



CICERO DAVID PEREIRA DE MELO

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO
AUXILIADO POR FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS**

**MOSSORÓ
2018**

CICERO DAVID PEREIRA DE MELO

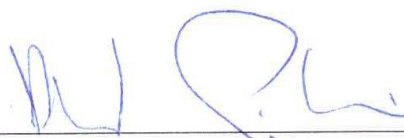
**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ELETROSTÁTICA NO ENSINO MÉDIO
AUXILIADO POR FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito parcial para a obtenção do Título De Mestre Em Ensino De Física.

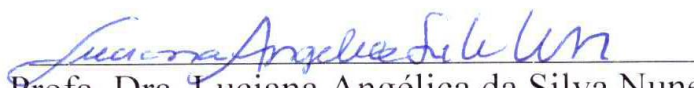
Orientador: Alexsandro Pereira Lima

APROVADO EM 23/03/2018.

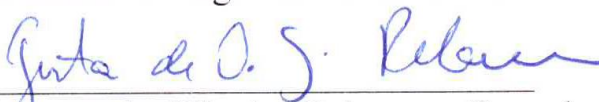
BANCA EXAMINADORA



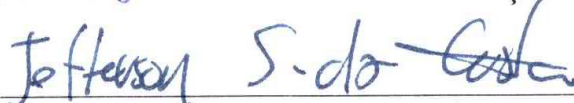
Prof. Dr. Alexsandro Pereira Lima



Profa. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes



Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Rebouças Gurgel



Prof. Dr. Jefferson Soares da Costa

MOSSORÓ

2018

© TODOS OS DIREITOS ESTÃO RESERVADOS À UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. O CONTEÚDO DESTA OBRA É DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO (A) AUTOR (A), SENDO O MESMO, PASSÍVEL DE SANÇÕES ADMINISTRATIVAS OU PENAS, CASO SEJAM INFRINGIDAS AS LEIS QUE REGULAMENTAM A PROPRIEDADE INTELECTUAL, RESPECTIVAMENTE, PATENTES: LEI Nº 9.279/1996, E DIREITOS AUTORAIS: LEI Nº 9.610/1998. O CONTEÚDO DESTA OBRA TORNAR-SE-Á DE DOMÍNIO PÚBLICO APÓS A DATA DE DEFESA E HOMOLOGAÇÃO DA SUA RESPECTIVA ATA. A MESMA PODERÁ SERVIR DE BASE LITERÁRIA PARA NOVAS PESQUISAS, DESDE QUE A OBRA E SEU (A) RESPECTIVO (A) AUTOR (A) SEJAM DEVIDAMENTE CITADOS E MENCIONADOS OS SEUS CRÉDITOS BIBLIOGRÁFICOS.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Orlando Teixeira (BOT)

Setor de Informação e Referência

M528P MELO, CÍCERO DAVID PEREIRA DE.

Uma proposta de ensino de eletrostática no ensino médio auxiliado por ferramentas computacionais/ Cícero David Pereira de Melo -- Mossoró, 2018.

121f.: il.

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXSANDRO PEREIRA LIMA

DISSERTAÇÃO (MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO EM FÍSICA) –
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO.

1. ENSINO FÍSICA. 2. MÉTODO DE ENSINO. 3. ELETROSTÁTICA. I. TÍTULO.

RN/UFERSA/BOT

CDD: 530.01

Bibliotecário: Eugênio Pacelli Ferreira da Costa

CRB-15/658

In memoria...
Izaura Maria de Jesus, minha querida avó.
Dedico.

Aos meus amados pais.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

A UFRSA, por ter me proporcionado crescimento profissional, principalmente no que diz respeito à Física Experimental.

Ao meu orientador, professor Alexsandro Pereira Lima, pelas riquíssimas contribuições na disciplina de Eletromagnetismo e neste trabalho.

Aos professores Geovani Barbosa e Rafael Castelo, pelas aulas agradabilíssimas nos laboratórios de Física, já que esta era uma deficiência em minha formação acadêmica.

Ao professor Carlos Alberto, por ter me apresentado e me ensinado a elaborar Mapas Conceituais e por todas as suas contribuições durante o curso.

A professora Erlânia e demais professores do MNPEF, polo UFRSA, por terem construído conhecimento junto à turma de 2015, o que veio a me ajudar a obter aprovação, em primeiro lugar, em concurso público. Plena gratidão a todos.

A Raimundo Pereira de Melo e Josefa Maria Leite de Melo, pelo amor e apoio incondicionais em todos os momentos.

Ao amigo Petrus Emmanuel e à sua escola, E.E.M. Governador Adauto Bezerra de Iguatu-CE, pelas contribuições na aplicação do Produto Educacional.

Por fim, agradeço aos colegas do MNPEF da turma de 2015 da UFRSA, em Mossoró-RN, pelo apoio ao longo do curso.

“Você não pode ensinar nada a um
homem; você pode apenas ajuda-lo a
encontrar a resposta dentro dele mesmo”.
Galileu Galilei.

RESUMO

Uma forte tendência demonstrada nos estudos do tema em questão é o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), como ferramentas de apoio ao processo de ensino e aprendizagem. O presente trabalho visa analisar a potencialidade da utilização de ferramentas computacionais (simulações e ferramentas de construção de gráficos) no ensino de eletrostática. Para tanto, o produto educacional foi construído visando sequências didáticas, fundamentadas na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a partir da simulação *Cargas e Campos* do PhET da Universidade do Colorado. Também foi elaborado, como parte do Produto, o material de apoio ao professor de Física, visando a repetição das atividades desenvolvidas nesta pesquisa ou a elaboração de novas atividades. O Produto foi aplicado na E.E.M. Governador Adauto Bezerra de Iguatu-CE, com alunos do ensino médio. Os resultados de aprendizagem, obtidos através da análise do pré-teste e pós-teste, sugerem eficácia do Produto Educacional. Isto pode levar a conclusão de que o uso das TDICs, alinhado com a utilização de Mapas Conceituais no ensino de Eletrostática, demonstram considerável potencialidade.

Palavras chaves: Eletrostática; TDIC; *Cargas*; *Campos*.

ABSTRACT

A strong tendency demonstrated in the studies of the subject in question is the use of the digital technologies of information and communication (TDICs) as tools of support in the process of teaching and learning. The present work aims to analyze the potential of the use of computational tools (simulations and graphing tools) in the teaching of electrostatics. For this, the educational product was constructed aiming at didactic sequences, based on the theory of Significant Learning of David Ausubel, from the PhET Loads and Fields simulation of the University of Colorado. Also, as part of the Product, the material to support the Physics teacher was developed, aiming at the repetition of the activities developed in this research or the elaboration of new activities. The product was applied in E.E.M. Governor Adauto Bezerra de Iguatu-CE, with high school students. The learning outcomes obtained through the pre-test and post-test analysis suggest the effectiveness of the Educational Product, which may lead to the conclusion that the use of TDICs in line with the use of Conceptual Maps in the teaching of Electrostatics demonstrates considerable potentiality.

Key words: Electrostatics. DICT. *Loads and Fields*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fase gasosa da água.....	19
Figura 1 – força elétrica entre duas cargas puntiformes.....	22
Figura 3 – Linhas de campo ao redor de uma a) carga positiva e de uma b) carga negativa.	24
Figura 4 – Linhas de campo de um dipolo elétrico.....	24
Figura 5 – Mapa conceitual sobre campo elétrico.....	28
Figura 6 – Entrada da escola.....	29
Figura 7 – Orientações para a utilização da sequência didática.....	32
Figura 8 – Alunos utilizando a sequência didática.....	33
Figura 9 – Capa do material do aluno.....	34
Figura 10 – Capa do material de apoio ao professor.....	35
Figura 11 – Conclusão em relação ao potencial.....	56
Figura 12 – Gráfico elaborado pelo aluno.....	57
Figura 13 – Conclusão e avaliação do aluno.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Idade dos alunos participantes.....	30
Gráfico 2 – Série dos alunos participantes.....	31
Gráfico 1 – Resposta da questão.....	37
Gráfico 2 – Resposta da questão 2.....	38
Gráfico 5 – Resposta da questão 3.....	39
Gráfico 6 – Resposta da questão 4.....	40
Gráfico 7 – Resposta da questão 5.....	41
Gráfico 8 – Resposta da questão 6.....	42
Gráfico 9 – Resposta da questão 7.....	43
Gráfico 10 – Resposta da questão 8.....	45
Gráfico 11 – Resposta da questão 1 do Pós-Teste.....	46
Gráfico 3 – Resposta da questão 2 do Pós-Teste.....	47
Gráfico 13 – Resposta da questão 3 do Pós-Teste.....	48
Gráfico 14 – Resposta da questão 4 do Pós-Teste.....	49
Gráfico 15 – Resposta da questão 5 do Pós-Teste.....	50
Gráfico 16 – Resposta da questão 06 do pós-teste.....	51
Gráfico 17 – Resposta da questão 7 do Pós-Teste.....	52
Gráfico 18 – Resposta da questão 8 do Pós-Teste.....	53
Gráfico 19 – Comparativo entre o número total de acertos no Pré e Pós-teste.....	54
Gráfico 20 – Acertos por conteúdo em cada teste.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura física.....	30
Tabela 2 – Tempo para aplicar a pesquisa.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o ensino de Ciências da Natureza.....	14
1.2	Propósitos da pesquisa.....	14
2	O ENSINO DE FÍSICA AUXILIADO POR FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS.....	16
2.1	A inserção do computador no Ensino de Física.....	16
2.2	Possibilidades de utilização do computador no ensino de Física.....	17
2.3	Objetos virtuais de aprendizagem.....	19
3	CONCEITOS DE ELETROSTÁTICA.....	22
3.1	Introdução.....	22
3.2	Lei de Coulomb.....	22
3.3	Campo elétrico.....	23
3.4	Fluxo elétrico e lei de Gauss.....	23
4	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	25
4.1	Visão geral.....	25
4.2	Mapas conceituais.....	27
5	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	29
5.1	Local de realização da pesquisa.....	29
5.2	Público alvo da pesquisa.....	30
5.3	Passos para a realização da pesquisa.....	31
6	O PRODUTO EDUCACIONAL.....	34
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
7.1	Análise do questionário Pré-Teste.....	36
7.2	Análise do questionário Pós-Teste.....	45
7.3	Comparativo entre os resultados do Pré e Pós-teste.....	53
8	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	58
	REFERÊNCIAS.....	59
	APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA: TÓPICOS DE ELETROSTÁTICA UTILIZANDO O COMPUTADOR.....	61
	APÊNDICE B – MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR.....	68
	APÊNDICE C – PRÉ-TESTE.....	100
	APÊNDICE D – PÓS-TESTE.....	105
	ANEXO A – CONCLUSÕES DOS ALUNOS E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE UTILIZANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	110

1 INTRODUÇÃO

Em meados do último século e início do atual, muitos estudos vêm sendo desenvolvidos na área do ensino de Ciências, mais especificamente no ensino da Física. A grande maioria deles tem revelado que, por mais que se busquem respostas inatas e/ou sociais, a dificuldade de aprender conceitos físicos em sala de aula está muito relacionada à maneira pela qual o professor, mediador no processo de ensino e aprendizagem, trata a disciplina e a coloca para seus alunos. As Teorias de Aprendizagem mais utilizadas hoje em dia, em geral, defendem que quanto mais próximos da realidade forem os conteúdos para os alunos, maiores serão as chances de ocorrer à aprendizagem e uma maior aproximação desse aluno com a Física (MOREIRA, 2006).

A partir da experiência, no fazer docente, é possível perceber as dificuldades que os estudantes de ensino médio enfrentam na compreensão de determinados conceitos e teorias. Cabe ao professor buscar ferramentas que auxiliem os discentes no seu processo de aprendizagem. No tocante ao ensino de Eletrostática, os desafios estão, principalmente, na dificuldade de visualização dos fenômenos. É possível ver alguns efeitos, contudo o que está acontecendo efetivamente muitas vezes foge da compreensão dos estudantes. Desta forma, esse ramo da física se torna abstrato e muitas vezes sem despertar interesse em seu estudo.

Uma possível solução para a questão aqui levantada seria a utilização do laboratório de física para amenizar o problema, entretanto, grande parcela das escolas de ensino médio não contam com esse recurso ou têm apenas o espaço físico de um laboratório.

Tendo em vista as questões aqui mencionadas, o presente trabalho tenta apresentar uma possível solução para amenizar o referido problema, buscando apresentar novas possibilidades através de ferramentas computacionais. A pesquisa tem como objetivo analisar as possíveis aplicações de ferramentas computacionais no ensino de eletrostática, através do uso da simulação em Java *Cargas e Campos*, assim como na coleta e análise de dados através das ferramentas *Excel* ou *Libre Office Calc*. Desta forma, a contribuição deste trabalho será na construção de um material para auxiliar o professor nas aulas do referido assunto e criar sequências didáticas com roteiros experimentais (experimentos virtuais com utilização da animação) e mapas conceituais que serão utilizados pelos alunos.

1.1 A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o ensino de Ciências da Natureza

O documento referente à Base Nacional Comum Curricular – BNCC sinaliza para os avanços tecnológicos que ocorreram nos últimos anos e da necessidade do ensino acompanhar tal evolução. Sua finalidade, dentre outras é formar alunos que consigam dominar os meios tecnológicos de produção, assim como ter a criticidade quanto aos seus impactos na organização social.

A escola deve proporcionar ao aluno o acesso à ciência, não apenas pelo conteúdo em si, mas por seu impacto na formação cidadã do jovem. Ter letramento científico é fundamental para o atual momento da sociedade. Desta forma, o ensino deve buscar meios pelos quais os discentes alcancem tais objetivos, bem como oferecer práticas diversas de ensino que possam potencializar a aprendizagem. Dentre o espectro considerável de opções, uma das saídas seria trabalhar experimentos em laboratório assim como a manipulação de objetos.

No que diz respeito à utilização das tecnologias digitais, a BNCC espera dos discentes a seguinte habilidade:

Utilizar tecnologias digitais de comunicação e informação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas do cotidiano (incluindo as escolares) ao se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas (BRASIL, 2017).

1.2 Propósitos da pesquisa

O presente trabalho visa analisar a potencialidade da utilização de ferramentas computacionais (simulações e ferramentas de construção de gráficos) no ensino de eletrostática. Para tanto, o produto educacional foi construído visando sequências didáticas, fundamentadas na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a partir da simulação *Cargas e Campos* do PhET da Universidade do Colorado¹.

O produto educacional busca uma maneira alternativa para o ensino de eletrostática. A ideia não é abandonar a utilização do laboratório real e sim dar uma

¹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/charges-and-fields, acessado em 10/07/2017.

opção a mais com a utilização do Objeto de Aprendizagem anteriormente citado. Tal hipótese foi levantada, tendo em vista os problemas encontrados para o ensino do referido conteúdo, assim como para amenizar problemas estruturais das escolas (ausência de laboratório de ciência), pois o acesso a computadores é bem mais facilitado, seja na escola ou fora dela.

O trabalho apresenta a seguinte divisão de capítulos, sendo que a revisão bibliográfica consta nos três primeiros tópicos abaixo:

1. O ensino de física auxiliado por ferramentas computacionais;
2. Conceitos de Eletrostática;
3. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel;
4. Metodologia da pesquisa;
5. O produto educacional;
6. Resultados;
7. Considerações finais e perspectivas futuras.

2 O ENSINO DE FÍSICA AUXILIADO POR FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Uma forte tendência demonstrada nos estudos do tema em questão é o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação – TDICs, como ferramentas de apoio no processo de ensino e aprendizagem. Segundo Arantes; Miranda; Studart (2010), materiais digitais de suporte à aprendizagem vêm sendo estudados e desenvolvidos para serem utilizados por professores e alunos da Educação Básica brasileira. Esses materiais são chamados Objetos de Aprendizagem – OA. Apesar de ser uma tecnologia de recurso educacional bastante nova, visto que no Brasil os primeiros só surgiram no ano 2000, são vistos hoje como grandes aliados no processo de ensino aprendizagem da Física, pois permitem apresentar conceitos científicos e simular situações reais de maneira a envolver o aluno com o assunto em questão.

2.1 A inserção do computador no ensino de física

Para Bezerra et al. (2009) o processo de ensino e aprendizagem de física no contexto escolar, pode partir da curiosidade do aluno em entender o mundo que o cerca, assim como de estímulos externos, advindos de meios variados. Desta forma, a escola tem um papel fundamental na produção e disseminação do conhecimento, por meio de um ensino que seja, sobretudo, motivador. Além disso, faz-se necessário que ela finalize com a ideia de que a física é algo difícil e inalcançável.

O Ensino de física surge da curiosidade de se compreender os fenômenos que ocorrem na natureza. No Brasil, sua origem remota a era colonial com enfoque totalmente tradicional, sendo realizado por meio de processos mecânicos de repetições e memorizações. Não há uma relação direta com as aplicações, apenas conceitos soltos. No período da república, já no século XX, se tem maior carga horária destinada para o ensino da referida disciplina, ganhando um pouco mais de importância no cenário nacional (SILVA; MORAIS II; FARIA, 2015).

Alguns acontecimentos alavancaram o ensino de física no Brasil, como a criação, em 1943, do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura – IBCC, primeira instituição destinada para o ensino de ciências. A Física só chegou a fazer parte do currículo do ensino médio, antigo ensino secundário, no ano de 1950, devido ao avanço da industrialização (SILVA; MORAIS II; FARIA, 2015).

Nesse contexto de busca de ferramentas e metodologias para melhorar o ensino de física, se tem a inserção do computador como uma alternativa de potencializar o ensino de física. Para Rosa (1995), a disseminação dos computadores, que tem início no fim dos anos setenta e inícios dos anos oitenta, se deu devido à possibilidade de baixo custo dessas máquinas, associado ao crescente desenvolvimento tecnológico. Desta forma, os computadores passaram a ser objetos comuns nas residências dos brasileiros, podendo ser usados em diversos contextos. De acordo com o autor anteriormente citado, já existem escolas que fazem usos intensos dessas máquinas em várias atividades, sobretudo no ensino, e a tendência é que elas sejam ainda mais inseridas nas rotinas escolares.

2.2 Possibilidades de utilização do computador no Ensino de Física

Aqui veremos algumas aplicações do computador para o ensino de física, como forma de compreender em que contexto está inserido o produto educacional deste trabalho. Segundo Fiolhais e Trindade (2003), podemos ter os seguintes e principais modos de utilização dos computadores:

a) aquisição de dados

Devido a física ser uma ciência experimental, essa ferramenta tem considerável relevância para o seu ensino, visto que possibilita ao aluno o auxílio no laboratório escolar. Destaca-se, nessa modalidade, a possibilidade de medir grandezas físicas instantaneamente e a possibilidade de fazer a leitura gráfica de determinados padrões que ocorrem em fenômenos físicos.

b) modelização e simulação

Essa aplicação talvez seja uma das mais importantes e também mais utilizada, pois possibilita ao aluno ter a visão de modelos que, no cotidiano, teriam muita dificuldade de serem observados (coisas muito pequenas, muito rápidas, etc.). Através da programação adequada e de cuidados com a representação mais fiel da realidade é possível construir modelos que auxiliem os discentes a compreenderem a física.

Nesse tipo de modelo o aluno pode alterar valores de variáveis físicas ou os dados iniciais da simulação, observando as alterações nos resultados obtidos. Desta

forma, experimentos que, por diversos fatores, seriam inacessíveis aos estudantes, são aproximados destes devido ao uso do computador.

c) multimídia

Esta forma de utilização do computador tem como base os hipertextos e as hipermídias. Um único programa pode conter uma variedade de objetos como textos, imagens, sons, videos, animações sem que necessariamente precisem ser acessados de maneira linear, ou seja, o estudante tem a autonomia de buscar o que lhe é relevante. Desta forma, esse método de utilização, assim como outros, tem seus pontos positivos e negativos. Com essa aplicação o aluno pode aprender por livre associação de conceitos, no entanto, a sistematização dos conteúdos, algo comum em qualquer curso de física, é deixada de lado.

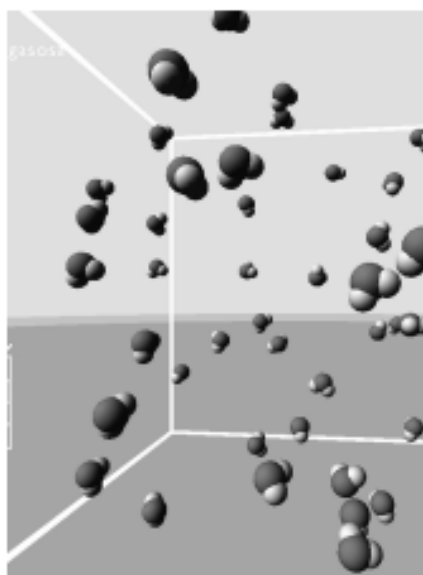
Mesmo não tendo tanto sucesso no ensino de ciências, essa ferramenta pode ser útil para despertar a atenção e interesse do aluno para o estudo da física, tendo em vista que a falta de motivação é um dos fatores que atrapalham no processo de ensino e aprendizagem.

d) realidade virtual

Nesta modalidade é possível, através de um conjunto de tecnologias, ter a sensação de estar em outra realidade, que só existe virtualmente de forma digital na memória de um computador (HARISON; JAQUES, 1996). Desta forma, se torna possível a construção de modelos que possam facilitar o estudo de estruturas físicas complexas.

Ainda na visão de Fiolhais e Trindade (2003), é conhecido que os modelos gráficos da realidade virtual têm oferecido opção de visualização de modelos conceituais corretos. Um exemplo a ser citado é do ambiente *Água Virtual*, desenvolvido pela Universidade de Coimbra, em parceria com outras instituições. Neste ambiente, é possível ter uma visualização microscópica da molécula de água, como mostra a figura abaixo.

Figura 1 – Fase gasosa da água.



Fonte: Fiolhais e Trindade (2003)

e) internet

Esta modalidade é, sem dúvidas, a mais revolucionária pois a partir dela é possível se ter acesso a diversos conteúdos quase que instantaneamente. No contexto escolar, ela tira o papel central do professor, o tornando um mediador no processo de ensino e aprendizagem e, ao mesmo tempo, possibilitando um maior alcance nas potencialidades do professor. Através da internet é possível ter acesso à outras aplicações do computador como *Simulações*, *Multimídia* e *Realidade Virtual*.

