

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE**

WESLLAYNE COSME DO NASCIMENTO

**CRIAÇÃO DE MATERIAL ADAPTADO DE ELETROSTÁTICA PARA ALUNOS
CEGOS ALFABETIZADOS EM BRAILLE**

NATAL

2023

WESLLAYNE COSME DO NASCIMENTO

**CRIAÇÃO DE MATERIAL ADAPTADO DE ELETROSTÁTICA PARA ALUNOS
CEGOS ALFABETIZADOS EM BRAILLE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de graduação.

Orientador: Prof. Me. Flávio Urbano Da Silva

NATAL

2023

Nascimento, Wesllayne Cosme do.

N244c Criação de material adaptado de eletrostática para alunos cegos alfabetizados em braile / Wesllayne Cosme do Nascimento. – 2023.
42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.
Orientador: Me. Flávio Urbano da Silva.

1. Eletrostática - Física – Cegos. 2. Inclusão de cegos. 3. Braille. 4. Cegos. I. Título.

CDU: 53:376-056.262

WESLLAYNE COSME DO NASCIMENTO

**PROPOSTA DE PRODUÇÃO DE MATERIAL ADAPTADO PARA ALUNOS CEGOS
ALFABETIZADOS EM BRAILLE**

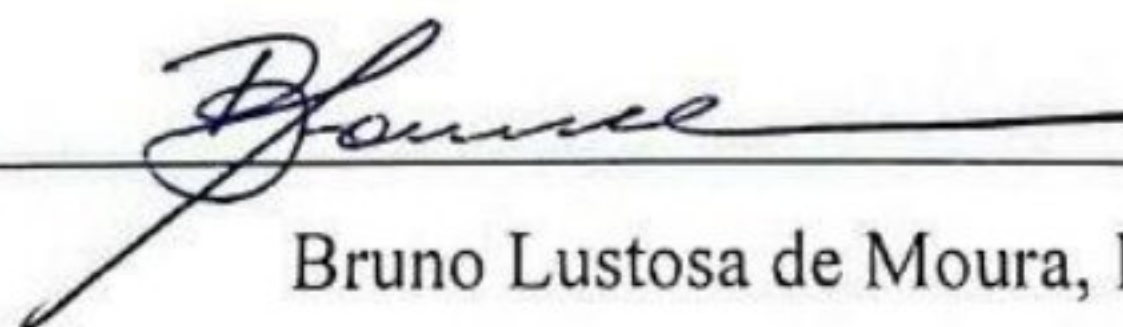
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de graduação.

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado em 13/07/2023 pela seguinte Banca Examinadora:



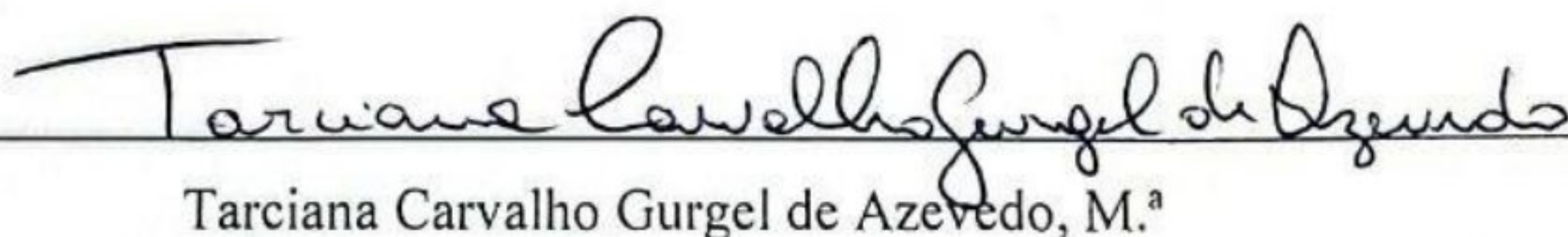
Flávio Urbano da Silva, M.e – Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Bruno Lustosa de Moura, Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Tarciana Carvalho Gurgel de Azevedo, M.^a

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho a Maria Clara Diniz, a qual tive o prazer de conviver e ajudar sempre que necessário em seus estudos, pois sempre foi muito dedicada e amorosa em tudo o que fazia, apesar de suas limitações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao dom da vida, em poder vivenciar esta experiência de formação, a ter saúde e capacidade para buscar minhas metas e objetivos.

A minha família e as pessoas que me acolheram quando perdi meus pais, para dar suporte e continuidade a minha vida, a ajuda de todos foi fundamental para o meu desempenho de hoje.

Ao IFRN e toda assistência social que me manteve ativa no curso no decorrer destes anos, com ajuda de custos que foram também fundamentais a minha permanência na instituição.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Pessoal (CAPES), pela ajuda financeira pelos programas de iniciação à docência (PIBID) e Residência Pedagógica, aos quais contribuíram fortemente a minha formação docente.

Ao Prof. Me. Flavio Urbano da Silva, pela paciência, competência e excelente orientação para este trabalho e para o curso.

Aos colegas da turma do curso, pelas reflexões, pelas memórias, pelas risadas proporcionadas, pelas críticas e contribuições recebidas.

E por último e não menos importante, a Maria Clara Diniz, a colega que motivou este trabalho e me concedeu a oportunidade de ampliar meus horizontes na física, no dia a dia, e no modo de viver a vida apesar de suas dificuldades e limitações.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a criação de um objeto educacional, em forma de uma apostila adaptada em linguagem braille, com o conteúdo específico da disciplina de Física, a Eletrostática, a qual será destinada a alunos cegos alfabetizados nesta linguagem braille. Com o compromisso de fornecer condições de igualdade com acesso aos materiais de estudo, para incluir estes alunos e satisfazer suas especificidades. Usando o *software* Braille fácil 4.01 para esta adaptação, segundo as Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille para sua confecção, e conforme prever as legislações da inclusão de alunos com esta deficiência em institutos federais, dado a crescente demanda de vagas em escolas regulares de ensino, institutos federais e universidades públicas a cada ano. É também apresentado o processo de inclusão de pessoas cegas em escolas regulares de ensino no Brasil com um breve resumo histórico e contextualização do assunto tratado. Assim como o processo de criação do material, desde a delimitação do conteúdo, adaptação de fórmulas e gráficos, e o processo de confecção da apostila, seguindo o manual legal destinado para este fim.

Palavras-chave: inclusão; cegos; braille; adaptação.

ABSTRACT

This work aims to create an educational resource in the form of a Braille-adapted booklet, containing specific content from the Physics discipline, focusing on Electrostatics. The material will be intended for blind students who are literate in Braille. The main goal is to provide equal access to study materials, ensuring the inclusion and fulfillment of the specific needs of these students. The adaptation process will be carried out using Braille Fácil 4.01 software, following the Technical Standards for the Production of Braille Texts, and complying with the legislation regarding the inclusion of students with this disability in federal institutes. This is in response to the increasing demand for placements in regular schools, federal institutes, and public universities each year. Additionally, this work presents the process of including visually impaired individuals in regular schools in Brazil, providing a brief historical overview and contextualization of the topic. It also covers the material creation process, starting from content selection and adapting formulas and graphics, to the production of the booklet, in accordance with the legal guidelines established for this purpose.

Keywords: inclusion; visually impaired; braille.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBC	Instituto Benjamin Constant
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira
MEC	Ministério da Educação
NEE	Necessidades Educativas Específicas
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	PRIMEIROS ALUNOS CEGOS EM ESCOLAS DO BRASIL.....	17
2.1	INCLUSÃO DE CEGOS EM ESCOLAS REGULARES DE ENSINO NO BRASIL.....	18
3	O SISTEMA BRAILLE E SUA CRIAÇÃO.....	20
4	REVISÃO TEÓRICA DE FÍSICA.....	24
5	O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO OBJETO EDUCACIONAL.....	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29
	ANEXO A – ADAPTAÇÃO DO LIVRO: TÓPICOS DE FÍSICA COM O SOFTWARE: BRAILLE FÁCIL 4.01.....	32

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, tem se tornado cada vez mais evidente a crescente demanda pela inclusão de alunos com necessidades educativas específicas (NEE) no ambiente escolar regular. Esses alunos não são mais direcionados exclusivamente para escolas especializadas ou salas multifuncionais em escolas de ensino fundamental e médio. Contudo, essa mudança tem ressaltado a falta de preparo de muitas escolas e instituições em fornecer educação de qualidade e inclusão a esses alunos.

Diante dessa dura realidade, este trabalho busca apresentar uma solução viável para o desafio enfrentado por muitos educadores: a adaptação de um material didático específico para alunos cegos e alfabetizados em Braille, focado na disciplina de Física. Será abordado o conteúdo de eletrostática de nível médio, um tema recorrente nas ementas de alguns cursos oferecidos pelo IFRN.

A criação deste material didático personalizado pode ser um recurso valioso para incluir e envolver esses alunos, permitindo-lhes acesso ao conhecimento em igualdade de condições com seus colegas de classe. Além disso, o material apresentado neste trabalho poderá ser adaptado para outros conteúdos e níveis educacionais, proporcionando uma solução ainda mais ampla e abrangente para a educação inclusiva.

É importante ressaltar que, embora a adaptação de materiais didáticos seja uma medida positiva para garantir a inclusão de alunos com NEE, é necessário que as escolas e instituições desenvolvam políticas e práticas inclusivas que permitam que esses alunos se sintam acolhidos e tenham a oportunidade de se desenvolver plenamente em todos os aspectos da sua vida escolar. A inclusão não deve se limitar apenas à adaptação de materiais, mas sim ser um processo contínuo e holístico, que engloba toda a comunidade escolar.

É público e previsto pela Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015:

“projeto pedagógico que institucionalize o atendimento educacional especializado, assim como os demais serviços e adaptações razoáveis, para atender às características dos estudantes com deficiência e garantir o seu pleno acesso ao currículo em condições de igualdade, promovendo a conquista e o exercício de sua autonomia” (BRASIL, 2015).

A inserção de estudantes com necessidades educativas específicas (NEE) no âmbito escolar representa uma mudança significativa no cenário educacional. Com essa nova realidade,

as escolas precisam estar cada vez mais preparadas e conscientes de que a inclusão desses alunos não se limita apenas ao fornecimento de materiais adaptados, mas também a uma mudança de cultura e atitude da comunidade escolar como um todo. É necessário que haja uma compreensão aprofundada sobre como realizar a inclusão e proporcionar igualdade de oportunidades a todos os alunos.

No caso do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), essa compreensão é traduzida em seu projeto político pedagógico, onde está previsto o Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais (NAPNE). O NAPNE tem a função de definir diretrizes para promover a inclusão de pessoas com necessidades educacionais específicas, buscando sempre o respeito às diferenças e à igualdade de oportunidades.

Como é previsto em seu projeto político pedagógico, o IFRN possui um núcleo especializado, o Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais (NAPNE), que tem a finalidade de “definir diretrizes que promovam a inclusão de pessoas com necessidades educacionais específicas (PNEEs), buscando o respeito às diferenças e à igualdade de oportunidades”. O NAPNE dispõe de um espaço para realização de monitoria individualizada, e produção de material adaptado para ajudar nas monitorias para os estudantes deficientes.

Nesse contexto, o NAPNE do IFRN disponibiliza um espaço destinado à monitoria individualizada e produção de materiais adaptados para atender às necessidades dos estudantes com deficiência. Essa estrutura oferece suporte pedagógico e auxílio para que esses alunos possam acompanhar o conteúdo da disciplina e obter o melhor aproveitamento possível.

Assim, é fundamental que as instituições de ensino estejam preparadas para atender às necessidades dos estudantes NEE e promover a inclusão, não só através de materiais adaptados, mas também com uma mudança de cultura e atitude da comunidade escolar, proporcionando uma educação de qualidade e igualdade de oportunidades a todos.

