz que é gerada entre os terminais de um condutor sujeito à variação, com o módulo da variação do fluxo em função de um intervalo de tempo em que esta variação acontece. Se um condutor for um circuito fechado, como uma bobina de espiras num campo magnético, teremos o surgimento da chamada corrente induzida, ou seja, quanto maior for a variação do fluxo por unidade de tempo, maior será a força eletromotriz (GOUVEIA, 2019).

A lei de Faraday-Neumann relaciona a força eletromotriz gerada entre os terminais de um condutor sujeito à variação de fluxo magnético com o módulo da variação do fluxo em função de um intervalo de tempo em que esta variação acontece, sendo expressa matematicamente por (equação 01), Fórmula da lei de Faraday:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (1)$$

O sinal negativo da expressão é uma consequência da Lei de Lenz, que diz que a corrente induzida tem um sentido que gera um fluxo induzido oposto ao fluxo indutor.

Em 1834 o físico russo Heinrich Lenz, baseado nos trabalhos de Faraday, propôs uma regra para a definição do sentido da corrente induzida. Nesta época já era conhecido o fato que uma corrente elétrica cria ao seu redor um campo magnético e que esse fenômeno também ocorria com a corrente induzida.

Lenz observou que o sentido deste campo depende do aumento ou da diminuição do fluxo magnético. A lei de Lenz estabelece que o sentido do campo magnético produzido pela corrente induzida é contrário a variação do fluxo magnético.

Isto é, se o fluxo magnético aumenta, aparecerá no circuito uma corrente induzida que criará um campo magnético induzido em sentido oposto ao do campo magnético que o circuito está imerso. Os transformadores de tensão, chamados normalmente de transformadores, são dispositivos capazes de aumentar ou reduzir valores de tensão.

Um transformador é constituído por um núcleo, feito de um material altamente imantável, e duas bobinas com número diferente de espiras isoladas entre si, chamadas primário (bobina que recebe a tensão da rede) e secundário (bobina em que sai a tensão transformada) (PETRIN, 2014).

Na imagem abaixo, temos um ímã se aproximando de uma espira. Essa aproximação

produz um aumento, durante um intervalo de tempo, do fluxo magnético através da espira.

Nesta situação, o campo magnético criado pela corrente induzida surge para anular esse aumento, portanto, tem o sentido contrário do campo magnético do ímã como mostra a figura 1.

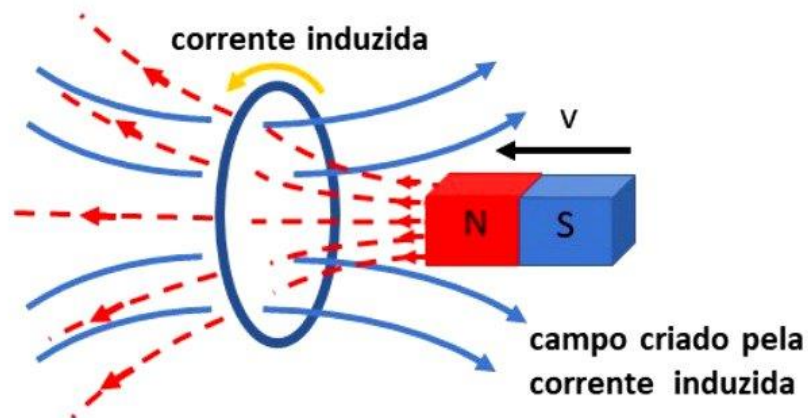


Figura 1 - Geração do fluxo magnético
Fonte: Toda Matéria, 2019

Por outro lado, se o fluxo magnético diminui, o sentido da corrente será tal que o campo produzido por ela terá o mesmo sentido do campo magnético criado pelo ímã.

Na figura 2 abaixo, representa agora o ímã se afastando da espira. Neste caso, o campo criado pela corrente induzida surge para impedir que ocorra redução do fluxo, logo tem o mesmo sentido do campo do ímã.

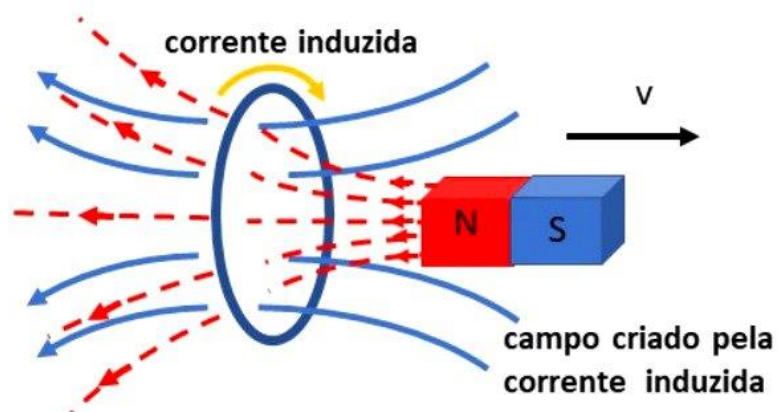


Figura 2 - Sentido da corrente induzida
Fonte: Toda Matéria, 2019

O seu funcionamento é baseado na criação de uma corrente induzida no secundário, a

partir da variação de fluxo gerada pelo primário. A tensão de entrada e de saída são proporcionais ao número de espiras em cada bobina. Sendo:

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (2)$$

Onde:

U_p é a tensão no primário;

U_s é a tensão no secundário;

N_p é o número de espiras do primário;

N_s é o número de espiras do secundário.

Por esta proporcionalidade concluímos que um transformador reduz a tensão se o número de espiras do secundário for menor que o número de espiras do primário e vice-verso. (VIRTUOUS, 2008)

Desse momento em diante, a Lei de Faraday e a Lei de Lenz (que faz referência ao físico russo Heinrich Lenz) se tornaram os mandamentos fundamentais do eletromagnetismo, explicando e determinando os efeitos da indução eletromagnética.

2.1 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM BICICLETAS ERGOMÉTRICAS

Como abordado no início, é visto que, para que ocorra a geração de energia elétrica em um motor gerador, é necessária energia mecânica para mover o rotor deste motor. Nas hidrelétricas, o fator que fornece energia mecânica à turbina é o movimento da água. Em um gerador eólico, este fator é a força dos ventos atuando sobre as pás da hélice. Neste projeto, a bicicleta é a fonte do movimento, energia mecânica, uma vez que, quando o usuário inicia o exercício físico, ou seja, começa a movimentar os pedais, a roda começa a se mover. É este movimento que vai girar a polia do motor e dar a ele a energia mecânica necessária para a geração de energia. (MATTEDE, 2020)

A escolha por um modelo de bicicleta estacionário se deu pela diminuição considerável dos movimentos pelos quais os componentes, placas e motor, seriam afetados. Em outras palavras, uma bicicleta estacionária está suscetível a menos trepidação do que uma bicicleta livre, isso garante maior integridade a todos os componentes formadores dos módulos gerador e de interface de comunicação com o usuário, pois, se colocados sob efeitos vibratórios

constantes, poderiam apresentar, em um curto espaço de tempo, avarias. Outro fator que contribuiu para a escolha de um modelo fixo foi a comodidade, já que o usuário pode instalar o protótipo dentro da própria casa e fazer seu exercício ali mesmo, sem precisar sair.

2.2 HISTÓRIA DO MÉTODO DE GERAÇÃO DE ENERGIA

O estudo da evolução das fontes e demandas energéticas ao longo dos anos é essencial para projetar futuros cenários possíveis e se adequar para eles, de forma a ter energia suficiente para garantir o avanço econômico na sociedade. No cenário atual, a disponibilidade de energia é um dos principais fatores de desenvolvimento de uma nação. Isso faz da energia um fator de grande importância para o desenvolvimento. Segundo dados do IEA, International Energy Agency, em 2009, cerca de 1,3 bilhões de pessoas, ou aproximadamente 20% da população do mundo, não tinha acesso à eletricidade. A energia sozinha não é suficiente para criar condições de crescimento, porém, é necessária. É quase impossível operar uma fábrica, abrir um comércio ou conservar alimentos sem alguma energia (WEO, 2011).

No artigo usado como base de referência para esse trabalho diz que, “Um aspecto importante a ser considerado na atualidade na escolha das fontes energéticas que devem compor a matriz energética de um país é o impacto ambiental produzido pelo uso da mesma” (SOUTO, 2019). Isso por conta das ações antrópicas que têm gerado sérias consequências ao equilíbrio do planeta como, por exemplo, a extinção de espécies e o aquecimento global.

O Brasil possui um grande potencial para geração de energia elétrica a partir de energias renováveis. Por exemplo, considerando uma energia eólica em locais com ventos superiores um 7 m/s, o potencial brasileiro supera os 147 GW, valor superiora toda a capacidade de instalação atual de geração (97 GW), (ANEEL, 2007). Quanto à energia hidráulica, segundo diversos estudos, o Brasil ainda não chegou uma reserva 25% de seu potencial para uma geração de eletricidade, no entanto, cabe observar o potencial remanescente é preponderantemente em sítios com baixas quedas, provavelmente geralmente na região da Amazônia, distante dos grandes centros consumidores, encarecendo o custo com transmissão de energia.

Dados mostram que a matriz energética do Brasil (figura 3) é muito diferente da mundial. No país, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, usa-se mais fontes renováveis que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 48,3%, quase metade da matriz energética brasileira. (EPE, 2021).

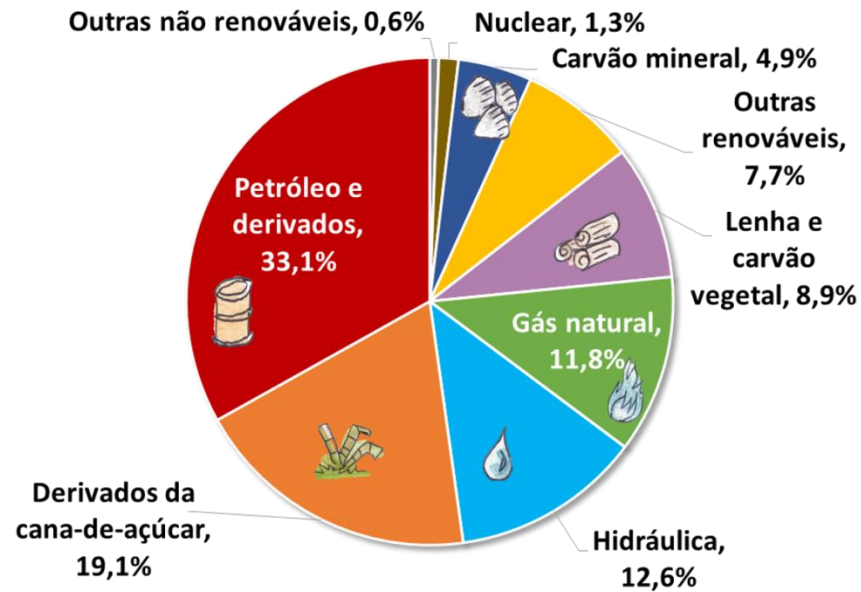


Figura 3 - Matriz energética brasileira 2020
Fonte: BEN 2021, pág. 16

Dados do EPE, mostram que a matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética, isso porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas. A energia eólica também vem crescendo bastante como mostra a figura 4.