A utilização de computadores em sala de aula tem influência positiva no fazer docente, tornando os alunos mais participativos e motivados nesse processo. Nesse sentido, se faz necessário ao professor estar capacitado para fazer a utilização correta dessa ferramenta. Tal procedimento, propicia contribuições para um ensino interativo e prazeroso (SILVA; MORAIS II; FARIA, 2015).

2.3 Objetos virtuais de aprendizagem

Hoje existem muitas definições para Objetos de Aprendizagem – AO. Na perspectiva de Nash (2005 apud MIRANDA, 2013), eles são blocos de informações que estão à disposição do professor para que este os conecte da melhor maneira possível ao processo de ensino e aprendizagem. Assim, um objeto OA pode tanto

contemplar um único conceito quanto uma teoria completa, ou ainda compor uma sequência didática, envolvendo um conjunto de atividade de modo a facilitar o entendimento de determinados aspectos de um conteúdo. Wiley (2000 apud ROLIM et al., 2009) define um OA como qualquer recuso digital que possa ser utilizado para subsidiar o ensino, que pode ser representado por uma apresentação de slides, um vídeo, uma animação ou uma complexa simulação de determinado fenômeno.

Miranda (2013) destaca que os OA são objetos digitais disponíveis na web, projetados especificamente para fins educacionais, com o intuito de auxiliar os professores em seus planos de ensino. Além disso, visa contribuir para o desenvolvimento de novas habilidades ou o reforço de habilidades já existentes, ilustrar conceitos que não se explicariam facilmente por meios tradicionais e criar novas formas de aprendizagem.

Acredita-se então que os OA se constituem em ferramentas importantes para apresentar conteúdos e conceitos de forma mais dinâmica e interativa, em que o professor abandona a postura de transmissor de conhecimento, passando a atuar muito mais como um mediador no processo de ensino e aprendizagem (BEHAR, 2009).

O uso das tecnologias digitais de informação e comunicação – TDIC's é atualmente bastante incentivado, mesmo sem relação alguma com as teorias cognitivas de aprendizagem, o que pode reduzi-las a uma técnica de ensino tradicional, em que o professor, enquanto detentor do saber, o transmite para os alunos que não possuem conhecimento algum.

No entanto, para Barbosa e Moraes (2011), o uso de simulações em Física deve-se pautar em teorias de aprendizagens cognitivas, enfatizando a importância da visualização para a construção do conhecimento por parte do indivíduo. Ainda segundo os autores, para se aprender Física, compreender conceitos e fazer previsões sobre sistemas físicos é necessário que o indivíduo construa modelos mentais apropriados, os quais seriam uma réplica do mundo real, que se constrói para poder compreendê-lo controlá-lo e tomar decisões sobre o mesmo.

Materiais digitais de aprendizagem como as simulações interativas, podem contribuir fortemente para a construção de modelos mentais apropriados para se compreender e apreender a conceitos físicos, o que possibilita o estabelecimento de relações pertinentes entre conceitos e enxergar significados em expressões matemáticas, empregadas na descrição de um comportamento físico (SANTOS et

al., 2000). Além disso, podem ser utilizados como organizadores prévios que, segundo Ausubel, são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser apreendido, cuja principal função seria a de servir de ponte entre o que o aprendiz já conhece e aquilo que ele deve conhecer, a fim de se conseguir uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2006).

3 CONCEITOS DE ELETROSTÁTICA

Neste capítulo serão discutidos os fundamentos da eletrostática, isto é, o estudo do comportamento e das propriedades da eletricidade em repouso, conteúdo sobre o qual foi concebido o produto educacional deste trabalho.

3.1 Introdução

Um dos principais problemas em eletrostática é calcular a força elétrica em uma carga de prova exercida por outras cargas fonte. A solução para este problema é simplificada pelo **princípio da superposição**, que nos diz que a interação entre duas cargas não é perturbada pela presença de outras cargas. Desta forma, temos que

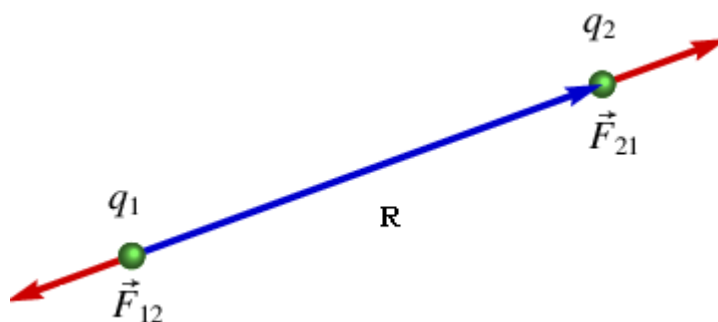
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots \quad (1)$$

Assim sendo, para solucionar o referido problema basta calcular a interação para cada par de cargas (GRIFFITHS, 2011).

3.2 Lei de Coulomb

Para resolver o problema aqui exposto é preciso saber como calcular a força entre um par de cargas separadas por uma distância R . A lei de Coulomb, elaborada com base na experimentação, mostra como fazer isso.

Figura 2 – força elétrica entre duas cargas puntiformes.



Fonte: Show de Física – UNESP Rio Claro.

Em termos destas quantidades, a lei de Coulomb estabelece que a força, que qualquer uma das cargas exerce sobre a outra, pode ser expressa pela relação

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{R^2} \hat{r} \quad (2)$$

A constante ϵ_0 é chamada de permissividade do vácuo (FREEDMAN, 2014, p. 9). Em unidades SI, $\epsilon_0 = (1/4\pi k) = 8,85 \times 10^{-12} C^2 / N \cdot m^2$.

3.3 Campo Elétrico

Se definirmos como q as cargas fonte e Q a carga teste e tivermos várias cargas puntiformes $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ separadas pelas distâncias $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ de Q podemos calcular a força total sobre ela. Que será:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 Q}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{q_2 Q}{r_2^2} \hat{r}_2 + \frac{q_3 Q}{r_3^2} \hat{r}_3 + \dots \right) \\ \vec{F} &= \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1 \hat{r}_1}{r_1^2} + \frac{q_2 \hat{r}_2}{r_2^2} + \frac{q_3 \hat{r}_3}{r_3^2} + \dots \right) \end{aligned}$$

Também podemos escrever da forma que segue,

$$\vec{F} = Q\vec{E} \quad (3)$$

Onde temos que,

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r}_i \quad (4)$$

$\vec{E}$ é o campo elétrico das cargas fontes (GRIFFITHS, 2011).

Portanto, os campos elétricos, assim como a força elétrica, obedecem ao princípio da superposição.

3.4 Fluxo elétrico e lei de Gauss

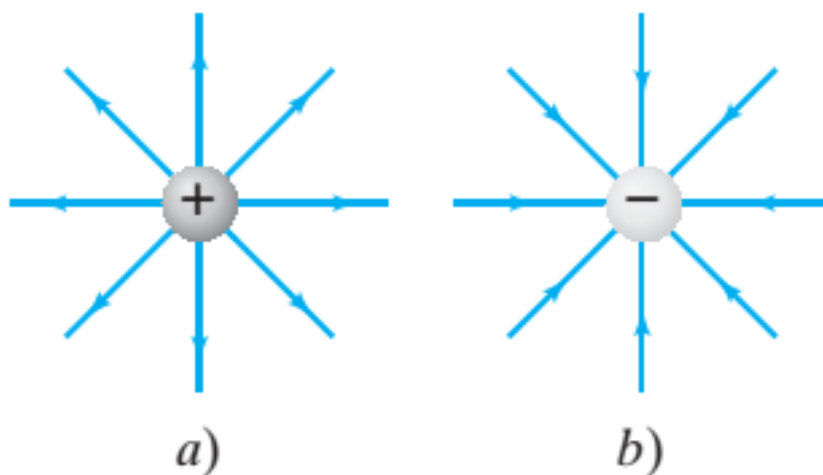
O campo elétrico pode ser representado de uma maneira mais simples, através das **linhas de campo** (figuras 3 e 4), onde a densidade de linhas representa a intensidade do campo elétrico.

Deste modo o fluxo do campo elétrico $\vec{E}$ através de uma superfície S ,

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} \cdot d\vec{a} \quad (5)$$

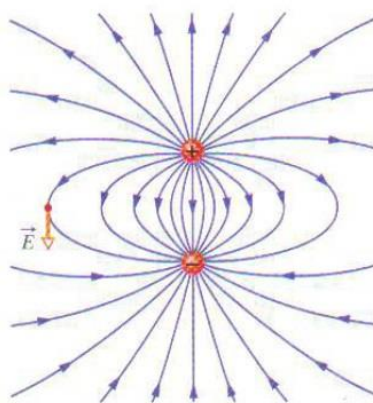
é uma medida da quantidade de linhas de campo que passam através da superfície (GRIFFITHS, 2011).

Figura 3 – Linhas de campo ao redor de uma a) carga positiva e de uma b) carga negativa.



Fonte: Giancoli (2009).

Figura 4 – Linhas de campo de um dipolo elétrico.



Fonte: campo elétrico Wordpress.

Para uma carga puntiforme q na origem, o fluxo de $\vec{E}$ através de uma esfera de raio r é dado por

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r^2} \hat{r} \right) \cdot (r^2 \sin\theta d\theta d\phi \hat{r}) = \frac{1}{\epsilon_0} q \quad (6)$$

(GRIFFITHS, 2011).

Se ao invés de uma tivermos certa quantidade de cargas espalhadas em torno da origem, o capô total é dado pelo princípio da superposição e teremos que

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

Então o fluxo através de uma superfícies em que elas estão contidas é

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{a} = \sum_{i=1}^n \left(\oint \vec{E}_i \cdot d\vec{a} \right) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\epsilon_0} q_i \right) \quad (7)$$

Se generalizarmos para qualquer superfície fechada teremos que

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{enc}$$

Onde Q_{enc} é a carga total encerrada pela superfície e a equação 7 é a forma quantitativa da lei de Gauss (GRIFFITHS, 2011).

Da forma descrita na equação 7 a lei de Gauss é aplicada de uma forma mais simples à cargas pontuais, distribuições lineares e superficiais, mas esta também pode ser expressa na forma diferencial, sendo escrita como

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \quad (8)$$

A equação 8 trata da mesma informação da equação 7, estando apenas escrita com outro formalismo (GRIFFITHS, 2011).

4 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

Neste capítulo será discutida a teoria de aprendizagem que fundamenta o Produto Educacional.

4.1 Visão geral

O trabalho que dá origem a teoria de Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, foi *The psychology of meaningful verbal learning*, publicado em 1963. Neste trabalho a Aprendizagem Significativa é definida como algo contrário a aprendizagem mecânica e memorística. Com a formulação desta teoria pretende-se fornecer ao professor uma ferramenta lógica para que o mesmo possa escolher o método mais acertado de ensino (MOREIRA, 2000).

A Aprendizagem significativa pode ser definida como um tipo de Aprendizagem na qual as ideias expressas de maneira simbólica interagem substantivamente ao invés de arbitrariamente com aquilo que o aluno já sabe. Ou seja, os conhecimentos, especificamente relevantes, já existentes na cognição do sujeito são de considerável importância para a aprendizagem. Ausubel chamava estes conhecimentos relevantes, que podem ser um conceito, proposição, um modelo, de subsunçor ou ideia-âncora (MOREIRA, 2013).

Para Moreira 2013 a aprendizagem se dar entre a interação de conhecimentos prévios com novos conhecimentos.

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, 2013 p. 6).

Com o passar do tempo o subsunçor vai ficando cada vez menos variável, estável e diferenciado, com uma gama maior de significados, estando, desta forma, cada vez mais preparado para receber novos conceitos. É como se, por exemplo, compreendendo o princípio de Atração de cargas de sinais opostos e de repulsão de cargas mesmo sinal, evolua-se naturalmente para um “novo subsunçor”, a Força Elétrica (MOREIRA, 2013).

Moreira (2013) defende ainda que os novos conhecimentos adquiridos ficam subordinados aos conhecimentos prévios. De acordo com o autor,

Esta forma de aprendizagem significativa, na qual uma nova idéia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante (MOREIRA, 2013. p.7).

4.2 Mapas conceituais

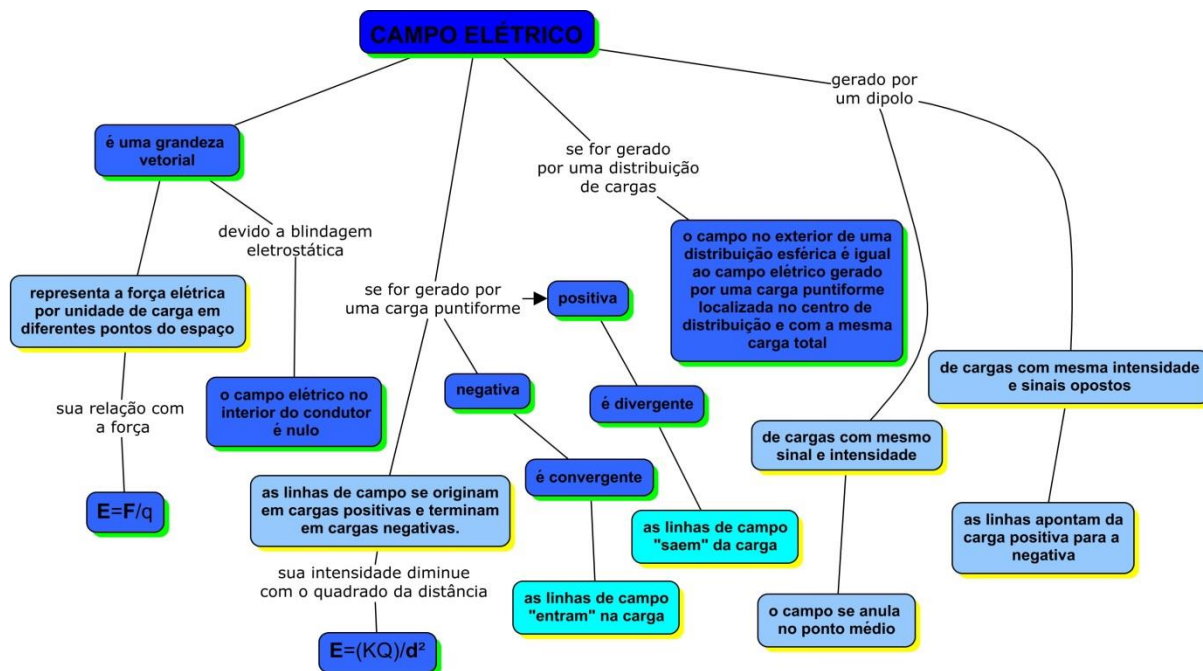
Os mapas conceituais são ferramentas que auxiliam o professor a organizar e representar o conhecimento, hierarquizando conceitos e mostrando como estes se relacionam uns com os outros (ALMEIDA; MOREIRA, 2008)

Para Almeida & Moreira (2018), Novak foi o criador da técnica de mapeamento de acordo com a Teoria de Aprendizagem de Ausubel. Segundo os autores,

A técnica do mapeamento conceitual foi criada por Novak como uma forma de aplicação da teoria de aprendizagem de David Ausubel. De acordo com essa teoria, o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, ou seja, informações, conceitos (ALMEIDA; MOREIRA, 2008).

Podemos ver a utilização deste instrumento no estudo de eletrostática, como mostra a figura abaixo.

Figura 5 – Mapa conceitual sobre campo elétrico.



Fonte: Próprio autor.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo estão descritos os procedimentos metodológicos empregados na aplicação do Produto Educacional, assim como o local de aplicação da pesquisa e seu público alvo.

5.1 Local de realização da pesquisa

O Produto Educacional foi aplicado na EEM. Governador Adauto Bezerra, localizada na Av. Deoclécio Lima Verde s/n - Bairro Areias – Igatu – CE. A referida escola oferta ensino médio na modalidade regular nos turnos matutino, vespertino e noturno.

Segundo o Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola a demanda atendida por este estabelecimento no período diurno é, em sua maioria, de alunos da zona rural e dos bairros próximos à escola. No período noturno, a maioria dos alunos são adultos trabalhadores do comércio/Indústria local ou alunos com distorção idade/série.

A figura 6 mostra a entrada da escola.

Figura 6 – Entrada da escola.



Fonte: elaborado pelo autor.

A tabela a seguir mostra como é a estrutura física da escola.

Tabela 1 – Estrutura Física.

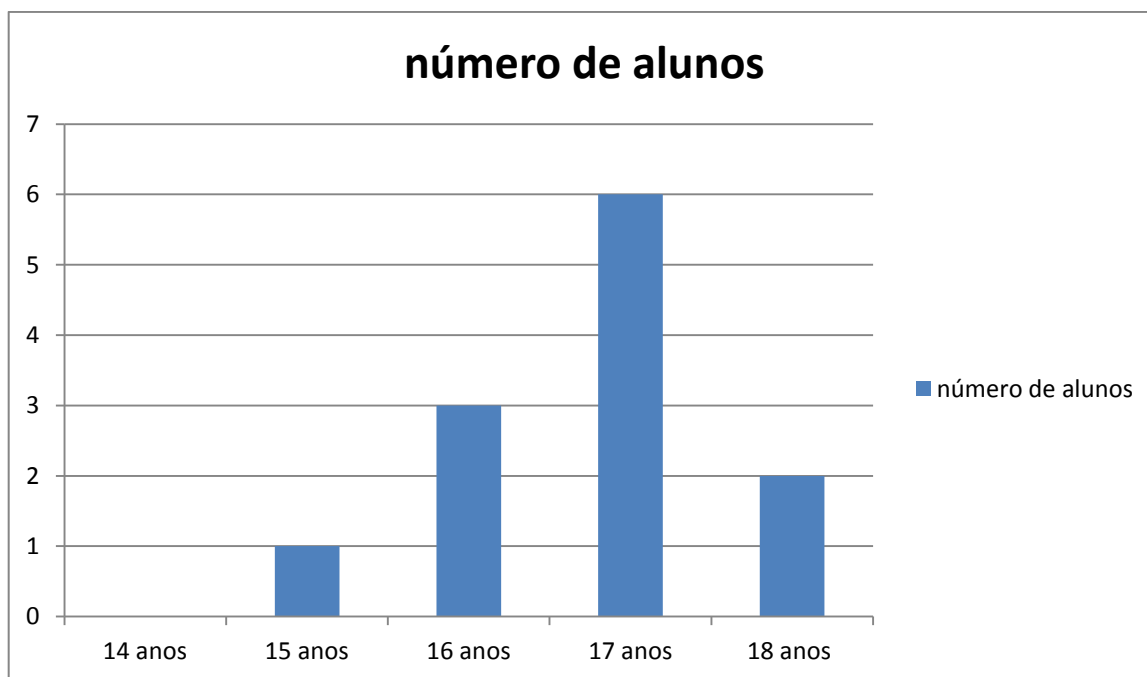
Estrutura Física Da Escola	
Número de salas de aula	08
Laboratórios de informática	02
Laboratório de Ciências	01
Centro de multimeios	01
Academia de Ed. Física	01
Quadra esportiva	01

Fonte: elaborada pelo autor.

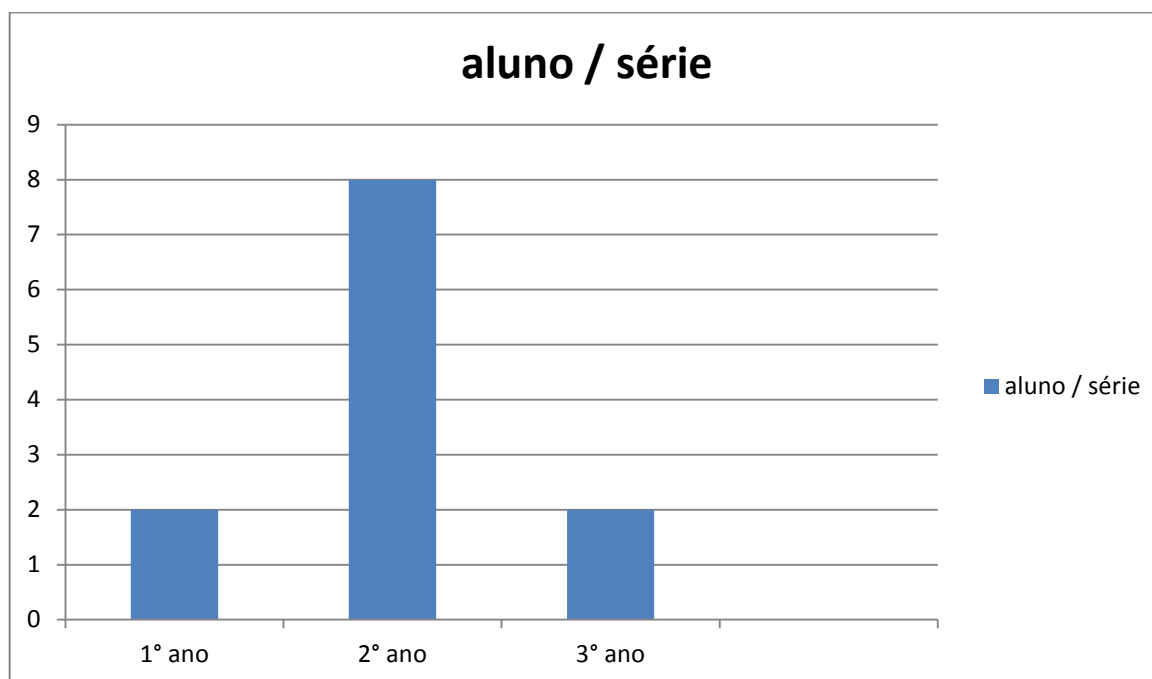
5.2 Público alvo da pesquisa

O projeto foi iniciado com 20 alunos do período diurno, dos quais, 12 cumpriram todas as etapas. O gráfico 1 mostra a idade, em anos, dos participantes; e o gráfico 2 mostra a série que o participante está cursando no Ensino Médio.

Gráfico 1 – Idade dos alunos participantes.



Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 2 – Série dos alunos participantes.

Fonte: elaborado pelo autor.

Pode-se observar que a maioria dos estudantes frequenta o segundo ano do Ensino Médio e têm idade de 17 anos.

5.3 Passos para a realização da pesquisa

O primeiro passo para a realização deste trabalho foi fazer a revisão bibliográfica no que diz respeito ao estudo da física com assistência do computador, revisão dos conceitos de Eletrostática e revisar a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

Posteriormente, o Produto Educacional foi desenvolvido, tanto os procedimentos experimentais como os Mapas Conceituais e os testes a serem aplicados.

