

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

GIOVANNI SEMENSATO CALIXTO

APROVEITAMENTO DA ENERGIA ELETROSTÁTICA PELA ELETRIZAÇÃO POR  
ATRITO EM VEÍCULOS AUTOMOTORES COM MOVIMENTAÇÃO CONSTANTE E  
VARIÁVEL

BAURU  
2022

GIOVANNI SEMENSATO CALIXTO

APROVEITAMENTO DA ENERGIA ELETROSTÁTICA PELA ELETRIZAÇÃO POR  
ATRITO EM VEÍCULOS AUTOMOTORES EM MOVIMENTAÇÃO CONSTANTE E  
VARIÁVEL

Monografia do curso de Engenharia  
Mecânica apresentado ao programa de  
Iniciação Científica do Centro Universitário  
Sagrado Coração, sob orientação do prof.  
Dr. Gill Bukvic

BAURU  
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com  
ISBD

C153a	<p>Calixto, Giovanni Semensato</p> <p>Aproveitamento da energia eletrostática pela eletrização por atrito em veículos automotores com movimentação constante e variável / Giovanni Semensato Calixto. -- 2022. 23f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Gill Bukvic</p> <p>Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Eletrostática. 2. Eletrização por atrito. 3. Fricção. 4. Diferença de potencial. 5. Cargas positivas e negativas. I. Bukvic, Gill. II. Título.</p>
-------	--

Dedico este trabalho a minha família e aos meus colegas de curso, que dividiram parte de seu conhecimento e tornaram possível desenvolver todo o projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a minha mãe Juliana, e minha avó Maria, que me apoiaram não só durante a elaboração do trabalho, mas em todas as dificuldades enfrentadas durante toda minha formação, me dando motivação para seguir em frente.

Aos meus amigos de graduação Lucas, Eric, Tharles, Vinicius, Pedro, Luiz, José, que dividiram parte de seu conhecimento e do seu tempo e que permitiram com sua colaboração chegar até a entrega deste trabalho, dando suporte tanto na parte teórica quanto na parte emocional.

Ao meu orientador Gill Bukvic que sem ele não haveria este trabalho, sendo uma das pessoas que me incentivou a fazer uma iniciação científica e iniciar a elaboração deste trabalho, oferecendo todo o suporte e apoio quando necessário.

Tive a colaboração de muitas outras pessoas que não conseguirei citar nesta pequena seção, mas que foram fundamentais e possibilitaram a entrega deste trabalho. Deixo aqui mesmo que sem nomear meus sinceros agradecimentos e espero em compensação poder acrescentar futuramente em seus trabalhos e demais questões, muito obrigado.

## **RESUMO**

A energia eletrostática pode ser definida pela diferença de potencial entre duas cargas, uma carregada positivamente e outra negativamente, expondo diversos fenômenos físicos e naturais presentes no cotidiano dos seres vivos. Um dos casos é o famoso “choque” que ocorre frequentemente em invernos ou em tempos secos, ao receber o contato de uma outra pessoa. Isto ocorre devido aos acessórios e vestimentas utilizadas pelos indivíduos nestas épocas do ano que acabam estimulando um evento conhecido como eletrização por atrito, ocorrendo através da fricção entre peças de lã e peças metálicas com pessoas que estejam as utilizando durante o inverno, em tempos secos e ao tomar banho. Em tempos secos é possível ocorrer esta mesma descarga ocasionada pela ausência de umidade no ar, fazendo com que as cargas se acumulem cada vez mais e se descarreguem ao encostar nos carros, em outras pessoas e em outros materiais isolantes no geral. O presente trabalho teve como principal objetivo o redirecionamento da energia estática gerada pelo ambiente em colaboração com os fenômenos que já ocorrem usualmente sem interferência humana, destacando a ação da energia estática nos veículos automotores que estão constantemente produzindo este tipo de energia. Um mecanismo de captação e distribuição de energia foi aplicado em um veículo de escala 1:14, porém, a energia gerada não foi suficiente para acender um led, sugerindo que melhorias deverão ser realizadas em um trabalho futuro.

**Palavras-chave:** Eletrostática, Eletrização por atrito, Fricção, Diferença de potencial, Cargas positivas e negativas.