Desde que foi instituída, a Lei nº 10.753, de 30 de outubro de 2003 assegura à pessoa com deficiência visual o acesso à leitura, pelo Programa Nacional do Livro Didático Acessível (PNLD/Acessível). Este programa destina livros escritos em braille-tinta, para estudantes cegos ou com baixa visão, para escolas públicas de todo Brasil, o programa também garante aos alunos cegos e com baixa visão, matriculados nas escolas públicas, o acesso direto ao conteúdo dos livros didáticos comuns traduzidos em braille, que podem ser reutilizados por outros alunos na mesma situação em anos seguintes. É fundamental ações afirmativas como a prevista neste trabalho nos institutos federais, esses estabelecimentos de ensino vêm recebendo um grande

volume de alunos com NEE a cada ano, tanto no ensino médio técnico quanto no ensino superior.

A lei nº 12.711, de 29 de agosto de 2012 que estabelece a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino mostra a responsabilidade do IFRN ao receber estes alunos, pois além de integrar a instituição precisa dar o suporte necessário para inclusão plena acontecer.

O propósito primordial deste estudo é a criação de um material didático adaptado, destinado a alunos com necessidades educacionais específicas (NEE), com foco específico na disciplina de Física, mais precisamente na área de Eletrostática. Para isso, serão utilizadas referências bibliográficas de nível médio, a fim de se garantir uma linguagem clara e objetiva, capaz de propiciar ao aluno uma compreensão plena do conteúdo abordado. A transcrição do material para o sistema braille é um elemento crucial para se proporcionar igualdade de oportunidades aos alunos cegos, que muitas vezes enfrentam barreiras e limitações em sua educação devido à falta de recursos adaptados. Além disso, fórmulas simplificadas e desenhos ilustrativos serão utilizados como ferramentas pedagógicas eficientes para auxiliar na compreensão dos conceitos abordados, tornando o aprendizado mais acessível e dinâmico. O compromisso em fornecer um material didático inclusivo, de qualidade e adaptado às necessidades específicas dos alunos com NEE é um passo importante para promover a igualdade de oportunidades e garantir uma educação mais justa e acessível a todos.

O interesse na criação deste material surgiu de uma experiência singular vivenciada durante a graduação na licenciatura em Física no IFRN. A oportunidade de participar como voluntária no NAPNE, prestando monitoria de Física para uma aluna cega que ingressou no mesmo curso no ano de 2019, aguçou a curiosidade em criar um material que pudesse ser adaptado para atender às necessidades específicas dessa aluna. Ao participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem dessa estudante, foi possível perceber as dificuldades que ela enfrentava em disciplinas específicas do curso, como Mecânica e Eletromagnetismo Básicos.

Com o apoio de outros colegas e professores, todos interessados em produzir e adaptar conteúdos, foi possível criar materiais táteis que auxiliassem na apresentação do conteúdo. Por meio de adaptações simples, como a utilização de palitos de churrasco para representar vetores e a escrita de equações com cola quente em folhas grossas, foi possível proporcionar uma compreensão mais acessível e tangível do conteúdo. Esses esforços refletiram um compromisso empenhado em oferecer suporte em dias e horas marcadas, demonstrando a dedicação em fornecer um ambiente de aprendizagem inclusivo e acessível para todos os alunos.

Sempre buscando novos meios de fazer o conteúdo chegar até essa aluna de forma mais acessível e clara possível. Essa vivência voltou-me a atenção para esta necessidade de acessibilidade e a produção materiais adaptados para a disciplina de Física, de como estes materiais impressos serem úteis no processo de ensino-aprendizagem. A colega de curso Maria Clara Diniz, a estudante deficiente visual, sempre foi muito aplicada e esforçada nas disciplinas, porém sempre ficava muito dependente dos materiais adaptados que produzíamos, sempre fez questão de gravar o áudio das aulas e monitorias como uma forma de poder estudar fora do ambiente escolar, os materiais adaptados trariam mais autonomia nos estudos individuais, uma vez que ela era alfabetizada também em braille. O Eletromagnetismo é uma parte da Física que é muito abstrata, por conter conceitos e leis que não se podem tocadas, o que dificulta muito a construção de materiais adaptados, é um desafio hercúleo a produção deste material aqui apresentado.

A sessão primária desta monografia discorre sobre o processo de inclusão de alunos cegos em escolas especializadas no Brasil, um pouco da história da criação dessas escolas e de seus criadores. Ainda neste capítulo é mostrado o momento em que as escolas regulares de ensino passaram a receber os alunos cegos e com baixa visão e a introdução do livro didático em braille para estes alunos.

A sessão secundária apresenta o sistema braille e sua criação, com uma abordagem histórica sobre a vida e obra do seu criador Louis Braille, com as dificuldades enfrentadas e as influências para tal criação. Este capítulo também mostra como a escrita no sistema braille é utilizada atualmente no Brasil, e como funcionam as normas de produção de materiais usando a linguagem do sistema braille com o passo-a-passo.

Na sessão terciária é feita uma breve introdução aos conteúdos de Física que foram trabalhados no material adaptado objeto deste trabalho e na sequência é trazida as considerações finais deste trabalho.

2 PRIMEIROS ALUNOS CEGOS EM ESCOLAS DO BRASIL

Antes mesmo de cogitar a criação de instituições educacionais especializadas no Brasil para o ensino de pessoas cegas, esse tipo de educação já era amplamente difundido em outros países, principalmente em Paris, onde a influência e as inovações pedagógicas eram intensas. Foi nessa cidade cosmopolita que José Álvares de Azevedo (1834-1854) teve a oportunidade ímpar de estudar no Instituto de Jovens Cegos de Paris e conhecer o inovador sistema de leitura e escrita em braille. A partir desse contato, ele teve a brilhante iniciativa de incentivar a criação de uma instituição semelhante no Brasil, em uma época em que a educação para pessoas cegas era incipiente e carente de recursos. A sua contribuição para a causa da educação para pessoas cegas no Brasil é inestimável, uma vez que ele foi pioneiro na difusão do sistema braille em nosso país, o que possibilitou o acesso de muitas pessoas cegas a uma educação de qualidade.

A ideia foi levada ao Imperador D. Pedro II, que gostou do que lhe foi apresentado. Mas foi apenas no ano de 1854, seis meses após a morte de José Álvares de Azevedo, que foi criado o Imperial Instituto dos Meninos Cegos pelo decreto n.º. 1.428, de 12 de setembro do mesmo ano no Rio de Janeiro, e tinha como intuito: “Ministrar a instrução primária e alguns ramos da secundária, educação moral e religiosa, ensino de música, bem como ofícios fabris”. (Cabral 2015), este foi o primeiro colégio de cegos da América Latina e ainda é a única Instituição Federal de ensino destinada a possibilitar a educação de cegos e com baixa visão no país.

A estrutura acadêmica do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, era formada por professores de diversas áreas como: Primeiras letras, música vocal e instrumental, artes mecânicas, medicina, capelão (Sacerdote) e um inspetor de alunos. Onde havia um inspetor por turma de cada dez meninos, que a princípio teve apenas três turmas, sendo que dez desses meninos eram aceitos de forma gratuita quando alegavam pobreza, isso às custas do governo imperial, o instituto possuía também alguns empregados e serventes indispensáveis. Em 1891, o instituto passou a ser chamado de Instituto Benjamin Constant (IBC), com a Proclamação da República.

Segundo o portal do IBC (Projeto Memória-Instituto Benjamin Constant, 2022):

“O aumento do número de alunos, vindos de todos os estados brasileiros, exigiu novas instalações. Para atender à demanda crescente, foi idealizado e construído a sede atual. A mudança definitiva para o majestoso prédio de estilo neoclássico localizado na antiga Praia da Saudade, hoje Praia Vermelha, aconteceu no dia 26 de fevereiro de 1891, poucos meses antes do decreto que

mudou novamente o nome da instituição para Instituto Benjamin Constant, que permanece até hoje”.

Isso possibilitou que muitas portas fossem abertas, em escolas secundárias e universidades para os alunos cegos, que saíam do IBC aptos a prosseguir nos estudos e preparados para a vida, assim como a criação muitas outras escolas especializadas e institutos pelo Brasil todo, sendo alguns deles: 1926 – Instituto São Rafael, – Belo Horizonte-MG, 1928 – Instituto Padre Chico – São Paulo-SP, 1929 – Instituto de Cegos da Bahia – Salvador-BA, 1941 – Instituto Santa Luzia – Porto Alegre-RS, 1943 – Instituto de Cegos do Ceará – Fortaleza-CE e em 1957 – Instituto de Cegos Florisvaldo Vargas – Campo Grande-MS. Com o passar dos anos, e com as mudanças que ocorrem na sociedade, foi-se abrindo cada vez mais o olhar para essa necessidade, de inclusão de pessoas com NEE em escolas, universidades e mercado de trabalho, para isso, foram criadas cada vez mais decretos e leis com o passar dos anos, visando a princípio integrar essas pessoas nesses meios, e hoje a prioridade é a inclusão de fato.

2.1 INCLUSÃO DE CEGOS EM ESCOLAS REGULARES DE ENSINO NO BRASIL

A educação inclusiva de pessoas cegas requer muito mais do que simplesmente criar uma sala de aula e colocá-las dentro. Além disso, a falta de livros e materiais didáticos traduzidos para o braille é uma realidade em muitas instituições de ensino ditas "normais", como as escolas públicas de ensino. Nesse contexto, Dorina de Gouvêa Nowill, uma notável mulher que perdeu a visão aos dezessete anos de idade, destacou-se por criar a Fundação para o Livro do Cego no Brasil. Ela foi a primeira mulher cega a ser aceita em uma escola de ensino regular no Brasil, e dedicou o restante de sua vida à educação de pessoas cegas alfabetizadas em braille e à acessibilidade desses materiais. Para isso, ela se especializou em educação de cegos no Teacher's College da Universidade de Columbia, em Nova York, nos Estados Unidos.

Em seu site dedicado em prol da sua luta diz (Fundação Dorina Nowill para cegos, 2022):

“Percebendo a carência, no Brasil, de livros em braille – sistema de escrita e leitura para cegos – criou a então Fundação para o Livro do Cego no Brasil, que iniciou suas atividades em 11 de março de 1946”.

É notável perceber que o compromisso com a inclusão de pessoas com necessidades educacionais especiais (NEE) em escolas regulares e o fornecimento de materiais adequados para a sua formação continuam sendo iniciativas imprescindíveis na atualidade. De fato, desde o longínquo ano de 1937, já existia o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) que, dentre os seus objetivos, visava a distribuição de livros didáticos para alunos da rede pública de ensino no Brasil. Como não poderia deixar de ser, ao longo dos anos, o programa precisou se adaptar às novas demandas e realidades do ensino público brasileiro, resultando em diversas mudanças e melhorias.