O próximo passo foi convidar os alunos a participarem do projeto e aplicar o produto. Esta atividade obedeceu a carga horária mostrada na tabela 2.

Tabela 2 – Tempo para aplicar a pesquisa.

Atividade	Tempo destinado em minutos
Aplicar pré-teste	50
Apresentação dos conceitos de Força, Campo e Potencial Elétrico	40
Tópico de Força Elétrica (Incluindo estudo do mapa conceitual)	60
Tópico de Campo Elétrico parte 1	50
Tópico de Campo Elétrico parte 2 (Incluindo estudo do mapa conceitual)	50
Tópico de Potencial Elétrico (Incluindo estudo do mapa conceitual)	100
Aplicar pós-teste	50

Fonte: elaborada pelo autor.

Como a hora aula no estado do Ceará é de 50 minutos, o projeto foi desenvolvido em 8 aulas, tendo ocorrido em dois encontros na escola anteriormente citada. As figuras a seguir mostram as atividades sendo desenvolvidas.

Figura 7 – Orientações para a utilização da sequência didática.

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 8 – Alunos utilizando a sequência didática.



Fonte: elaborada pelo autor.

A metodologia de ensino, que também fundamentou os passos dados no desenrolar da sequência didática, foi os momentos pedagógicos de Delizoicov (1990):

Primeiro Momento Pedagógico: Apresentação do projeto, problematização inicial e aplicação do pré-teste (Figura 16).

Segundo Momento Pedagógico: O aluno organiza o conhecimento (Figura 17). Neste momento, temos a evolução dos conhecimentos prévios do aluno, através da consulta ao roteiro e a manipulação do software *Cargas e Campos*. Os conceitos são organizados e tendem a evoluir para dar a estrutura de obtenção de conceitos mais aprofundados sobre os temas apresentados no primeiro momento pedagógico.

Terceiro Momento Pedagógico: Houve a aplicação do conhecimento na produção da conclusão do roteiro experimentas e resolução do Pós-Teste.

Os resultados da pesquisa e as conclusões, a partir destes, serão apresentados nos Capítulos 7 e 8.

6 O PRODUTO EDUCACIONAL

A sequência didática intitulada *Tópicos de Eletrostática Utilizando o Computador* foi desenvolvida em uma linguagem acessível para alunos de qualquer série do Ensino Médio (embora o assunto de Eletrostática seja conteúdo curricular do terceiro ano) e deve ser usada nos anos finais do Ensino Fundamental.

O Produto Educacional (em anexos) foi dividido em duas partes:

Parte 1 – Roteiro experimental: destinado ao aluno e é composta dos passos que se deve utilizar para a utilização do software Cargas e Campos do PHET Colorado (repositório de animações de ciências em Java e HTML), no estudo da Eletrostática. Para cada tópico de Eletrostática trabalhado também é feito o estudo do Mapa Conceitual relacionado a ele. A figura seguinte mostra a capa deste material.

Figura 9 – Capa do material do aluno.



Fonte: elaborada pelo autor.

Parte 2 – Material de Apoio ao Professor: pela abrangência do assunto tratado no roteiro experimental, observou-se que seria viável um material que norteasse o professor na utilização deste material em sala de aula. O manual para o docente contém a revisão bibliográfica de Eletrostática (algumas adaptações da revisão feita no Capítulo 3) e o passo a passo de como baixar e utilizar o programa *Cargas e Campos*. A figura a seguir mostra a capa do material desenvolvido para o professor.

Figura 10 – Capa do material de apoio ao professor.



Fonte: elaborada pelo autor.

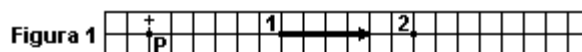
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos no Questionário Pré-Teste e no Questionário Pós-Teste, assim como as devidas análises no que diz respeito às expectativas de obtenção de aprendizagem dos conceitos de Eletrostática. *A priori* é feita a análise das respostas prévias fornecidas pelos discentes e, posteriormente, elas são comparadas com as respostas fornecidas ao novo questionário aplicado, após a utilização da sequência didática para o ensino de Eletrostática.

7.1 Análise do questionário Pré-Teste

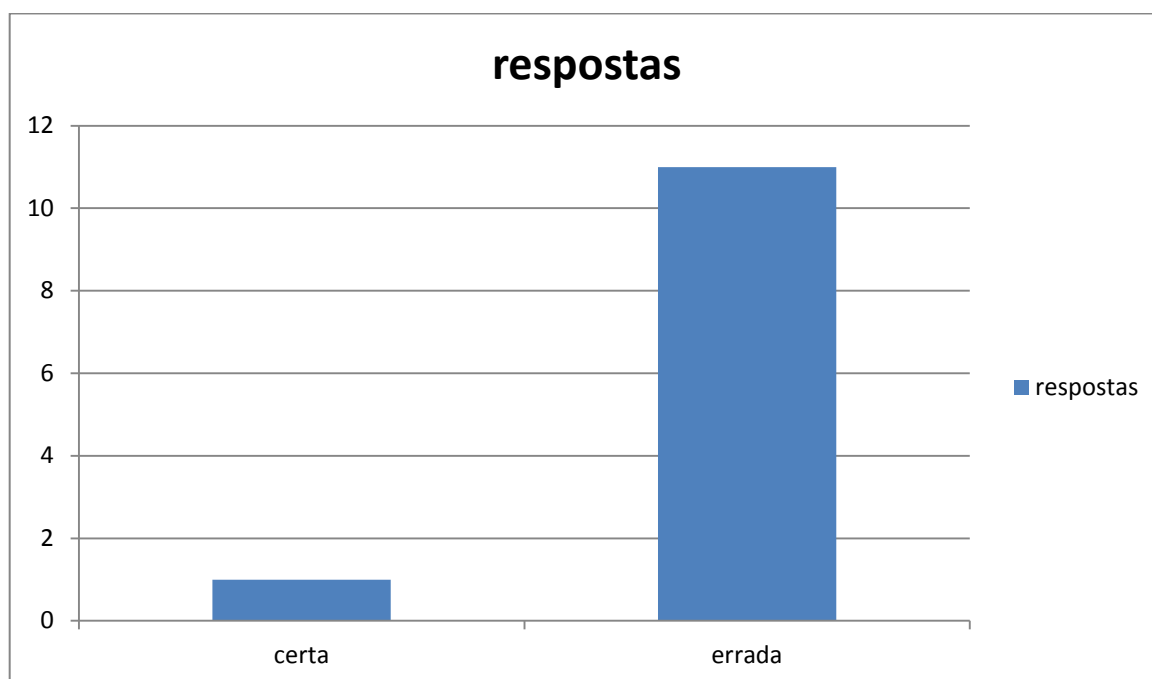
Nesta seção são apresentados os questionamentos feitos aos alunos, assim como o conteúdo a que eles pertencem, dentro da Eletrostática. Além disso, mostra o percentual de acertos obtidos pelos discentes no pré-teste.

Questão 1. (UNESP) – A Figura a seguir representa uma carga elétrica pontual positiva no ponto P e o vetor campo elétrico no ponto 1, devido a essa carga. No ponto 2, a melhor representação para o vetor campo elétrico, devido à mesma carga em P, será:



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

Gráfico 4 – Resposta da questão 1.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 2. (UFMG) – Um ponto P está situado à mesma distância de duas cargas, uma positiva e outra negativa, de mesmo módulo. A opção que representa corretamente a direção e o sentido do campo elétrico criado por essas cargas, no ponto P, é:

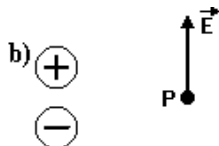
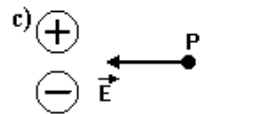
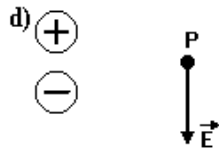
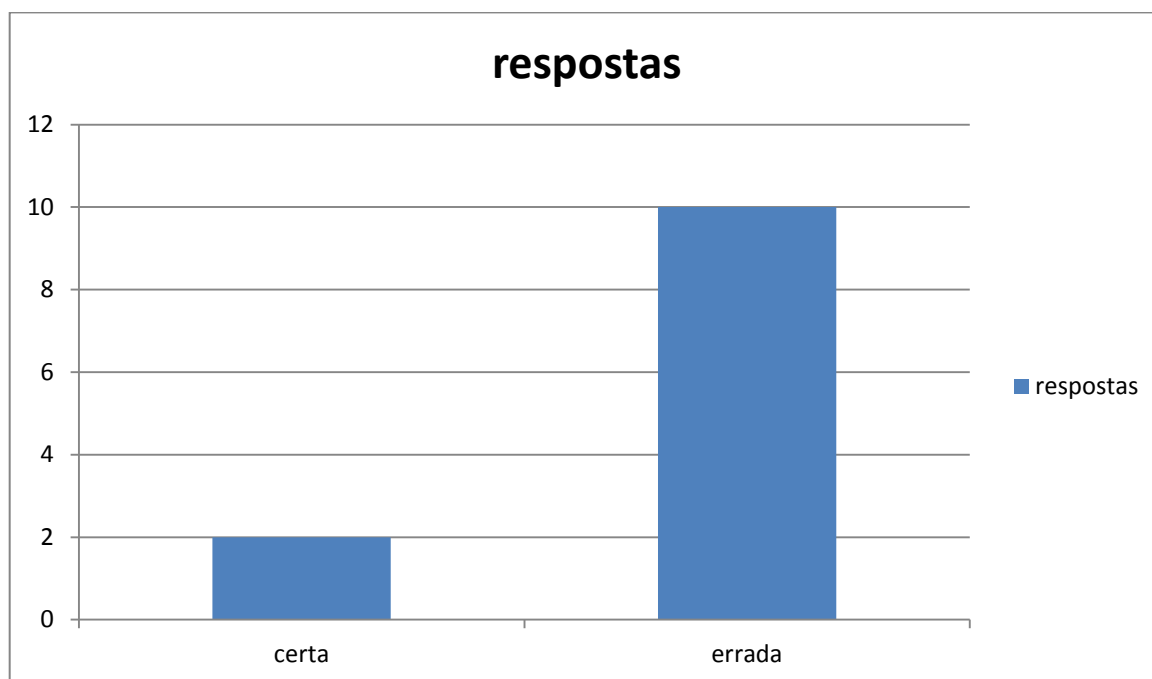
- a) 
- b) 
- c) 
- d) 
- e) O campo elétrico é nulo em P.

Gráfico 5 – Resposta da questão 2.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 3. (FEI) – Duas cargas puntiformes $q = +6 \mu\text{C}$ e $q_2 = -2 \mu\text{C}$ estão separadas por uma distância d . Assinale a alternativa que melhor represente as linhas de força entre q e q_2 :

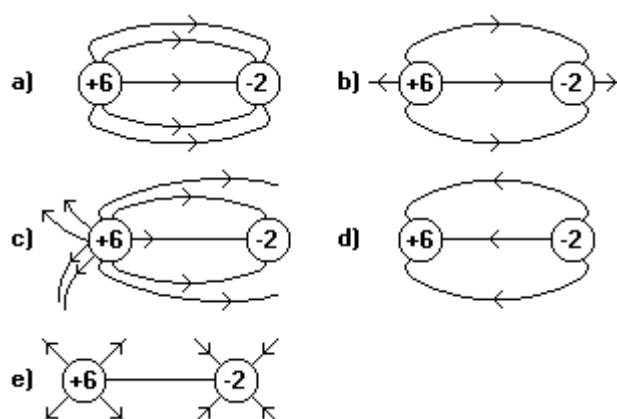
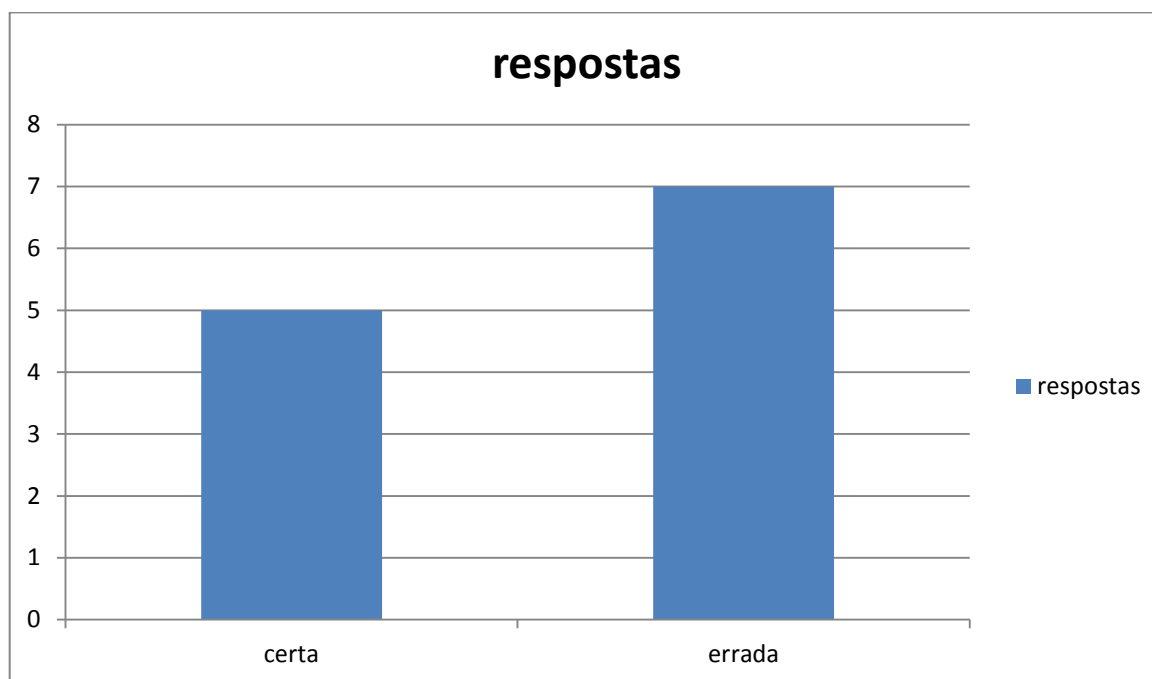


Gráfico 5 – Resposta da questão 3.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 4. (UNESP) – Na figura adiante, o ponto P está equidistante das cargas fixas $+Q$ e $-Q$. Qual dos vetores indica a direção e o sentido do campo elétrico em P, devido a essas cargas?

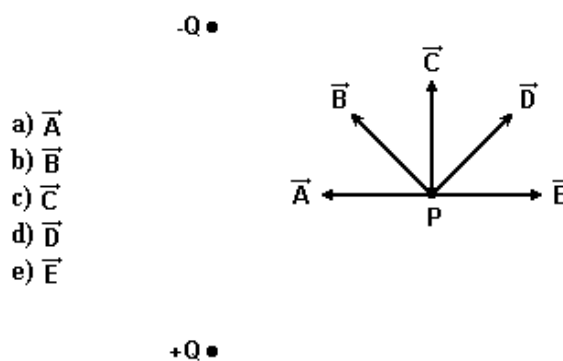
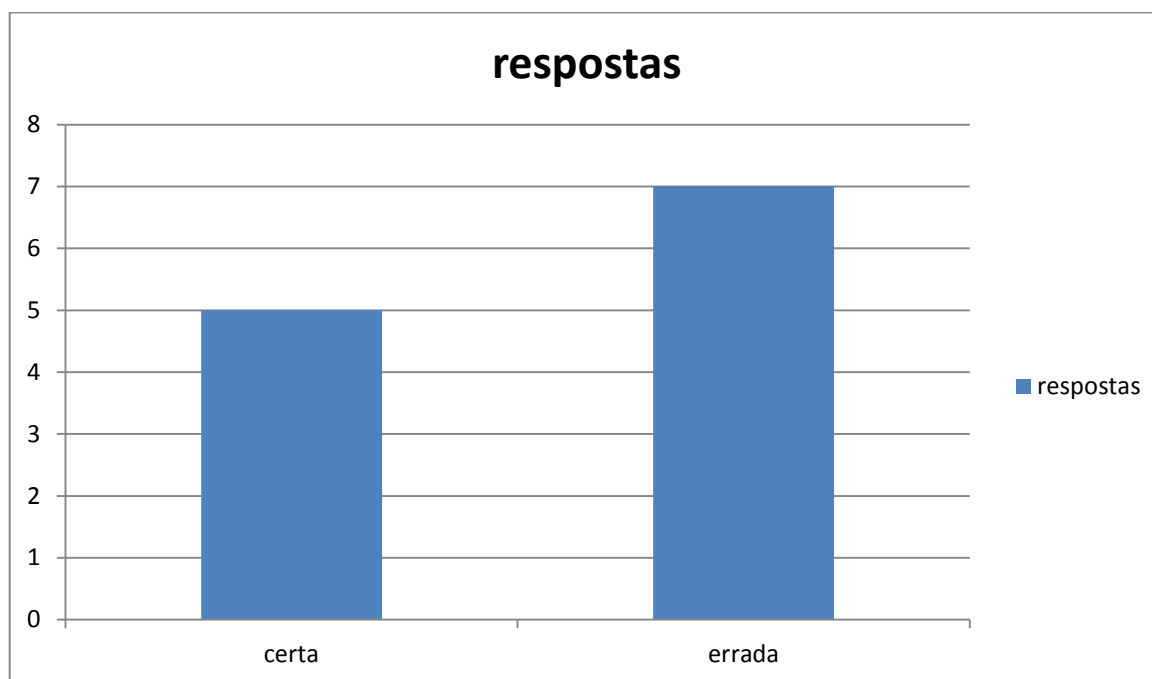
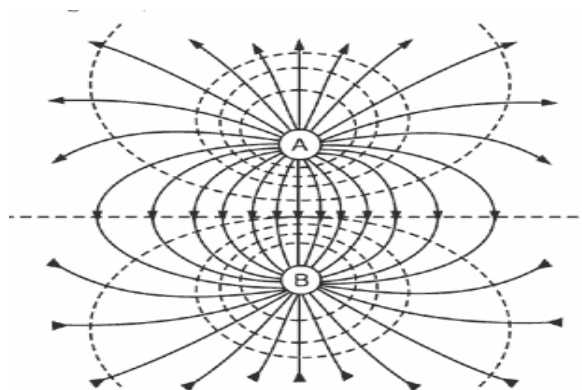


Gráfico 6 – Resposta da questão 4



Fonte: elaborado pelo autor.

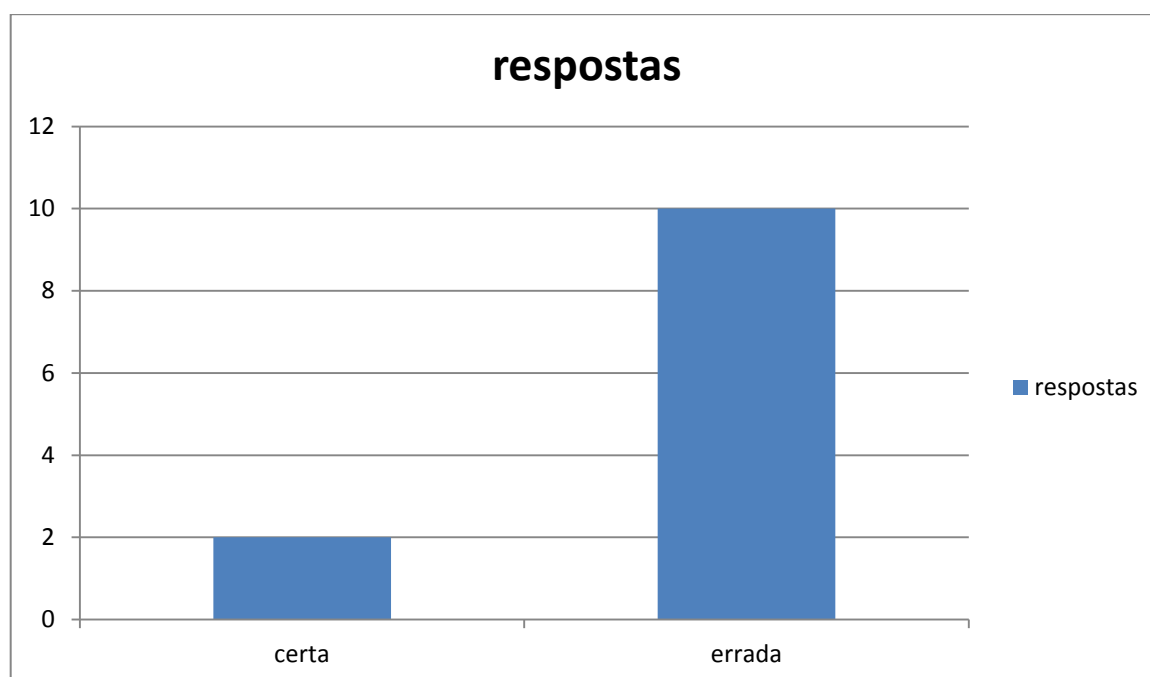
Questão 5. (UNIFESP) – A figura representa a configuração de um campo elétrico gerado por duas partículas carregadas, A e B.



Assinale a linha da tabela que apresenta as indicações corretas para as convenções gráficas que ainda não estão apresentadas nessa figura (círculos A e B) e para explicar as que já estão apresentadas (linhas cheias e tracejadas)

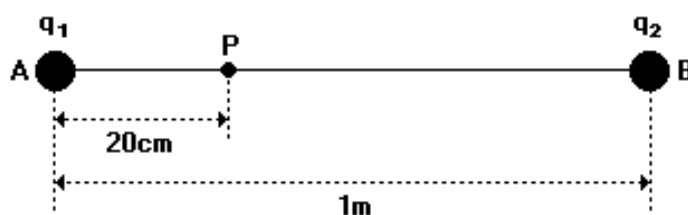
	carga da partícula A	carga da partícula B	linhas cheias com setas	linhas tracejadas
a)	(+)	(+)	linha de força	superfície equipotencial
b)	(+)	(-)	superfície equipotencial	linha de força
c)	(-)	(-)	linha de força	superfície equipotencial
d)	(-)	(+)	superfície equipotencial	linha de força
e)	(+)	(-)	linha de força	superfície equipotencial

Gráfico 7 – Resposta da questão 5.