**ABSTRACT**

Electrostatic energy can be defined by the difference in potential between two charges, one positively charged and the other negatively, exposing various physical and natural phenomena present in the daily lives of living beings. One of the cases is the famous “shock” that often occurs in winters or in dry times, when receiving contact from another person. This is due to the accessories and clothing used by individuals at these times of the year, which end up stimulating an event known as electrification by friction, occurring through the friction between woolen pieces and metallic pieces with people who are using them during the winter, in dry and when taking a shower. In dry times, this same discharge can occur, caused by the absence of moisture in the air, causing the charges to accumulate more and more and discharge when touching cars, other people and other insulating materials in general. The main objective of this work was to redirect the static energy generated by the environment in collaboration with phenomena that usually occur without human interference, highlighting the action of static energy in motor vehicles that are constantly producing this type of energy. A mechanism for capturing and distributing energy was applied to a 1:14 scale vehicle, however, the energy generated was not enough to turn on an LED, suggesting that improvements should be made in future work.

**Keywords:** Electrostatics, Electrification by friction, Friction, Potential difference, Positive and negative charges.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA .....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
3. RESULTADOS .....	12
4. DISCUSSÕES .....	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

## 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

Desde os primórdios da existência humana a energia eletrostática era observada dentro da civilização, mas incompreendida. Possuía aparição em diversos fenômenos naturais como relâmpagos, pela atração de pequenos corpos como o âmbar amarelo, pelo cabelo arrepiado que as mulheres possuíam em determinadas épocas do ano e entre outras demonstrações. Relatos dizem que os nórdicos acreditavam que os raios provinham de Thor e era um sinal de punição divina aos pecadores (BOHNEN, 2018)

Sua arma era um martelo mágico de cabeça grande e cabo pequeno, chamado mjolnir, de onde jorrava raios de luz. Segundo o panteão nórdico, Thor era o maior destruidor do mal, além do martelo, que nunca errava o alvo e sempre voltava à sua mão, ele usava luvas de ferro especiais para segurar o martelo e um cinturão que dobrava as suas forças. Thor era o deus mais próximo dos camponeses e pessoas humildes, a sua lenda conta que depois de lutar em guerras, ele voltava a seu castelo e recebia os espíritos dos pobres que haviam morrido.

Fazendo uma aproximação, foi em VI a.C. com Tales de Mileto que houve o primeiro avanço em relação a eletricidade, sua contribuição foi através do atrito de âmbar (que em grego significa elektron.) com a pele de um animal. Ele observou que após o atrito a pedra atraía objetos leves e secos, como pedacinhos de palhas de milho. (PORTALEUCACAO, 2020). Desta forma foi descoberto que existiam materiais que eram condutores e outros que eram isolantes. Ao esfregá-los, poderiam reproduzir o experimento de atração ou surgimento de faíscas.

Porém somente após 2 séculos de desenvolvimento da humanidade, em 1672 d.C. que foi construída a primeira máquina de geração de energia eletrostática desenvolvida por Otto von Guericke, constituída por uma esfera de enxofre que girava constantemente e atritava-se em uma superfície com terra (SOFISICA, 2008). Também houve a experiência, descoberta e invenção dos para-raios por Benjamin Franklin (SOFISICA, 2008)

[...] a eletrização de dois corpos atritados era a falta de um dos dois tipos de eletricidade em um dos corpos. esses dois tipos de eletricidade eram chamados de eletricidade resinosa e vítrea

Após este período a civilização também começou a introduzir de maneira mais presente a eletricidade ao seu favor, através da elaboração dos dínamos, dos capacitores e condensadores elétricos até o período atual com as máquinas de xerox.