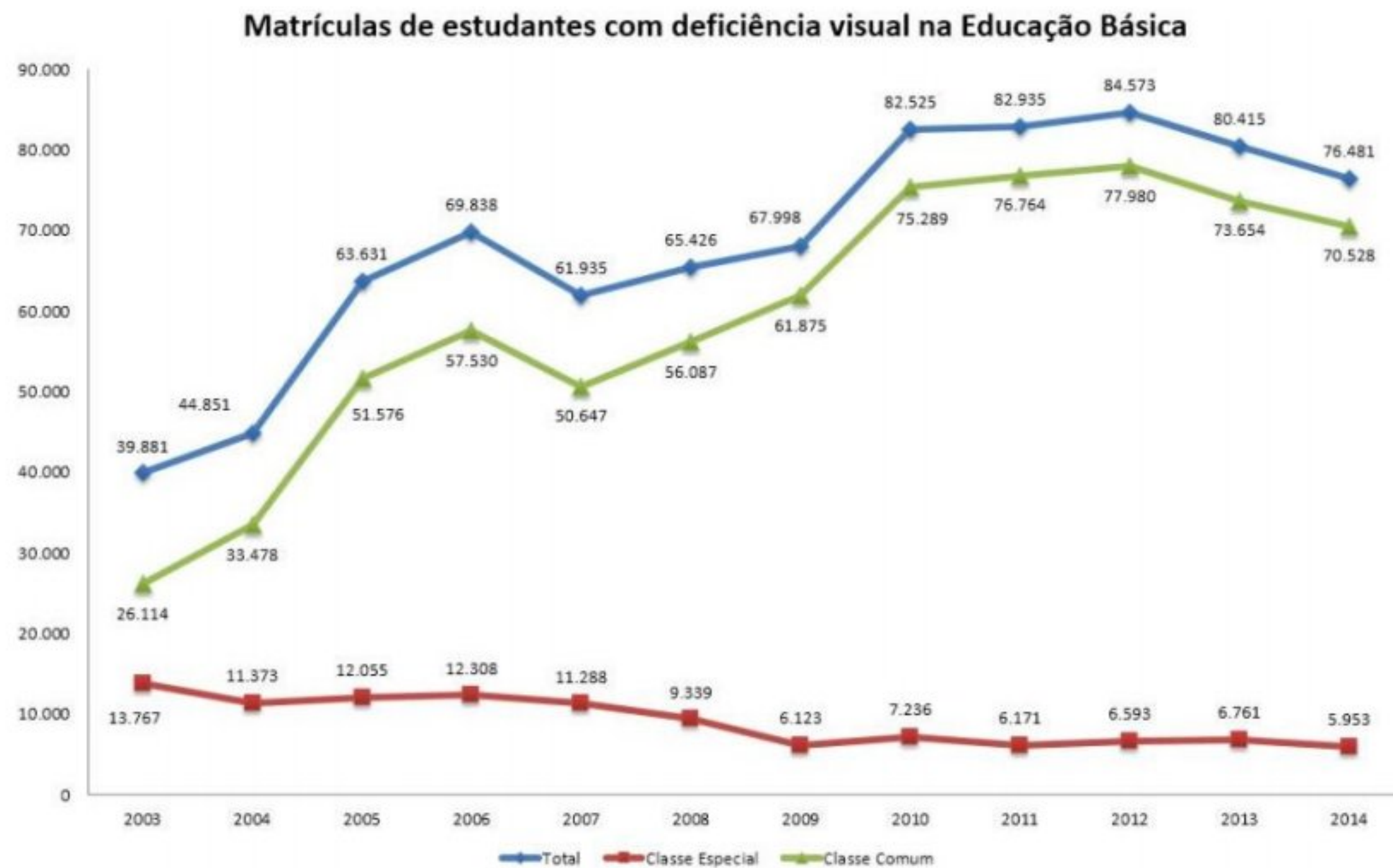
Uma dessas melhorias foi a criação do Programa Nacional do Livro Didático Acessível (PNLD/Acessível), em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e o Instituto Benjamin Constant (IBC). Esse programa busca atender às necessidades específicas dos alunos com deficiência visual, garantindo que eles tenham acesso a materiais didáticos adaptados às suas particularidades. É importante lembrar que essa iniciativa só foi possível graças ao esforço e dedicação de muitas pessoas que lutaram pela inclusão educacional das pessoas com deficiência visual, como a renomada Dorina de Gouvêa Nowill, que se destacou por sua contribuição para a acessibilidade dos materiais educativos em braille no Brasil. De acordo com o (Ministério da Educação-MEC, 2022), seus objetivos são:

“Promover a acessibilidade, no âmbito do Programa Nacional Livro Didático – PNLD e Programa Nacional da Biblioteca Escolar - PNBE, assegurando aos estudantes com deficiência matriculados em escolas públicas da educação básica, livros em formatos acessíveis. O programa é implementado por meio de parceria entre SECADI, FNDE, IBC e Secretarias de Educação, às quais se vinculam os CAP - Centro de Apoio Pedagógico a Pessoas com Deficiência Visual e os NAPPB – Núcleo Pedagógico de Produção Braille”.

Ao se analisar o cenário educacional brasileiro durante o período compreendido entre 2003 e 2014, conforme levantamento realizado pelo Ministério da Educação (MEC), pode-se perceber uma crescente presença de pessoas com deficiência visual em escolas públicas do país. Tal fato, sem dúvidas, representa uma evolução na política de inclusão escolar adotada pelo governo brasileiro, que vem procurando promover o acesso e a permanência dessas pessoas nas instituições de ensino, assegurando-lhes condições de aprendizagem adequadas e adaptadas às suas especificidades e necessidades. Nesse sentido, é importante destacar o papel fundamental desempenhado pela acessibilidade de matrículas e materiais didáticos adaptados, os quais têm

contribuído para ampliar as possibilidades de desenvolvimento e aprendizagem desses estudantes, permitindo-lhes uma formação mais completa e abrangente.

Figura 1: Imagem do gráfico do Censo Escolar MEC\INEP



Fonte: Programas e Ações - Ministério da Educação (MEC)

3 O SISTEMA BRAILLE E SUA CRIAÇÃO

O sistema leva o nome do seu criador Louis Braille (1809-1852), Braille sofreu um acidente na oficina de seu pai ainda quando criança, aos três anos de idade enquanto brincava com as ferramentas de seu pai, o menino furou um dos olhos, que infeccionou e acabou atingindo o outro olho, e o menino ficou totalmente cego com apenas cinco anos de idade. Quando passados alguns anos, Braille vinha se adaptando sem o uso da visão, e aos dez anos foi levado para o Instituição real para crianças cegas de Paris, onde teve acesso a alguns livros escritos em idioma local e em alto relevo, escritos por Valentin Haüy (1745-1822) este foi a primeira pessoa que se tem ciência, que se interessou pela educação de pessoas cegas, foi o criador da primeira escola para cegos, gerando oportunidades para aqueles que até então, eram vistos como “ineducáveis”. Porém, os livros escritos e feitos por ele tinham letras muito grandes, que tomavam muito espaço entre as páginas e dificultava a leitura e confecção desses materiais.

Foi então que um capitão da artilharia do exército do rei Luís XVIII da França, ouvira falar sobre a escola de crianças cegas, e levou algo interessante para o instituto dos meninos

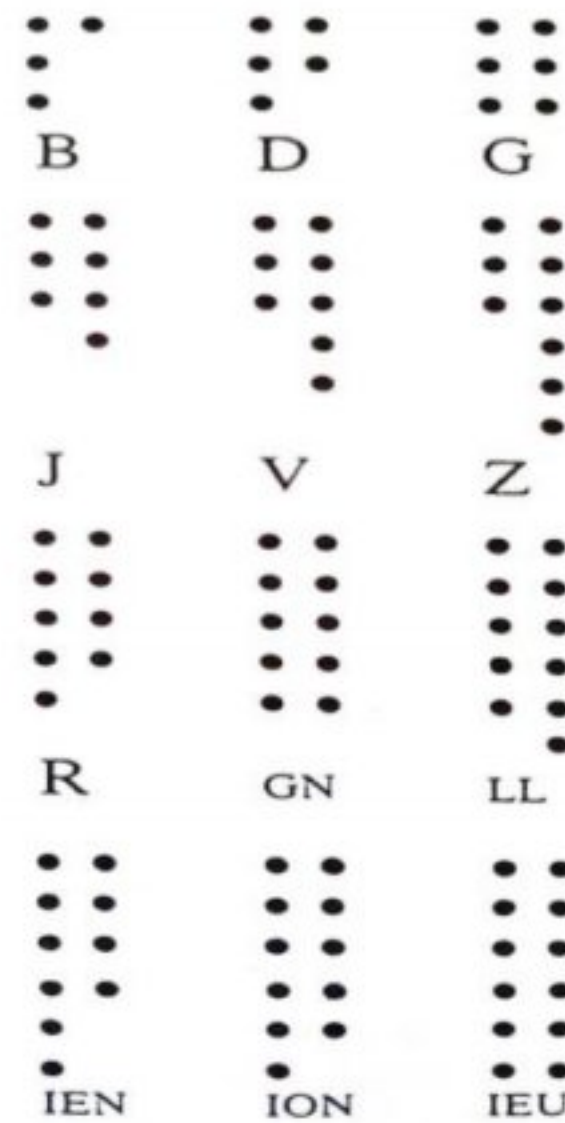
cegos de Paris, um método de escrita desenvolvido pelo capitão Charles Barbier (1767- 1841), onde explica (BIRCH, 1993, p.30) “Desenvolvera o método de modo que as ordens militares pudessem ser passadas secretamente entre os soldados, não importando o quão escuro estivesse, e batizara o sistema de escrita noturna.”. E foi assim que Braille teve conhecimento a respeito da escrita noturna de soldados por volta do ano de 1825, e logo teve domínio do sistema de Barbier, de modo que percebera certa complexidade na escrita, e ausência de algumas letras e principalmente dos acentos que são eram muito importantes na escrita francesa, como mostra a figura 1.

O método desenvolvido pelo Barbier, segundo o autor (BIRCH, 1993).

“A sonografia de Barbier: os pontos arranjados em uma grade de seis linhas horizontais por seis fileiras verticais, nas quais Barbier ordenava os sons. Os pontos indicavam a posição de cada som nesta grade: contava-se o número de pontos na primeira coluna para encontrar qual fileira descia e, então, aqueles da segunda coluna para encontrar qual linha cruzava. A partir desse método, Braille teve a idéia de usar pontos em relevo”.

Braille então resolveu adaptar o método da escrita dos pontinhos para ser usual para leitura escrita dos cegos, levou anos aprimorando o sistema, para que se tornasse o mais simples possível. Segundo (BIRCH, 1993, p.34): “Ele encontrara um modo de formar todas as letras do alfabeto, os acentos, os sinais de pontuação e os signos matemáticos usando apenas seis pontos e alguns pequenos traços horizontais.”. E ele de fato conseguiu fazer um sistema, que utiliza de seis pontos em relevo, distribuídos em duas colunas e possibilitou a formação de 63 símbolos diferentes de forma mais simples e de fácil leitura e escrita para que todos os cegos pudessem fazer uso do método sem muita dificuldade, como era o do capitão Barbier.

Figura 1: Alfabeto de Charles Barbier



Fonte: Os grandes humanistas Louis Braille

Dois anos após a morte de Louis, o método braille foi oficialmente adotado na França, e em 1878 no Congresso Intencional de Surdos-Mudos e Cegos de Paris, foi reconhecido como o melhor sistema de leitura e escrita para pessoas cegas e tornou-se universal (BIRCH, 1993). Como é notado, o Louis mereceu que esse modo de escrita levasse o seu nome, pois o método de escrita noturna já existia a algum tempo, e ninguém antes dele teve a perspicácia de transformá-lo em uma linguagem tão simples e acessível a um público até então esquecido, sem métodos eficazes para se ensinar a ler, escrever e ter uma formação decente como uma pessoa vidente.

Fotografia 2: Alfabeto de Louis Braille

A	B	C	D
E	F	G	H
I	J	K	L
M	N	O	P
Q	R	S	T
U	V	W	X
Y	Z		

Fonte: Os grandes humanistas Louis Braille

O Sistema Braille consiste em um arranjo com seis pontos em alto relevo, distribuídos em duas colunas, com três pontos cada em forma de um retângulo com seis milímetros de altura, por aproximadamente três milímetros de largura, este arranjo é chamado de “cela braille” ela ou célula braille, é espaço retangular onde se produz um sinal braille, e para facilitar seu entendimento, estes pontos foram enumerados de cima para baixo na coluna da esquerda: pontos 123; do alto para baixo na coluna da direita: pontos 456, Como mostra a Figura 3.

Figura 3: Cella Braille



Fonte: Os grandes humanistas Louis Braille.

Desse modo foi possível escrever em qualquer idioma, da forma que fosse necessário para adaptar livros e obras relevantes para cada campo de estudo. O Sistema Braille foi empregado de modo universal, e tem aplicações na Literatura, Matemática, Química, Física, Informática, Musicografia e Fonética.