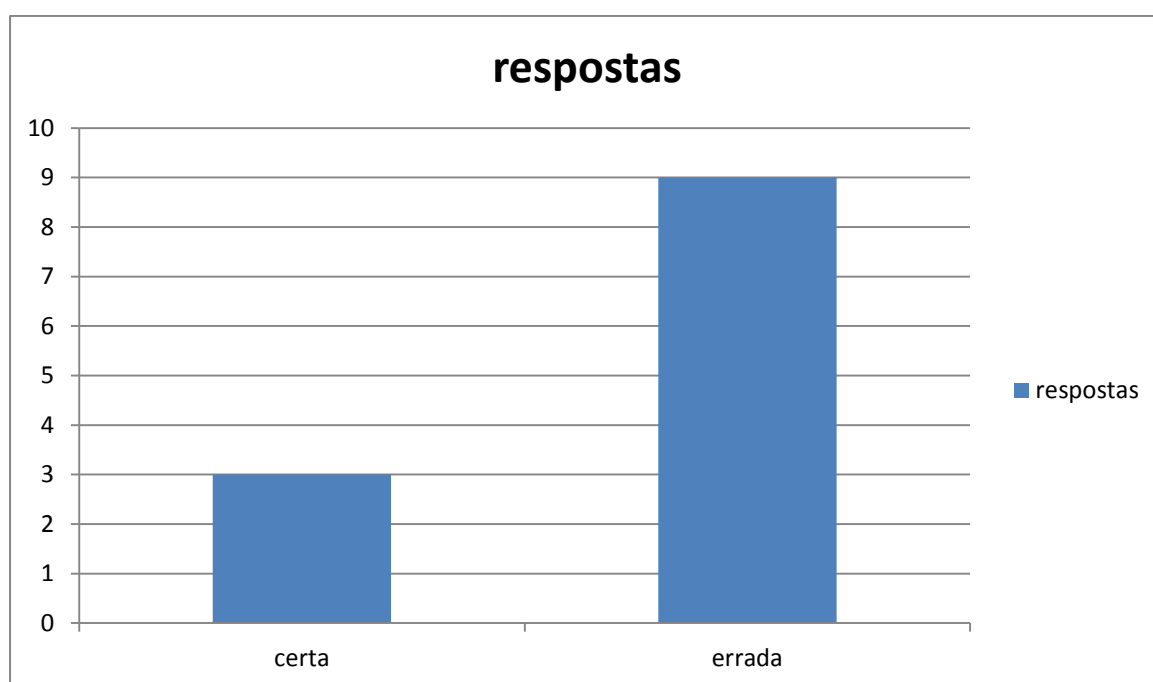
Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 6. (MACKENZIE) – As cargas puntiformes $q_1 = 20 \mu\text{C}$ e $q_2 = 64 \mu\text{C}$ estão fixas no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$), respectivamente nos pontos A e B. O campo elétrico resultante no ponto P tem intensidade de:



- a) $3,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.
- b) $3,6 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.
- c) $4,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.
- d) $4,5 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.
- e) $5,4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.

Gráfico 8 – Resposta da questão 6.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 7. (Futuro Militar) – A figura ilustra três cargas puntiformes $+q_1$, $+q_2$ e $-q_2$, situadas nos vértices de um triângulo equilátero. Sabe-se que todo o sistema está no vácuo. Dentre as alternativas mostradas, assinale aquela que melhor representa a força elétrica resultante que atua na carga $+q_1$, devida à ação das outras duas cargas.

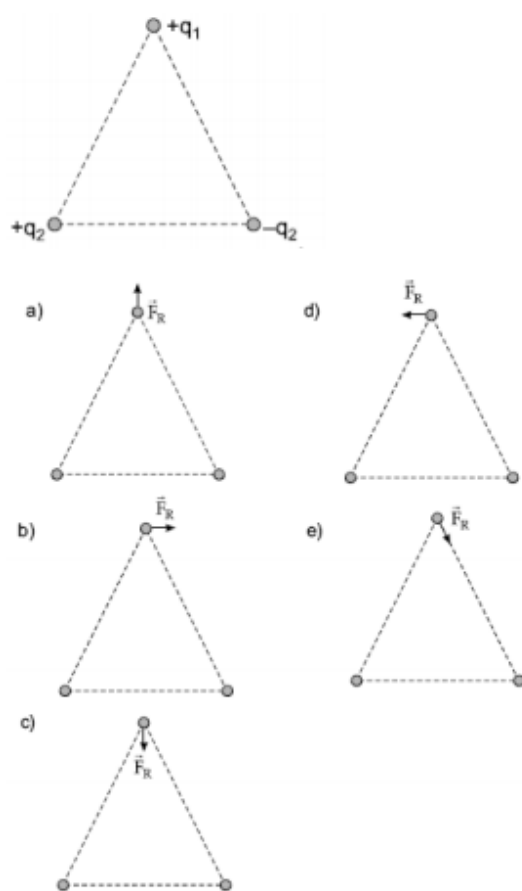


Gráfico 9 – Resposta da questão 7.



Fonte: elaborado pelo autor.

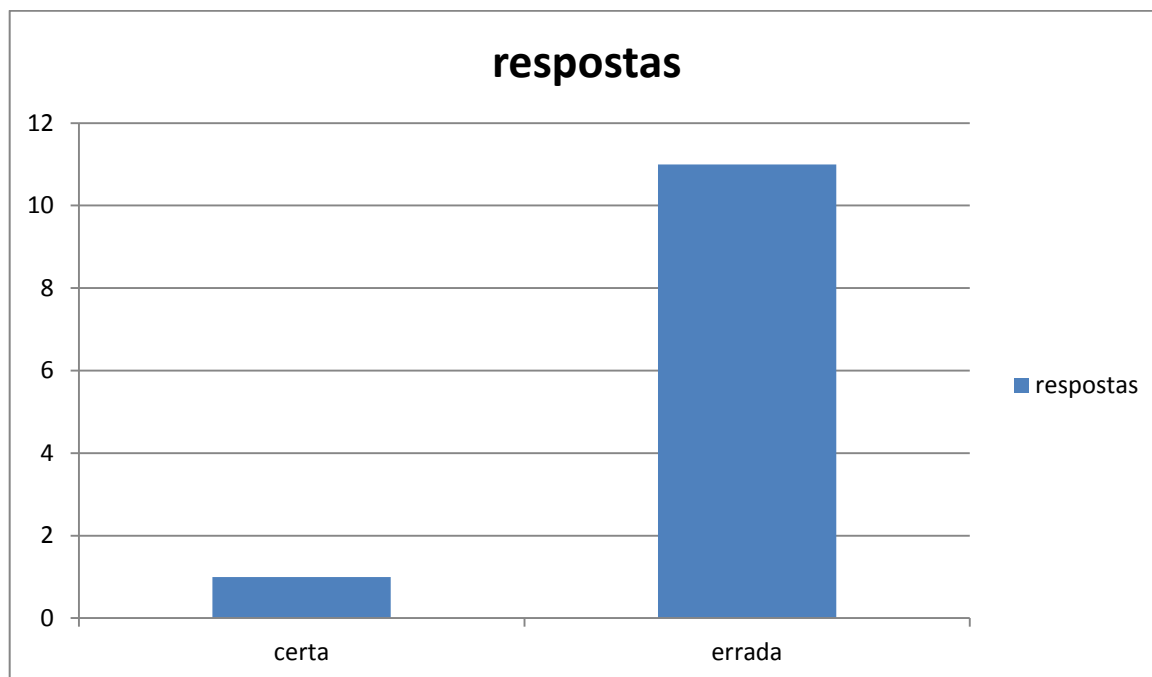
Questão 8. (PUC-RJ) – Antes da primeira viagem à Lua, vários cientistas da NASA estavam preocupados com a possibilidade de a nave lunar se deparar com uma nuvem de poeira carregada sobre a superfície da Lua. Suponha que a Lua tenha uma carga negativa, então ela exerceria uma força repulsiva sobre as partículas de poeira carregadas também negativamente. Por outro lado, a força gravitacional da Lua exerceria uma força atrativa sobre estas partículas de poeira.



Suponha que a 2 km da superfície da Lua a atração gravitacional equilibre exatamente a repulsão elétrica, de tal forma que as partículas de poeira flutuem. Se a mesma nuvem de poeira estivesse a 5 km da superfície da Lua:



- a) a gravidade ainda equilibraria a força eletrostática, mas apenas se a poeira perdesse carga.
- b) a gravidade ainda equilibraria a força eletrostática, e as partículas de poeira também flutuariam.
- c) a gravidade ainda equilibraria a força eletrostática, mas apenas se a poeira perdesse massa.
- d) a gravidade seria maior que a força eletrostática, e a poeira cairia.
- e) a gravidade seria menor que a força eletrostática, e a poeira se perderia no espaço.

Gráfico 10 – Resposta da questão 8.

Fonte: elaborado pelo autor.

7.2 Análise do questionário Pós-Teste

Nesta seção são apresentados os resultados do questionário que foi aplicado com os discentes, logo em seguida da utilização da sequência didática desenvolvida nesta pesquisa. Será apresentada a quantidade de acertos em cada questão do pós-teste.

Questão 1. (Os Fundamentos da Física) O vetor campo elétrico resultante no ponto P é mais bem representado pelo segmento orientado:

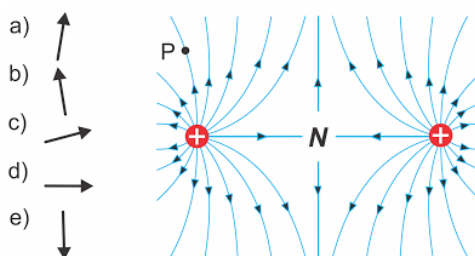
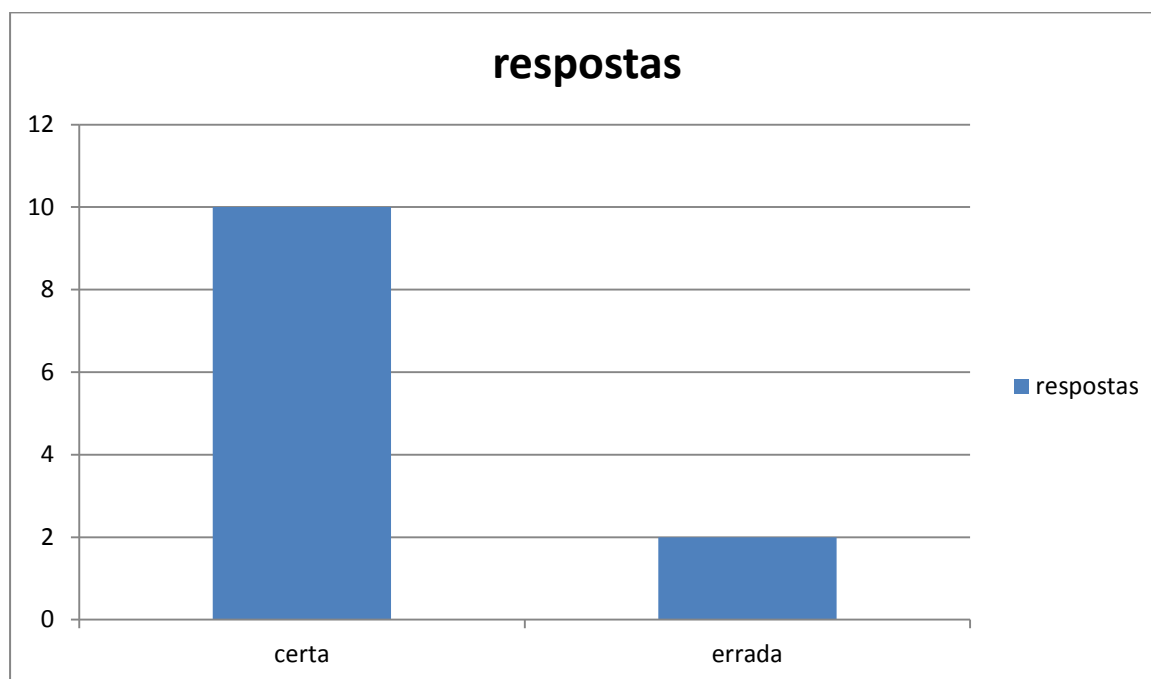
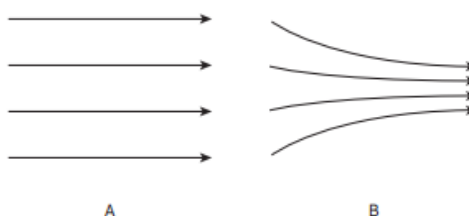


Gráfico 11 – Resposta da questão 1 do Pós-Teste.

Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 2. (UFAM) – Os desenhos A e B da figura a seguir representam linhas de campo elétrico.



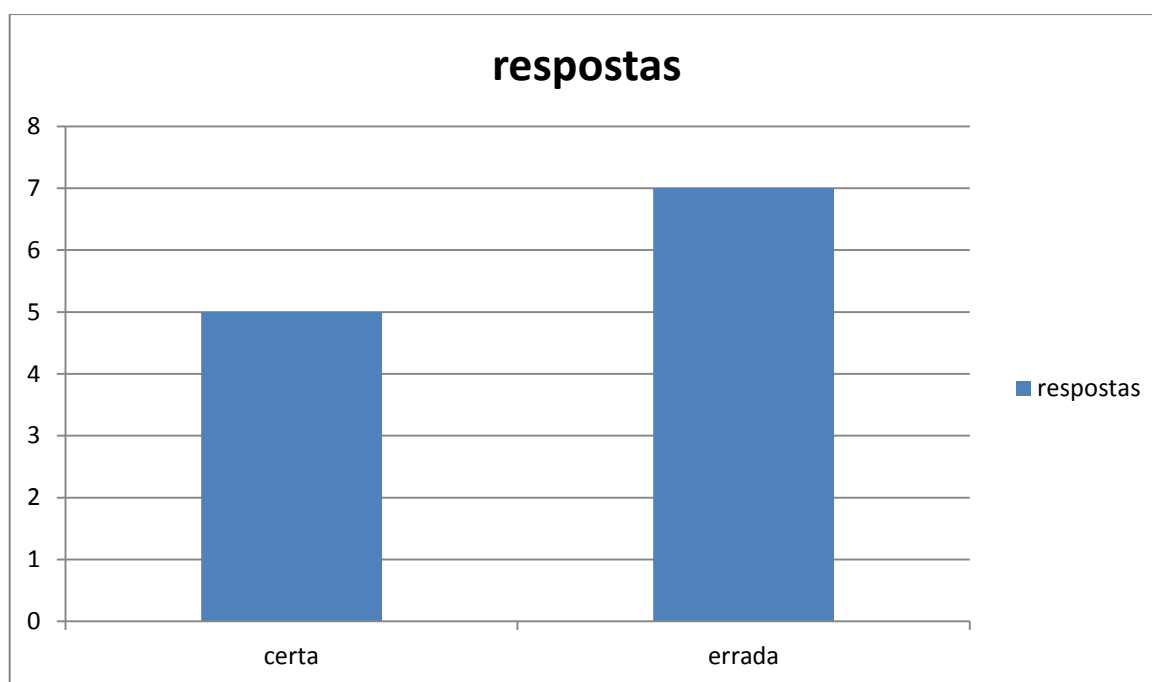
Considere as seguintes afirmações:

- I. Nos casos A e B, o campo elétrico é o mesmo em todos os lugares.
- II. À medida que se move da esquerda para a direita, em cada caso, o campo elétrico se torna mais intenso.
- III. O campo elétrico em A é o mesmo em todos os lugares, porém em B, o campo elétrico se torna mais intenso da esquerda para a direita.
- IV. Os campos elétricos em A e B são criados por cargas negativas localizadas em algum lugar à esquerda e por cargas positivas em algum lugar à direita.
- V. Nos casos A e B, os campos elétricos são criados por uma única carga pontual positiva localizada em algum lugar à esquerda.

Fundamentado na figura, escolha a sequência correta de afirmativas falsas (F) e verdadeiras (V):

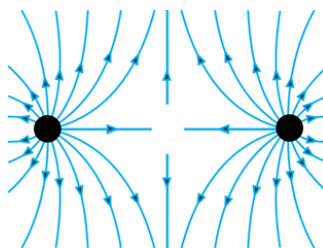
- a) I–V, II–F, III–V, IV–F, V–V
- b) I–F, II–F, III–V, IV–F, V–F
- c) I–F, II–F, III–V, IV–V, V–F
- d) I–F, II–V, III–F, IV–V, V–V
- e) I–V, II–F, III–V, IV–F, V–F

Gráfico 6 – Resposta da questão 2 do Pós-Teste.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 3. (UFMA) – A figura representa, na convenção usual, a configuração de linhas de força associadas a duas cargas puntiformes Q_1 e Q_2 .

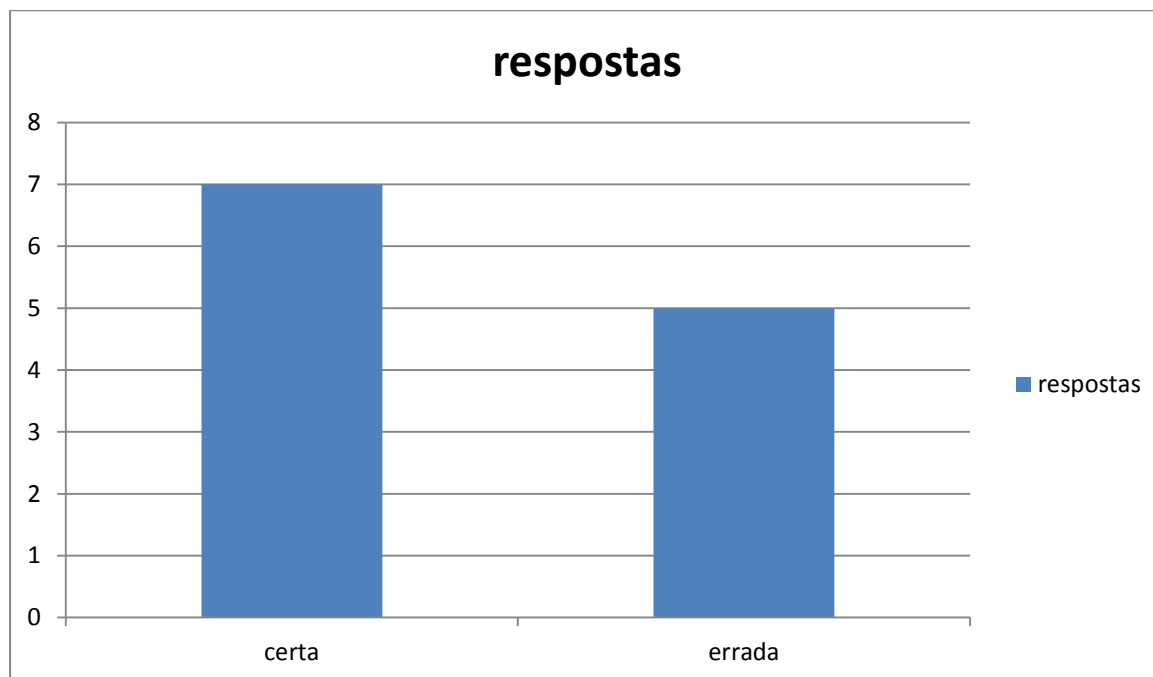


Podemos afirmar corretamente que:

- a) Q_1 e Q_2 são neutras.
- b) Q_1 e Q_2 são cargas negativas.

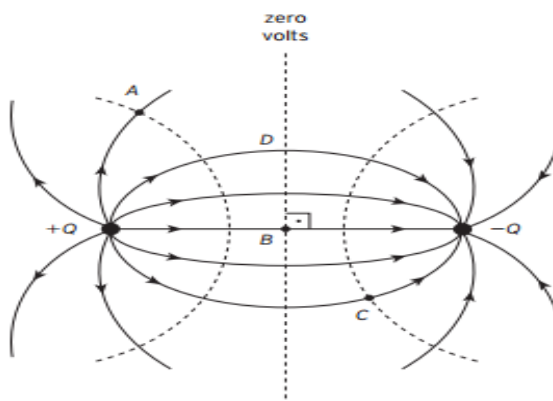
- c) Q_1 é positiva e Q_2 é negativa.
- d) Q_1 é negativa e Q_2 é positiva.
- e) Q_1 e Q_2 são cargas positivas.

Gráfico 13 – Resposta da questão 3 do Pós-Teste.



Fonte: elaborado pelo autor.

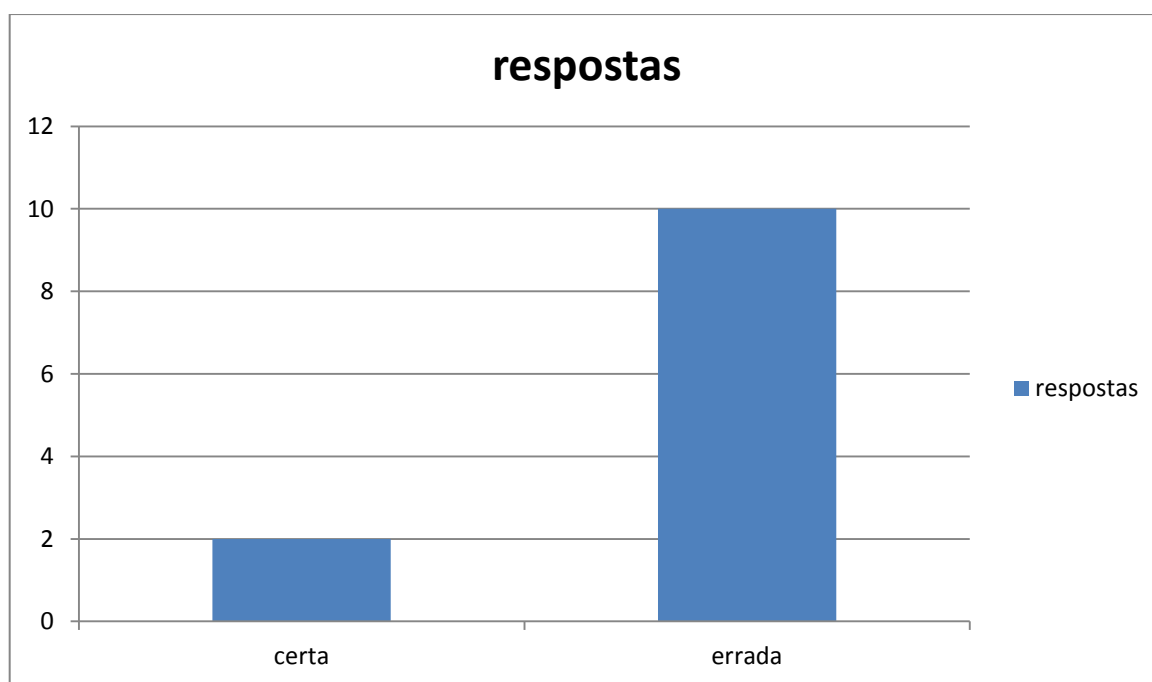
Questão 4. (UEA-AM) – Duas cargas puntiformes de mesmo módulo, $+Q$ e $-Q$, estão fixas numa região do espaço, longe de qualquer outra influência elétrica. As linhas contínuas da figura representam linhas de força do campo elétrico gerado por elas, e as tracejadas representam linhas equipotenciais desse campo.