Desta forma é possível dizer que a energia eletrostática está presente em praticamente todas as coisas desde que haja a sua principal condição de existência,

que é a presença de duas cargas opostas entre si. Levando este fator em consideração é possível classificar o próprio ar como um dos principais vetores para a geração de energia eletrostática, já que o ar e a simples umidade do ar também podem carregar cargas elétricas (FIORAVANTI, 2009). Além disso, o ar tem uma composição que possui argônio, gás com uma ótima tendência de ganhar cargas elétricas e aumentar ainda mais sua carga elétrica. Levando em consideração a eletrização por atrito o ar pode se tornar uma das ferramentas de geração de energia mais eficientes e globais desenvolvidas, pelos princípios do sistema de van de graaff por exemplo, utilizado para geração de tensões muito altas. (QUEIROZ, 2014) Infelizmente a energia eletrostática não é usada atualmente pelas suas impedições em determinados componentes elétricos, além de ter um controle mais instável e inconstante que pode gerar danos a placas elétricas como queima de componentes até acidentes graves. (DIARIOVIVER, 2017)

[...] Uma pessoa por exemplo, pode estar carregado com uma carga de 1000 volts e a ser corrente seja muito baixa para ser percebida por um humano, mas em memórias, transistores e circuitos integrados, que geralmente funcionam a 1,5 volts, é carga suficiente para queimá-los.

Devido ao fenômeno de eletrização por atrito causado pela fricção entre um veículo em movimento com o ar ao redor dele, é possível gerar um campo elétrico se houver a existência de um objeto isolante que esteja devidamente posicionado em um mecanismo que disponha de condução de energia, dado que toda carga elétrica é capaz de influenciar o meio ao redor através do seu campo elétrico (HELERBROCK, 2021). A presença de um campo magnético com o campo elétrico em questão tem a possibilidade de gerar um campo eletromagnético, que em união com o efeito da indução eletromagnética - causada variação das linhas de campo de um circuito qualquer – produz a corrente necessária para alimentar os aparelhos e acessórios ligados ao sistema. O dispositivo aspirado do projeto tem a finalidade de proporcionar a elaboração de um sistema que irá gerar energia constante para os demais componentes do veículo através destes conceitos, como os painéis, rádios, luzes.

O material de captação da energia eletrostática deve ser planejado de forma estratégica já que será dependente da ativação de diversos campos em seu processo, como os campos eletromagnéticos do alternador. A ideia central é adicionar no veículo malhas relacionadas a objetos isolantes da série triboelétrica como fibras sintéticas, resinas ou couro em sua carroceria (JÚNIOR, 2021), efetuando desta forma a captação e encaminhamento da energia eletrostática para o sistema, gerando a

energia elétrica comumente utilizada pelos dispositivos do veículo. Será utilizado também um pente coletor, um alternador, uma ponte retificadora, um regulador, um transformador, uma bateria e um sistema de fiação elétrica.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os materiais utilizados para o projeto serão a malha de fibra sintética, fixada na carroceria e com características isolantes, reagindo com o ar ambiente e promovendo

a eletrização por atrito; um pente coletor conectado por uma fiação de cobre, transmitindo a energia gerada aos outros componentes; um alternador para receber esta energia; uma ponte retificadora para converter a corrente alternada em corrente contínua; um transformador para diminuir parte da tensão e produzir um aumento da corrente; um regulador para aumentar, reduzir ou estabilizar a tensão final gerada por todo o sistema; e por fim uma bateria para armazenar tudo que for coletado.

Será necessário a produção de um protótipo, para que possa haver a validação da eficiência e conformidade das condições do sistema. Com os dados coletados durante a aplicação do sistema será possível dimensionar novas mudanças dentro do protótipo e assim alterar os materiais que não estão em conformidade, a disponibilidade deles dentro do sistema se estiverem em excesso ou defasagem, a inserção de sensores que calculem a quantidade de tensão produzida em conformidade com o aumento ou variação da velocidade, e todos os ajustes necessários para o funcionamento correto dos demais dispositivos do sistema.

Será utilizado no desenvolvimento do projeto o software AutoCad 2020 (versão de estudante), que disponibilizará uma visão computacional da situação problema enfrentada no projeto. Todos os dispositivos serão representados dentro do ambiente e uma visualização do mecanismo será realizada, fornecendo uma análise integral do funcionamento e relacionamento dos componentes. Também será feito um estudo da degradação e desgaste do sistema em contraste com seu ambiente de operação.

### **3. RESULTADOS**

O projeto está em sua fase de testes e atualmente foram determinados os períodos de testes para cada um dos materiais designados. O protótipo movido à controle remoto já foi adquirido, sendo necessário desenvolver a parte elétrica que conta com o led e o capacitor para seu abastecimento.

