

## ANÁLISE DA POSSÍVEL EXISTÊNCIA DE UM CAMPO ELÉTRICO DEVIDO A UMA CORRENTE ELÉTRICA CONSTANTE.

Luiz Matheus Dourado Sanches (PIC/UEM); e-mail: [ra108389@uem.br](mailto:ra108389@uem.br)  
Daniel Gardelli (Orientador); email: [dgardelli2@uem.br](mailto:dgardelli2@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Física / Maringá-PR.

### Ciências Exatas e da Terra: Física

**Palavras-chave:** Eletrodinâmica de Weber; Campo Elétrico; Corrente Constante.

### Resumo:

Neste trabalho comparamos a Eletrodinâmica de Weber e o Eletromagnetismo clássico em diversas situações, estudou-se a possível interação entre uma corrente elétrica constante em um fio condutor e uma carga teste e, por último, discutiu-se os resultados experimentais que têm sido obtidos por pesquisadores em busca dessa interação e as possíveis explicações para o fenômeno.

### Introdução

Neste projeto, estamos interessados em comparar os resultados teóricos de duas teorias importantes: a Eletrodinâmica de Weber e o Eletromagnetismo Clássico, este último desenvolvido inicialmente por Maxwell. Muitas vezes, os resultados previstos por essas duas teorias são os mesmos, porém há casos em que as explicações para alguns fenômenos divergem (explosão de fios devido a forças eletrodinâmicas, experimento da ponte de Ampère, forças dentro de um capacitor e outros), sendo, portanto, o estudo e a análise desses resultados de extrema importância. O nosso trabalho consiste em analisar a possível interação entre uma carga pontual livre e um campo elétrico estático que, de acordo com a força de Weber, surge assim que se estabelece uma corrente elétrica contínua em um fio, e comparar os valores previstos entre as duas teorias citadas com resultados obtidos em experimentos que buscam demonstrar essa interação.

### Materiais e métodos

O método utilizado foi a leitura e compreensão de artigos e livros que abordam a teoria e experimentos sobre o tema do projeto, para uma melhor análise crítica sobre o assunto.

## Resultados e Discussão

Após a apresentação das duas teorias abordadas na introdução, foi apresentado o resultado teórico esperado por cada uma das teorias, e tendo isso estabelecido, foram apresentados experimentos e os valores encontrados que estariam associados com a existência de um campo adicional.

A primeira hipótese para a existência de um campo adicional em um fio condutor seria causada pela presença da carga teste que induziria uma distribuição de cargas em que a densidade de carga ficaria maior perto do corpo de teste, gerando uma força ( $\vec{F}_0$ ) que apontaria na direção do fio.

A segunda hipótese vem de uma ideia proposta por Kirchhoff em que a resistência do fio condutor geraria uma distribuição de cargas superficiais no fio enquanto seus terminais estivessem ligados à uma bateria, causando uma interação elétrica com a partícula teste, que poderia ser descrita por uma força ( $\vec{F}_1$ ).

A terceira é o resultado previsto pela teoria de Weber, em que a carga teste sofreria uma interação adicional análoga a um efeito de campo elétrico, sendo este gerado pelo movimento das cargas da corrente constante, formalizada por uma força ( $\vec{F}_2$ ).

O formalismo matemático para essas forças está explicado no trabalho.

Substituindo-se valores para um exemplo particular apresentado na sessão 7 da Ref. [2], pode-se concluir que o módulo da componente radial da força  $\vec{F}_0$  gerada por esse “novo” campo elétrico é da ordem de  $10^{-6}$  N, o módulo da força  $\vec{F}_1$  (força devido à distribuição de cargas feita pela bateria) é da ordem de  $10^{-10}$  N e o módulo da força  $\vec{F}_2$  (força calculada com a equação de Weber) é da ordem de  $10^{-16}$  N. Seguindo para a análise dos resultados experimentais disponíveis na literatura, conseguimos encontrar um efeito da magnitude da força  $\vec{F}_0$  que pode ser explicado pela primeira ideia apresentada.