O sistema braille é uma ferramenta poderosa para a educação de pessoas cegas, pois permite não só a escrita de textos em linguagem natural, mas também a representação de números, equações e tabelas, como explicitado nas Normas Técnicas Para a Produção de Textos em Braille. Essas normas foram elaboradas pela Comissão Brasileira do Braille (CBB), seguindo estritamente o inciso II do artigo 3º da Portaria Ministerial 319 de 26 de fevereiro de 1999, a fim de garantir a padronização da produção de textos em braille no país. As normas incluem diretrizes detalhadas para a produção de textos em braille, desde a escolha do tipo de papel, até a organização da paginação e as regras para a representação de símbolos matemáticos e tabelas. É importante destacar que essas normas são um marco para a inclusão de pessoas

cegas na educação e a produção de materiais acessíveis é fundamental para que essas pessoas tenham igualdade de oportunidades no ambiente escolar.

4 REVISÃO TEÓRICA DE FÍSICA

O material resultado desse trabalho, abordará acerca do conteúdo introdutório de eletrostática, que é a parte da física que estuda as cargas elétricas em repouso, e é introduzida geralmente no terceiro ano do ensino médio.

A eletricidade é um dos fenômenos naturais mais incríveis que existe, estando presente em nosso dia a dia, quando ligamos algum objeto na tomada ou vemos um raio no céu. Os primeiros registros que se tem sobre o estudo da eletricidade vem da Grécia antiga com o matemático Tales de Mileto (640-546 a.C.), ao notar que o atrito de uma resina chamada de âmbar com pele de animal ou tecido, a resina passava a atrair pequenos pedaços de outros materiais como penas de animais. Foi estudado posteriormente por William Gilbert (1540-1603) com os estudos com ímãs, e assim muitos outros deram continuidade aos estudos dos fenômenos da eletricidade e do magnetismo. (Gualter, Newton, Helou, 2012).

4.1 CARGAS ELETRICAS

A eletrostática é parte da física que estuda as propriedades e a interação entre as cargas elétricas em repouso, estas cargas encontram-se nos átomos, estando os prótons e os nêutrons no núcleo do átomo e os elétrons ficam orbitando a eletrosfera ao redor do núcleo. Os prótons e os elétrons possuem a mesma carga, porém sinais opostos e é conhecida como carga elétrica elementar (e) onde $e = 1,6 \times 10^{-19}C$, sua unidade no SI é o Coulomb. (Ramalho, Nicolau, Toledo, 1995).

4.1.1 processos de eletrização de um corpo

É importante ressaltar que a eletrização de um corpo é uma condição elétrica que ocorre quando há um desequilíbrio entre as cargas positivas e negativas. Tal desequilíbrio pode ser ocasionado por diversos fatores, tais como fricção, contato com outros corpos eletrizados, entre outros. O resultado dessa eletrização pode gerar uma série de efeitos no comportamento do corpo, como a atração ou repulsão com outros corpos eletrizados. Vale destacar que esse

fenômeno é regido pelo princípio eletrostático da atração e repulsão, que é uma das bases da eletricidade.

Existem diferentes materiais que podem apresentar características elétricas distintas, alguns deles são mais propensos a sofrer trocas de cargas elétricas do que outros. Esses materiais que possuem maior facilidade para a movimentação das cargas elétricas são chamados de materiais condutores. Eles apresentam elétrons livres, que são os elétrons mais externos do átomo e que possuem uma ligação mais fraca com o núcleo. Como exemplo de material condutor, podemos citar o ferro, que possui elétrons livres em sua estrutura atômica e, por isso, é capaz de conduzir corrente elétrica de forma eficiente. Essa característica é de grande importância em diversas aplicações tecnológicas, como na produção de fios elétricos e componentes eletrônicos. Os materiais isolantes são caracterizados por apresentarem uma baixa condutividade elétrica, ou seja, uma resistência à passagem de corrente elétrica. Isso ocorre devido à forte ligação dos elétrons com o núcleo do átomo, o que dificulta a movimentação de cargas elétricas. Como exemplo de isolantes, podemos citar a borracha, a cerâmica e o vidro. Esses materiais são utilizados em diversas aplicações, como na fabricação de cabos elétricos, em isoladores de energia elétrica, entre outros. É importante ressaltar que a escolha do material adequado para cada aplicação depende das suas propriedades elétricas, mecânicas e químicas, além do ambiente em que serão utilizados. (Ramalho, Nicolau, Toledo, 1995).

4.1.1.1 Lei de Coulomb

A lei de Coulomb, que estabelece a formulação matemática que governa as interações eletrostáticas entre partículas eletrizadas, é um dos pilares fundamentais da eletrostática e é atribuída ao físico francês Charles-Augustin de Coulomb, que a descobriu no século XVIII. Essa lei descreve de forma precisa a interação elétrica entre duas cargas elétricas pontuais e é considerada uma das mais importantes descobertas da física, sendo amplamente aplicada em diversos campos do conhecimento, desde a engenharia até a medicina. Através dela, podemos entender e prever o comportamento das cargas elétricas e como elas interagem entre si, contribuindo para um melhor entendimento do mundo que nos cerca.

A lei de Coulomb estabelece que a força elétrica entre duas cargas pontuais é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Matematicamente, a lei de Coulomb pode ser expressa como:

$$F = k \frac{|Q_1| |Q_2|}{r^2} \quad (1)$$

Onde F é a força elétrica entre as cargas, k é a constante eletrostática, Q_1 e Q_2 são as cargas elétricas das partículas e r é a distância entre elas. Essa lei mostra que a força elétrica entre duas cargas pontuais é sempre repulsiva se ambas possuem o mesmo sinal (positivo ou negativo) e atrativa se elas têm sinais opostos. Além disso, a lei de Coulomb também mostra que a força elétrica entre duas cargas é mais forte quando as cargas são maiores e quando estão mais próximas uma da outra. (Gualter, Newton, Helou, 2012).

4.1.1.1 Campo elétrico

Um campo elétrico é uma região do espaço que apresenta uma propriedade peculiar: é capaz de exercer forças elétricas sobre cargas elétricas situadas dentro de sua área de influência. Essas forças podem ser atrativas ou repulsivas, dependendo das cargas envolvidas. Para ilustrar esse conceito, podemos fazer uma analogia com o campo gravitacional. Assim como a Terra possui um campo gravitacional que atrai objetos com massa, uma carga elétrica gera um campo elétrico que atrai ou repele outras cargas elétricas próximas.

A intensidade do campo elétrico em um determinado ponto é definida como a força elétrica que uma carga teste experimenta nesse ponto, dividida pela carga elétrica de teste em si. Essa grandeza é expressa em unidades de newtons por coulomb (N/C).

As linhas de campo elétrico são usadas para representar o campo elétrico em um ponto específico. Essas linhas são traçadas de forma a indicar a direção e a intensidade do campo elétrico em cada ponto, sempre apontando na direção em que uma carga positiva se moveria se fosse colocada naquele ponto. A equação que descreve a intensidade do campo elétrico gerado por uma carga pontual é dada por uma formulação matemática advinda da Lei de Coulomb, estabelecida pelo físico francês Charles-Augustin de Coulomb no século XVIII, já mencionada aqui neste trabalho.

$$E = k \frac{Q}{r^2} \quad (2)$$

Onde E é a intensidade do campo elétrico, k é a constante eletrostática, Q é a carga elétrica que está gerando o campo e r é a distância entre a carga e o ponto onde se deseja medir a intensidade do campo. (Ramalho, Nicolau, Toledo, 1995).

5 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO OBJETO EDUCACIONAL

O sistema braille é uma nova forma de se comunicar, uma linguagem própria que possui seus métodos e regras próprias, logo, podemos traduzir os algarismos para esta linguagem e escrita assim como se faz com um idioma.

Vale salientar que essa tradução não é ilegal e não viola nenhum direito autoral, visto que na Lei n.º 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, Art. 46. Não constitui ofensa aos direitos autorais segundo (BRASIL, 2018): “a reprodução: de obras literárias, artísticas ou científicas, para uso exclusivo de deficientes visuais, sempre que a reprodução, sem fins comerciais, seja feita mediante o Sistema Braille ou outro procedimento em qualquer suporte para esses destinatários.”.

Seguindo então as Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille, é possível a realização do objeto educacional deste trabalho, onde este documento dita os procedimentos apropriados para a adaptação correta do material de forma simples e respeitando algumas etapas. Sendo a primeira delas a Adaptação; onde requer muito cuidado ao transcrever corretamente os significados das palavras, para não alterar o sentido, e comprometer a compreensão do leitor. Esta etapa é assim sem dúvida a mais importante, para evitar o risco de ser alterada ou omitida alguma informação essencial ao conteúdo.

A Diagramação/formatação e transcrição é a segunda etapa, que dita a formatação e espaçamento do texto final, tendo como um padrão de divagação de 27 linhas por 31 caracteres, podendo variar de acordo com o conteúdo, se houver muitos números ou fórmulas por exemplo, esta etapa deve realizada através de um programa de computador autorizado, usarei o programa Braille fácil, porém existem muitos outros programas, que varia de acordo com a impressão desejada.

Sendo um processo mais simples como destaca o programa de impressão: (Braille fácil, 2005–2017 – IBC/MEC/Brasil):

“O impressor Braille é a função principal do programa. Ele toma o texto digitado num editor de textos (provavelmente o próprio editor do Braille Fácil) e o converte para Braille, rearrumando completamente o texto para a impressão Braille, num processo totalmente automático.”

A terceira etapa do processo de produção de material didático adaptado em braille é de extrema importância, uma vez que se trata da revisão do conteúdo que será transmitido aos alunos com deficiência visual. Para garantir a efetividade da revisão, é necessário que uma

pessoa cega alfabetizada em braille e em língua portuguesa participe do processo, a fim de tatear o conteúdo e ler em voz alta para um profissional responsável pelo conteúdo tratado.

Nesse sentido, é importante destacar que a escolha da pessoa que realizará essa etapa é crucial para o sucesso do projeto. No caso aqui apresentado, a aluna Maria Clara foi escolhida para realizar a revisão, uma vez que é alfabetizada em braille e em língua portuguesa, garantindo assim uma revisão precisa e eficiente. Além disso, a presença do professor e mestre em ensino de física Flávio Urbano da Silva, que durante essa etapa, irá garantir uma revisão mais aprofundada e especializada do conteúdo.

E com a última etapa vem a Impressão, Encadernação e Acabamento do material adaptado, esta etapa varia de acordo com o recurso utilizado para a impressão, para este objeto deve ser feita a impressão diretamente no papel, que poderá ser encadernado com espirais para um melhor manuseio do leitor.

O objeto educacional desenvolvido neste trabalho, foi impresso pelo Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual Prof^a. Iapissara Aguiar – CAP, que foi criado em 2002, e é vinculado à Sub-Coordenadoria de Educação Especial – SUESP, com a finalidade de apoiar o aluno, cego ou com baixa visão, na sua inclusão em escolas da rede regular de ensino (CAP-RN).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido ao longo de alguns anos e passou por mudanças, mas seu objetivo principal sempre foi o mesmo, e foi concluído com responsabilidade. É notável a sua simplicidade e elaboração, de fato algo que qualquer um conseguiria fazer se quisesse, e este é o principal ponto deste trabalho. Diante de tudo o que foi descrito aqui, chamo a atenção do leitor interessado para este objetivo, da importância de se dar continuidade a este trabalho com outros temas e outras áreas, para assim, a cada dia chegar cada vez mais perto de um real Inclusão no meio escolar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

_____, Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Nº 13.146, de 6 de julho de 2015.

_____, Lei de Diretrizes e Bases. Nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961.

BIRCH, Beverley. (1993). **Louis Braille**. São Paulo. Editora Globo

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB. 9394/1996. BRASIL.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille / elaboração: DOS SANTOS, Fernanda Christina; OLIVEIRA, Regina Fátima Caldeira de – Brasília-DF, 2018, 3ª edição. 120p.

CABRAL. Dilma. Imperial Instituto dos Meninos Cegos. **memória da administração pública brasileira**. Publicado em 11 de Novembro de 2016.