A etapa de desenvolvimento do protótipo, da otimização e da realocação dos materiais a serem utilizados está em andamento, tendo sido pré-selecionados três materiais mais favoráveis para o projeto e retirados da série triboelétrica, sendo eles o teflon, o polipropileno e os filmes de PVC, estes que estão na fase de testes e irão de encaminhar até o mês de julho.

Visto que não será possível utilizar um veículo em escala normal para o experimento, foi adotado uma miniatura apenas de forma demonstrativa para simular o funcionamento do sistema, sendo um veículo na escala de 1:14 movido à controle remoto.

Também foi desenvolvido um protótipo em 3D no Solidworks para ilustrar os demais componentes que irão estar aderidos ao veículo. Para a verificação mais intuitiva dos resultados irá ser posicionado uma luz LED ligada a um capacitor em cima do protótipo para a visualização da transformação da energia eletrostática, além de posteriormente comparar, analisar e mensurar os materiais selecionados em relação a quantidade de captação de energia retirados.

É possível visualizar o perfil do protótipo nas imagens das figuras 1, 2 e 3 e o protótipo desenvolvido no software Solidworks na figura 4, com os demais componentes já posicionados e esquematizados.

Figura 1. Perfil lateral do veículo de escala 1:14 movido à controle remoto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2. Perfil superior do veículo de escala 1:14 movido à controle remoto.



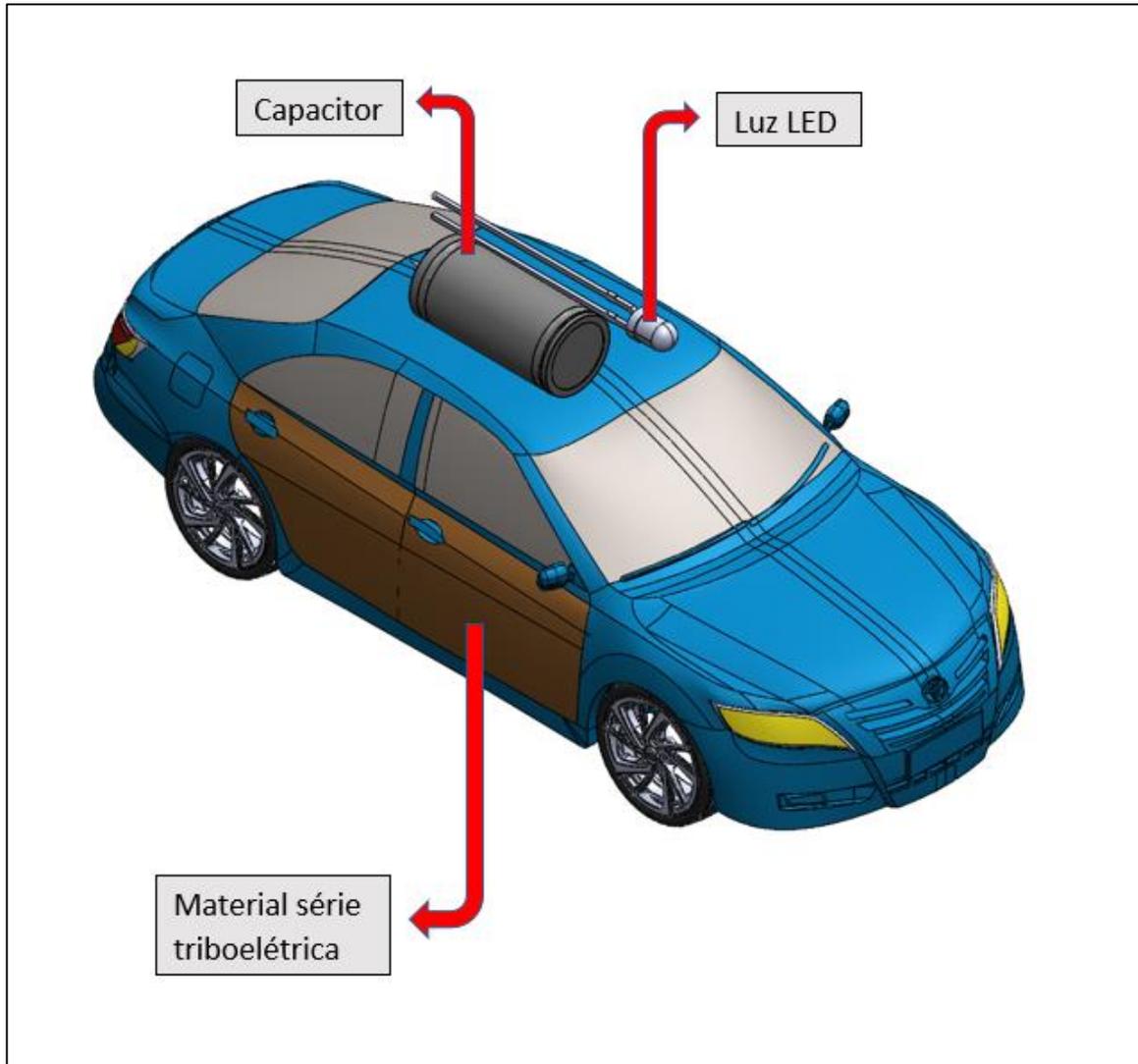
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3. Perfil frontal do veículo de escala 1:14 movido à controle remoto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4: Perfil superior do veículo de escala 1:14 movido à controle remoto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para efetuar as alterações necessárias para o funcionamento do projeto foi retirada a “carcaça” de plástico do automóvel movido à controle remoto e foi adicionado uma camada de papel alumínio, para simular uma superfície metálica de um automóvel real e para realizar a troca de elétrons da parte externa para a interna, como mostra a figura 5. Para fixar e deixá-lo isolado, foi adicionada uma fita isolante.