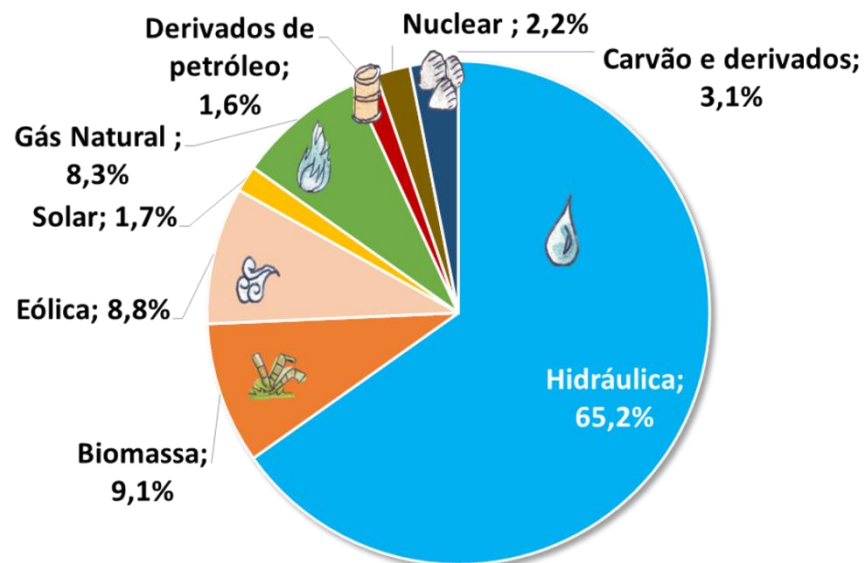


Figura 4 - Matriz elétrica brasileira 2020
Fonte: BEN 2021, pág. 38

Outros dados do BEN (Balanço energético Nacional) revela a comparação com o consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo para o ano de 2019:

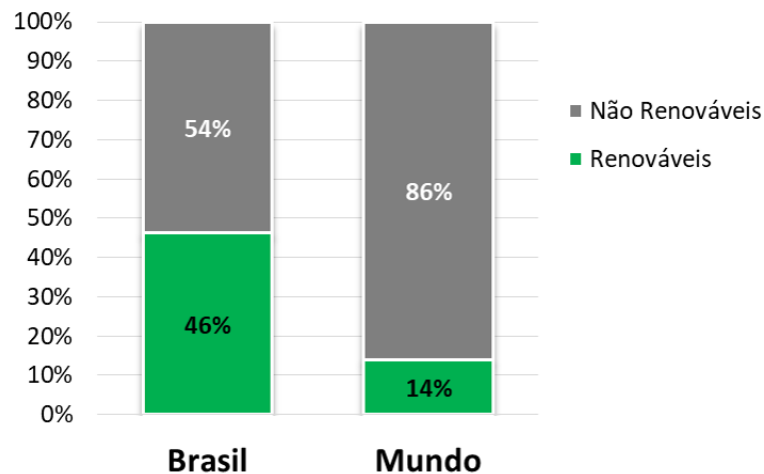


Figura 5 - Fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo 2019

Fonte: BEN 2020, pág. 14

É clara a percepção pelo gráfico que a matriz energética brasileira é mais renovável do que a mundial. Essa característica da matriz é muito importante. As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE). Como consume-se mais energia das fontes renováveis que em outros países, dividindo a emissão de gases de efeito estufa pelo número total de habitantes no Brasil, evidencia que o país emite menos GEE por habitante que a maioria dos outros países. (EPE, 2021).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), apresenta o painel de monitoramento do consumo de eletricidade no Brasil, uma ferramenta que proporciona ao usuário analisar, de forma dinâmica, as estatísticas mensais do consumo de eletricidade no Brasil, bem como em suas principais classes de consumo. Possibilitando uma melhor experiência de leitura e análise do comportamento do consumo em cada classe assim como ilustram as imagens (Figuras 6, 7 e 8) com os gráficos abaixo:

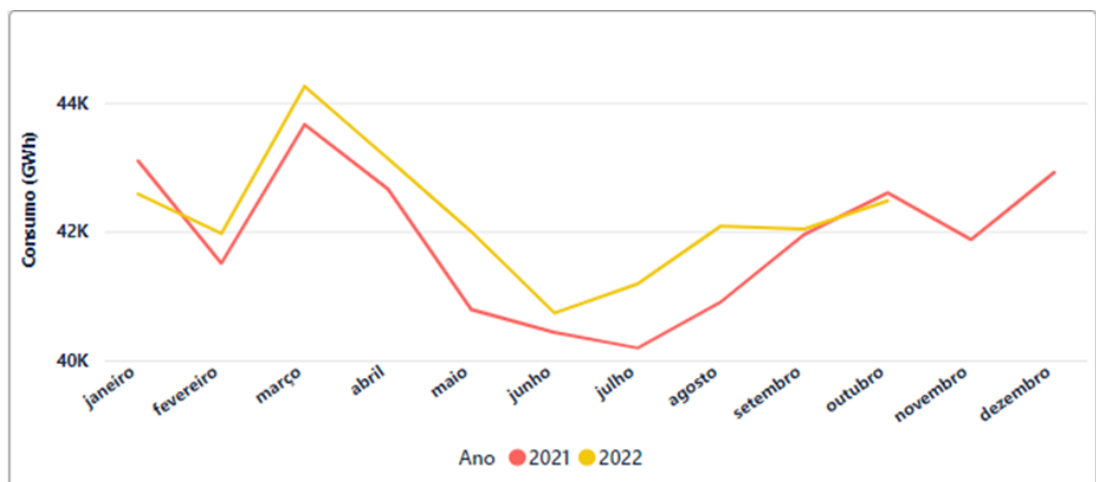


Figura 6 - Consumo de energia elétrica 2021 X 2022

Fonte: EPE, 2022

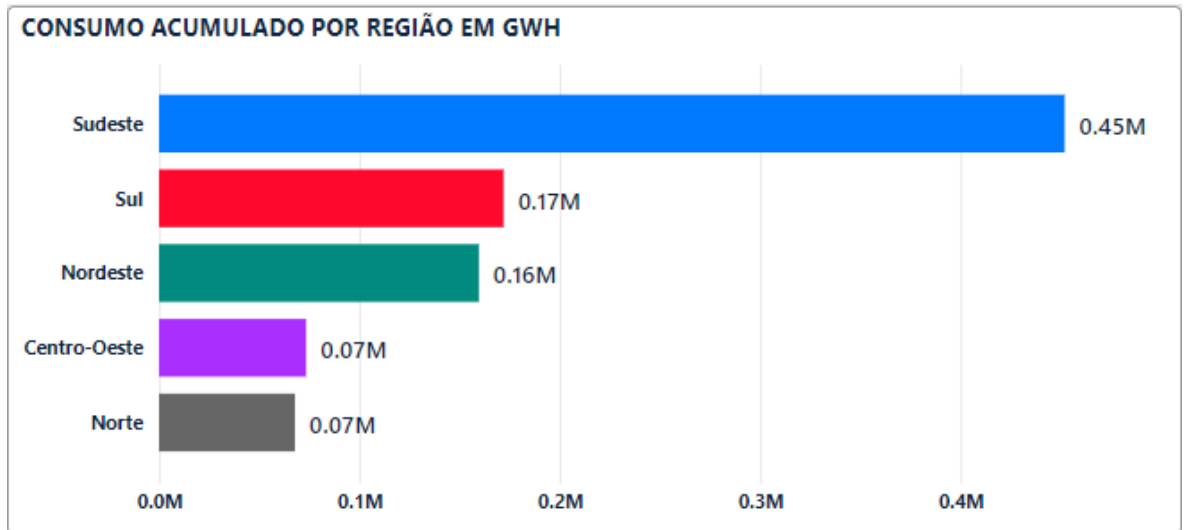


Figura 7 - Gráfico de consumo acumulado por região
Fonte: EPE, 2022

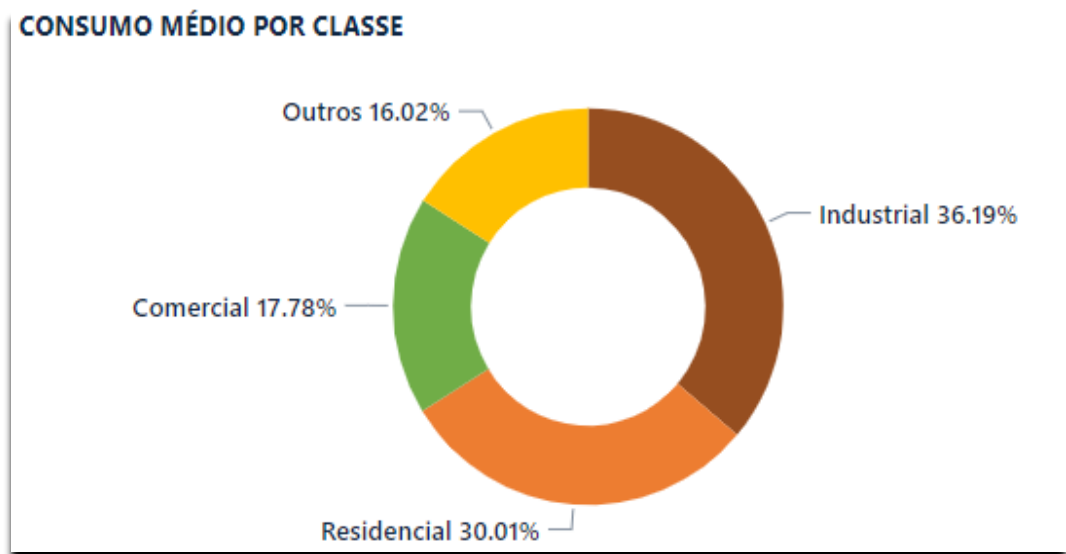


Figura 8 - Gráfico de consumo médio por classe
Fonte: EPE, 2022

Pode-se observar que a porcentagem de geração advinda de fontes alternativas cresceu bastante nesse determinado intervalo tempo. As emissões relativas de CO₂ de cada sistema elétrico são avaliadas como a quantidade de CO₂ emitida por MWh gerado. Em 2019, o Brasil emitiu cerca de 85% menos que a China, 73% menos que os Estados Unidos e 63% menos que a União Europeia para gerar cada MWh como pode-se observar na figura 9 (EPE, 2022).