CAP | RIO GRANDE DO NORTE, Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual Profa. Iapissara Aguiar, Natal, Brasil, 2023.

Educação Especial. **Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille 3**. Braille I.

IBGE. Centro de Documentação e Disseminação de Informações. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv23907.pdf>. Acesso em: 2 maio 2019.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Política de funcionamento do sistema de bibliotecas**. Resolução nº 33/2015-CONSUP, de 20/11/2015. Natal: IFRN, 2015.

MARCELLY, Lessandra. PENTEADO, Miriam Godoy. A escrita matemática em braille. XIII CIAEM-IACME, Recife, Brasil, 2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC)- **Documento orientador programa incluir - acessibilidade na educação superior SECADI/SESU-2013.**

MINISTERIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Programas e Ações** – Disponível em: mec.gov.br.

NOWILL. Dorina.Centro de Memória - **Fundação Dorina Nowill para Cegos** (fundacaodorina.org.br)

ANEXOS

ANEXO A

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - Campus
Natal Central**

OBJETO EDUCACIONAL

**ADAPTAÇÃO DO LIVRO: TÓPICOS DE FÍSICA DOS AUTORES: GUALTER, JOSÉ
BISCUOLA, NEWTON VILLAS BÔAS, RICARDO HELOU DOCA**

Adaptação Por: Wesllayne Cosme Do Nascimento

Software: Braille Fácil 4.01

Eletróstática

Tópico 1

1.1 Cargas elétricas

A história da eletricidade inicia-se no século VI antes de Cristo, com uma descoberta feita pelo matemático e filósofo grego Tales de Mileto (Nos anos de 640-546 a.C), um dos sete sábios da Grécia antiga. Ele observou que o atrito entre uma resina fóssil (o âmbar) e um tecido ou pele de animal produzia na resina a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha e pequenas penas de aves. Como em grego a palavra usada para designar âmbar é Elektron, dela vieram as palavras elétron e eletricidade.

“O âmbar é uma espécie de seiva vegetal petrificada, material fóssil cujo nome em grego é Elektron.”

Por mais de vinte séculos, nada foi acrescentado à descoberta de Tales de Mileto. No final do século XVI, William Gilbert (1540-1603), médico da rainha Elizabeth I da Inglaterra, repetiu a experiência com o âmbar e descobriu que é possível realizá-la com outros materiais.

Nessa época, fervilhavam novas ideias, e o método científico criado por Galileu Galilei começava a ser utilizado. Gilbert realizou outros experimentos e publicou o livro *De magnete*, que trazia também um estudo sobre ímãs. Nele, Gilbert fazia clara distinção entre a atração exercida por materiais eletrizados por atrito e a atração exercida por ímãs. Propunha também um modelo segundo o qual a Terra se comporta como um grande ímã, fazendo as agulhas das bússolas se orientar na direção norte-sul.

Por volta de 1729, o inglês Stephen Gray (1666-1736) descobriu que a propriedade de atrair ou repelir poderia ser transferida de um corpo para outro por meio de contato. Até então, acreditava-se que somente por meio de atrito conseguia-se tal propriedade. Nessa época, Charles François Du Fay (1698-1739) realizou um experimento em que atraía uma fina folha de ouro com um bastão de vidro atritado. Porém, ao encostar o bastão na folha, esta era repelida. Du Fay sugeriu a existência de duas espécies de “eletricidade”, que denominou eletricidade vítrea e eletricidade resinosa.

Em 1747, o grande político e cientista norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790), o inventor do para-raios, propôs uma teoria que considerava a carga elétrica um único fluido elétrico que podia ser transferido de um corpo para outro: o corpo que perdia esse fluido ficava com falta de carga elétrica (negativo); e o que recebia, com excesso de carga elétrica (positivo). Hoje sabemos que os elétrons é que são transferidos. Um corpo com “excesso” de elétrons está

eletrizado negativamente e um corpo com “falta” de elétrons encontra-se eletrizado positivamente.

1.2 Noção de carga elétrica

No núcleo de um átomo encontramos partículas denominadas prótons e nêutrons. Ao redor do núcleo, na região chamada eletrosfera, movem-se outras partículas, denominadas elétrons.

A massa de um próton e a massa de um nêutron são praticamente iguais. A massa de um elétron, porém, é muito menor: quase 2 mil vezes menor que a do próton.

convencionou-se considerar positiva a carga elétrica do próton e negativa a carga elétrica do elétron. Entretanto, em valor absoluto, as cargas elétricas do próton e do elétron são iguais. Esse valor absoluto é denominado carga elétrica elementar e simbolizado pela letra **e**. Recebe o nome de elementar porque é a menor quantidade de carga que podemos encontrar isolada na natureza.

Carga elétrica elementar é igual à $1,6 \times 10^{-19}$

A unidade de medida de carga elétrica no SI é o coulomb (C), em homenagem ao físico francês Charles Augustin de Coulomb (1736-1806).

Carga elétrica do próton = $+e$

Carga elétrica do elétron = $-e$

Carga elétrica do nêutron = 0

1.3 Corpo eletricamente neutro e corpo eletrizado:

Um corpo apresenta-se eletricamente neutro quando a quantidade de prótons e elétrons é igual, ou seja, a soma algébrica de todas as cargas é igual a zero.

Quando, porém, o número de prótons é diferente do número de elétrons, dizemos que o corpo está eletrizado positivamente, se o número de prótons for maior que o de elétrons, e negativamente, se o número de elétrons for maior que o de prótons. Podemos dizer, então, que eletrizar um corpo significa tornar diferentes suas quantidades de prótons e elétrons.

Leitura	Símbolo	Valor
Mili Coulomb	mC	10^{-3}
Micro Coulomb	μC	10^{-6}
Nano Coulomb	nC	10^{-9}

Observação: Quando um texto informar que existe uma carga de, por exemplo, 5 μC (letra grega Mi será representada por (μ) e corresponde a micro de 10^{-6}), em um determinado local, devemos entender que nesse local existe um corpo eletrizado com carga de 5 μC . Quando se fala “cargas puntiformes” ou “partículas eletrizadas”, entende-se que se trata de corpos eletrizados cujas dimensões são desprezíveis em comparação com as distâncias consideradas na situação em estudo.

1.4 Quantização da carga elétrica:

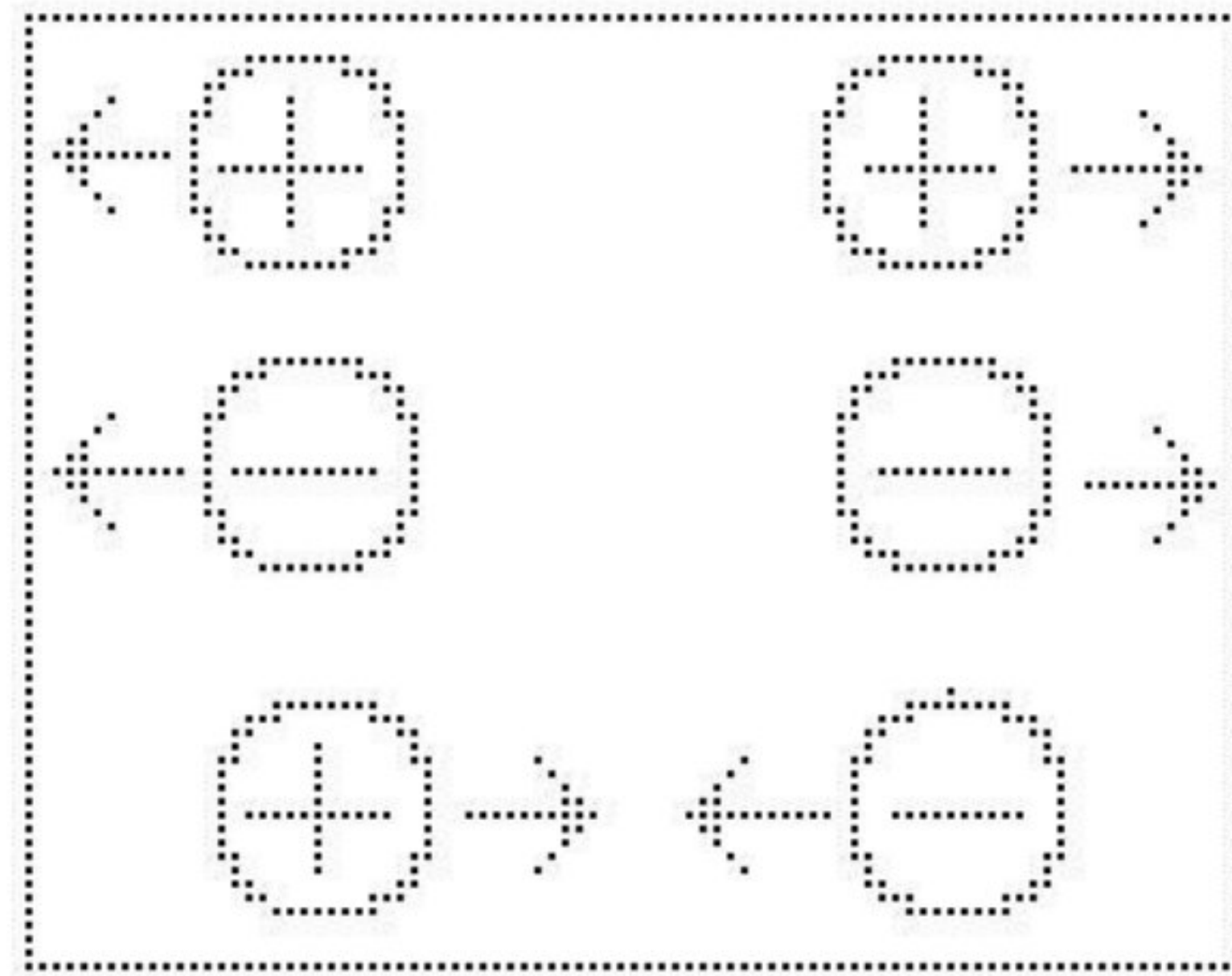
A carga elétrica de um corpo é quantizada, isto é, ela sempre é um múltiplo inteiro da carga elétrica elementar. Isso é verdade porque um corpo, ao ser eletrizado, recebe ou perde um número inteiro de elétrons. Representando por Q a carga elétrica de um corpo eletrizado qualquer, temos:

Carga total igual a mais ou menos o número inteiro ($n= 1,2,3,5\dots$) que multiplica a carga elétrica elementar (e) onde: $Q = n.e$

1.5 Princípios da Eletrostática

A Eletrostática baseia-se em dois princípios fundamentais: o princípio da atração e da repulsão e o princípio da conservação das cargas elétricas.

Princípio da atração e da repulsão experimentalmente, ao serem aproximadas duas partículas eletrizadas com cargas elétricas de mesmo sinal, verifica-se que ocorre uma repulsão entre elas. Se essas partículas tiverem cargas elétricas de sinais opostos, ocorrerá uma atração entre elas.



Partindo desse fato, pode-se enunciar o Princípio da atração e da repulsão da seguinte forma: “Partículas eletrizadas com cargas de sinais iguais se repelem, enquanto as eletrizadas com cargas de sinais opostos se atraem.”

- Princípio da conservação das cargas elétricas:

Inicialmente, devemos observar que a propriedade carga elétrica existente nas partículas elementares é inerente a estas (como a massa, por exemplo), não podendo ser retirada delas ou nelas colocada. Assim, não havendo alteração da quantidade e do tipo das partículas dotadas de carga elétrica, a carga total de um sistema permanece constante. A partir da noção de que:

“sistema eletricamente isolado é aquele que não troca cargas elétricas com o meio exterior”

Logo, o Princípio da Conservação das Cargas Elétricas é:

“A soma algébrica das cargas elétricas existentes em um sistema eletricamente isolado é constante”

1.6 Condutores e isolantes elétricos:

Em alguns corpos, podemos encontrar portadores de cargas elétricas com grande liberdade de movimentação. Esses corpos são denominados condutores elétricos. Nos demais, essa liberdade de movimentação praticamente não existe; esses corpos são denominados isolantes elétricos ou dielétricos.