Figura 5: Carcaça externa do automóvel com revestimento de papel alumínio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mesmo procedimento foi repetido para a “carcaça” interna de plástico do automóvel, para fazer a coleta da energia da parte externa. O procedimento interior foi necessário para aumentar a área de contato e haver uma maior captação da energia eletrostática. Desta forma seria possível a camada externa e a camada interna trocarem elétrons e acumularem cargas para serem descarregadas no componente em questão (Figura 6 e 7).

Figura 6: Carcaça interna do automóvel sem revestimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7: Carcaça interna do automóvel com revestimento de papel alumínio.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para efetuar a transferência da energia captada dentro do sistema também foi necessário adicionar uma haste metálica que tem também a função de redirecionar os elétrons para o dispositivo que será alimentado (Figura 8)

Figura 8: Carcaça interna do automóvel com a adição da haste metálica para condução de energia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim foi adicionado um diodo de led de 3V para verificar a integridade do sistema e analisar se o experimento foi válido ou se não é viável (Figura 9 e 10).

Figura 9: Carcaça interna do automóvel com o posicionamento do led.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10: Vista da traseira com as ligações feitas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4. DISCUSSÕES

Após a realização dos testes foi constatada a não viabilidade do projeto pela análise dos resultados obtidos. O acúmulo de energia eletrostática foi abaixo de 3V o que não alimentaria com eficácia nenhum dispositivo do veículo. As razões para esse resultado negativo podem variar desde os materiais utilizados até a questão de a reação entre o ar e o alumínio não ter sido tão eficaz, já que as condições climáticas influenciam muito nas propriedades do ar.

Um parâmetro a ser analisado é a questão da fiação utilizada para o direcionamento da energia, utilizando terminais elétricos e fios encapados com um tarugo maior para aumentar a quantidade de energia.

Uma questão a ser trabalhada é a área de contato disposta para ocorrer a reação de eletrização por atrito, o formato do veículo não é o mais aconselhável para o armazenamento da energia acumulada, seria necessário adicionar outros componentes que façam essa captação de uma forma mais eficiente.

Outra questão a ser apontada é que o sistema não tinha uma distribuição direcionada da energia coletada, o que pode ter diminuído a eficiência do projeto. Para aumentar a carga eletrostática de forma forçada foram utilizados os métodos caseiros da bexiga ao esfregar no coró cabeludo e o PVC ao ser esfregado no pano sintético, mas ambos não apresentaram resultados visíveis.