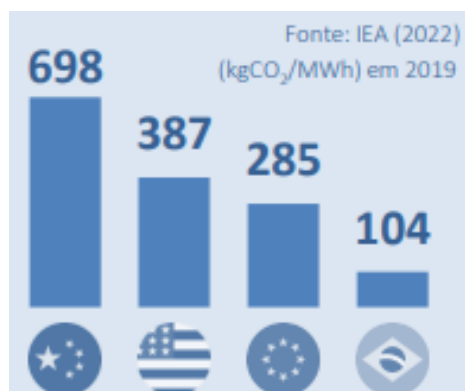


Figura 9 - Emissões relativas de CO₂
Fonte: IEA, 2022

Os dados são atualizados na Superintendência de Estudos Econômicos e Energéticos da EPE pela equipe de Estatísticas Energéticas, a partir das informações de consumo fornecidas mensalmente pelos agentes através do SAM - Sistema de Acompanhamento do Mercado, e das reuniões da COPAM - Comissão Permanente de Análise e Acompanhamento do Mercado de Energia Elétrica, que subsidiam também a Resenha do Mercado de Energia Elétrica e o Boletim Trimestral de Consumo de Eletricidade (EPE, 2022).

Nos últimos 40 anos, a geração de energia primária a partir de fontes renováveis aumentou 383,4% em todo o mundo. Em 1979, essas fontes somavam 4,8 mil TWh e representavam 5,5% da matriz de consumo mundial, enquanto em 2019 elas atingiram um nível de 18,5 mil TWh, ou 10,7% do total. A energia de fontes hidrelétricas, eólicas, solares, biocombustíveis e outras, como a geotérmica, gera um baixo saldo de carbono, ou seja, contribui pouco para o agravamento do efeito estufa. A energia nuclear (4,0% do total consumido no mundo) também se enquadra nesse critério, mas ela não é renovável, já que depende de um recurso finito (SMIL, 2021).

O consumo de energia, como mencionado anteriormente, também teve um aumento considerável em escala global segundo o Nexo Jornal sobre o estudo de impacto ambiental. Olhando para a imagem abaixo (Figura 10), que traz comparações de dados do consumo de energia elétrica no mundo por região, verifica-se este aumento medido em TWh.

A imagem abaixo revela dados do consumo de energia primária no mundo por fonte

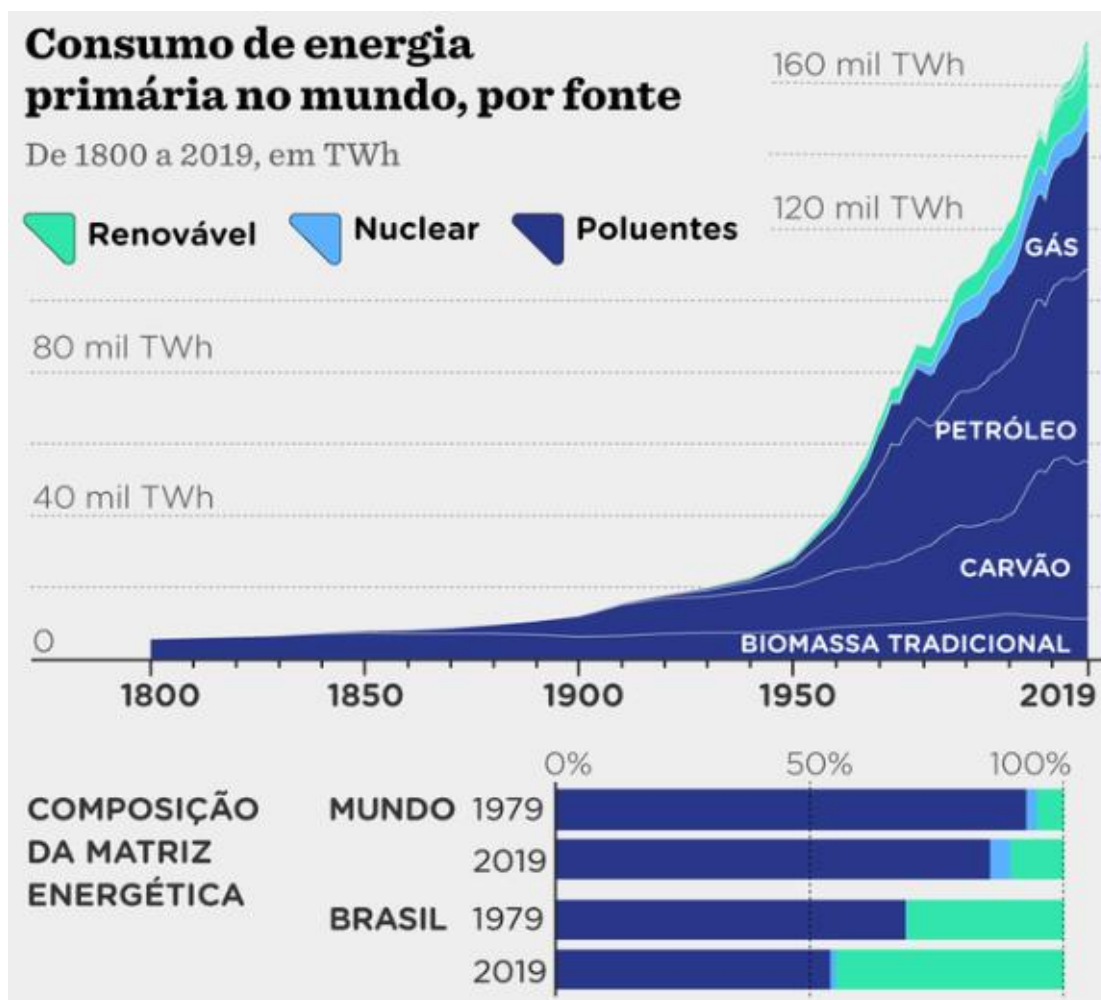


Figura 10 - Consumo de energia primária no mundo
Fonte: Nexo Jornal, 2021

É muito comum, pelo menos nos países do terceiro mundo, como o Brasil, a pesquisa básica ser desestimulada, quer por parte do setor público, quer por parte do setor privado, uma vez que tais setores almejam sempre uma aplicação imediata das verbas destinadas àquela pesquisa. Contudo, a história da ciência tem mostrado que, nos países hoje considerados desenvolvidos, foram resultados de pesquisa básica que promoveram o seu desenvolvimento. (REIS, 2005).

2.3 DEFINIÇÃO DE GERADOR POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Para a captação de energia limpa através de indução, foi possível a partir da indução eletromagnética, no início dos anos 1830, que isso passou a ser realidade, por meio de geradores também conhecidos pelo nome de dínamos. Pesquisas aparentemente sem um

objetivo prático deram origem ao conceito de indução eletromagnética, responsável por boa parte de nossa geração de energia elétrica ainda nos dias de hoje.

Os geradores de energia por indução eletromagnética convertem energia mecânica em energia elétrica, para que isso aconteça o gerador depende de indução eletromagnética. O dínamo é um aparelho que utiliza energia cinética para gerar energia elétrica por meio de um processo chamado indução eletromagnética, descoberta por Michael Faraday.

Em 1834, revisando o trabalho de Alessandro Volta sobre fenômenos eletroquímicos, Faraday realizou uma série de experimentos e mostrou que uma transformação química pode ser causada pela passagem de eletricidade por soluções aquosas de compostos químicos, o que resulta no estabelecimento de “leis de eletrólise”, também conhecida por leis de Faraday.

A primeira lei de Faraday afirma que a massa da substância decomposta pela eletrólise é proporcional à quantidade de eletricidade que passa pelo eletrólito. A segunda lei diz que os pesos das diferentes substâncias liberadas pela mesma quantidade de eletricidade são proporcionais aos seus equivalentes químicos. A quantidade de eletricidade necessária para liberar o equivalente a um grama de qualquer substância é chamada de “faraday”.

Sendo uma lei fundamental do eletromagnetismo, foi o ponto de partida para a construção dos dínamos e sua aplicação na produção de energia elétrica em larga escala. Nas usinas de geração de energia elétrica, a energia mecânica produz a variação do fluxo magnético. A partir dessa variação, surge no gerador uma corrente induzida.

De acordo com o livro alemão *Der Geist in der Natur* de 1850:

“A energia mecânica (de um rio, por exemplo) faz girar um eixo no qual se encontra o ímã, fazendo alternar os polos norte e sul na bobina e por indução geram uma energia elétrica e campo magnético. O contrário e/ou contrapartida, ou seja, a bobina no eixo, também é possível e faz o mesmo, desenvolvendo daí o campo” (ORSTED, 1850).

O gerador elementar monofásico de CA foi concebido por Michael Faraday em 1831, na Inglaterra. Aproximadamente na mesma época também foi concebido por Joseph Henry, nos Estados Unidos. No gerador monofásico elementar, uma espira de fio girando em um campo magnético produz uma força eletromotriz induzida (Fem). Os terminais da bobina são ligados ao circuito externo por meio dos anéis coletores e escovas.

O dínamo é um equipamento gerador de eletricidade. Esse aparelho transforma energia mecânica em energia elétrica. Com isso, vários são os componentes que formam o dínamo para que o processo de geração de eletricidade ocorra. Ou seja, uma das partes que

compõem o equipamento é o campo eletromagnético. Esse campo é formado por um ímã fixo, que funciona junto às bobinas. Assim, quando as bobinas se aproximam de uma corrente carregada de energia, um campo magnético é criado ao redor do aparelho. (CAMPOS, 2004).

As escovas são pequenos blocos de grafite (material condutor). Sem elas não seria possível estabelecer a força eletromotriz alternada (ou tensão alternada) de saída do gerador. Ele é constituído por uma espira que girava entre os polos de um ímã, de acordo com a figura 11.