“Um material é chamado condutor elétrico quando há nele grande quantidade de portadores de carga elétrica que podem se movimentar com grande facilidade. Caso contrário, ele será denominado isolante elétrico”

Tanto um condutor como um isolante podem ser eletrizados. É importante observar, porém, que, no isolante, a carga elétrica em excesso permanece exclusivamente no local onde se deu o processo de eletrização, enquanto no condutor essa carga busca uma situação de equilíbrio, distribuindo-se em sua superfície externa.

Os metais, a grafita, os gases ionizados e as soluções eletrolíticas são exemplos de condutores elétricos. O ar, o vidro, a borracha, a porcelana, os plásticos, o algodão, a seda, a lã, as resinas, a água pura, o enxofre e a ebonite são exemplos de isolantes elétricos.

Quando se diz que um material é condutor, deve-se entender que se trata de um bom condutor. Do mesmo modo, quando se diz que um material é isolante, estamos nos referindo a um bom isolante. Tanto os condutores como os isolantes podem ser encontrados nos estados sólido, líquido ou gasoso.

1.7 Processos de eletrização

Como vimos, um corpo estará eletrizado quando possuir mais elétrons do que prótons ou mais prótons do que elétrons. Um corpo neutro, por sua vez, tem igual número de prótons e de elétrons. Assim, para eletrizá-lo negativamente basta fornecer elétrons a ele. Por outro lado, para adquirir carga positiva, o corpo neutro deve perder elétrons, pois dessa forma ficará com mais prótons do que elétrons.

“Denomina-se eletrização o fenômeno pelo qual um corpo neutro passa a eletrizado devido à alteração no número de seus elétrons.”

- Eletrização por atrito:

Esse é o primeiro método de eletrização de que se tem conhecimento. Como vimos, data do século VI a.C., quando Tales de Mileto observou pela primeira vez que o âmbar, ao ser atritado com tecido ou pele de animal, adquiria a propriedade de atrair pequenos pedaços de palha.

Experimentalmente, comprova-se que, ao atritar entre si dois corpos neutros de materiais diferentes, um deles recebe elétrons do outro, ficando eletrizado com carga negativa, enquanto o outro o que perdeu elétrons adquire carga positiva.

Ao se atritar, por exemplo, seda com um bastão de vidro, constata-se que o vidro passa a apresentar carga positiva, enquanto a seda passa a ter carga negativa. Entretanto, quando a seda é atritada com um bastão de ebonite, ela torna-se positiva, ficando a ebonite com carga negativa. Os corpos atritados adquirem cargas de mesmo módulo e sinais opostos.

- Eletrização por contato:

Quando dois ou mais corpos condutores são colocados em contato, estando pelo menos um deles eletrizado, observa-se uma redistribuição de carga elétrica pelas suas superfícies externas.

É importante observar que, ao se fazer contato entre esses dois condutores, obtém-se um novo condutor de superfície externa praticamente igual à soma das superfícies individuais.

- Eletrização por Indução eletrostática:

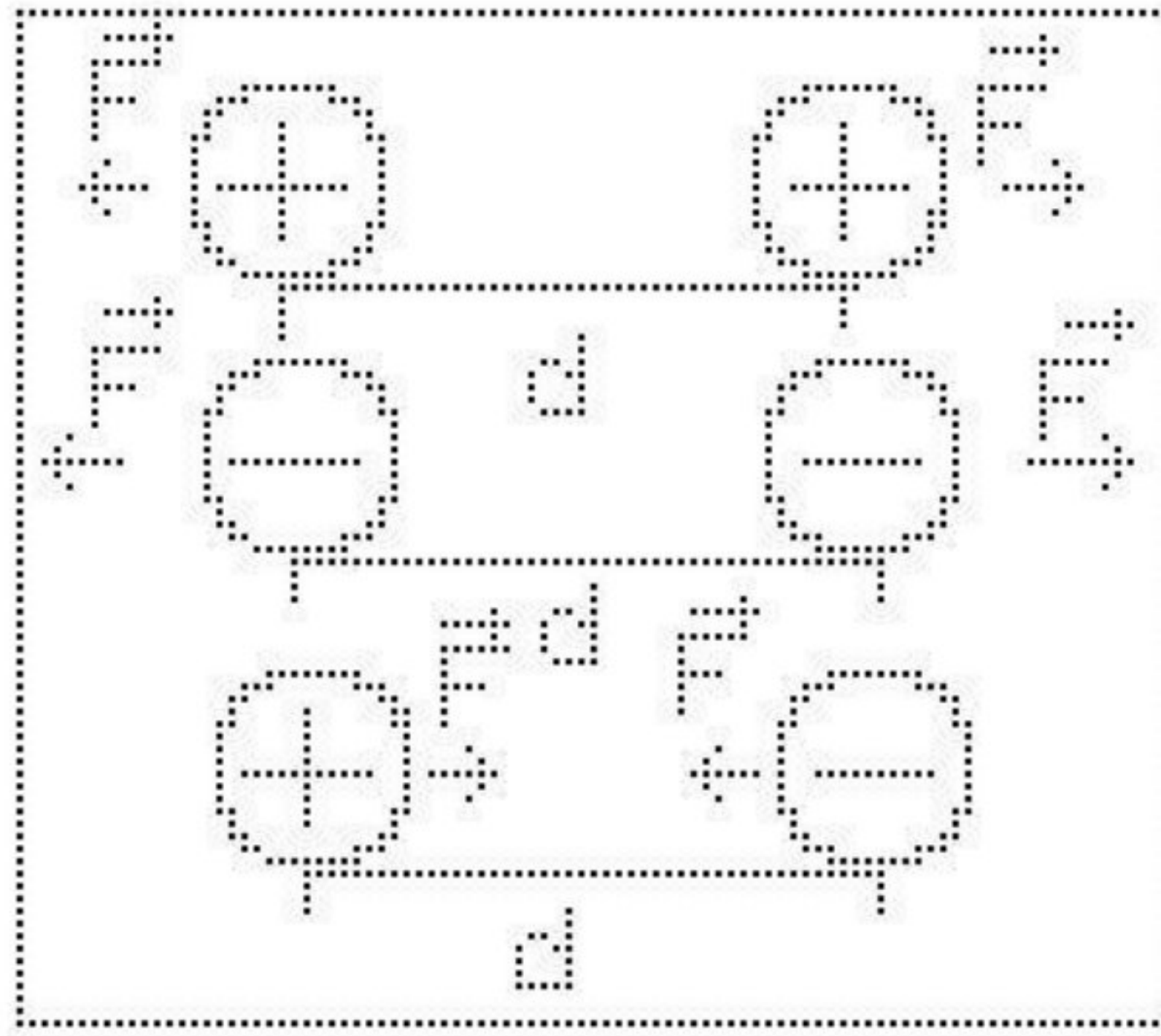
Quando aproximamos (sem tocar) um condutor eletrizado de um neutro, provocamos no condutor neutro uma redistribuição de seus elétrons livres. Esse fenômeno, denominado indução eletrostática, ocorre porque as cargas existentes no condutor eletrizado podem atrair ou repelir os elétrons livres do condutor neutro. O condutor eletrizado é chamado de indutor e o condutor neutro, de induzido.

- Condutores em contato com a terra:

Sempre que um condutor solitário eletrizado é colocado em contato com a terra, ele se neutraliza. Caso o condutor tenha excesso de elétrons, estes irão para a terra. Caso o condutor tenha excesso de prótons, ou seja, falta de elétrons, estes subirão da terra para neutralizá-lo. Assim, pode-se dizer que todo condutor eletrizado se “descarrega” ao ser ligado à terra.

1.8 Lei de Coulomb:

Foi o francês Charles Augustin de Coulomb quem formulou, em 1785, a lei matemática que rege as interações entre partículas eletrizadas. Usando um modelo newtoniano, ele estabeleceu que a interação eletrostática entre essas partículas se manifestava por meio de forças de atração e repulsão, dependendo dos sinais das cargas.

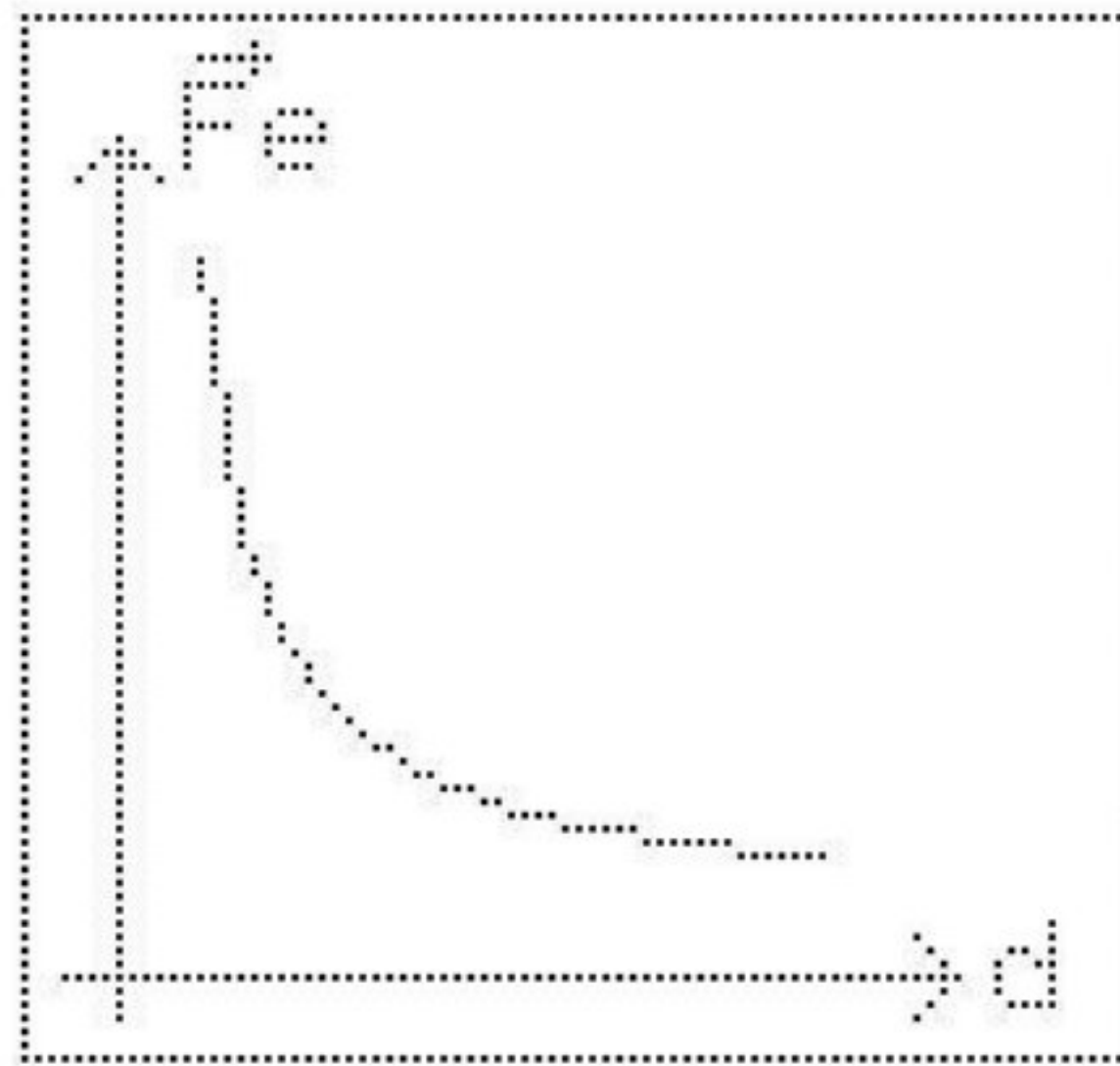


O enunciado da Lei de Coulomb pode ser apresentado da seguinte forma:

“As forças de interação entre duas partículas eletrizadas possuem intensidades iguais e são sempre dirigidas segundo o segmento de reta que as une. Suas intensidades são diretamente proporcionais ao módulo do produto das cargas e inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre as partículas.”

$$\vec{F} = k \frac{Q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

em que K é uma constante de proporcionalidade. O valor da constante K, denominada constante eletrostática, depende do meio em que as cargas se encontram. Essa constante K é definida, no SI, por: sendo a permissividade absoluta do meio onde as cargas estão. O valor de K é nove vezes dez elevado a nove (9×10^9) Newton vezes metro quadrado vezes Coulomb elevado a menos dois.