Sabendo a ordem de grandeza das forças citadas, podemos dizer que o módulo da força  $\vec{F}_1$  já foi conseguido em um experimento feito por Jefimenko (Ref. [4], p. 19 à 21 e Ref. [2], p. 747 a 751) em que ele utiliza sementes de grama como partículas teste. As sementes de grama são neutras, não induzindo cargas no fio, porém tem uma particularidade de serem facilmente polarizadas na presença de um campo elétrico, alinhando-se com ele, comportamento similar ao da limalha de ferro com as linhas de campo magnético.

Considerando a ideia de Kirchhoff válida, e a força encontrada sendo bem maior do que a força que seria achada por Weber, precisaríamos arrumar um jeito de anular essa interação dada por  $\vec{F}_1$ , e depois tentar detectar alguma interação adicional gerada apenas pelo movimento das cargas, e foi isso que Edwards, Kenyon e Lemon (Ref. [5]) fizeram: contornaram a situação utilizando supercondutores, pois como a resistência tende a zero,

$\vec{F}_1$  também tenderia a zero. Com esse experimento, eles encontraram uma força com a ordem de grandeza esperada pela teoria de Weber para aquela situação. Concluíram também que o campo elétrico era proporcional ao quadrado da corrente elétrica, que ele não dependia da direção dessa corrente e que sempre apontava radialmente em direção ao fio, resultado que vai totalmente de acordo com o resultado esperado pela Eletrodinâmica de Weber.

## Conclusões

Concluimos que, embora alguns resultados sejam convergentes, as duas teorias são bem diferentes tanto na equação e resultados quanto na filosofia subjacente. Enquanto o Eletromagnetismo Clássico trata de campos que se propagam gerados por cargas, Weber traz uma teoria de ação a distância, em que a força depende apenas das posições relativas entre as cargas em questão, e suas velocidades e acelerações relativas.

Vimos também que, mesmo sem considerar a equação de Weber, um efeito de campo elétrico surge ao estabelecermos uma corrente contínua em um fio condutor, e que esse efeito tem ordem maior do que o previsto por Weber nas situações analisadas, refutando aqueles que diziam não haver qualquer efeito de campo elétrico adicional ao passar corrente num fio condutor.

E, embora um só experimento não possa nos certificar de nada, pelo menos os resultados obtidos com o experimento de Edwards, Kenyon e Lemon estão de acordo com aqueles previstos pela Eletrodinâmica de Weber, sendo uma boa explicação para o fenômeno observado.

## Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Daniel Gardelli pela orientação durante o período do projeto.

## Referências

- [1]- A. K. T. Assis. Curso de Eletrodinâmica de Weber. Campinas: Instituto de Física “GLEB WATAGHIN” - Setor de Publicações, 1992.
- [2]- A. K. T. Assis; W. A. Rodrigues Jr.; A. J. Mania. The Electric Field Outside a Stationary Resistive Wire Carrying a Constant Current. Foundations of Physics, v. 29, n. 5, 1999.
- [3]- A. K. T. Assis. Can a Steady Current Generate an Electric Field? Physics Essays, v. 4, n. 1, 1991.
- [4]- O. Jefimenko. Demonstration of the Electric Fields of Current-Carrying Conductors. American Journal of Physics, v. 30, p.19-21, 1962.
- [5]- W. F. Edwards; C. S. Kenyon; D. K. Lemon. Continuing investigation into possible electric fields arising from steady conduction currents. Physical Review D, v. 14, n. 4, 15 de agosto de 1976.
- [6]- A. K. T. Assis. Eletrodinâmica de Weber: Teoria, aplicações e exercícios. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.

[7]- O'Rahilly, A. Electromagnetic Theory - A Critical Examination of Fundamentals. New York: Dover, 1965.