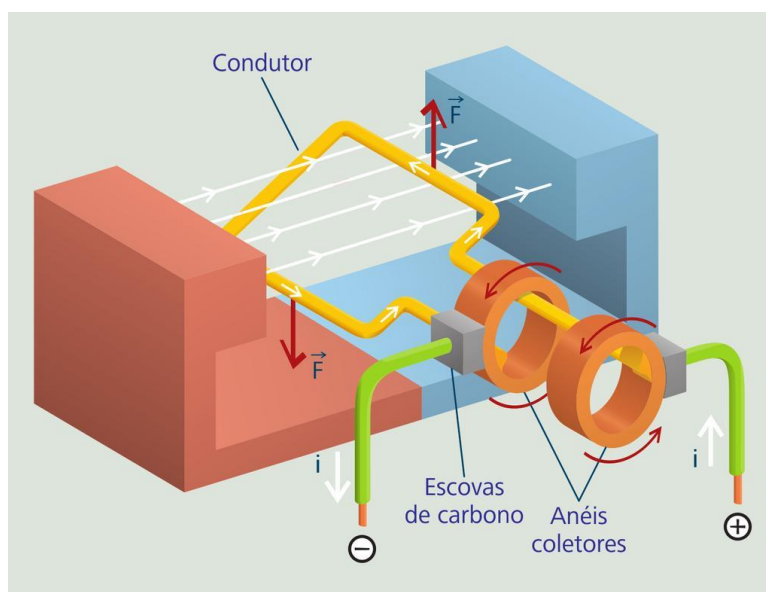


Figura 11 - Esquema de gerador monofásico elementar
Fonte: CTISM, 2019

Também fazem parte da composição do dínamo as seguintes partes:

- **Eixo** – formado por um cilindro, responsável pela transmissão de movimento de rotação. Além disso, funciona como armadura do dínamo;
- **Quadro** – constituído por uma caixa metálica. A principal função é abrigar o campo magnético;
- **Ventoinha** – utilizada para resfriar o dínamo. Com isso, é formada por um dispositivo que se assemelha a pás, permitindo que o ar circule dentro do aparelho;
- **Armadura** – é a parte formada pela bobina, sendo móvel e responsável pela produção de corrente elétrica. A produção, neste caso, ocorre quando a corrente gira no campo eletromagnético;
- **Bobina** – consiste num fio enrolado ao equipamento elétrico. A principal função é produzir campo magnético, criando a corrente elétrica;

- **Escova** – responsável pela condução de corrente contínua que o dínamo produz para um circuito exterior.

O dínamo age por meio da indução magnética, convertendo energia mecânica em energia elétrica. A indução magnética é caracterizada pelo aparecimento de uma corrente elétrica induzida por conta da variação do fluxo magnético existente em uma região onde haja um circuito elétrico. A corrente induzida circula pelo circuito livremente devido a uma diferença de potencial a qual se denomina tensão induzida (LUCAS, 2013).

2.4 MÉTODO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Como mencionado anteriormente, em 1831, o físico e químico inglês Michael Faraday (1791-1867) realizou uma experiência na qual mostrou que para produzir uma corrente elétrica, devido à presença de um ímã, era necessário que o mesmo se deslocasse na região onde se encontrava o fio condutor. Observou mais ainda que uma corrente variável, passando por uma bobina, provocava o aparecimento de uma corrente transitória em uma bobina colocada nas imediações da primeira.

A esse fenômeno Faraday deu o nome de indução eletromagnética. Registre-se que, ainda nesse ano de 1831, Faraday inventou o dínamo, uma pequena máquina que poderia converter força mecânica em força elétrica. É oportuno também registrar que, também em 1831, o físico norte-americano Joseph Henry (1797-1878) descobriu o princípio do motor elétrico ao converter energia elétrica em energia mecânica, tendo a indução eletromagnética como base física.

Conta ainda que, quando em 24 de novembro de 1831, Faraday apresentou sua descoberta na Royal Society of London, em cujo recinto se encontrava a Rainha Alexandrina Vitória (1819-1901), esta teria perguntado a Faraday para que servia o que acabara de mostrar. A resposta de Faraday foi imediata: Majestade, para que serve uma criança quando nasce? Registre-se que essa descoberta de Faraday (publicada na página 125 da *Philosophical Transactions*, de 1832) (que também é a de Henry) é a base da Revolução Industrial Elétrica, uma vez que a transmissão da força motriz na indústria, que era realizada por conexões mecânicas (que usavam o vapor) constituídas de linhas, eixos, mancais, correias e polias, foram substituídas por conexões elétricas (motores e dínamos), bastantes reduzidas e de grande eficiência.

É bastante conhecido que foi essa Revolução Industrial que fez da Inglaterra um império, o famoso Império Britânico, graças ao qual esse país se mantém, até hoje, como um país do Primeiro Mundo (BARBOSA, 2013).

A energia mecânica aplicada ao eixo do dínamo faz girar um rotor, onde se encontram os ímãs. Este rotor gira ao redor de uma bobina fixa. É gerado então um campo com fluxo variável. Esta variação é que cria a corrente induzida. Quando aumentada ou diminuída, há uma mudança no fluxo. Se o fluxo for máximo, a corrente e a força eletromagnética são nulas. Isso provoca uma mudança de sentido na corrente, pois o campo magnético, gerado pela corrente induzida, exerce forças contrárias à rotação do ímã. A corrente alternada é caracterizada por esta mudança de sentido (MCROBERTS, 2011).

Em um gerador de corrente contínua, um anel comutador faz com que o sentido da corrente se alterne, de modo que esta corrente permaneça unidirecional, independente de qual for o sentido da força eletromotriz induzida pelo campo eletromagnético (LUCAS, 2013).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos alternativos de produção de energia devem ter caráter renovável e buscar a sustentabilidade sem impactos ao meio ambiente (MOREIRA, 2010). Dessa forma, o desenvolvimento das ditas “tecnologias verdes” é atrativo para se alcançar esses objetivos (HUANG, 2011). Essas tecnologias visam o reaproveitamento de materiais que se apresentaram como rejeitos de outros processos produtivos, através da aplicação de métodos como a reciclagem ou o reuso. Aplicação desses materiais classificados como rejeitos, para a produção de energia elétrica usada no carregamento de equipamentos eletrônicos pessoais, tais como celulares, atendem às propostas da sustentabilidade ambiental (STRZELECKI, 2007).

Tais materiais utilizados serão:

- Disco de freio de bicicleta;
- Bobina de máquina de lavar;
- Ímãs de neodímio;
- Chapa de PVC;
- Fios;
- Bateria;
- Alternadores de corrente elétrica;
- Lâmpadas de LED.

Para isso, esse projeto utilizará os métodos de validação dos resultados obtidos, pode-se fazer necessária em alguns casos; enquanto determinados problemas já possuem validação reconhecida na engenharia, essa validação se define como o processo que determina o quão preciso e eficaz é o modelo em teoria em relação ao modelo físico no mundo real.

Para isso a validação de protótipos pode ser realizada desde a etapa inicial do ciclo de desenvolvimento de um projeto ou, para validar protótipos de modelos que já existem nos catálogos.

As etapas do ciclo de vida de um projeto de engenharia consistem no conjunto de fases, geralmente em ordem sequencial de execução e é marcada pela entrega de um componente ou conjunto já devidamente dimensionado e testado, da seguinte maneira:

1. Conceito

Todo projeto se inicia nesta etapa. Neste momento se contempla a possibilidade de desenvolver algo novo ou aprimorar o desempenho de algum equipamento já existente.

2. Design

Nesta etapa os projetistas entram em ação. Aqui os esboços e modelos são desenvolvidos.

3. Análise

Esta é a etapa na qual o protótipo digital, ou modelo virtual, é criado e estudado. Se a análise fornecer bons resultados, o projeto segue o percurso no ciclo como mostra a figura abaixo.

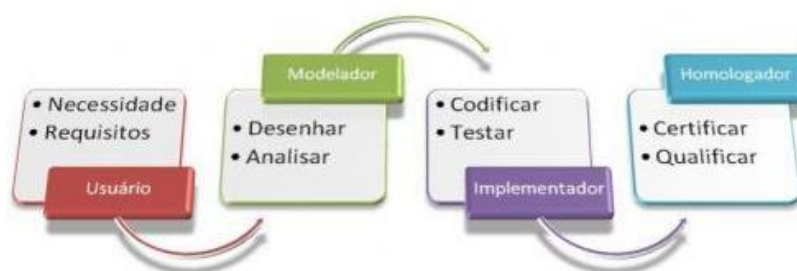


Figura 12 - Ciclo de vida de um projeto
Fonte: Devmedia, 2012

4. Protótipo físico

Depois da etapa de simulação, um modelo físico real foi construído. Este modelo pode ser em escala reduzida ou em tamanho real e será submetido a diversos testes na etapa a seguir.

5. Testes

Ao passar pelas etapas anteriores, espera-se que bons resultados sejam medidos no equipamento no momento de teste. Se os resultados obtidos no modelo real divergirem daqueles do estudados na teoria, então constata-se que não foi comprovada a validação do equipamento e será necessário voltar a etapas anteriores do ciclo para configurar modificações no projeto e calibrar a análise.

6. Produção

Qualquer projeto de engenharia passa por esta sequência de ações e a execução de todas essas etapas assegura a eficiência e desempenho do produto final.

Neste cenário, como metodologia para desenvolver o trabalho proposto, são delineadas as seguintes etapas no fluxograma abaixo:



Figura 13 - Fluxograma de todas as etapas realizadas
Fonte: Autoria própria, 2022

Caso os resultados estiverem dentro do esperado, isso significa que o modelo virtual e real está devidamente calibrado. Desta forma a simulação realizada teve sucesso e a validação do protótipo foi assegurada.

4 SUSTENTABILIDADE

A crescente necessidade de potenciais energéticos para todas as atividades humanas exige fontes de energia hidrelétrica ou térmica. Essas duas formas de captação de energia põem em risco o meio ambiente, por conta da inundação de grandes áreas florestais, pela queima de combustíveis e produção de gases tóxicos, ou ainda, pela geração de substâncias radiativas no meio ambiente.

Dados na tabela 1 abaixo mostram que, em nove anos, empresas que consumiram energia limpa – eletricidade gerada a partir de fontes ambientalmente amigáveis, como eólica, solar, biomassa e hídrica – impediram a emissão de 3,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases de efeito estufa.

Ano	Certificados emitidos	Toneladas de CO ₂ eq que deixaram de ser emitidas	Equivalência em árvores
2009	75	21.279,70	121.787,44
2010	75	76.900,86	440.117,14
2011	120	66.334,57	358.203,24
2012	192	111.248,36	778.738,53
2013	385	344.337,79	2.410.364,53
2014	474	528.496,53	3.699.475,71
2015	326	550.516,87	3.853.618,09
2016	996	473.668,40	3.315.678,82
2017	1.130	701.854,64	4.912.982,48
2018	1.227	669.113,93	4.683.797,53
2009 a 2018	5.000	3.543.751,65	24.574.764

Tabela 1 - Tabela do não consumo de dióxido de carbono (CO₂)
Fonte: Comerc Energia, 2018

Outro dado diz, que a Comerc Energia emitiu 5 mil certificados para empresas que consumiram voluntariamente energia limpa, e que a não emissão desse volume de CO₂ equivale ao plantio de mais de 24,5 milhões de árvores no período. Só em 2018, o total de toneladas de CO₂ suprimidas superou a marca de 669 mil, o equivalente a quase 4,7 milhões de árvores plantadas segundo uma matéria no Correio Braziliense sobre energia e sustentabilidade (BRANCO, 2004).