Representação gráfica da Força em função do deslocamento, como a equação já sugere, o gráfico é uma parábola.

Tópico 2

Campo Elétrico

Você já aprendeu que cargas elétricas de sinais opostos se atraem e cargas elétricas de sinais iguais se repelem. Essa interação a distância entre corpos eletrizados pode ser explicada usando-se o conceito de campo elétrico.

Campo elétrico é uma propriedade física estabelecida em todos os pontos do espaço que estão sob a influência de uma carga elétrica (carga fonte), tal que uma outra carga (carga de prova), ao ser colocada em um desses pontos, fica sujeita a uma força de atração ou de repulsão exercida pela carga fonte.

Carga de prova é uma carga elétrica de valor conhecido utilizada para detectar a existência de um campo elétrico. Ela é posicionada em um determinado local e, pelo efeito observado, pode-se saber se nele existe ou não um campo elétrico. Se confirmada a existência do campo elétrico, a carga de prova também auxilia a determinar sua intensidade.

Para melhor compreensão, considere uma região do espaço inicialmente livre da influência de qualquer carga elétrica. Coloquemos nessa região um corpo eletrizado com carga elétrica Q .

A presença desse corpo produz nos pontos da região uma propriedade física a mais: o campo elétrico gerado por Q . Se uma carga de prova q for colocada em um ponto P desse campo, uma força elétrica F_e atuará sobre ela.

O campo elétrico estabelecido no ponto P pela carga Q é então definido pela força elétrica F_e dividido pela carga de prova q , e sua fórmula é a seguinte:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q}$$

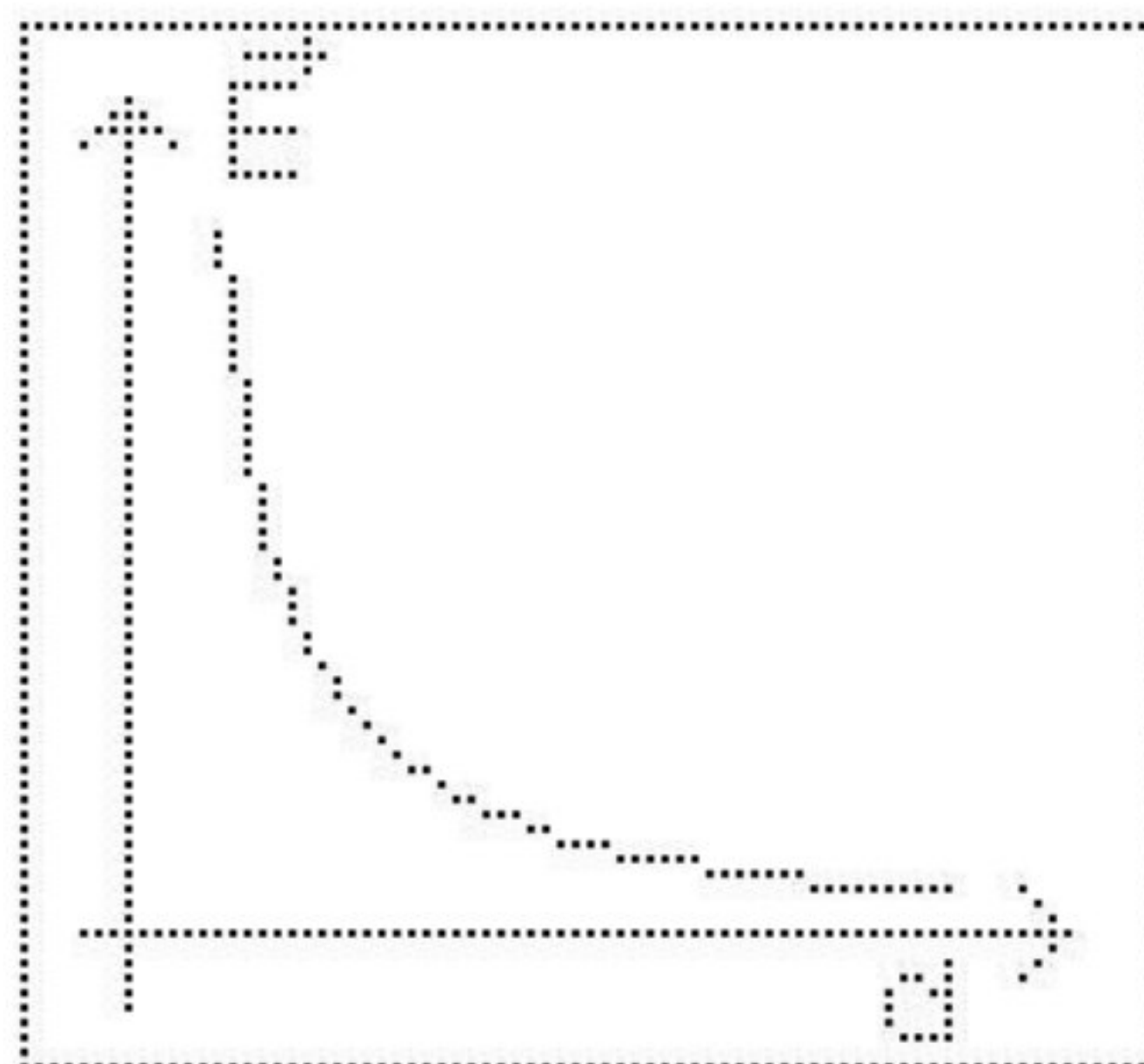
Com E sendo a intensidade do campo elétrico no ponto P escolhido, F_e é a força elétrica (Lei de Coulomb), que possui a mesma direção e sentido do campo, e q a carga de prova. No SI a força é dada em Newton e a carga em Coulomb, sendo essa a unidade do campo elétrico.

“Quando a carga de prova q é positiva, os vetores força elétrica e campo elétrico têm a mesma direção e o mesmo sentido. Quando a carga de prova q é negativa, os vetores Força e Campo têm mesma direção, mas sentidos opostos.”

Ao substituir a lei de Coulomb na equação do campo, notamos que a intensidade do campo elétrico E não depende da carga de prova q , logo chegamos a uma outra expressão para o campo:

$$\vec{E} = k \frac{Q}{d^2}$$

A representação gráfica da intensidade do campo E, em função da distância entre o ponto considerado e a carga fonte Q, é a curva observada no diagrama a seguir:

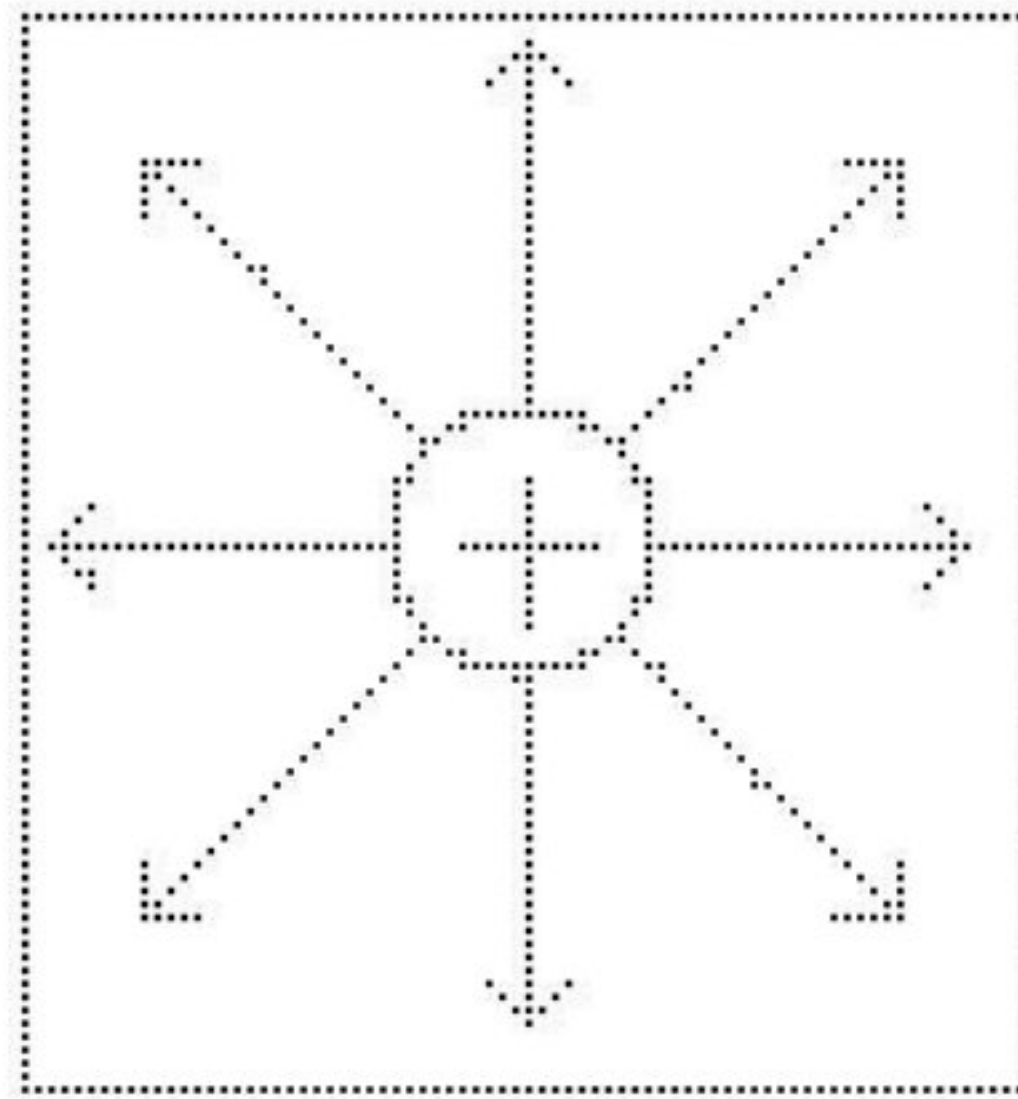


O gráfico representa a intensidade do campo E, criado por uma partícula eletrizada com carga Q, em função da distância d.