Sabendo-se que B é o ponto médio do segmento que une as cargas, pode-se afirmar corretamente que:

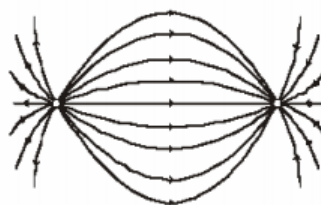
- a) uma carga elétrica positiva abandonada em B permanece em repouso.
- b) o potencial elétrico do ponto A tem sinal negativo.
- c) a diferença de potencial entre os pontos B e C tem valor positivo.
- d) o campo elétrico resultante criado pelas cargas no ponto D tem módulo nulo.
- e) uma carga positiva abandonada em D dirige-se a B em movimento uniforme.

Gráfico 14 – Resposta da questão 4 do Pós-Teste.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 5. (UFF) – Estão representadas, a seguir, as linhas de força do campo elétrico criado por um dipolo.



Considerando-se o dipolo, afirma-se:

I. A representação das linhas de campo elétrico resulta da superposição dos campos criados pelas cargas puntiformes.

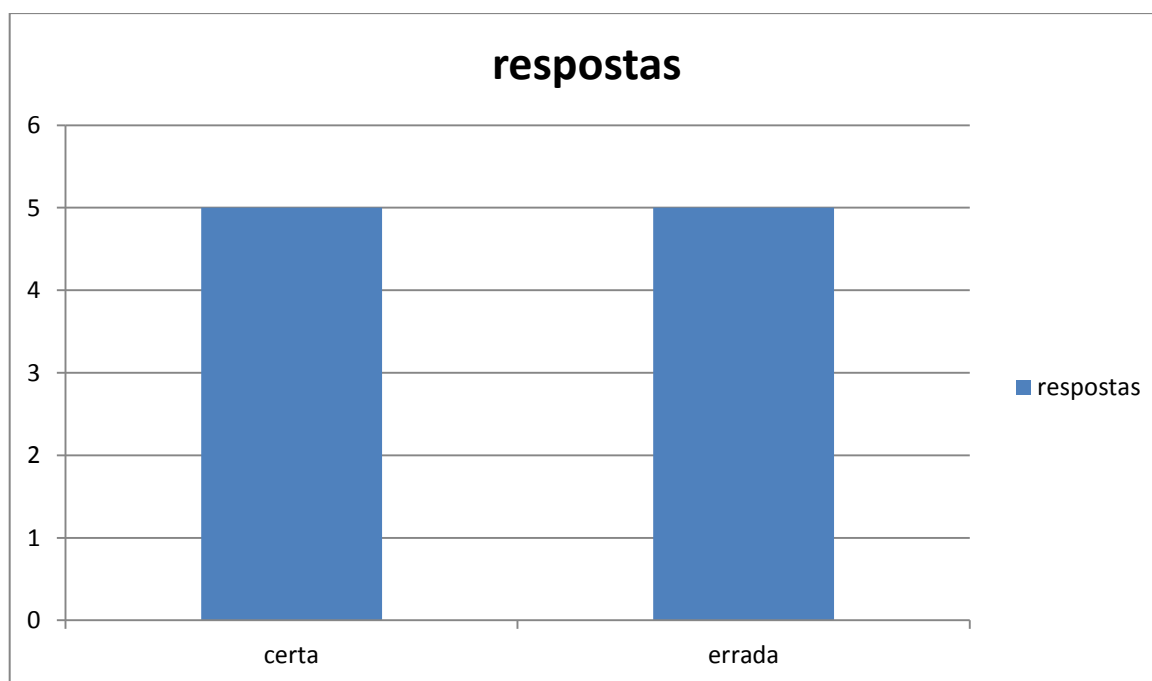
II. O dipolo é composto por duas cargas de mesma intensidade e sinais contrários.

III. O campo elétrico criado por uma das cargas modifica o campo elétrico criado pela outra.

Com relação a estas afirmativas, conclui-se:

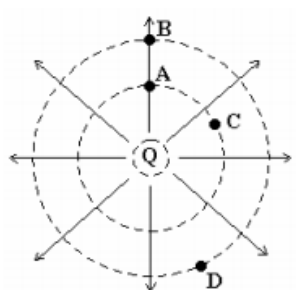
- a) Apenas a I é correta.
- b) Apenas a II é correta.
- c) Apenas a III é correta.
- d) Apenas a I e a II são corretas.
- e) Apenas a II e a III são corretas.

Gráfico 15 – Resposta da questão 5 do Pós-Teste.



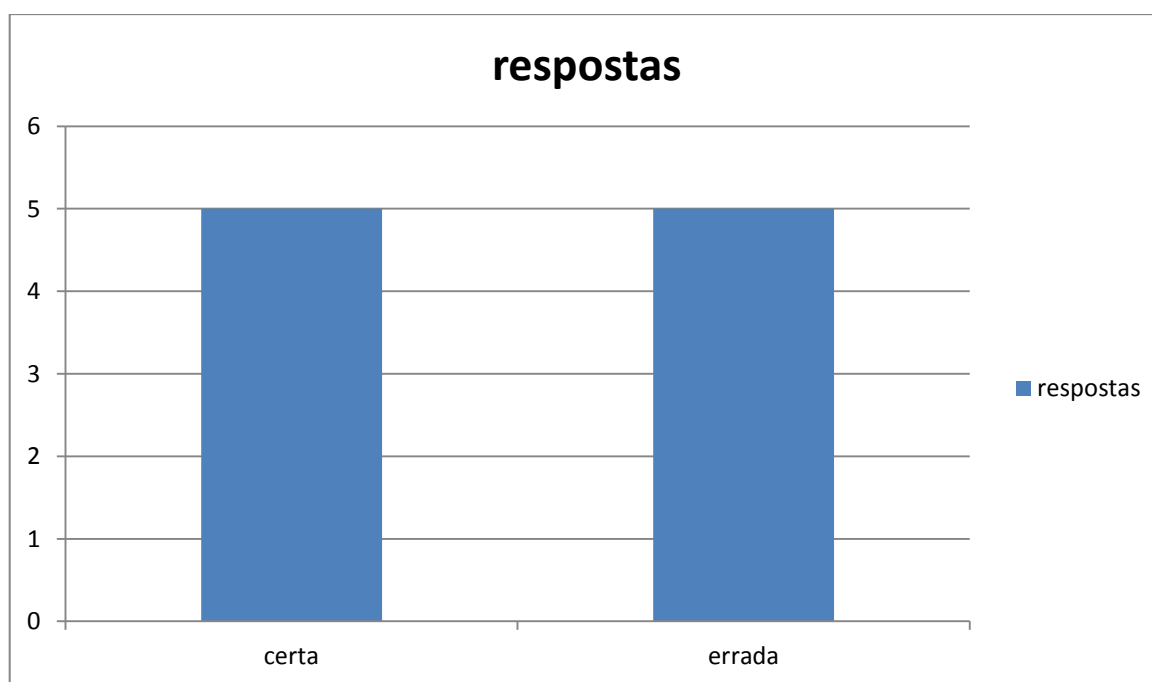
Fonte: elaborado pelo autor.

06. (UFV) – Na figura estão representadas algumas linhas de força do campo criado pela carga Q . Os pontos A, B, C e D estão sobre circunferências centradas na carga. Assinale a alternativa FALSA:



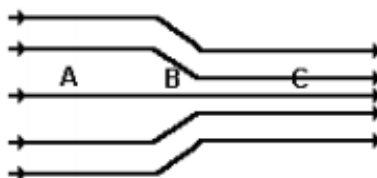
- a) Os potenciais elétricos em A e C são iguais.
- b) O potencial elétrico em A é maior do que em D.
- c) Uma carga elétrica positiva colocada em A tende a se afastar da carga Q.
- d) O trabalho realizado pelo campo elétrico para deslocar uma carga de A para C é nulo.
- e) O campo elétrico em B é mais intenso do que em A

Gráfico 16 – Resposta da questão 06 do Pós-Teste.



Fonte: elaborado pelo autor.

Questão 7. (FURG) As afirmativas referem-se a este figura.



I – A intensidade do campo elétrico E na região A é maior do que na região C.

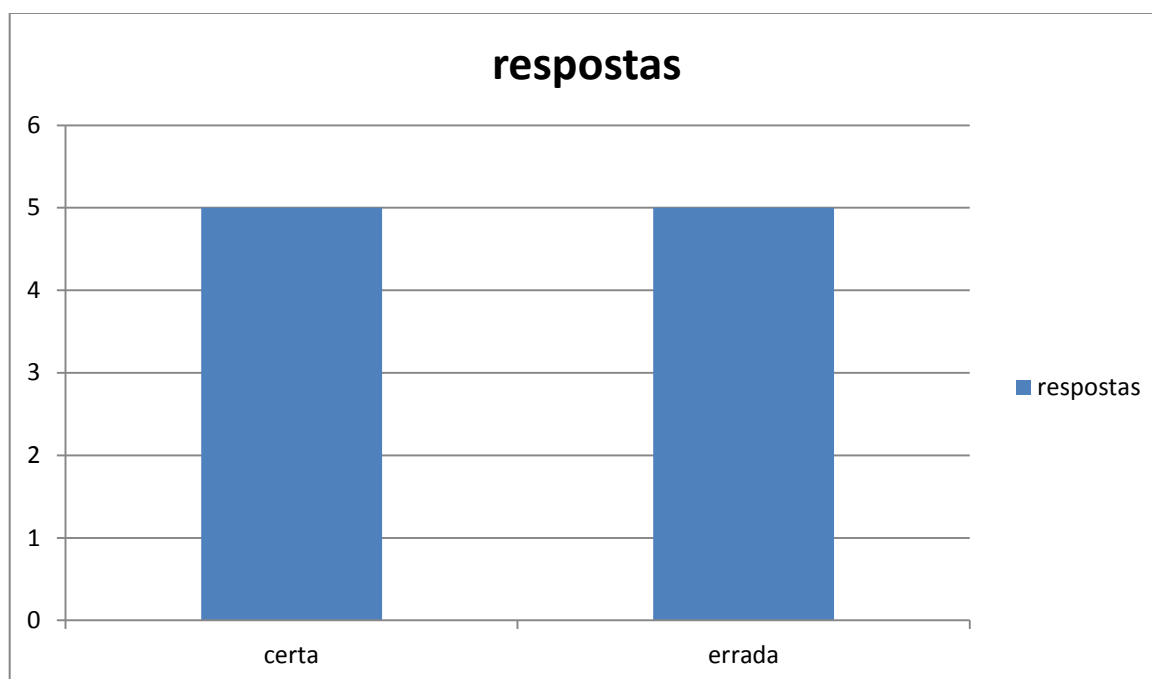
II – Uma carga negativa colocada nas regiões A ou C sofre uma força para a esquerda.

III – Uma carga positiva colocada nas regiões A ou C sofre uma força para a direita.

Estão corretas:

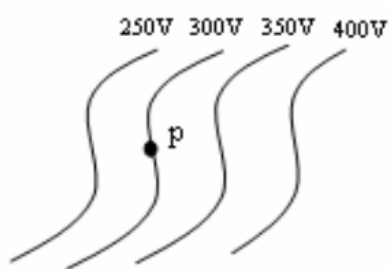
- a) Apenas a I.
- b) Apenas a I e II.
- c) Apenas a I e III.
- d) Apenas a II e III.
- e) I, II e III.

Gráfico 17 – Resposta da questão 7 do Pós-Teste.



Fonte: elaborado pelo autor.

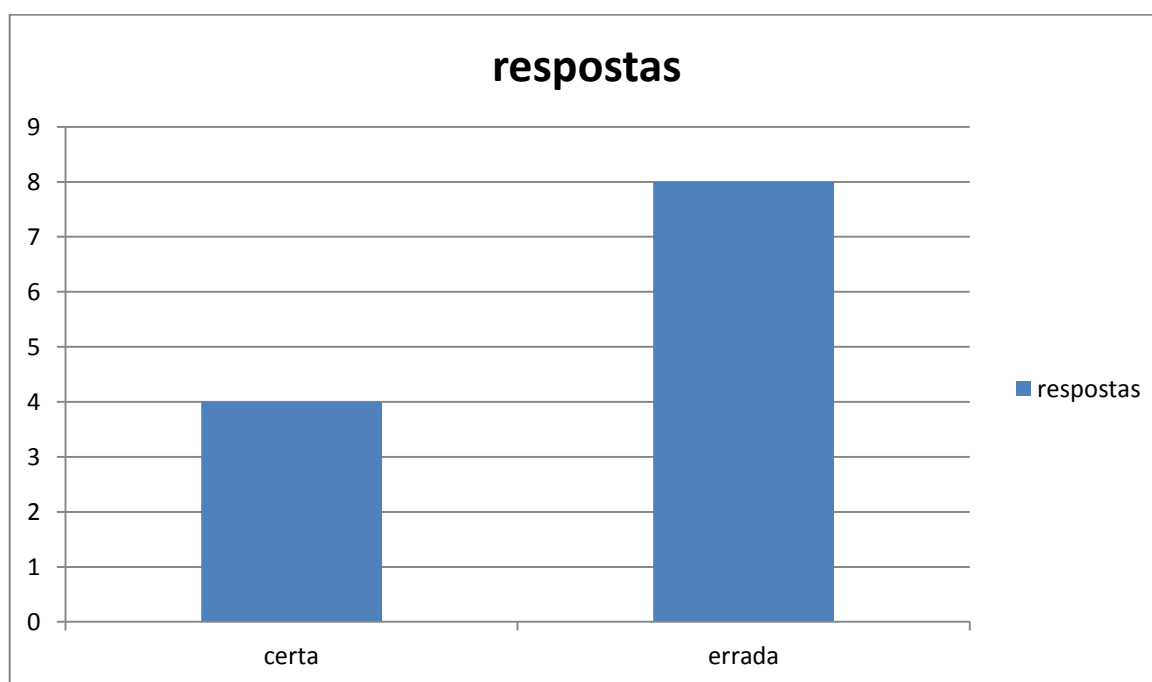
08. (UECE) – Em uma região do espaço existe uma distribuição de cargas que causam um campo elétrico, representado na figura, através de suas linhas equipotenciais.



Se colocarmos um próton com velocidade nula sobre a equipotencial de 300V ele:

- a) permanecerá parado
- b) se deslocará ao longo da mesma equipotencial
- c) se deslocará para a equipotencial de 350V
- d) se deslocará para a equipotencial de 250V

Gráfico 18 – Resposta da questão 8 do Pós-Teste.



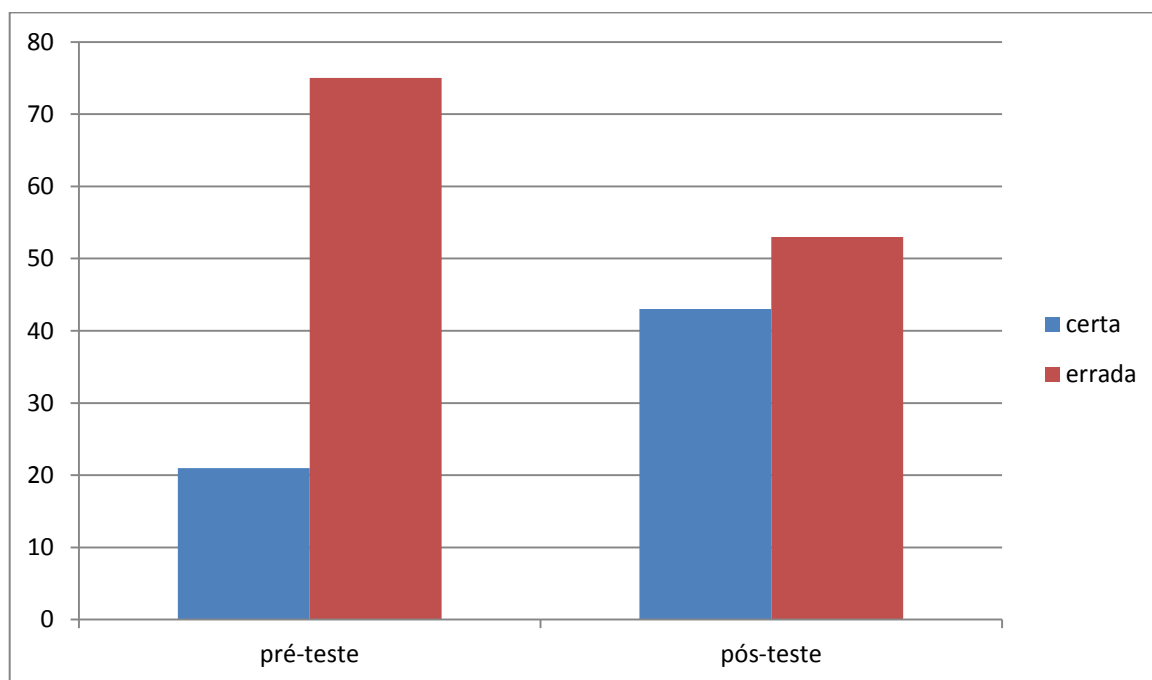
Fonte: elaborado pelo autor.

7.3 Comparativo entre os resultados do Pré e Pós-Teste

Aqui será feita a análise, através de gráficos comparativos, onde veremos se houve ou não evolução dos estudantes no que diz respeito à aprendizagem. Esta análise será detalhada em relação ao tipo de conteúdo que foi avaliado. No gráfico

abaixo são confrontados os resultados dos dois testes: antes e depois da aplicação do produto educacional.

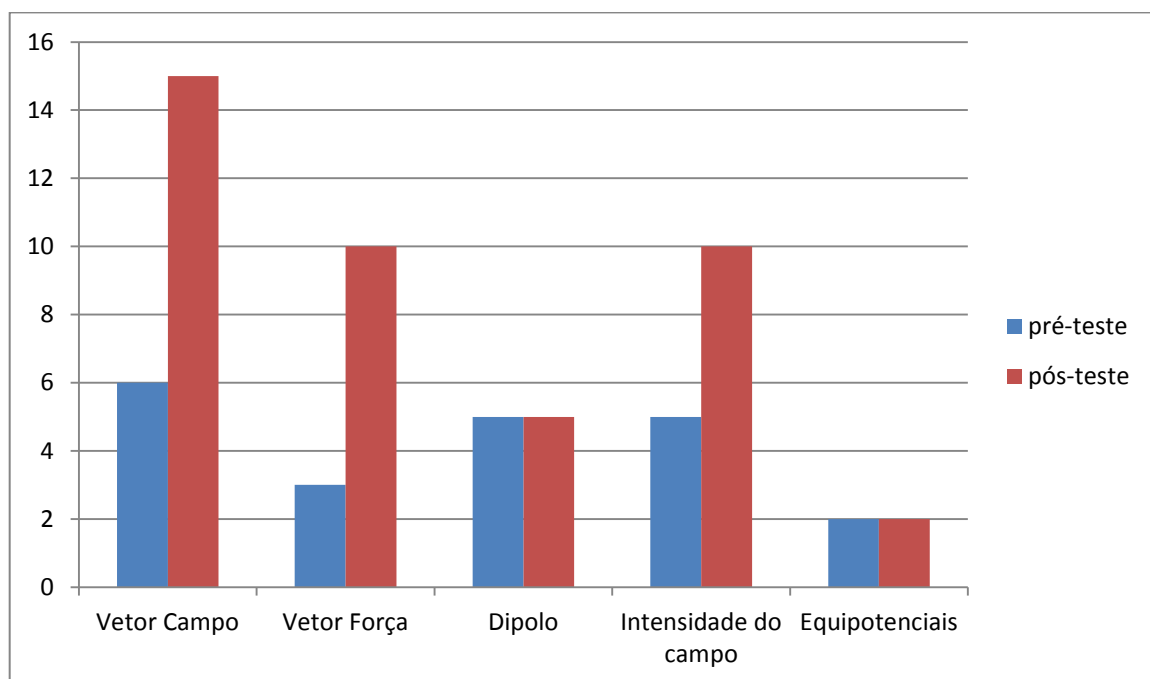
Gráfico 19 – Comparativo entre o número total de acertos no Pré e Pós-Teste.



Fonte: elaborado pelo autor.

O gráfico acima considera o número total de respostas em cada teste. Em cada um deles encontram-se oito questões que foram respondidas por doze alunos, totalizando noventa e seis respostas por teste. Vinte e uma respostas tiveram êxito no pré-teste, o que representa um percentual de aproximadamente vinte e dois por cento de acertos. Já no Pós-Teste foram registradas quarenta e três respostas corretas, representando um percentual de aproximadamente quarenta e cinco por cento.

A simples leitura do gráfico 19 mostra que houve uma evolução, de caráter geral, com relação à aprendizagem, no que diz respeito ao conteúdo de eletrostática. A saber, o crescimento no número de acertos de um teste para outro foi de aproximadamente 105%. Em quais assuntos os alunos mais evoluíram? Esta resposta não pôde ser obtida no referido gráfico, porém, no gráfico 20, temos uma visão mais específica sobre esta análise.

Gráfico 20 – Acertos por conteúdo em cada teste.

Fonte: elaborado pelo autor.

As questões dos dois testes tiveram a seguinte divisão: duas sobre o vetor campo elétrico, duas sobre o vetor força elétrica, duas sobre a intensidade do campo em função da distância, uma sobre dipolo elétrico e outra sobre equipotenciais. Algumas questões englobam mais de um conteúdo, podendo inclusive englobar todos, no entanto, foi levado em consideração o conteúdo central de cada questão, no qual partindo deste, o discente resolveria de forma correta a questão.