Abordando outra perspectiva, também válida a este projeto, é importante ressaltar um estudo sobre inatividade física, realizado em 2012 pela revista médica Lancet, que conclui que o sedentarismo causa, direta ou indiretamente, cerca de 5,3 milhões de mortes por ano em todo mundo. Este mesmo estudo estima que, na América Latina, o estilo de vida sedentário é a causa de 11,4% das mortes por doenças cardíacas, diabetes, entre outras.

Visando a sustentabilidade, a construção de um projeto como esse permitirá a produção de energia limpa para aparelhos eletrônicos pessoais, por exemplo, enquanto é realizada a prática uma atividade física, ajudando na qualidade de vida. Essa qualidade de vida está intimamente associada à prática de atividades físicas (STRZELECKI, 2007).

Nas academias em geral, o uso de equipamentos eletrônicos (principalmente os smartphones) já divide espaço com essa prática cotidiana de exercícios físicos, devido à necessidade pessoal de se manter sempre conectado às diversas atividades diárias relativas ao trabalho, redes sociais, entre outros (OIKAWA, 2013). Devido ao intenso uso, esses equipamentos precisam ser recarregados diversas vezes, ocasionando um consumo excessivo de energia elétrica (STRZELECKI, 2007). Fazendo desse modo com que o protótipo aproveite ao máximo a produção de energia para melhorar a saúde das pessoas além de contribuir para a não poluição do meio ambiente.

Tendo em vista a produção de energia elétrica, através da adaptação de bicicletas ergométricas usadas em academias, o presente trabalho fez uso de materiais do tipo recicláveis. O equipamento foi construído com base no princípio da indução eletromagnética (HALLIDAY, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Visto que ao decorrer da produção do protótipo, houve alguns imprevistos, como o atraso na entrega dos ímãs, os quais foram comprados no exterior e a dificuldade para conseguir uma bicicleta ergométrica usada para adaptar o gerador, o protótipo original então passou por algumas modificações. O projeto foi adaptado a uma bicicleta convencional, desse modo, pela falta de ímãs, a quantidade de volts produzida foi reduzida, no entanto a ideia principal do projeto foi mantida, que é provar se é possível produzir energia limpa e de baixo custo, utilizando a energia mecânica de rotação gerada nas bicicletas.

Como resultado deste projeto, espera-se validar uma fonte alternativa de energia elétrica, promovendo assim, uma melhoria na qualidade de vida e uma economia em relação aos gastos com energia elétrica, tendo em vista que os usuários poderão recarregar seus aparelhos enquanto realizam uma atividade física, e como abordado nos objetivos, espera-se promover a elaboração de um hardware que realize a conexão do módulo principal a uma bateria, para que esta possa ser utilizada no carregamento de dispositivos móveis que utilizem pequenas cargas, baseado assim no modelo da revista usada como referência para este trabalho, e por fim também a sugerir a implantação desse modelo em academias e bicicletas convencionais.

Há em disposição no mercado, variados tipos de geradores de energia, podendo encontrar diferentes modelos e potências, de modo a poder ajustar à sua necessidade. Para a transformação de energia mecânica em energia elétrica pode optar entre estes tipos de geradores, nomeadamente:

- Geradores assíncronos (ou de indução);
- Geradores síncronos;
- Geradores de corrente contínua.

Ressaltando que os motores elétricos são semelhantes aos geradores, porém convertem a energia elétrica em energia mecânica. A seguir as etapas para a captação:

1. A primeira etapa é composta pela geração de energia por meio do movimento das pedaladas. O movimento da roda da bicicleta, energia mecânica, fará girar o disco com os ímãs, que passará em uma bobina geradora de energia.

2. A segunda etapa é composta pela armazenagem da energia gerada.

3. Na terceira etapa, um voltímetro, conectado à unidade de armazenamento, retornará informações sobre o nível de carga da bateria. Acoplada à bateria, haverá a interface de disponibilização da energia para que o usuário possa recarregar seu dispositivo.

4. A quarta etapa consiste na captação da velocidade e distância percorridas. Isso será alcançado utilizando-se a leitura de um sensor instalado na bicicleta, para que o usuário tenha conhecimento de seu desempenho.

5. Por fim, serão realizados testes com o intuito de que tudo funcione em conjunto e que o objetivo geral seja alcançado.

Neste sistema quanto maior for a velocidade praticada pelo usuário, maior será a tensão gerada nos terminais do motor gerador. Para provar isso, foi realizado um teste com um velocímetro, do qual os resultados se encontram na tabela 2 abaixo. Esta tabela traz um comparativo entre a velocidade praticada, em quilômetros por hora, a tensão em volts e a potência em watts, geradas no mesmo momento. Foram feitas medições para que fosse possível ter um resultado bem detalhado.

Para esse experimento foram feitas 4 medições para cada velocidade média, e considerando um desvio padrão na tensão e para potência, ambas para mais ou para menos, devido à instabilidade no sistema. Então com essas medições obteve-se as médias como os resultados mostram abaixo na tabela feita no Excel (Importante ressaltar que as medições foram feitas sem o regulador de tensão).

Velocidade méd.(km/h)	Tensão (V)			Potência (W)		
	Medida	Média	Desv. padrão	Medida	Média	Desv. Padrão
3,0	20,6	20,2	0,55	30,0	30,0	0,33
	19,4			30,4		
	20,3			30,1		
	20,5			29,6		
5,9	24,4	25	0,52	35,7	35,8	0,28
	25,2			35,5		
	24,8			36,0		
	25,6			36,1		
8,8	30,6	30,1	0,59	45,0	45,2	0,17
	29,4			45,4		
	30,3			45,3		
	29,9			45,2		
11,8	40,2	40,2	0,54	52,2	52,3	0,34
	40,6			52,4		
	40,5			51,8		
	39,4			52,6		
14,8	45,0	45,2	0,56	60,0	60,1	0,36
	45,1			59,6		
	44,9			60,3		
	45,4			60,4		

Tabela 2 - Velocidade X Tensão X Potência

Fonte: Autoria própria, 2022

Geralmente os modelos convencionais funcionam da seguinte maneira: um ímã é usado para gerar o campo magnético, o que faz duas bobinas girarem em direções discordantes. Esse processo recebe o nome de indução eletromagnética, distribui a energia gerada para o abastecimento. O que de fato definirá o uso recomendado para o gerador é sua potência, que pode ir desde 10 kVA (quilovoltampere) até 2500 kVA — no caso, são esses os geradores mais potentes da atualidade, frequentemente utilizados em fábricas e indústrias.

A validação desse protótipo tem como a principal meta, chegar o mais próximo possível do modelo analisado no artigo *Produção e Captação de Energia Elétrica Através de Adaptação de Bicicletas Ergométricas* (Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2015, v. 2, n. 2, p. 37-42.), utilizando ímãs de neodímio acoplados a um disco, que tem a capacidade de gerar um campo magnético através da rotação da roda da bicicleta ergométrica, bobina para a captação do magnetismo, e alternador de corrente elétrica e para regular a tensão.

Para a construção deste modelo adaptado, foi utilizada uma haste de aço acoplada ao quadro de uma bicicleta. Esta haste foi cortada, lixada em alguns pontos e presas as bases fixadoras no quadro para garantir a ele a estabilidade necessária (Figura 14). Preso a esse suporte está o gerador que recebe o fluxo magnético gerado pelo disco que está na roda traseira da bicicleta.



Figura 14 - Suporte para o gerador
Fonte: Autoria própria, 2022

Para o carregamento dos smartphones, foi associado ao sistema da bateria um conversor de tensão de 12 V para 5 V. A energia gerada a partir das pedaladas dadas pelo usuário será armazenada em uma bateria e poderá ser utilizada para carregar aparelhos que utilizem pequenas cargas (5 a 10 Watts), graças ao regulador de tensão. Reguladores de tensão são componentes que ajustam e mantêm constante a tensão de saída em relação à tensão de entrada. Por exemplo, os reguladores na forma de circuitos integrados ocupam menor espaço por serem mais compactos, o equipamento foi devidamente isolado e montado em uma adaptação de PVC descartado.

O sistema de baixo custo teve em vistas as aplicações do tipo não comerciais, tendo todos os equipamentos sido adquiridos por doação, pois seriam descartados.

Nesse trabalho os ímãs serão acoplados a um disco, de forma que serão dispostos com os polos inversamente em relação ao próximo ímã.

Tais peças são mostradas abaixo:

- Disco reutilizado de uma bicicleta convencional;



Figura 15 - Disco
Fonte: Autoria própria, 2022

- Bobina de máquina de lavar;

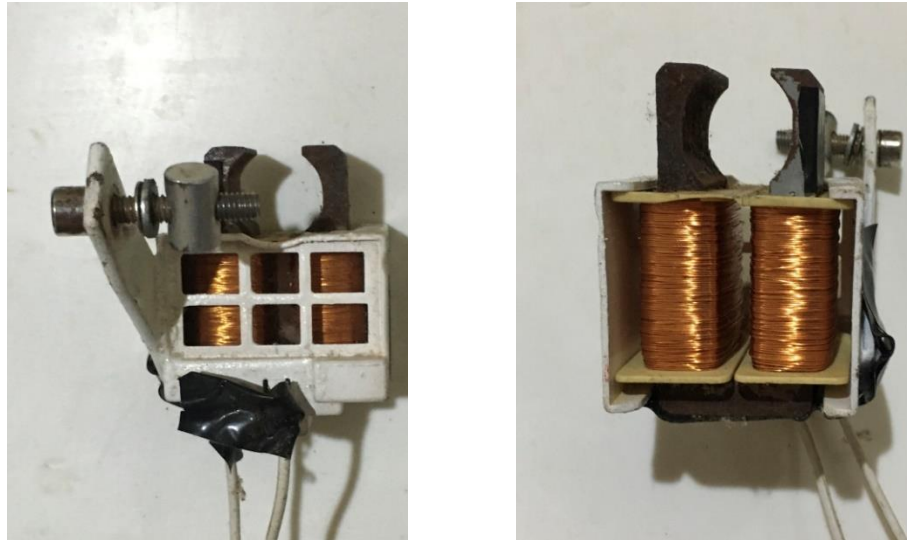


Figura 16 - Bobina
Fonte Autoria própria, 2022

- Alternador de corrente elétrica e regulador de tensão;