Além disso, ainda seria necessário realizar a conversão da energia eletrostática em energia elétrica com corrente contínua para os demais componentes do veículo, o que aumentaria a quantidade de dispositivos do sistema e encareceria ainda mais o projeto em questão.

Para um próximo estudo seria interessante adicionar uma placa eletrônica com transistores e capacitores para aumentar a amperagem e a carga acumulada no sistema e verificar se seria possível aperfeiçoar o projeto, alterando os materiais utilizados como o próprio automóvel de controle remoto em si feito desta vez inteiramente de metal para uma melhor condução e acúmulo de energia.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em vista dos resultados obtidos no experimento não serem satisfatórios, foi possível verificar que adaptações e alterações deverão ser realizadas para garantir o funcionamento e a aplicabilidade do sistema.

Os recursos utilizados não substituem os materiais mais eficientes e presentes nas situações que serão aplicados, como o chassi do veículo feito inteiramente de aço e não de plástico.

A ideia segundo a teoria é aplicável, mas será necessário realizar as modificações sugeridas em trabalhos futuros para conseguir resultados reais que possam ser comparados e medidos, desta forma será possível avaliar se o projeto seria viável e aplicável nos demais veículos que necessitem de uma fonte de energia auxiliar.

## REFERÊNCIAS

AURÉLIO, M.. **“Manifestações da Eletricidade Estática”**. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/manifestacoes-eletricidade-estatica.htm>>. Acesso em 7 de março de 2021, às 17:54.

BARUM, A.. **Eletricidade e Magnetismo**. Mar. 2019. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/engenhariageologica/files/2019/03/LIVRO-DE-ELETRICIDADE-E-MAGNETISMO-LIVRO-1.pdf>>. Acesso em 01/04/2021 às 16:04.

QUEIROZ, A. C. M. de. **“Máquinas Eletrostáticas”**. UFRJ. Jun. 2014. Disponível em: <<https://www.coe.ufrj.br/~acmq/eletrostatica.html>>. Acesso em 25 de março de 2021, às 14:42

**Castigos dos Deuses? Conheça os mitos e lendas sobre os raios**. EBC. Jan. 2014. Disponível em: <<https://memoria.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2014/01/castigo-dos-deuses-conheca-os-mitos-e-lendas-sobre-os-raios>>. Acesso em 02/04/2021 às 14:16

**Estática: Definição, perigos e como descarregá-la**. Diário viver. Jun. 2017. Disponível em: <<https://diarioviver.wordpress.com/2017/06/06/eletricidade-estatica-definicao-perigos-e-como-descarrega-la/>>. Acesso em: 02/04/2021 às 15:08

FIORAVANTI, C. **“Eletricidade - no ar, na água, por toda parte”**. Fapesp. Edição 158, abr. 2009. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/eletricidade-no-ar-na-agua-por-toda-parte/>>. Acesso em 7 de março de 2021, às 17:54.

HELERBROCK, R. **"Conservação da energia mecânica"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-conservacao-energia-mecanica.htm>>. Acesso em 02/04/2021 às 16:31

HELERBROCK, R. **"O que é campo elétrico?"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-campo-eletrico.htm>>. Acesso em 17 de março de 2021, às 16:29

**"História da Eletricidade"**. Só Física. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008-2021. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/HistoriaDaFisica/historiadaeletricidade.php>>. Acesso em 16 de março de 2021, às 18:51.

JÚNIOR, J. S. da S. **"Série triboelétrica"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/serie-triboeletrica.htm>>. Acesso em 8 de março de 2021, às 11:40

**Tales de Mileto e a Eletricidade**. Portal Educação. 2020. Disponível em: <<https://siteantigo.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/educacao/tales-de-mileto-e-a-eletricidade/63173>>. Acesso em 02/04/2021 às 14:34

RIBEIRO, F. **Conselho Europeu sugere fim dos carros a combustão em 2035.** Canaltech. Dez. 2020. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/carros/conselho-europeu-sugere-fim-dos-carros-a-combustao-em-2035-176276/>>. Acesso em 02/04/2021 às 16:29