As questões 1 e 4 do Pré-Teste e 1 e 2 do Pós-Teste tinham como conteúdo central o vetor campo elétrico, percebe-se que nesta temática houve um crescimento de 150% com relação ao número de acertos pelos discentes. Tal crescimento se deve, principalmente, pela utilização da sequência didática, pois as atividades nela desenvolvidas permitiram aos alunos a análise em tempo real do comportamento do vetor campo elétrico, quando se altera o posicionamento da(s) carga(s) fonte(s).

O vetor força foi cobrado nas questões 7 e 8 do Pré-Teste e 6 e 7 do Pós-Teste. Percebeu-se que a aprendizagem deste conteúdo também foi satisfatória, tendo em vista o crescimento de aproximadamente 233% do número de acertos quando se compara as respostas nos dois testes.

A questão 3 do Pré-Teste e a questão 5 do Pós-Teste tratam do estudo do dipolo elétrico, algo que tem mais profundidade que os conteúdos anteriores. Nesta

temática não se observou crescimento, no entanto também não houve diminuição no número de acertos.

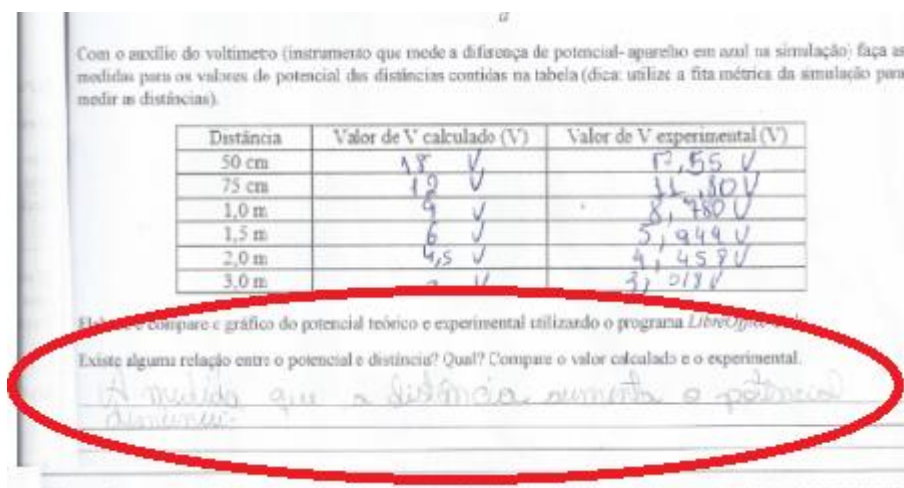
A intensidade do campo elétrico a partir da distância, assim como da força, foi bastante explorada nas atividades da sequência didática. Os resultados refletiram nos testes. Nesta temática houve crescimento de 100% do número de acertos.

As equipotenciais foram avaliadas nas questões 5 do Pré-Teste e 4 do Pós-Teste, observa-se que neste conteúdo também não houve avanço.

Como mostrado nos gráficos 19 e 20, é possível perceber a evolução dos alunos. Outra forma de analisar o crescimento dos discentes é estudando o preenchimento dos roteiros experimentais realizados por eles. Na análise dos roteiros (que estão no Anexo 1) percebemos que realmente há a construção de conhecimento através da manipulação de objetos, onde o aluno chega a suas próprias conclusões, como previa a teoria.

Na figura seguinte percebe-se a construção da dependência do valor do potencial elétrico com a distância do ponto analisado até a carga.

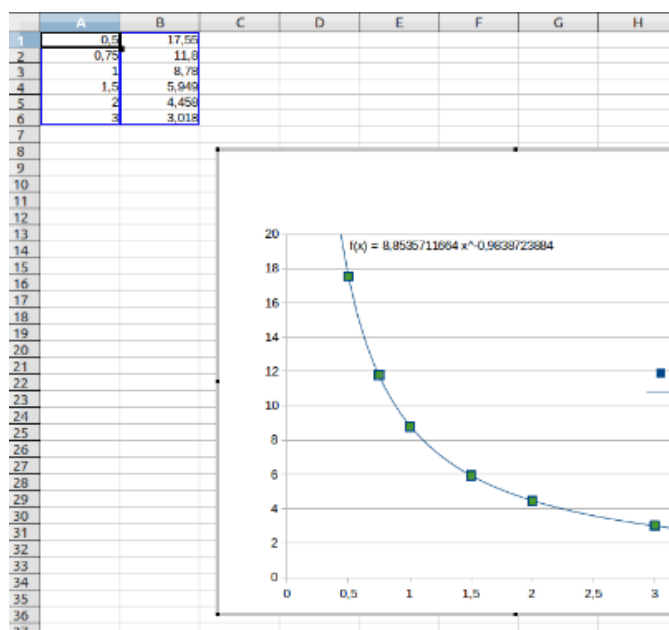
Figura 11 – Conclusão em relação ao potencial.



Fonte: Elaborado pelo aluno.

Percebemos que, através do estudo do potencial elétrico com o software *Cargas e Campos*, foi possível verificar a sua relação com a distância de maneira satisfatória. Algo que também evidencia aprendizagem é o gráfico do potencial em função da distância com os dados contidos na tabela contida na figura 12.

Figura 12 – Gráfico elaborado pelo aluno.



Fonte: Elaborado pelo aluno.

Também foram analisadas as conclusões dos experimentos virtuais, em que os alunos avaliaram a atividade desenvolvida. Apresenta-se aqui a conclusão elaborada pelo mesmo aluno das respostas anteriores, as demais conclusões estão disponíveis no anexo 1 deste trabalho.

Figura 13 – conclusão e avaliação do aluno.

4) CONCLUSÃO (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Bom, aprendemos o que é o campo elétrico, a força elétrica, o campo elétrico tem a função de transmitir as interações elétricas e a potencial elétrica é uma grandeza escalar que mede a energia potencial elétrica por unidade de carga de prova.

Gostei muito de aprender.

Fonte: Elaborado pelo aluno.

O sentimento de praticamente todos os alunos em terem utilizado a sequência didática é de satisfação, o que pode ser constatado lendo as conclusões deles.

8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Após a análise do Capítulo 7 é possível chegar a algumas conclusões já esperadas pelo que se foi observado na aplicação do produto, a saber:

1. A utilização da tecnologia digital Cargas e Campos contribuiu de maneira decisiva para o processo de Ensino e Aprendizagem – A partir da observação dos alunos (colocando em prática a sequência didática) é possível constatar isso e também através do comparativo entre a quantidade de questões que foram respondidas corretamente no Pré-Teste e no Pós-Teste.

2. Os Mapas Conceituais também contribuíram de maneira significativa para o processo de Ensino e Aprendizagem – Além do entusiasmo do aluno ao utilizar o Mapa Conceitual é possível perceber no Pós-Teste que os problemas que envolviam conhecimento de determinado conceito foram respondidos corretamente por considerável maioria (questão 1 do Pós-Teste: 83,3% de acertos).

Com base nos dados obtidos, com esta pesquisa, foi possível perceber a eficácia do Produto Educacional *Tópicos de Eletrostática Utilizando o Computador*, que foi desenvolvido com a finalidade de facilitar o processo de ensino e aprendizagem no campo da Eletrostática. A sequência que foi proposta neste trabalho pode ser facilmente alterada conforme a necessidade do professor. Logo, este produto educacional serve apenas para nortear o professor no tocante ao ensino deste conteúdo de física.

Para que ocorra aprendizagem mais sólida dos conceitos se faz necessário que ocorra o planejamento para a utilização da sequência didática em mais aulas, podendo esta ideia ser aplicada a outros conteúdos, no decorrer do ano letivo, já que o tempo de 8h/a de utilização da sequência didática é muito curto se comparado com o ano letivo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V.O. & MOREIRA, M.A. **Mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos da Óptica física** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 4, 4403 (2008)

BEHAR, P. A. (orgs.) **Modelos Pedagógicos em Educação a Distância**. Porto Alegre: Editora Artmed. (2009)

D. Harison, M. Jaques, **Experiments in Virtual Reality**. Butterworth Heinemann, New York (1996).

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990b.

GIANCOLI, D. C. **Física para Ciencias y Ingeniería con física moderna**. 4ª ed. México: Pearson, 2009.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica** - 3ª edição. Pearson, 2011.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MACHADO, K. D. **Teoria do Eletromagnetismo** (Vol. 1). Ponta Grossa: UEPG, 2000.

MOREIRA M.A. **Aprendizagem Significativa, Organizadores Prévios, Mapas Conceituais, Diagramas V E Unidades De Ensino Potencialmente Significativas**. Material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: Teorias e Estratégias Facilitadoras. PUCPR, 2012, 2013.

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Editora UNB. 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo, EPU, 1999.

MOREIRA, M.A. **Teoria da Aprendizagem Significativa**, Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Peniche, 2000.

ROSA, P. R. S. O uso de computadores no Ensino de Física. **Rev. Bras. do Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 182-195, 1995.

SANTOS, G., OTERO, M.R. & FANARO, M. A., **Como usar software de simulación en classe de física?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, Vol. 17, n 1, p. 50-56, 2000.

SILVA, MORAIS II; FARIA. **O ensino de física e sua instrumentalização por meio dos Computadores: historicidade e perspectivas futuras**. HOLOS, Ano 31, Vol. 1, 2015.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** - Eletricidade e Magnetismo, Óptica. 6.ed. LTC, 2012.

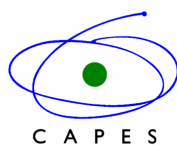
WANGSNESS, R. K. **Campos Electromagnéticos**. México: Limusa Noriega, 2001.

YOUNG, H. D., FREEDMAN, R. A. **Física III**: Eletromagnetismo. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA: TÓPICOS DE ELETROSTÁTICA UTILIZANDO O COMPUTADOR





EXPERIMENTO VIRTUAL: FORÇA, CAMPO E POTENCIAL ELÉTRICO

1) OBJETIVO: entender conceitos básicos de eletrostática (força, campo e potencial elétrico), assim como calcular o potencial elétrico em função da distância e compreender o que são superfícies equipotenciais.

2) FUNDAMENTO TEÓRICO: A força elétrica mede a interação (atração ou repulsão) entre cargas. Podemos calcular seu módulo a partir da lei de Coulomb,

$$F = \frac{k_0 |Qq|}{d^2}$$

Onde k é a constante eletrostática do meio, no vácuo vale $k_0 = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$.

O campo elétrico desempenha o papel de transmitir as interações elétricas. Se existir um campo elétrico em determinada região, então a carga elétrica colocada nessa região ficará sujeita a uma força elétrica. Campo e força são grandezas vetoriais e estão relacionados da seguinte forma:

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

Onde $\vec{E}$ é o vetor campo elétrico e q é a carga fonte. Podemos calcular o módulo do campo elétrico pela lei de Coulomb e obtermos a seguinte equação

$$E = \frac{k_0 |Q|}{d^2}$$

O campo não depende da carga teste (q) e sim da carga fonte (Q).

O potencial elétrico é uma propriedade do espaço em que há um campo elétrico. Sabemos que uma carga pontual cria um campo elétrico e que o potencial elétrico depende da carga que cria esse campo e da posição relativa à carga elétrica.

Existe na eletrostática outra grandeza similar ao campo elétrico, mas com características escalares: o potencial elétrico. Em vez de comparar a intensidade da força elétrica sofrida por uma carga de prova e o módulo dessa carga; o potencial

elétrico, em um ponto qualquer do espaço, pode ser determinado com uma experiência bem parecida, na qual se divide a energia potencial elétrica de uma carga de prova pelo valor desta carga.

Potencial elétrico é uma grandeza escalar que mede a energia potencial elétrica (que é igual ao trabalho realizado pela força elétrica) por unidade de carga de prova.

$$V = \frac{\tau_{fe}}{q}$$

Onde o trabalho da força elétrica é dado por,

$$\tau_{fe} = \frac{kQq}{d}$$

Então o potencial em função da distância tem a seguinte equação

$$V = \frac{kQ}{d}.$$

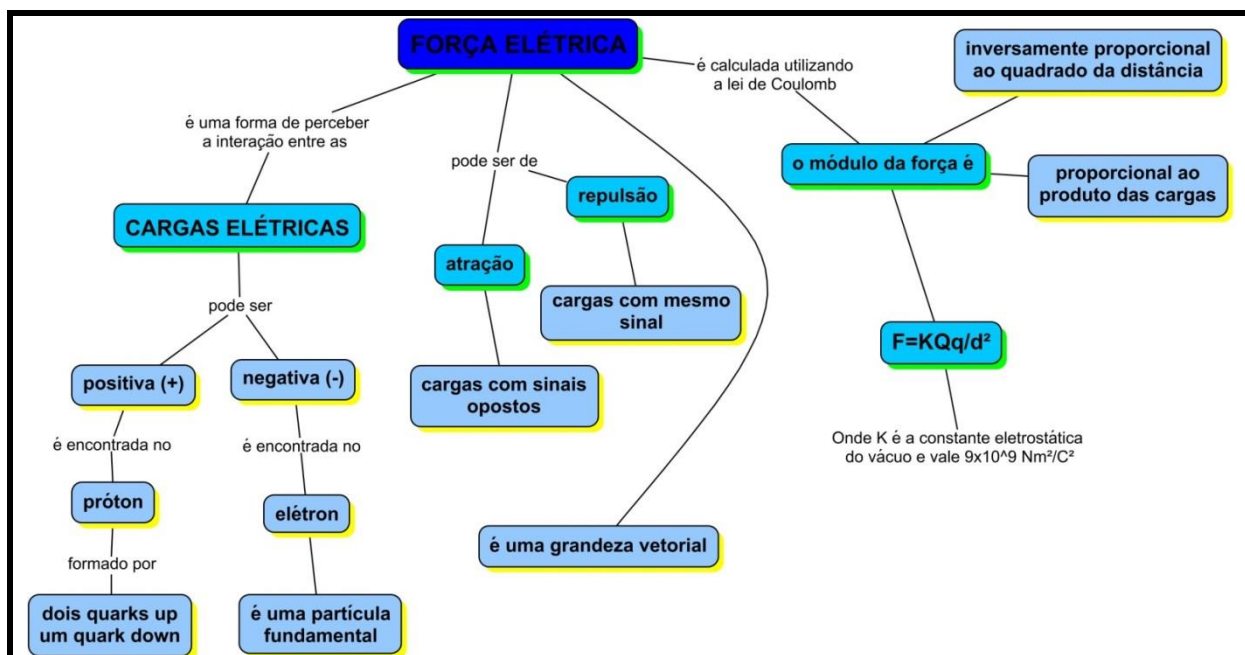
3) PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

a) estudo da força – com a simulação *Cargas e Campos* do PHET, marque a opção *grade* na simulação, em seguida:

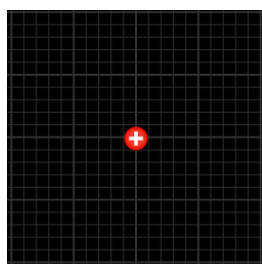
i) arraste uma carga positiva e coloque na origem de um sistema cartesiano, pegue a carga teste (amarela) e coloque a uma distância de 2 quadrados dela e observe o vetor força. Aumente a distância para 4 quadrados e observe o vetor força. O que aconteceu com o módulo da força?

ii) arraste uma carga negativa e coloque na origem de um sistema cartesiano, pegue a carga teste (amarela) e coloque a uma distância de 4 quadrados dela e observe o vetor força. Diminua a distância para 2 quadrados e observe o vetor força. O que aconteceu com o módulo da força?

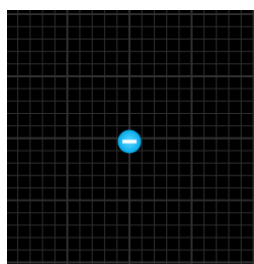
iii) Qual o sinal da carga teste? Justifique. _____.



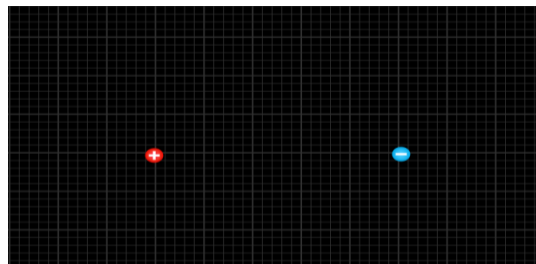
b) estudo do campo elétrico – i) desenhe as linhas de campo para cada configuração de cargas abaixo e, posteriormente, reproduza as três situações na animação marcando a opção *campo elétrico* da simulação.



(1)



(2)



(3)

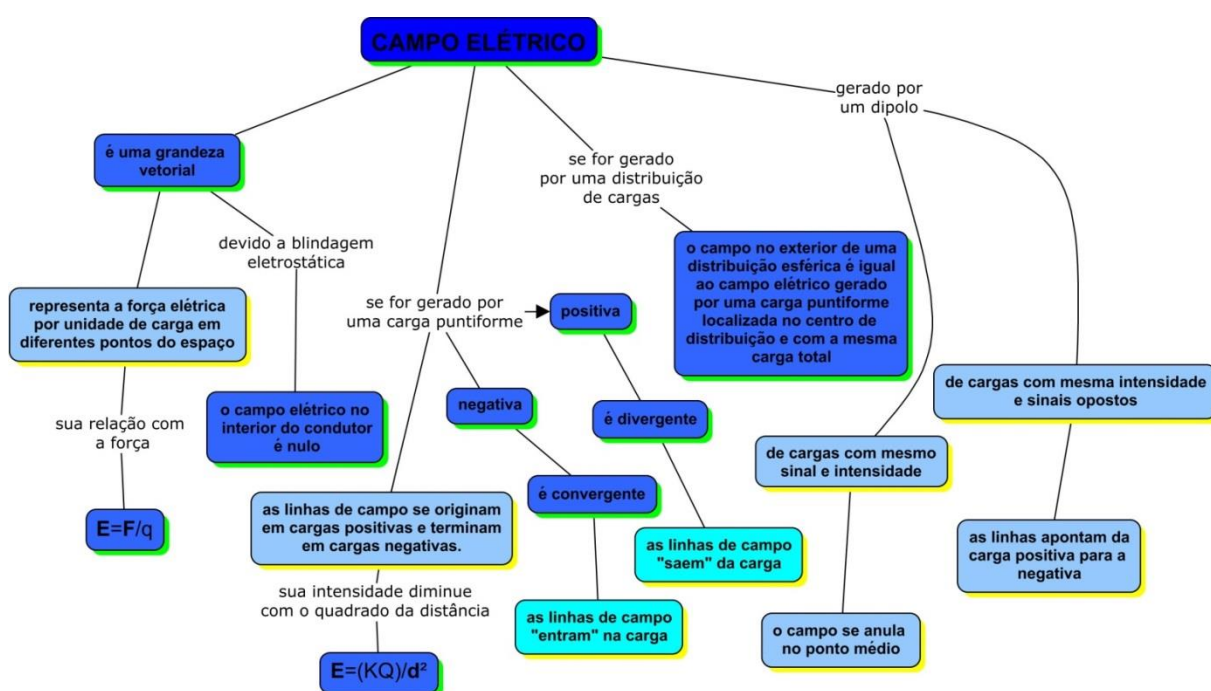
Qual(is) você acertou? _____.

ii) Fixe uma carga fonte (positiva ou negativa) num ponto conveniente e marque a opção *valores* da simulação. Utilizando a escala de distâncias da animação e a equação do campo elétrico preencha os valores da tabela que segue.

$$E = \frac{kQ}{d^2}$$

Distância (m)	Valor de E obtido no programa (V/m)	Valor de E calculado (N/C)
1		
2		
3		

O resultado experimental está muito diferente do teórico? Comente os resultados da tabela.



c) Estudo do potencial eléctrico

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue), utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}.$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial-aparelho em azul na simulação), faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V obtido no programa (V)	Valor de V calculado (V)
50 cm		
75 cm		
1,0 m		
1,5 m		
2 m		
3 m		

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental, utilizando o programa *LibreOffice Calc* ou o *Excel*.

Escreva a equação obtida em cada gráfico.

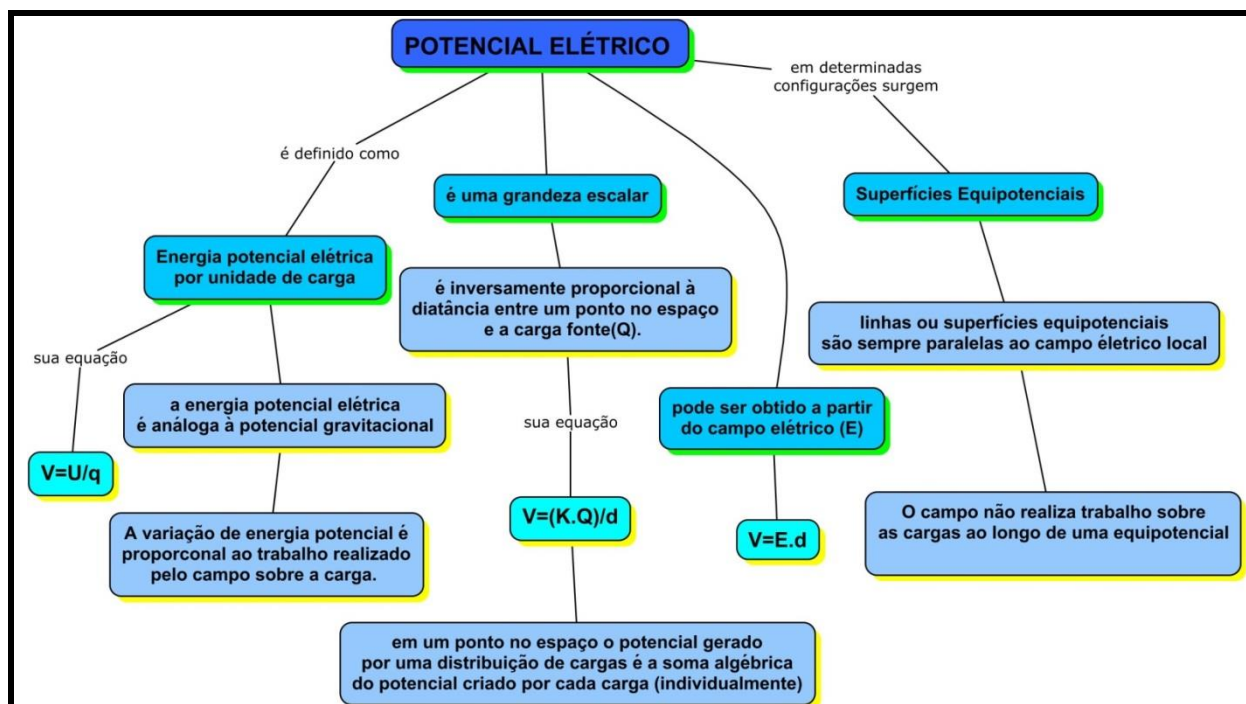
Teórico: _____.