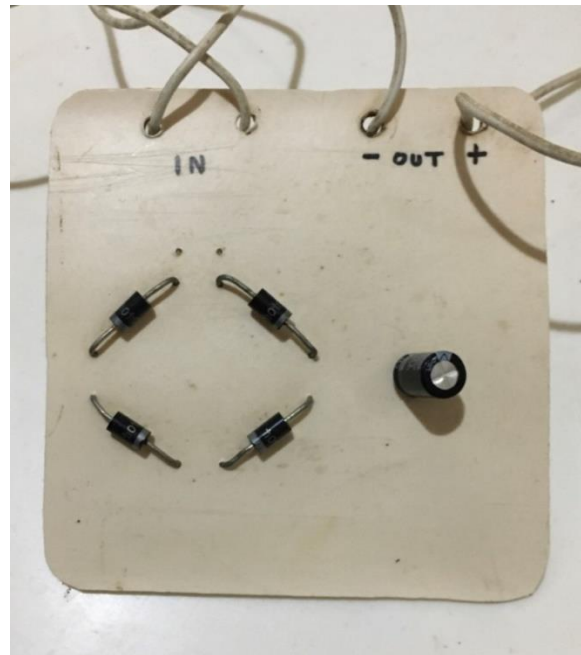


Figura 17 - Alternador de corrente
Fonte: Autoria própria, 2022

- Bateria;

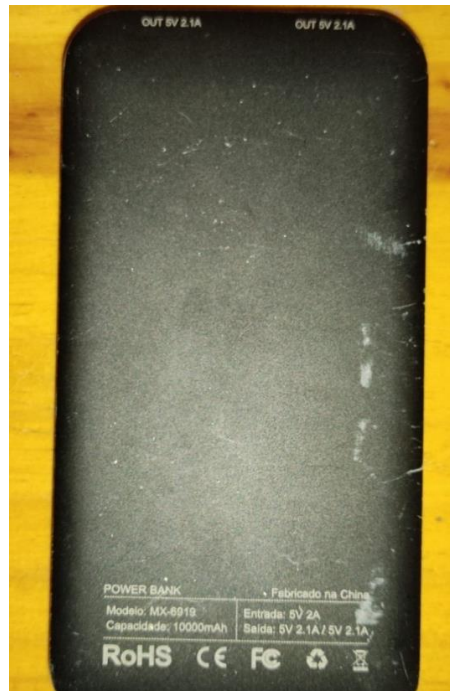


Figura 18 - Bateria para armazenagem
Fonte: Autoria própria, 2022

Os resultados obtidos e analisados no artigo usado como referência, mostraram que no sistema, a catraca que permitiu o giro do alternador foi ligada à roda da bicicleta por uma corrente. O movimento de giro da roda fez com que a catraca girasse e movimentasse o eixo do alternador. O uso de um alternador que gera corrente contínua é anexado às rodas da bicicleta ergométrica, criando energia elétrica durante os giros forçados.

Esse equipamento é responsável por conversão da energia mecânica em elétrica, e induz essa corrente elétrica em um condutor por meio de um campo magnético, que posteriormente será armazenada em uma bateria fechada comum (WENDING, 2009).

No protótipo, a energia oscila de acordo com a quantidade de giros da roda, então para que todo sistema não sofra maiores danos está instalado um capacitor eletrolítico (Figura 19) com tensão de saída de até 16 volts, tensão adequada à entrada da bateria.



Figura 19 - Capacitor eletrolítico
Fonte: Autoria própria, 2022

A avaliação proposta pelo artigo usado como referência demonstrou que:

“As entradas do tipo USB foram ligadas à bateria, nos polos positivo e negativo, respectivamente. Essa ligação por cabo via porta USB permitiu a conversão entre a tensão cedida pela bateria e a necessária ao carregamento dos smartphones. Através de medição da tensão, foi constatado que a geração de energia ocorreu quando a velocidade média (medida na própria bicicleta) foi superior a 15 km/h. Essa velocidade esteve relacionada com o número de giros proporcionados pela catraca ao alternador. Nessas condições, a lâmpada que promovia a indução do alternador se apagava. Na sequência, o smartphone descarregado foi posto sob condição de carregamento no sistema até sua carga máxima, que foi alcançada após duração de aproximadamente 6 h” (SILVA, 2015).

Abaixo a imagem (Figura 20) do modelo produzido no trabalho em questão:



Figura 20 - Sistema adaptado para a captação de energia utilizado no artigo.
Fonte: SILVA, Jeisiane, 2015, pág 40).

Já no presente trabalho, não foi tão diferente, com uma velocidade um pouco mais de 20 km/h, para compensar a falta de ímãs, em 10 minutos pedalando a bateria atingiu em torno de 3% de carga. Portanto levando em conta que a bateria não possui uma taxa de carregamento constante, Todos os perfis de carregamento e todos os equipamentos de carregamento utilizam variantes, muitas vezes em combinação, destes métodos básicos.

A taxa de carga da bateria depende do número de electrões que fluem por segundo (corrente) para a bateria. A velocidade do fluxo elétrico como a da luz é fixa, portanto, para aumentar a taxa de carga, a densidade da corrente ou o número de amperes que fluem por segundo tem que aumentar. Se a força que empurra os elétrons para dentro da bateria é aumentada, ou seja, a voltagem, então o fluxo de elétrons é aumentado. Volts mais altos, mais amperes (TREMBLAY, 2009)

Há variados tipos de carregadores, sendo os principais os tipos de Carga contínua, Tensão constante carga cônica de corrente limitada, Carga cônica e Corrente de dois estágios, e cada um tem seu comportamento de carga distintos como ilustrados nos gráficos na figura 21 abaixo.

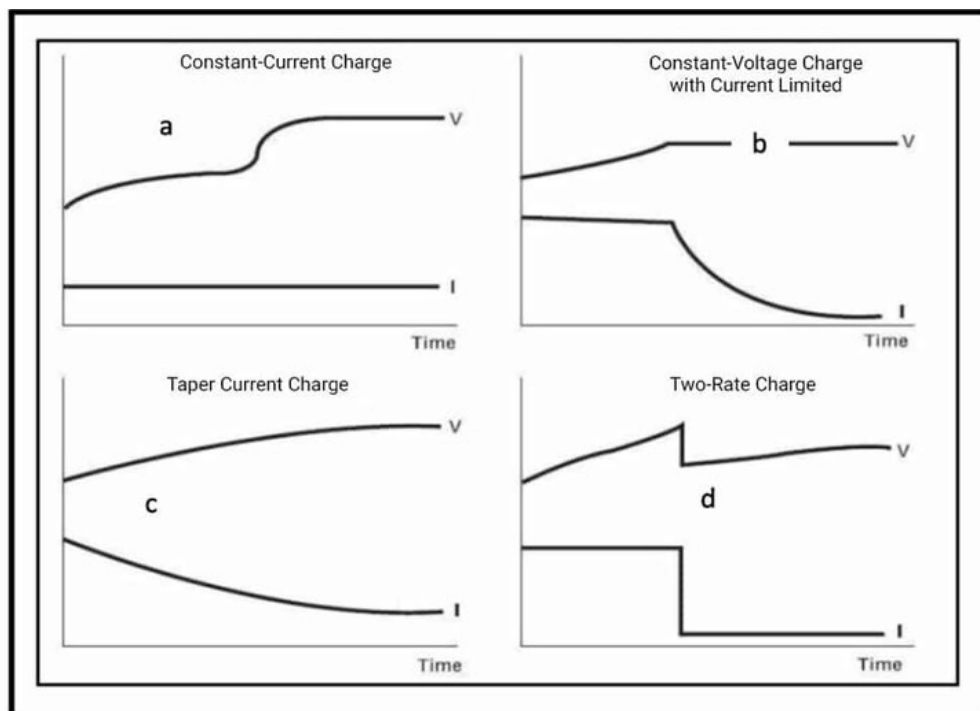


Figura 21 - Tipos de comportamento das cargas dos carregadores
Fonte: Microtex, 2022

Todos os carregadores consomem corrente alternada (CA) e convertem-na em corrente contínua. No processo, haverá algumas ondulações AC que precisam ser mantidas a menos de 3%. Alguns dos carregadores de bateria no mercado têm recursos para filtrar as ondulações, que de outra forma prejudicariam a bateria durante o carregamento. Nesse trabalho usa-se a bateria do tipo íões de lítio. As baterias de íões de lítio são normalmente compostas pelo eletrodo de cátodo baseado em óxido de lítio, eletrodo de ânodo baseado em carbono, o separador e o sal de lítio num eletrólito com base em solvente orgânico. Os íões de lítio movem-se do eletrodo negativo para o eletrodo positivo durante a descarga da bateria (CHAGNES, 2015).

O cálculo do tempo de carga é complexo, pois depende do estado de carga da bateria, do tipo de bateria, da saída do carregador e do tipo de carregador. É necessário conhecer o estado de carga da bateria para determinar as ampere-horas que precisam ser colocadas na bateria para recarregá-la. O ritmo a que isso acontece depende da classificação do carregador e de como ele é carregado. Claramente uma bateria de íões de lítio pode ser recarregada em algumas horas a partir de uma carga completamente descarregada, se o carregador tiver potência suficiente. Outro fator é a temperatura ambiente (condições meteorológicas) que afeta a tensão de carga e a corrente puxada pelo carregador. Temperaturas mais altas diminuirão a tensão de carga, mas também aumentarão a corrente puxada (CHAGNES, 2015).

As baterias à base de íões de lítio e NiCd têm capacidades reduzidas com taxas de descarga mais elevadas, mas não são tão pronunciadas como o ácido de chumbo. A medição apresenta sérios desafios. Todos têm tipo de carregadores possuem uma curva de descarga muito plana com uma diferença de tensão muito pequena entre o estado totalmente carregado e o estado descarregado. As reações de carga e descarga dentro das células de NiCd e NiMH não alteram sensivelmente o SG (specific gravity) do eletrólito e todos os químicos de íões de lítio funcionam com células completamente seladas. Isso torna quase impossível a verificação estática ou aleatória de uma bateria em serviço, certamente para um usuário não profissional (RONG, 2006).