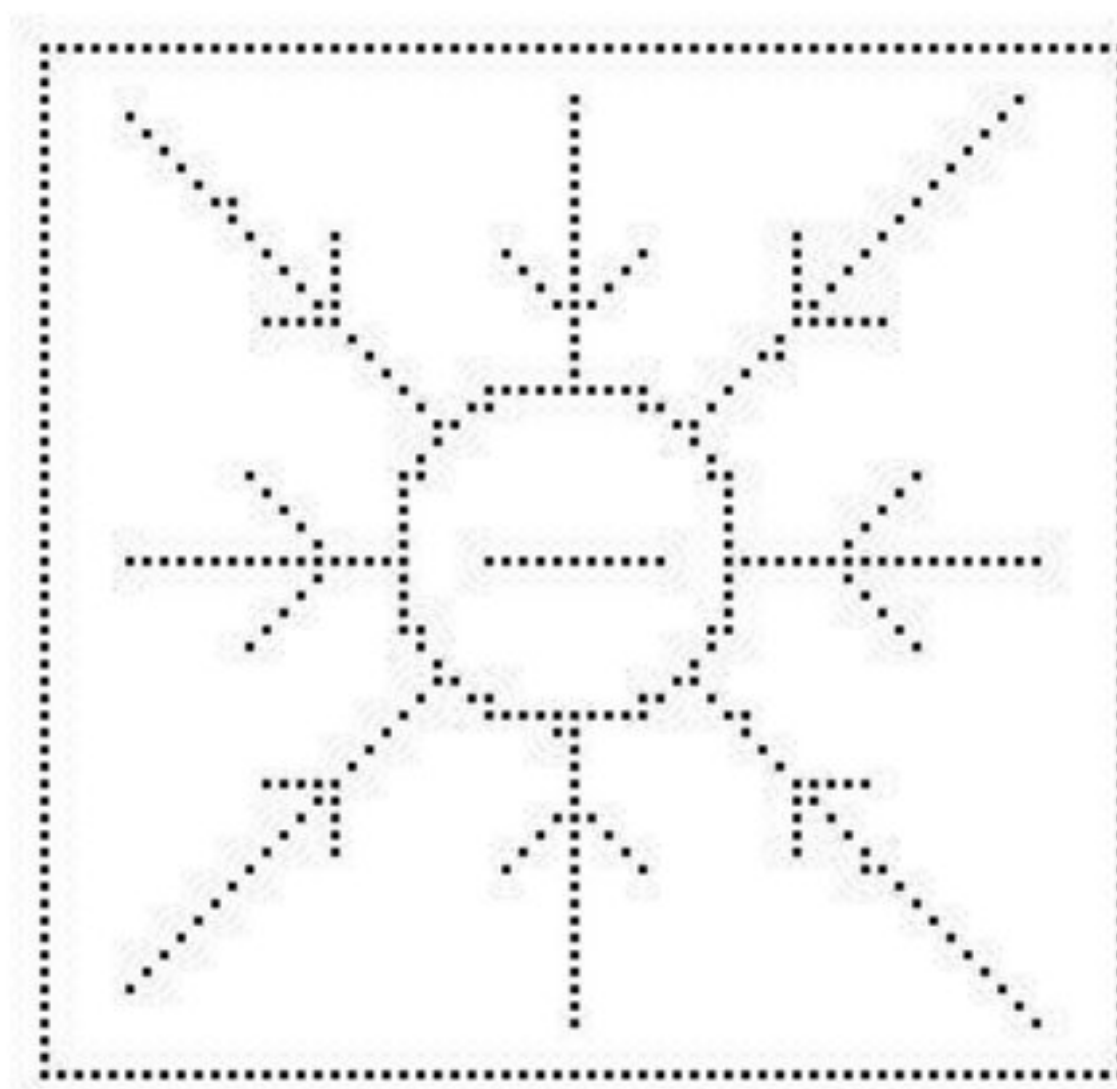
2.2 Linhas de força:

Com a finalidade de indicar a presença de campo elétrico em certas regiões do espaço, criou-se uma forma geométrica de representação, denominada linha de força.

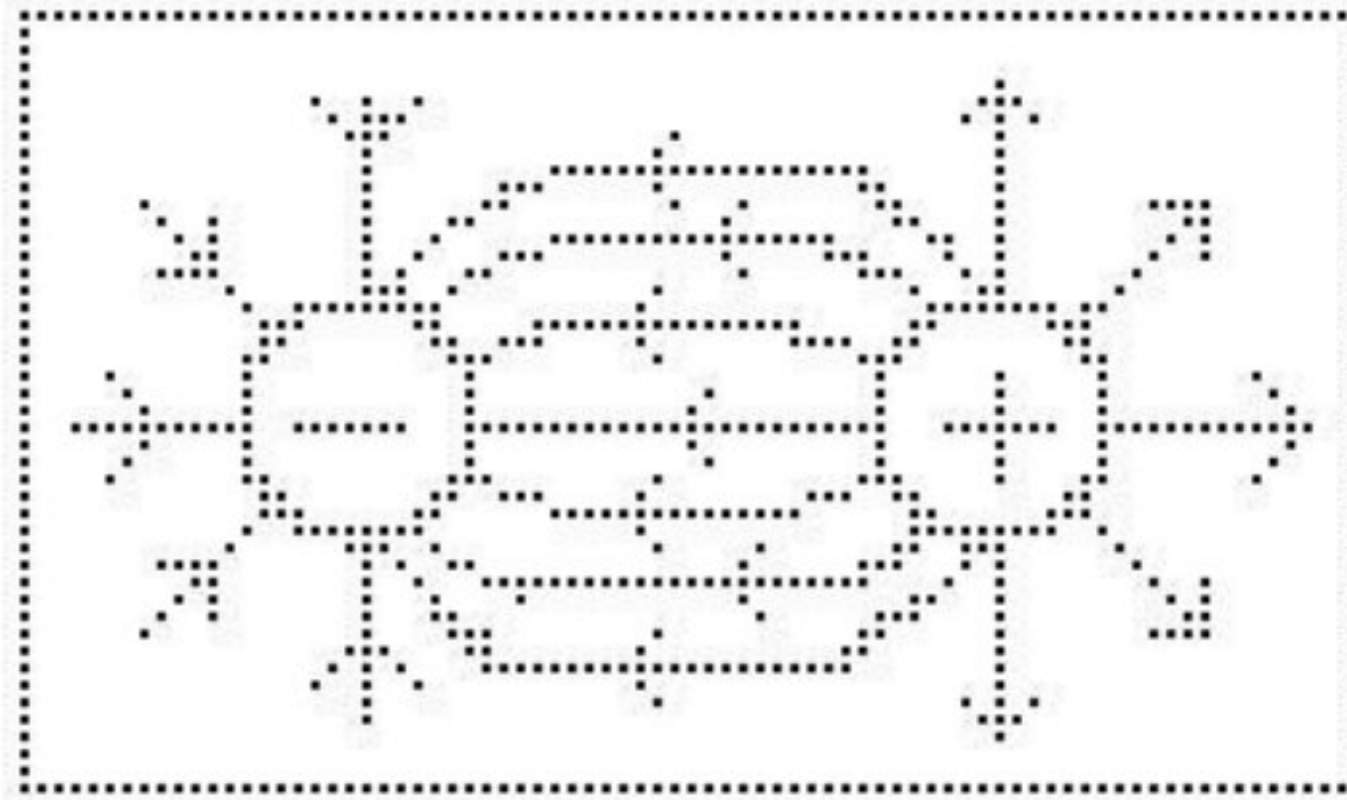
Linha de força de um campo elétrico é uma linha que tangencia, em cada ponto, o vetor campo elétrico resultante associado a esse ponto. Por convenção, as linhas de força são orientadas no sentido do vetor campo. Assim, como o vetor campo tem sentido de afastamento em relação às cargas fontes positivas e de aproximação em relação às negativas, o mesmo acontece com as linhas de força.



Linhas de força de afastamento representativas do campo elétrico criado por uma partícula eletrizada com carga positiva:



Linhas de força de aproximação representativas do campo elétrico criado por uma partícula eletrizada com carga negativa:

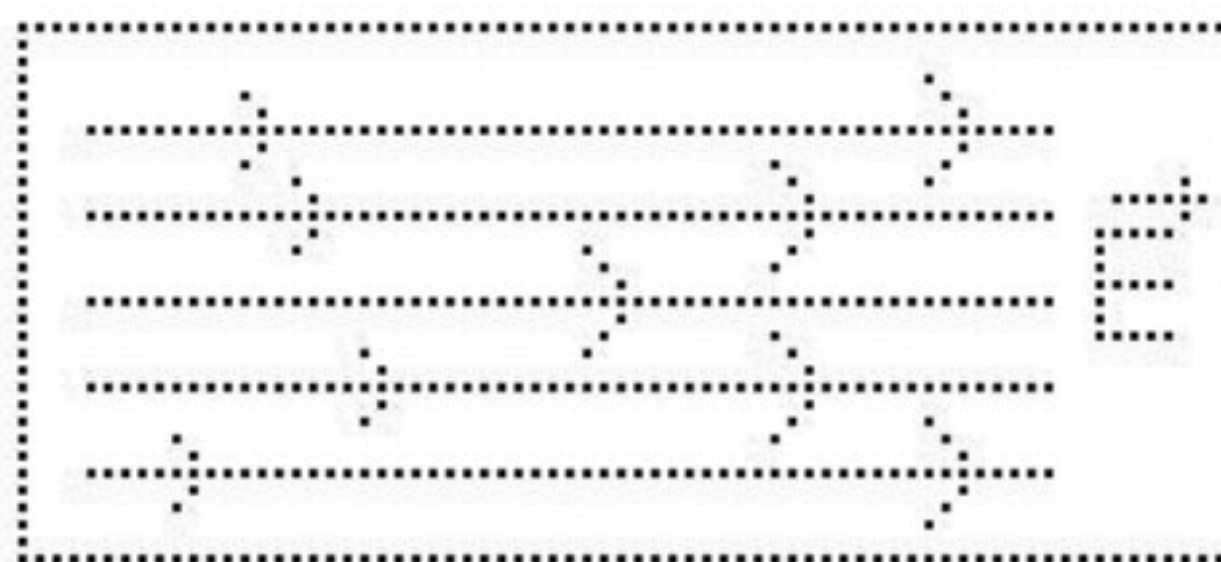


Para duas partículas eletrizadas com cargas de módulos iguais, mas de sinais opostos, as linhas de força têm o seguinte aspecto:

É notado uma simetria das linhas de força representativas do campo elétrico resultante de dois campos criados por duas partículas eletrizadas com cargas de mesmo módulo, mas de sinais opostos.

2.3 Campo elétrico Uniforme:

É uma região do espaço onde o vetor representativo do campo (E) tem, em todos os pontos, a mesma intensidade, a mesma direção e o mesmo sentido. Em um campo elétrico uniforme, as linhas de força são representadas por segmentos de reta paralelos entre si, igualmente orientados e igualmente espaçados.



2.4 Fenômenos Eletrostáticos na Atmosfera Terrestre:

No século XVIII (século dezoito) o diplomata e cientista norte-americano Benjamin Franklin (1706-1790), conseguiu provar que o raio era uma simples descarga elétrica ocorrida entre nuvens eletrizadas e a terra. Atualmente, sabe-se que essas descargas também podem ocorrer entre nuvens de potenciais diferentes, bem como entre partes diferentes de uma mesma nuvem, ou mesmo entre uma nuvem e o ar atmosférico.

Graças à forte ionização das partículas de ar que estão no trajeto das cargas elétricas em movimento, essas descargas são acompanhadas de emissões de luz, que constituem os relâmpagos. Além disso, o aquecimento brusco do ar provoca uma rápida expansão dessa massa gasosa, produzindo intensa onda de pressão, que se manifesta por meio de um forte estrondo: o trovão.

Os raios ocorrem quando o campo elétrico entre uma nuvem e a terra (ou entre duas nuvens) supera o limite da capacidade dielétrica do ar atmosférico, que normalmente varia entre 10.000 e 30.000 Volts por centímetro dependendo das condições locais. É comum as descargas começarem com cargas elétricas negativas, liberadas pela nuvem em direção ao solo, que constituem a descarga inicial, a qual se ramifica a partir da base da nuvem, assemelhando-se a um galho de árvore.

Quando as cargas negativas da descarga inicial se aproximam do solo, o intenso campo elétrico formado em seu trajeto produz outra descarga elétrica, bem mais intensa, do solo para a nuvem denominada descarga de retorno. partir do encontro das duas descargas, ficam estabelecidas caminhos ionizados através do ar, na sequência cargas elétricas negativas saem das nuvens e dirigem-se para o solo, utilizando esses caminhos. Isso pode ocorrer várias vezes em um curto intervalo de tempo enquanto essas condições perdurarem.

A duração de um raio é de aproximadamente meio segundo. Nesse breve intervalo de tempo são transferidos cerca de dez elevado a vinte (10^{20}) elétrons entre a base da nuvem e o solo. Em média, ocorrem 100 descargas elétricas por segundo entre as nuvens e a superfície da terra.