Experimental: _____.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no *lápiz* contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? _____. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? _____. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? _____. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? _____.

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de *A* e *B*, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em *A* irá se mover em direção a *B* ou à carga fonte? _____. Veja na animação!



4) CONCLUSÃO (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "**Potencial elétrico (V)**". *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

TEIXEIRA, Mariane Mendes. "**O que é campo elétrico?**". *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-campo-eletrico.htm>>. Acesso em 04 de maio de 2017.

APÊNDICE B – MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR**MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR****TÓPICOS DE ELETROSTÁTICA UTILIZANDO O COMPUTADOR**

CICERO DAVID PEREIRA DE MELO

ORIENTADOR: ALEXSANDRO PEREIRA LIMA



**MOSSORÓ - RN
2018**



APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a):

Este material de apoio contém o produto educacional, desenvolvido com base no que orienta o Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Aqui será apresentada uma possível forma de trabalhar com a sequência didática *Tópicos de Eletrostática Utilizando o Computador*, que foi baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa. Antes disso, será abordada uma revisão bibliográfica de alguns tópicos de Eletrostática com a finalidade de potencializar a utilização da sequência didática. Também será sugerido como o professor deve utilizar o material, além de mostrar os procedimentos de como baixar a animação que será utilizada e como manusear os dados que serão obtidos a partir desta.

A ideia de trabalhar com este material é ter algo que seja mais palpável para o aluno, ou seja, que o estudo da Eletrostática não se torne algo que incline-se ao abstrato para o estudante.

O público alvo são alunos do ensino médio, mas, com devidas adaptações, existe a possibilidade de utilização de parte do material com estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental. Não se propõe aqui o abandono dos experimentos reais (inclusive podem ser apresentados experimentos de eletrização antes da utilização deste material), e, sim, uma possibilidade de experimentação para temas de difícil visualização em experimentos convencionais e na ausência de laboratórios de ciências nas escolas.

Bom trabalho!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Insetos fossilizados em âmbar.....	73
Figura 2 – repulsão elétrica entre dois canudos com cargas elétricas negativas.....	74
Figura 3 – repulsão elétrica entre dois bastões de vidro com cargas positivas.....	74
Figura 4 – Balança de torção utilizada por Coulomb para medir a força elétrica entre pequenas cargas.....	75
Figura 5 – Força elétrica entre duas cargas puntiformes.....	76
Figura 6 – Linhas de campo elétrico de uma carga puntiforme.....	78
Figura 7 – Força elétrica devida à carga puntiforme sobre uma carga de prova em diferentes posições.....	78
Figura 8 – Força e campo a partir do sinal da carga.....	79
Figura 9 – Linhas de campo ao redor de uma a) carga positiva e de uma b) carga negativa.....	81
Figura 10 – Linhas de campo de um dipolo elétrico.....	81
Figura 11 – Campo elétrico uniforme entre duas placas com cargas opostas.....	83
Figura 12 – Pesquisa do software cargas e campos.....	86
Figura 13 – Acesso ao software cargas e campos.....	87
Figura 14 – Como iniciar a simulação.....	87
Figura 15 – Acesso ao arquivo.....	88
Figura 16 – <i>Layout</i> do programa.....	88
Figura 17 – Passos iniciais para o estudo da força.....	90
Figura 18 – Força para a distância de 2 quadros.....	91
Figura 19 – Força para a distância de 2 quadros.....	91
Figura 20 – Linhas de campo geradas por um dipolo.....	92
Figura 21 – Campo elétrico experimental.....	93
Figura 22 – Potencial elétrico experimental.....	94
Figura 23 – Superfícies equipotenciais.....	95
Figura 24 – Tabela com dados do potencial teórico no Excel.....	96
Figura 25 – Gráfico de dispersão do potencial teórico.....	96
Figura 26 – Adicionar Linha de Tendência.....	97
Figura 27 – Como colocar a equação no gráfico.....	97
Figura 28 – Gráfico do potencial experimental.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Carga horária da sequência didática.....	89
Quadro 2 – Dependência do campo elétrico com a distância.....	93
Quadro 3 – Potencial elétrico em função da distância.....	94

SUMÁRIO

1	CONCEITOS DE ELETROSTÁTICA.....	73
1.1	Carga elétrica e sua conservação.....	73
1.1.1	Princípio da Atração e Repulsão.....	74
1.2	Lei de Coulomb.....	75
1.3	Campo elétrico.....	77
1.3.1	Campo Elétrico de uma Carga Puntiforme.....	79
1.3.2	Linhas de Campo.....	80
1.4	Potencial elétrico.....	82
1.4.1	Energia Potencial Elétrica.....	82
1.4.2	Potencial Elétrico e Diferença de Potencial.....	84
1.4.3	Potencial Elétrico e Campo Elétrico.....	85
2	SUGESTÃO DE UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	86
2.1	Como acessar e iniciar a utilização do software <i>Cargas e Campos</i>.....	86
2.2	Utilizando a sequência didática no <i>Cargas e Campos</i>.....	89
2.2.1	Discussão do procedimento experimental do material do aluno: tópico a) estudo da Força Elétrica.....	89
2.2.2	Discussão do procedimento experimental do material do aluno: tópico b) estudo do Campo Elétrico.....	92
2.2.3	Discussão do procedimento experimental do material do aluno: tópico c) estudo do Potencial Elétrico.....	94
2.3	Construção de gráficos no Excel utilizando os dados obtidos na sequência didática.....	95
	REFERÊNCIAS.....	99

1 CONCEITOS DE ELETROSTÁTICA

Em geral, a palavra eletricidade remete à imagem de tecnologias modernas complexas, tais como luzes, motores, aparelhos eletrônicos e computadores. Mas, na realidade, a força elétrica ocupa uma função essencial na vida humana. Destacando que as forças elétricas apresentam uma grande contribuição no processo de manutenção e mudanças no estado da matéria: sólido líquido e gasoso. Além disso, as forças elétricas também estão envolvidas nos processos metabólicos que ocorrem no interior do corpo humano.

1.1 Carga elétrica e sua conservação

De acordo com Giancoli (2009, p. 560), a palavra *eletricidade* provém da palavra grega *elétron*, que significa “âmbar” (Figura 1). Os gregos antigos sabiam que ao atritar o âmbar, que é uma resina de árvore petrificada, em um pano, o âmbar seria capaz de atrair pequenas folhas. Um canudo de refrigerante, uma vareta de vidro ou uma régua de plástico, quando atritados em um pano ou papel toalha, também são capazes de atrair pequenos pedaços de papel. O “efeito âmbar” ou eletrostático, como é chamado atualmente, pode ser observado em diversas situações cotidianas, como ao pentear os cabelos com um pente de plástico, ao retirar uma blusa de material sintético de uma secadora de roupa ou ao sentir um pequeno “choque” quando se toca a maçaneta de metal de uma porta. Em todos esses casos, o que ocorre de fato é que um objeto é carregado eletricamente em virtude de ter sido atritado, adquirindo assim uma carga elétrica líquida.

Figura 1 – Insetos fossilizados em âmbar.

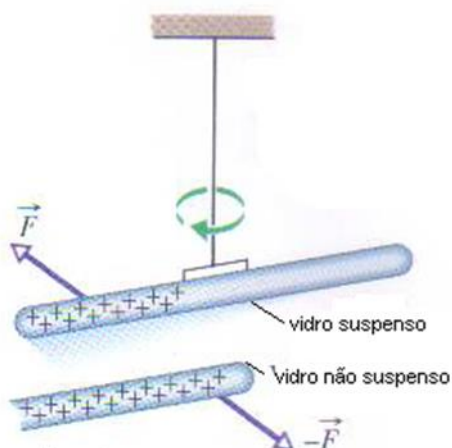


Fonte: artes nas joias.

1.1.1 Princípio da Atração e Repulsão

Assim como a massa, a carga elétrica é uma propriedade da matéria e estas duas propriedades. Entretanto, as cargas elétricas apresentam características distintas. De fato, há dois tipos de cargas elétricas, como se verifica em um fácil experimento. Um canudo de refrigerante preso por um fio é atritado em um pano de modo a ficar carregado eletricamente. Quando se aproxima um segundo canudo que fora atritado da mesma maneira, observa-se que os canudos se repelem entre si, conforme ilustra a Figura 2. Da mesma forma, se um bastão de vidro atritado se aproxima de um segundo bastão também carregado, novamente será observada uma força de repulsão (Figura 3).

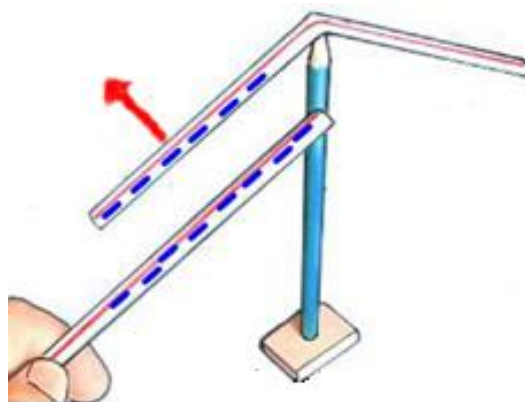
Figura 2 – repulsão elétrica entre dois canudos com cargas elétricas negativas.



Fonte: Show de Física – UNESP/Rio Claro.

Fonte: Luso-Academia.

Figura 3 – repulsão elétrica entre dois bastões de vidro com cargas positivas.



Todavia, quando o bastão de vidro se aproxima do canudo, observa-se uma atração mútua entre ambos (Figura 3). Conclui-se, dessa forma, que a carga no bastão de vidro deve ser diferente da carga no canudo. Experimentalmente, verifica-se que todos os objetos carregados se enquadram em uma das duas categorias: ou são atraídos pelo canudo de plástico e repelidos pelo bastão de vidro, ou são repelidos pelo plástico e atraídos pelo vidro. Desse modo, há dois tipos de carga elétrica e cada uma repele o mesmo tipo de carga, mas atrai o tipo oposto. Assim, cargas iguais se repelem e cargas opostas se atraem.

1.2 Lei de Coulomb

A massa e a carga elétrica são responsáveis por originar duas das quatro forças fundamentais. Além das forças eletromagnética e gravitacional, também são interações fundamentais as Forças Nucleares, Forte e Fraca da natureza: a força gravitacional surge na presença de qualquer corpo com massa e a força elétrica (ou, mais precisamente, a força eletromagnética), está associada a qualquer corpo com carga elétrica (MACHADO, 2002).

Na seção anterior, foi visto que uma carga elétrica pode exercer uma força de atração ou de repulsão sobre outras cargas elétricas. Para encontrar os fatores que determinam a magnitude da força elétrica, Charles Coulomb, no século XVIII, realizou experimentos com uma balança de torção (Figura 4).

Figura 4 – Balança de torção utilizada por Coulomb para medir a força elétrica entre pequenas cargas.

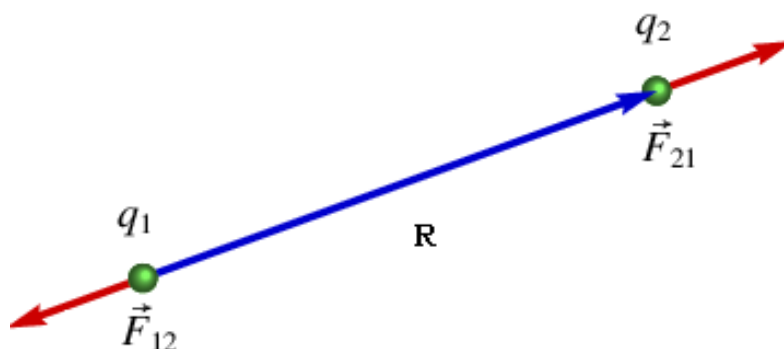


Fonte: documentação para engenharia e física.

Com este aparato, Coulomb utilizou pequenas esferas com diferentes valores de carga elétrica. Obteve como resultado que a força que um objeto carregado exerce sobre um segundo objeto carregado é diretamente proporcional à magnitude das cargas de cada um deles e, inversamente, proporcional ao quadrado distância entre eles (GIANCOLI, 2009, p. 563).

Para duas cargas pontuais (dimensões desprezíveis), q_1 e q_2 , separadas por uma distância R em uma região em que não há matéria circundante, isto é, que se encontram no vácuo, a magnitude da força sobre q_1 devida à q_2 é escrita como F_{12} (Figura 6). Assim, se considera q_2 como “fonte” da força e que sua posição é o “ponto da fonte” (WANGSNESS, 2001, p. 63). Analogamente, a magnitude da força que q_1 exerce sobre q_2 é F_{21} .

Figura 5 – Força elétrica entre duas cargas puntiformes.



Fonte: Show de Física – UNESP/Rio Claro.

Em termos destas quantidades, a lei de Coulomb estabelece que a magnitude F da força que qualquer uma das cargas exerce sobre a outra pode ser expressa pela relação

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{R^2} \quad (1)$$

Na Equação 1, o termo $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ é uma constante de proporcionalidade por vezes representada por k , cujo valor depende do sistema de unidades adotado. Em unidades SI, $k \cong 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$. A constante ϵ_0 é chamada de permissividade elétrica no vácuo (FREEDMAN, 2014, p. 9). Em unidades SI, $\epsilon_0 = (1/4\pi k) = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$.

A força elétrica é uma lei do inverso do quadrado da distância, assim como a força gravitacional descoberta pelo físico inglês Isaac Newton (1643 – 1727), cuja formulação matemática é

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2} \quad (2)$$

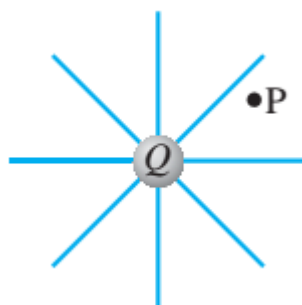
A Equação 2 representa a força gravitacional que uma massa m_1 exerce sobre outra massa m_2 . Uma diferença importante entre as forças gravitacional e elétrica é que a primeira sempre demonstra caráter atrativo, ao passo que a elétrica, como visto anteriormente, pode ser atrativa ou repulsiva. Além disso, a carga elétrica pode ser positiva ou negativa, enquanto a massa sempre é positiva.

Em um sistema com várias massas ou várias cargas, cada massa ou carga exerce uma força em cada uma das outras massas e cargas do sistema. A força resultante em qualquer das massas ou cargas é obtida a partir da soma vetorial das forças individuais exercidas na massa ou na carga por todas as outras cargas do sistema. Tal resultado é consequência do princípio da superposição de forças (TIPLER, 2012).

1.3 Campo elétrico

Muitas forças comuns observadas em eventos cotidianos são designadas como “forças de contato”; por exemplo, o pé de um jogador de futebol que chuta uma bola ou um boxeador que golpeia um saco de pancadas. Entretanto, nem sempre há o contato quando há a interação entre dois corpos, como é o caso das forças gravitacional e elétrica e se diz, portanto, que estas forças atuam à distância. Um conceito que facilita a compreensão dessa situação é o de *campo*, que foi primeiramente criado pelo cientista britânico Michael Faraday (1791 – 1867). “O campo elétrico, de acordo com Faraday, se estende para fora de qualquer carga e permeia todo o espaço” (GIANCOLI, 2009, p. 568). Caso uma segunda carga estiver próxima à carga Q , então a segunda carga sentirá uma força exercida pelo campo elétrico que há nesse ponto (Figura 6).

Figura 6 – Linhas de campo elétrico de uma carga puntiforme.

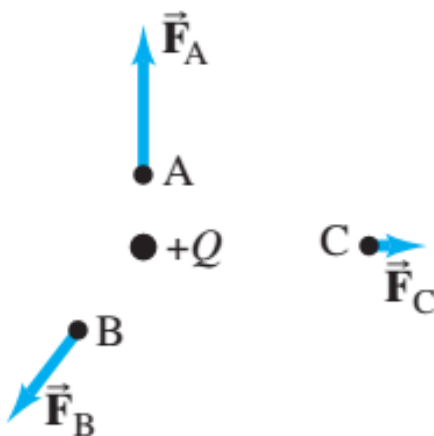


Fonte: Giancoli (2009).

O campo elétrico no ponto P interage diretamente com a segunda carga para produzir uma força sobre ela.

Para conhecer o campo elétrico que circunda uma carga ou um conjunto de cargas, é necessário medir a força sobre uma *carga de prova*, uma partícula cuja carga é pequena o suficiente para que a força que ela exerce não afete significativamente as cargas que geram o campo. Quando a carga de prova sofre a ação de uma força elétrica, conclui-se que nesse ponto existe um campo elétrico. A Figura 7 indica a força elétrica sobre a carga de prova q em diferentes posições.

Figura 7 – Força elétrica devida à carga puntiforme sobre uma carga de prova em diferentes posições.



Fonte: Giancoli (2009).

Pela lei de Coulomb, a força em B é menor do que a força em A, pois a distância da carga Q ao ponto A é menor. Analogamente, a força em C é menor do

que em B. Em todos os casos, a força sobre a carga de prova está dirigida radialmente a partir de Q .

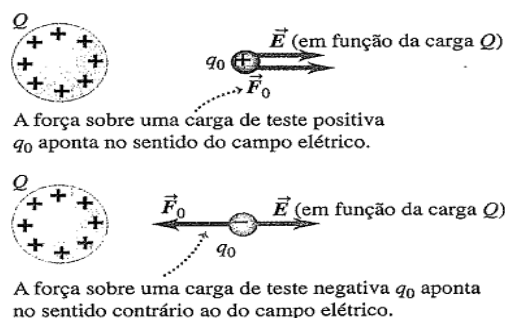
O campo elétrico $\vec{E}$ em um ponto é definido como a força elétrica $\vec{F}$ que atua sobre uma carga de prova positiva q nesse ponto, dividida pela por q (FREEDMAN, 2014, p. 13). Dessa forma, o campo elétrico é dado pela força elétrica por unidade de carga em um ponto:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3)$$

Em unidades do SI, cujas unidades de força e carga são, respectivamente, o newton e o coulomb, a unidade de campo elétrico é newton por coulomb (N/C).

Quando a carga de prova for negativa, $\vec{F}$ e $\vec{E}$ têm sentidos contrários; para o valor positivo de q , $\vec{F}$ e $\vec{E}$ têm o mesmo sentido (Figura 8).

Figura 8 – Força e campo a partir do sinal da carga.



Fonte: Freedman (2012).

A Equação (3) estabelece que o campo elétrico em qualquer ponto do espaço é um vetor que aponta na direção da força sobre uma carga de prova positiva.

1.3.1 Campo Elétrico de uma Carga Puntiforme

O campo elétrico, devido a uma única carga puntiforme, pode ser obtido a partir da lei de Coulomb. Seja uma carga de prova q em um ponto P a uma distância R de uma carga Q . A magnitude da força sobre q é

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Qq|}{R^2} \quad (4)$$

Dessa forma, da Equação (4), a magnitude do campo elétrico no ponto P devido à carga Q é, então

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q|}{R^2} \quad (5)$$

Se houver uma distribuição de cargas puntiformes no ponto P, o campo elétrico resultante é determinado pela soma dos campos devidos à cada uma das cargas separadamente (TIPLER, 2012, p.12):

$$\vec{E}_R = \sum_i \vec{E}_i$$

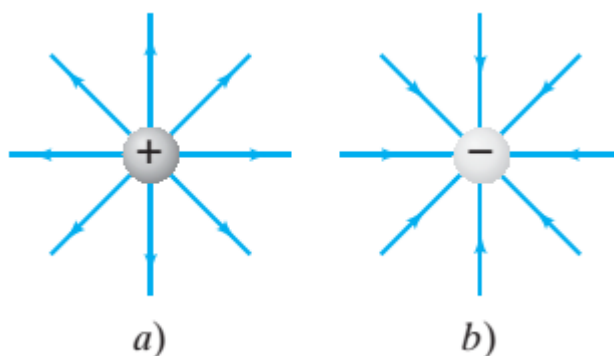
Portanto, os campos elétricos, assim como a força elétrica, obedecem ao princípio da superposição.

1.3.2 Linhas de Campo

Uma vez que o campo elétrico é um vetor, em certas ocasiões ele sempre é tratado como um campo vetorial. O seu módulo, direção e sentido podem ser representados graficamente a partir das *linhas de campo elétrico*. O vetor campo elétrico $\vec{E}$ em um dado ponto é tangente à linha naquele ponto. As linhas de campo elétrico comumente são chamadas de *linhas de força*, pois elas mostram a direção e o sentido da força elétrica exercida em uma carga de prova.

Para visualizar o campo elétrico, desenha-se uma série de linhas para indicar a direção do campo elétrico em vários pontos do espaço. Suas linhas são desenhadas de modo que sinalizem a direção da força devida à ação do campo sobre uma carga de prova. A Figura 9a mostra as linhas de campo devidas a apenas uma carga positiva isolada, enquanto a Figura 9b apresenta as linhas de campo devidas a apenas uma carga negativa isolada.

Figura 9 – Linhas de campo ao redor de uma a) carga positiva e de uma b) carga negativa.

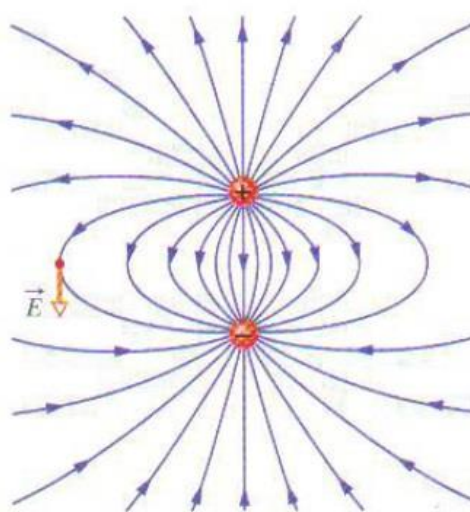


Fonte: Giancoli (2009).

Na Figura 9a, as linhas apontam radialmente para fora da carga e na Figura 10b apontam para a carga. Isto ocorre porque estas seriam as direções das forças que atuariam sobre uma carga de prova positiva em cada caso. É possível notar que próximo às cargas, onde o campo elétrico é mais intenso, as linhas estão mais juntas. Assim, quanto mais próximas estão as linhas de campo, maior será a intensidade do campo elétrico nessa região.