As medidas para esta bateria são baseadas em leituras dinâmicas feitas com um multímetro durante o seu funcionamento conforme a tabela 2 abordada na página 34. Podem ser baseados na contagem ampere-hora, na resposta de tensão às correntes de descarga ou mesmo em impulsos de corrente constante. Em todos os casos o perfil de tensão permanece muito plano, mas a um nível reduzido até ao final do período de descarga, quando a tensão desaba repentinamente.

Dessa forma fazendo uma regra de três simples (multiplicação cruzada) foi possível chegar ao nível máximo aproximado da bateria em 6 horas e 11 minutos seguindo essa lógica, como descrito na equação abaixo. (Já considerando o desvio padrão da voltagem como citado na tabela 2, as variações do cálculo de carga na armazenagem, e bem como a variação de ondulação mínima de 3% citada acima).

$\frac{10 \text{ min}}{X} = \frac{3\%}{100\%}$ <p>Resultando em X = 333 min</p> <p>Passando o resultado para horas (÷ 60 min)</p> $=$ $333 \div 60$ <p>Temos aproximadamente X = 5 horas 55 minutos</p> <p>Adição mínima de 3% de ondulações no sistema</p> $=$ <p>6 horas 11 minutos.</p>	(3)
---	-----

Assim na sequência, será avaliada a eficiência de carregamento de um smartphone ou qualquer aparelho que necessite pouca quantidade de carga. Para o carregamento e armazenamento de carga, foi adaptado um acendedor de cigarro automotivo (Figura 22) ligado a uma bateria portátil respectivamente, baseado no modelo do artigo usado em questão.

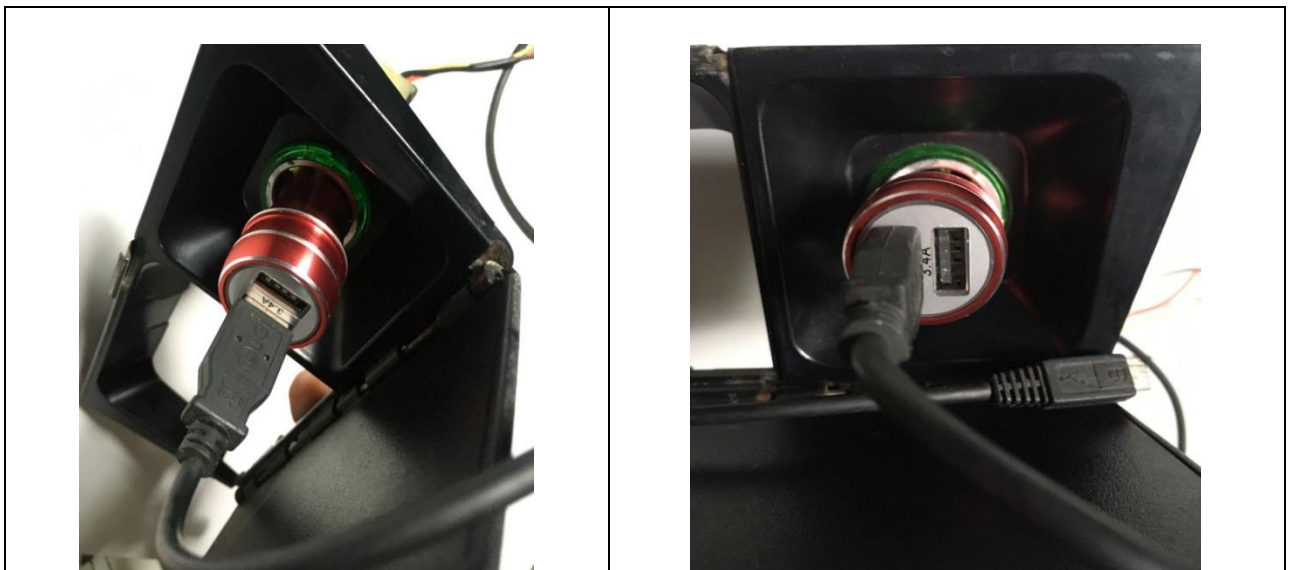


Figura 22 - Adaptador de USB
Fonte: Autoria própria, 2022

Ligado a todo esse sistema descrito, será plugado um cabo USB na saída da bateria, a fim de usufruir dessa energia gerada pelo projeto em dispositivos eletrônicos.

E para provar que a energia proveniente do gerador está realmente chegando a esse equipamento, foram instaladas lâmpadas de LED em ligação direta com a conexão com essa unidade de carregamento, de modo que, conforme as pedaladas, as mesmas são acesas, evidenciando a chegada da corrente elétrica como mostra a figura 23.



Figura 23 - Lâmpadas de LED
Fonte: Autoria própria, 2022

Como já mencionado nesse trabalho, foram realizados testes de velocidade com um velocímetro (pág 33), a fim de obter uma relação entre a velocidade média e produção energética do gerador. Testes esses feitos sem o regulador de tensão, visando apenas validar a ideia de que, quanto maior for a velocidade, maior também será a quantidade de volts produzidos pelo sistema.

Sendo assim com o protótipo inteiramente montado, o velocímetro (Figura 24) não tem mais utilidade na montagem do projeto final, pois usando o regulador de tensão essa ideia não será mais válida, uma vez que esse sistema tem a função de limitar e estabilizar a quantidade de corrente elétrica gerada pelo fluxo magnético advindo do disco.



Figura 24 - Velocímetro digital
Fonte: Autoria própria, 2022

6 AMOSTRA DA PESQUISA

Neste item, são expostos a amostra da pesquisa, o protótipo de validação já devidamente montado e que envolve os principais componentes utilizados no desenvolvimento do trabalho. Mais detalhes sobre o uso de cada componente, e sobre cada uma de suas funções no projeto foram abordados no capítulo anterior.

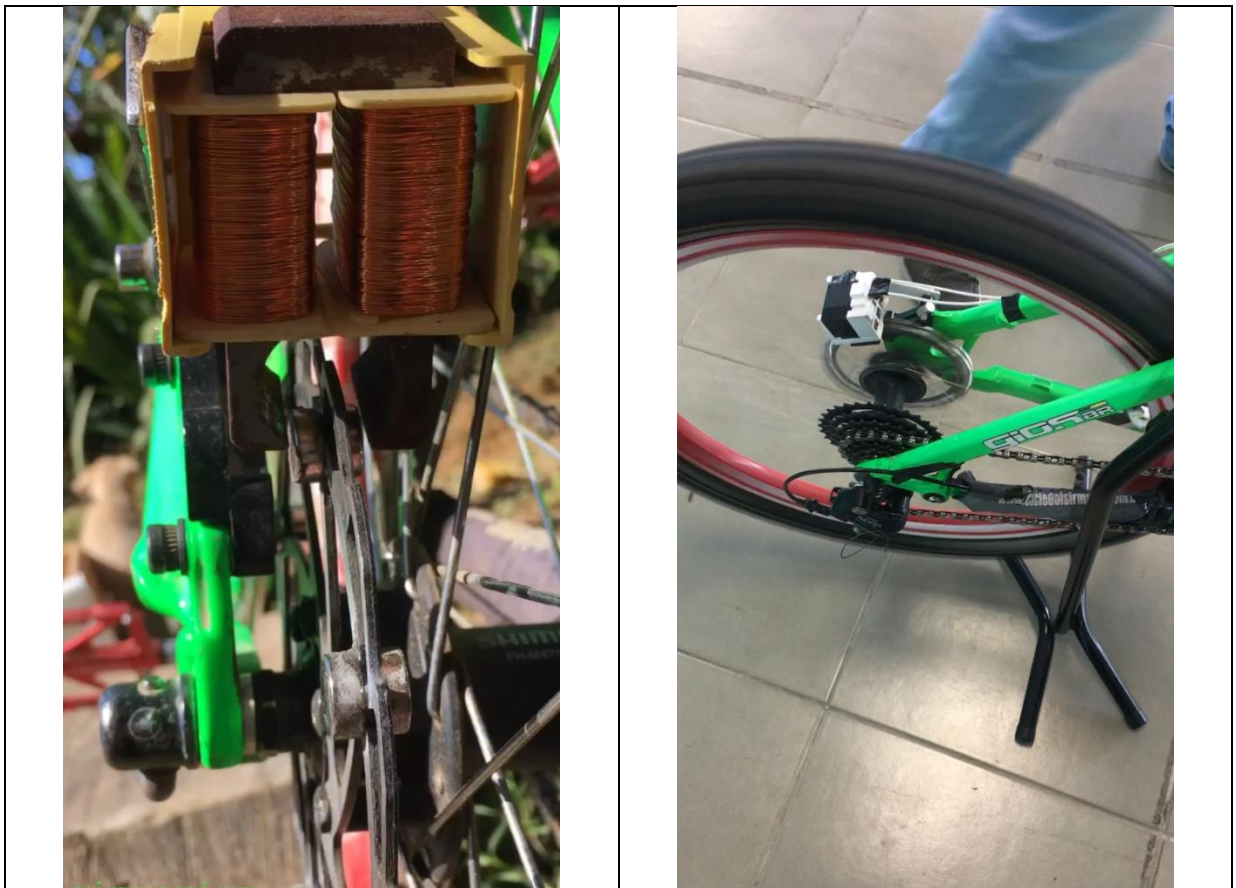


Figura 25 - Gerador acoplado a uma bicicleta convencional
Fonte: Autoria própria, 2022

Na prática, o protótipo se divide em duas partes: A primeira parte, como pôde ser visto na figura 25, é constituída pelo módulo gerador de energia. Onde temos a bobina captadora do fluxo magnético gerado através do disco com os ímãs e a bicicleta representa a armação estacionária da bicicleta ergométrica.



Figura 26 - Medição com multímetro
Fonte: Autoria própria, 2022

Conectado ao gerador, vem a segunda parte (figura 26), que é o alternador de corrente com a bateria de armazenamento da energia gerada. A amostra também revela que o multímetro digital está conectado à bateria, onde faz a leitura da quantidade de volts produzidos.

Vale frisar que a finalidade deste protótipo é gerar uma quantidade de energia elétrica para que seja capaz de recarregar dispositivos portáteis, porém, quando a energia gerada não é utilizada no momento da geração, ela se perde no sistema. Então para se aproveitar ao máximo dessa ideia, a energia gerada deve ser armazenada corretamente na bateria. Por isso se fez presente a necessidade da instalação de uma unidade específica de armazenamento, e não simplesmente a ligação direta no sistema com um cabo auxiliar, uma vez que, pela oscilação de energia do sistema, poderá acarretar danos aos aparelhos.

7 CONCLUSÃO

A etapa de revisão de literatura foi feita, logo após foi a vez de colocar em prática os conceitos obtidos através dos materiais que modelaram esse trabalho. Foi feita a compra de alguns materiais e a busca de peças usadas em oficinas mecânicas.

Sendo assim a conclusão desse trabalho leva em consideração que, parte do material não chegou conforme o esperado, como foi o caso dos ímãs de Neodímio que não chegaram na data prevista.

Dos objetivos específicos foram realizados com êxito a validação um modelo principal de geração de energia composto por um motor (bobina) acoplado a uma bicicleta ergométrica. A elaboração de um hardware que realizou a conexão do módulo principal a uma bateria, para que esta possa ser utilizada no carregamento de dispositivos móveis que utilizem pequenas cargas. E por fim a sugerir a implantação desse modelo em academias e bicicletas convencionais.

Devido ao prazo de execução, o protótipo teve que passar por adaptações. Adaptações essas que reduziram a quantidade de volts produzida pelo gerador.

O protótipo foi montado em uma bicicleta convencional. Entretanto não alterando a ideia principal de validação do trabalho, que é essencialmente provar que há maneiras de construir um modelo de geração de energia simples, de forma sustentável e barata, não só fim de garantir a preservação do planeta devido ao uso de energia limpa, mas também para o bem da saúde da população em geral, uma vez que a prática de exercícios é necessária para a produção dessa energia.

Concluindo nesse trabalho que é sim possível a adaptação de uma bicicleta convencional para que converta a energia mecânica em elétrica, através dos métodos abordados nesse estudo, e sua aplicação prática seria na utilização em academias com bicicletas ergométricas adaptadas para a transformação de energia. Além de demonstrar esse fenômeno da transformação de energia, provar as leis de Faraday e de Lenz, foi realizada uma forma de obtenção de energia barata e sustentável associada a uma redução de custo de energia caso venha ser de fato aplicado no mundo real, bem como o incentivo a prática de atividades físicas e que se multiplicada, ou seja, cada vez mais implementada essa ideia, poderá contribuir para a uma sociedade sustentável no futuro.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este gerador de energia pode ser implantado tanto em academias quanto nos próprios lares das pessoas e, por ser construído com elementos relativamente baratos, pode ser replicado e utilizado onde o acesso à energia elétrica ainda é precário ou em lugares onde a média de renda da população é baixa.

Outra sugestão para um trabalho futuro seria realizar um estudo econômico com a finalidade de implantar este projeto nas casas das pessoas de baixa renda, e também em estabelecimentos, tais como: escolas, hospitais, academias, presídios e comunidades nas quais o acesso à energia elétrica é escasso.

REFERÊNCIAS

STRZELECKI, R.; Jarnut, M.; Benysek, G. **Gerador elétrico alimentado por bicicleta ergométrica para equipamentos de academias de ginástica.** In: Power Electronics and Applications, European Conference on, IEEE, pág. 1-8, 2007.

BRONZATTI, FL; Iarozinski Neto, A. **Matrizes energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008. v. 28.

JANNUZZI, G. M. **Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil.** São Paulo: Autores Associados/Fapesp, 2000.

GOUVEIA, Rosimar. Lei de Faraday. **Toda Matéria**, 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/dostoievski/>. Acesso em: 25 Setembro 2022

PETRIN, Natália. Estudo Prático. **Leis de Faraday**. 2014. Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/leis-de-faraday-primeira-segunda-e-seus-estudos/>. Acesso em 25 Setembro 2022.

VIRTUOUS, Tecnologia da Informação, Só física. **Lei de Faraday-Neumann**, 2008-2022. Acesso em: 09 Agosto 2022.

VIRTUOUS, Tecnologia da Informação, Só física., **Transformadores**, 2008-2022. Acesso em: 09 Agosto 2022.

MATTEDE, Henrique. Mundo da elétrica. **Tipos de energia e geração de energia elétrica, 2020.** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/tipos-de-energia-e-geracao-de-energia-eletrica/>. Acesso em 01 Setembro 2022.

WEO, W. E. O. International Energy Agency. **Site da International Energy Agency**, 2011. Acesso em: 27 Outubro 2022.

SOUTO, Ana Lucia. **Evolução do uso da energia ao longo da história.** Khan Academy, 2019.

BEN, Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese 2021, ano base 2020.** Acesso em: 03 Novembro 2022.

BEN, Balanço Energético Nacional. **Relatório Síntese 2020, ano base 2019.** Acesso em: 03 Novembro 2022.

REIS, L. B. D.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** 1ª. ed. Barueri: Manole Ltda., 2005.

SMIL, Vaclav. **Global and National Perspectives.** Energy Transition, 2021. Disponível em Nexo Jornal, <https://www.nexojornal.com.br/grafico/2021/11/01/853-da-energia-no-mundo-ainda-vem-de-fontes-poluentes>. Acesso em 20 Dezembro 2022.

ORSTED, Hans Christian. **Der Geist in der Natur; 1850, v.1.** Editora: Wentworth Press, pág 118. 2016.

CAMPOS, F. G. R. D. **Geração de energia a partir de fonte eólica com gerador assíncrono conectado a conversor estático duplo.** Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

BARBOSA, J. D. O. et al. **Geração de Energia Elétrica.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Cuiabá, p. 2 - 10. 2013.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico. 1ª. ed.** São Paulo: Novatec Editora Ltda., 2011.

LUCAS, A. et al. **Fontes de Energia Alternativa na academia: Um estudo sobre como aproveitar a energia perdida em bicicletas ergométricas.** Instituto federal de educação, ciência e tecnologia de pernambuco. Recife. 2013.

MOREIRA, CES; CARDOSO, AM. **Fontes alternativas de energia renovável, que possibilitam a prevenção do meio ambiente.** Bolsista de Valor , v. 1, n. 1, pág. 397-402, 2010.

HUANG, M.-H.; RUST, R. T. **Sustainability and consumption.** Journal of the Academy of Marketing Science, v. 39, n. 1, p. 40-54, 2011.

STRZELECKI, R.; Jarnut, M.; Benysek, G. **Gerador elétrico alimentado por bicicleta ergométrica para equipamentos de academias de ginástica.** In: Power Electronics and Applications, European Conference on, IEEE, pág. 1-8, 2007.

BRANCO, S. M. **O meio ambiente em debate.** 3ª. ed. São Paulo: Editora Moderna Ltda., 2004.

OIKAWA, E. **Os paradoxos hipermodernos e as tecnologias digitais: reflexões sobre a sociabilidade contemporânea a partir das práticas de "bem-estar".**

Sessões do Imaginário , v. 18, n. 30, pág. 89-96, 2013. Disponível em: < <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/famecos/article/view/14508/11076> >. Acesso em: 14 Outubro 2022.

HALLIDAY, D.; Resnick, R.; Walker, J. **Fundamentos da física estendida** . Nova York: John Wiley & Sons, 2010.

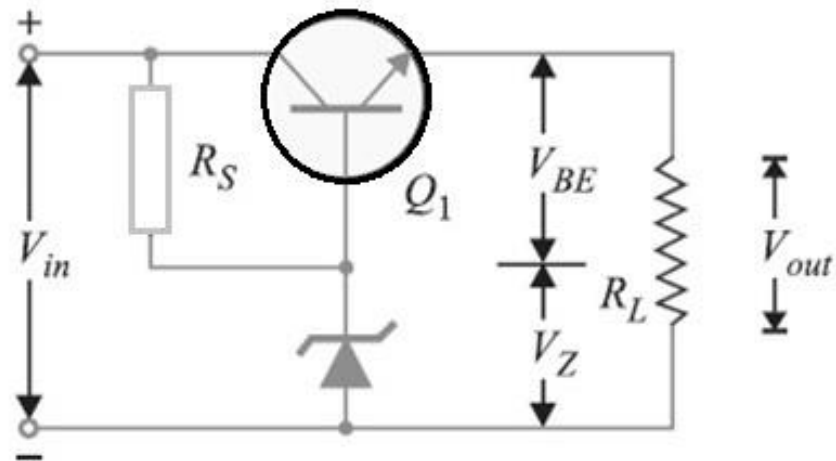
WENDLING, M. **CI Reguladores de Tensão.** Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, p. 2-7. 2009.

TREMBLAY, Dessaint L. **Experimental validation of a battery dynamic model for EV applications.** World Electr, 2009.

CHAGNES, J. Swiatowska, **“Lithium Process Chemistry: Resources, Extraction, Batteries, and Recycling”**, Elsevier Science, 2015.

RONG P, Pedram M. **An analytical model for predicting the remaining battery capacity of lithium ion batteries.** IEEE Trans Very Large Scale Integr. (VLSI), 2006.

APÊNDICE A - Regulador de Tensão



$$V_{OUT} = V_Z - V_{BE}$$

APÊNDICE B - Programação por trás do Velocímetro

```

void setup(){
  pinMode(Reed, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("Velocidade: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Distancia: ");
}

void loop(){
  int totalSaidas = qtdRegistradores * 8;
  unsigned long tempo_final = millis() + 1000;
  byte estado_anterior = digitalRead(7);
  int contador = 0; // Inicia a variável contador

```

```
while(tempo_final > millis())
{
byte estado_atual = digitalRead(7);
if (estado_atual != estado_anterior)
{
contador++;
estado_anterior = estado_atual;
}
}

dist = (dist + (contador/4*0.82)); //circunferência da roda = 16,4
velocidade = (contador/4)*(0.82); //dois ímãs

if(velocidade <10)
{
lcd.setCursor(12, 0);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(13, 0);
lcd.print(velocidade);

}
else
{
lcd.setCursor(12, 0);
lcd.print(velocidade);
}

lcd.setCursor(12, 12);
```

```
lcd.print(dist);

if(velocidade < 2)
{
for (int i = 1; i <= 10; i++){
mega.shiftWrite(i, HIGH);}
for (int i = 11; i <= 31; i++){
mega.shiftWrite(i, LOW);}
}

if(velocidade >= 2 && velocidade < 4)
{
for (int i = 11; i <=18; i++){
mega.shiftWrite(i, HIGH);}
for (int i = 19; i <= 31; i++){
mega.shiftWrite(i, LOW);}
}

if (velocidade >= 4 && a velocidade < 6)
{
for (int i = 19; i <=24; i++){
mega.shiftWrite(i, HIGH);}
for (int i = 25; i <= 31; i++){
mega.shiftWrite(m j, LOW);}
}

if(velocidade >= 6 && velocidade < 8)
{
```

```
for (int i = 25; i <=28; i++){  
    mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
  
for (int i = 29; i <= 31; i++){  
    mega.shiftWrite(i, LOW);}  
}  
  
if(velocidade > 8)  
{  
    for (int i = 28; i <=31; i++){  
        mega.shiftWrite(i, HIGH);}  
    }  
}
```