Uma configuração especial de duas cargas elétricas com sinais opostos é chamada de *dipolo elétrico*, conforme ilustra a Figura 10.

Figura 10 – Linhas de campo de um dipolo elétrico.



Fonte: Campo elétrico Wordpress.

As linhas de campo se curvam neste caso e estão dirigidas da carga positiva para a carga negativa. Em qualquer ponto, a direção do campo elétrico é tangente à linha de campo neste ponto, como indica o vetor $\vec{E}$ na figura acima.

1.4 Potencial elétrico

Nas seções anteriores, já foram ressaltadas as semelhanças entre as forças gravitacional e elétrica. Mais uma analogia surge no estudo da energia potencial. Um objeto possui energia potencial gravitacional devido à sua localização no interior do campo gravitacional. No caso elétrico, analogamente, um objeto com carga líquida possui uma energia potencial elétrica em virtude de sua localização no interior de um campo elétrico (HEWITT, 2012, p. 421). A seguir são introduzidos os conceitos de energia potencial elétrica e potencial elétrico.

1.4.1 Energia Potencial Elétrica

A energia potencial só pode ser definida para forças conservativas. Diz-se que uma força é conservativa quando o trabalho que esta efetua sobre um objeto em movimento, entre duas posições quaisquer, é independente da trajetória que o objeto descreve. Dessa maneira, a força elétrica entre duas cargas (Equação (1)) é conservativa, uma vez que a dependência da posição é apenas com $1/R^2$, independente da trajetória.

No caso gravitacional, a variação da energia potencial entre dois pontos a e b é igual ao negativo do trabalho realizado pela força conservativa para mover um objeto desde a até b (GIANCOLI, 2009, p. 608):

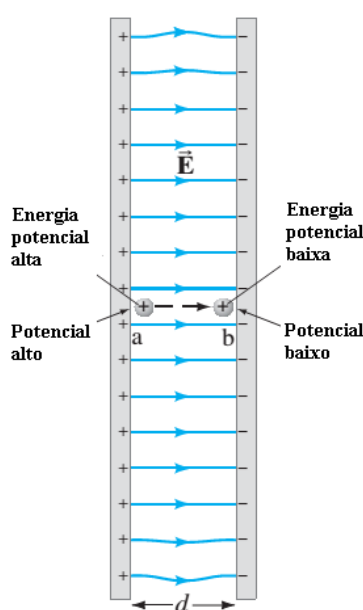
$$\Delta U = -W \quad (7)$$

Analogamente, a variação da energia potencial elétrica, quando uma carga pontual q se move de um ponto a até outro ponto b , é igual ao negativo do trabalho que a força elétrica realiza para mover a carga entre estes dois pontos.

Sabe-se que para erguer um objeto de grande massa contra o campo gravitacional da Terra, é necessária uma força que realizará o trabalho. Da mesma

forma, para deslocar uma carga elétrica contra um campo elétrico gerado por outro corpo, é necessária a realização de trabalho. É justamente este trabalho que é igual ao negativo da energia potencial elétrica da partícula carregada. Como exemplo dessa situação, têm-se duas placas paralelas com cargas de intensidades iguais e sinais opostos (Figura 11). As placas estão separadas por uma distância pequena em comparação com o comprimento, de modo que entre elas existe um campo elétrico uniforme $\vec{E}$.

Figura 11 – Campo elétrico uniforme entre duas placas com cargas opostas.



Fonte: Giancoli (2009).

Quando a carga pontual é abandonada no ponto a , a força elétrica efetuará um trabalho sobre ela, fazendo-a acelerar até a placa negativa. O trabalho W da força elétrica para mover a carga de uma distância d é

$$W = Fd$$

Da Equação (3), vem que

$$W = qEd$$

(8)

Conforme dito anteriormente, a variação da energia potencial elétrica é igual ao negativo do trabalho realizado pela força elétrica, portanto:

$$U_b - U_a = -W = -qEd$$

(9)

Na situação ilustrada pela Figura 12, a partícula carregada sofre uma aceleração desde o ponto a até o ponto b , de modo que a sua energia cinética aumenta enquanto a sua energia potencial elétrica diminui ($\Delta U < 0$), obedecendo, portanto, a lei da conservação da energia. No ponto a , a partícula positiva tem a sua máxima energia potencial, pois está próxima à placa positiva. Para o caso de uma carga negativa, a energia potencial será máxima nas proximidades da placa negativa. De maneira análoga, uma massa é acelerada, na presença de um campo gravitacional, em direção à região de menor energia potencial.

1.4.2 Potencial Elétrico e Diferença de Potencial

Na seção 1.3 o campo elétrico foi definido como a força por unidade de carga. Agora, de forma semelhante, se faz útil introduzir a definição de *potencial elétrico* como a energia potencial elétrica por unidade de carga. Seja uma carga de prova q positiva com energia potencial elétrica U_a em um ponto a na região de um campo elétrico, o potencial elétrico neste ponto é dado por

$$V_a = \frac{U_a}{q}$$

Como visto anteriormente, a variação da energia potencial é igual ao negativo do trabalho que o campo elétrico realiza para mover a carga entre a e b . Assim, a *diferença de potencial* é

$$V_{ba} = \Delta V = V_b - V_a = \frac{U_b - U_a}{q} = -\frac{W_{ba}}{q} \quad (10)$$

A definição de potencial indica que a placa positiva na Figura 12 tem maior potencial do que a placa negativa. Logo, a partícula eletrizada positivamente se desloca naturalmente de uma região de maior potencial para uma de menor potencial. Com efeito, uma partícula negativa descreve um comportamento contrário.

O potencial elétrico e a diferença de potencial compartilham a mesma unidade SI, o joule por coulomb (J/C), que recebe o nome de volt (V) em homenagem a Alessandro Volta (1745 – 1827).

1.4.3 Potencial Elétrico e Campo Elétrico

Para se descrever os efeitos de uma distribuição qualquer de carga, podem ser utilizadas as definições de campo elétrico ou de potencial elétrico. Entretanto, ao passo que o campo elétrico é um vetor, o potencial é uma grandeza escalar e, por isso, apresenta um tratamento mais fácil. Existe uma relação intrínseca entre campo e potencial elétrico devidos a uma distribuição de cargas, como no caso do campo elétrico uniforme ilustrado na Figura 11. Nesse caso, a diferença de potencial entre as placas é

$$V_{ba} = V_b - V_a = -Ed \quad (11)$$

Substituindo o campo elétrico dado pela Equação (5), é possível obter o potencial elétrico a uma distância R de uma carga puntiforme Q . Não há significado físico em medir o potencial isolado em um ponto, de modo que só faz sentido medir as diferenças de potencial. Dessa forma, pode-se arbitrar o valor do potencial em um ponto que seja mais conveniente, neste caso no infinito ($V_b = 0$). Logo,

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \quad (12)$$

O potencial será zero em $R = \infty$, de modo que V pode ser considerada a diferença de potencial entre R e o infinito. Próximo a uma carga positiva o potencial é grande e tende a zero a distâncias muito grandes. Para uma carga negativa, o potencial é negativo nas proximidades da carga positiva e aumenta conforme aumenta a distância.

Para o caso de n cargas puntiformes, o potencial em um ponto a (com $V = 0$ em $R = \infty$), é:

$$V_a = \sum_{i=1}^n V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{R_{ia}} \quad (13)$$

em que R_{ia} é a distância da i -ésima carga (Q_i) ao ponto a .

2 SUGESTÃO DE UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

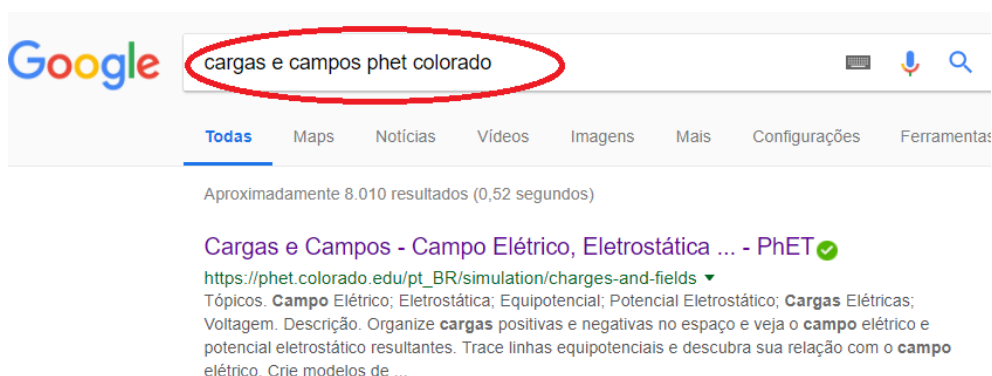
Neste capítulo teremos o passo a passo de como ter acesso ao software *Cargas e Campos* e como utilizar a sequência didática, assim como quais comentários e procedimentos devem ser feitos junto aos estudantes. O tempo sugerido para as atividades também será apresentado aqui.

2.1 Como acessar e iniciar a utilização do software *Cargas e Campos*

Nesta seção será mostrado, de forma bem fácil, através de algo semelhante a um tutorial, os passos iniciais para preparar o início da atividade.

1º passo: pesquisa no google. Basta fazer uma pesquisa no navegador de internet com o seguinte título *Cargas e Campos PHET Colorado* como indicado na figura 12.

Figura 12 – Pesquisa do software cargas e campos.



Fonte: Google Chrome

2º passo: acesso ao programa. Basta clicar no primeiro resultado como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Acesso ao software cargas e campos.



Fonte: Google Chrome.

3º passo: para começar a utilização clique em copiar, como mostra a figura 14.

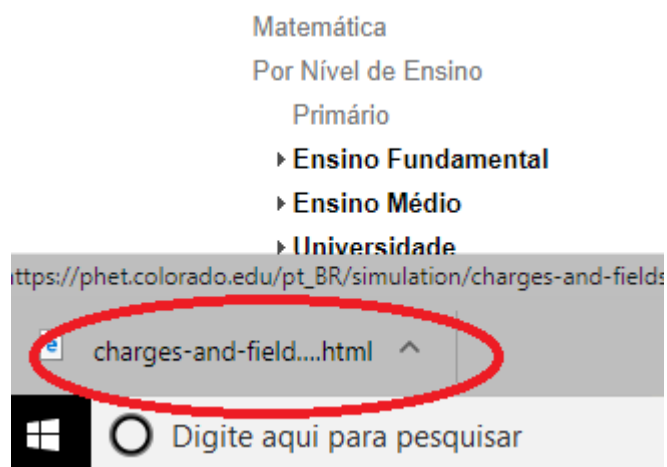
Figura 14 – Como iniciar a simulação.



Fonte: Google Chrome.

4º passo: após o terceiro passo o arquivo estará salvo em seu computador e só precisa de um clique para ser iniciado. A localização do arquivo está apresentada na Figura15, que registra o canto inferior esquerdo da tela. O mesmo encontra-se na pasta de downloads do computador.

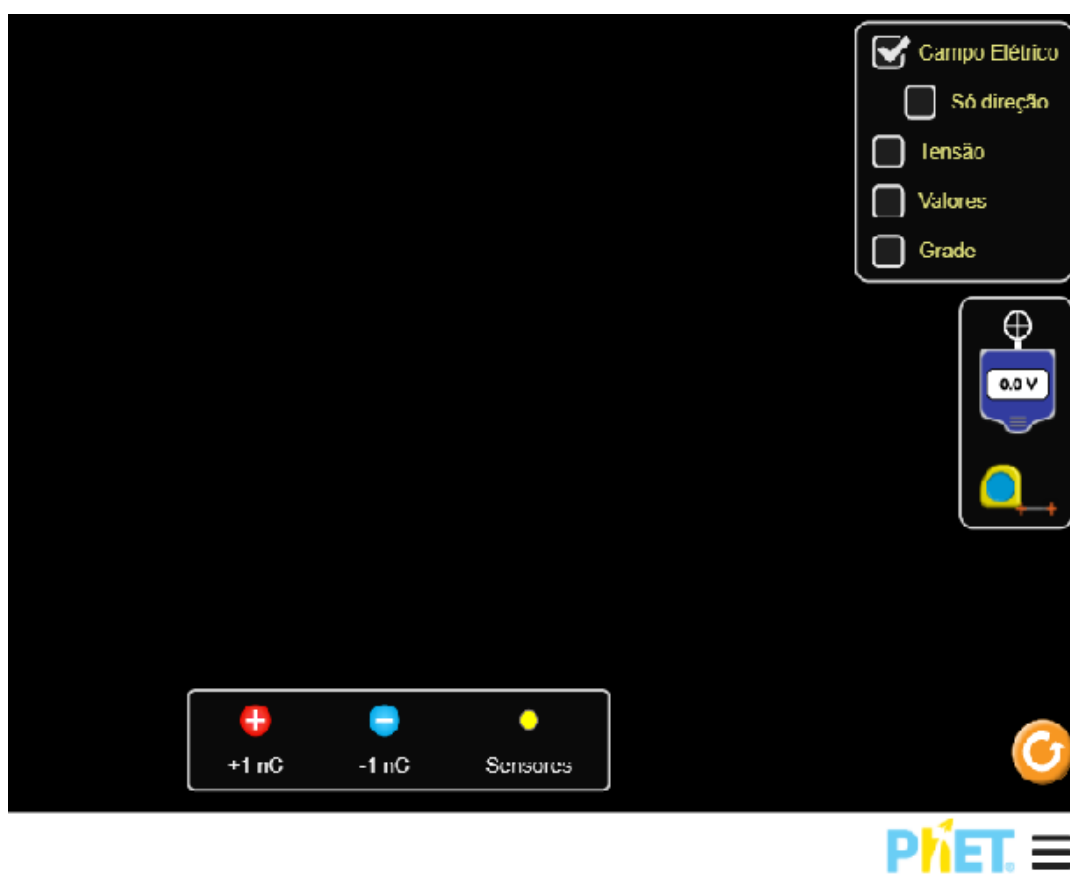
Figura 15 – Acesso ao arquivo.



Fonte: Google Chrome

Após a execução dos quatro passos anteriores o programa estará pronto para ser utilizado e apresentará o *Layout* mostrado na Figura 16.

Figura 16 – *Layout* do programa.



Fonte: Cargas e Campos.

2.2 Utilizando a sequência didática no *Cargas e Campos*

Nesta seção está apresentada a sugestão de trabalho com a animação, anteriormente citada. Vale a pena ressaltar que este é apenas um caminho, dentre tantos outros, que pode ser tomado. Cabe ao professor escolher o que melhor se adeque a realidade do seu público alvo.

A carga horária destinada a utilização da sequência didática está discriminada no quadro abaixo, assim como os conteúdos que esta aborda.

Quadro 4 – Carga horária da sequência didática.

Conteúdo	Tempo Estimado
Apresentação dos conceitos de Força, Campo e Potencial Elétrico	40 minutos
Tópico de Força Elétrica (Incluindo estudo do mapa conceitual)	60 minutos
Tópico de Campo Elétrico (Incluindo estudo do mapa conceitual)	100 minutos
Tópico de Potencial Elétrico (Incluindo estudo do mapa conceitual)	100 minutos

Fonte: elaborado pelo autor.

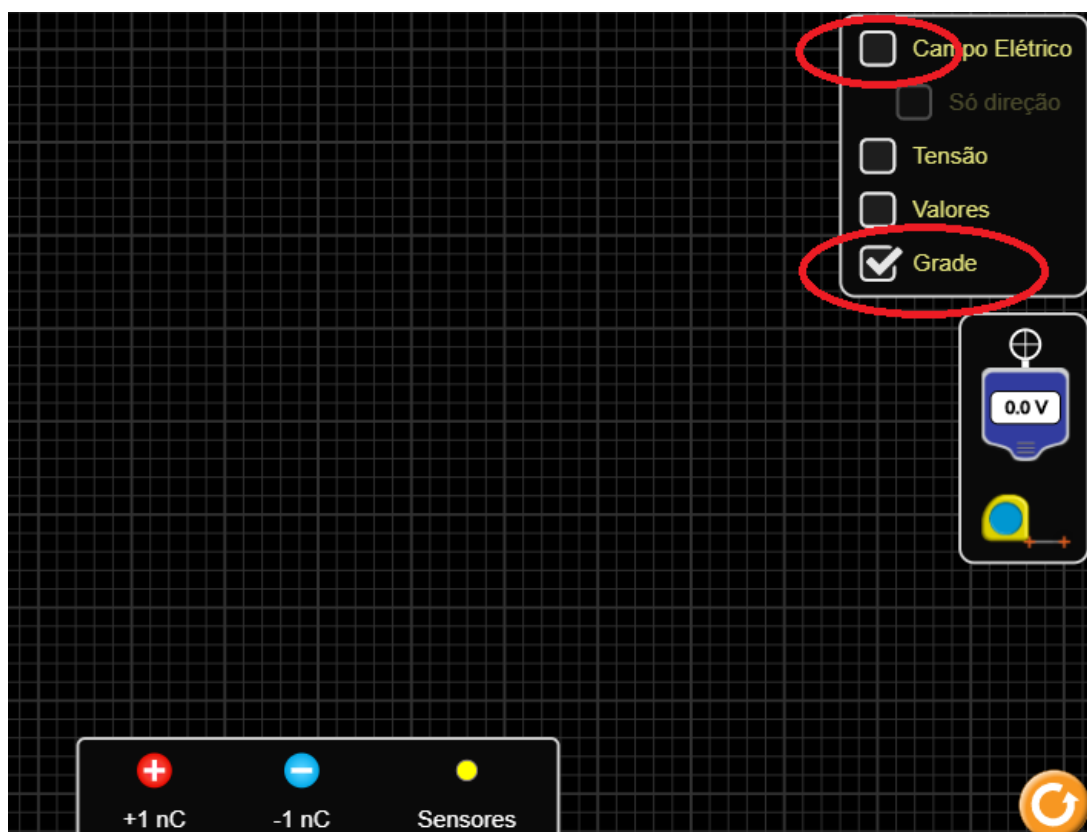
2.2.1 Discussão do procedimento experimental do material do aluno: tópico a) estudo da Força Elétrica

Antes de iniciar os passos que estão no roteiro experimental sobre força elétrica é de suma importância discutir com o aluno a relação entre o vetor força e o vetor campo elétrico que está apresentada na equação (3) do capítulo anterior. Com este procedimento evita-se confusões com relação ao que irá ser apresentado pelo programa.

O Vetor apresentado pelo programa será o Campo Elétrico, porém, podemos, a partir da análise da equação (3), deduzir a magnitude do vetor Força Elétrica. Já que pela referida equação vemos que $F=qE$ como q , carga teste da animação, é positiva, podemos observar que o tamanho do vetor Força é proporcional ao tamanho do vetor Campo.

O primeiro passo agora é desmarcar a opção *Campo Elétrico* da animação e marcar a opção *Grade* como indica a Figura 17.

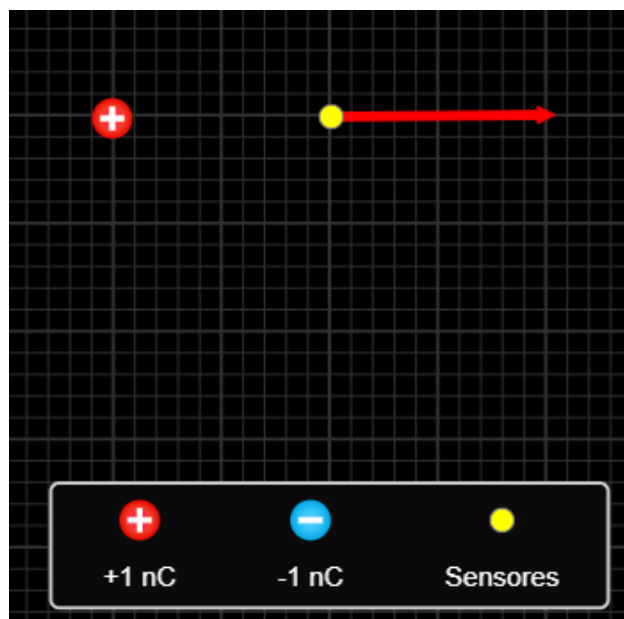
Figura 17 – Passos iniciais para o estudo da força.



Fonte: Cargas e Campos.

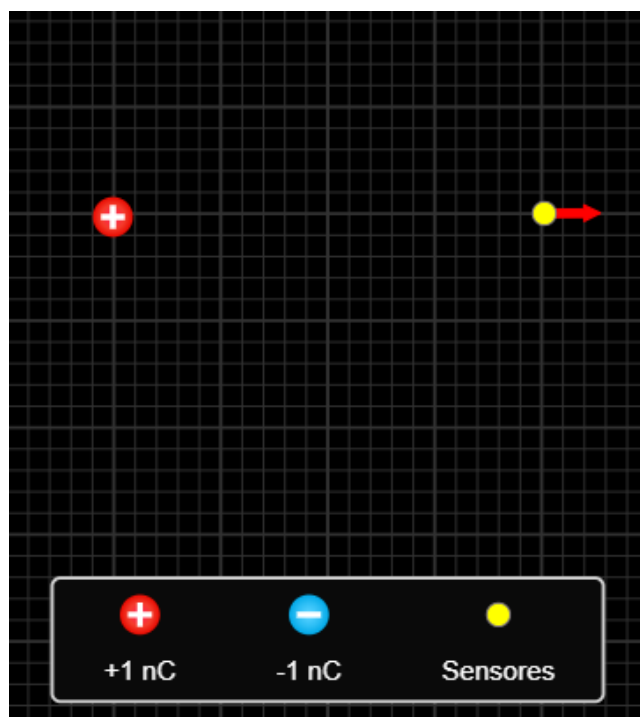
No tópico *i*) da sequência temos a relação entre a variação do módulo da força (sobre a carga teste de cor amarela) com a distância entre as cargas. Na Figura 18 temos a ideia da magnitude do vetor força quando a distância é de dois quadros, e, na Figura 19, vemos a magnitude quando a distância passa a ser de quatro quadros. Posteriormente, o aluno é indagado sobre a relação entre a distância entre as cargas e o módulo da força. O tópico *ii*) repete tal processo com uma carga negativa com a finalidade de perceber a inversão apenas do sentido da força.

Figura 18 – Força para a distância de 2 quadros.



Fonte: Cargas e Campos.

Figura 19 – Força para a distância de 2 quadros.



Fonte: Cargas e Campos.

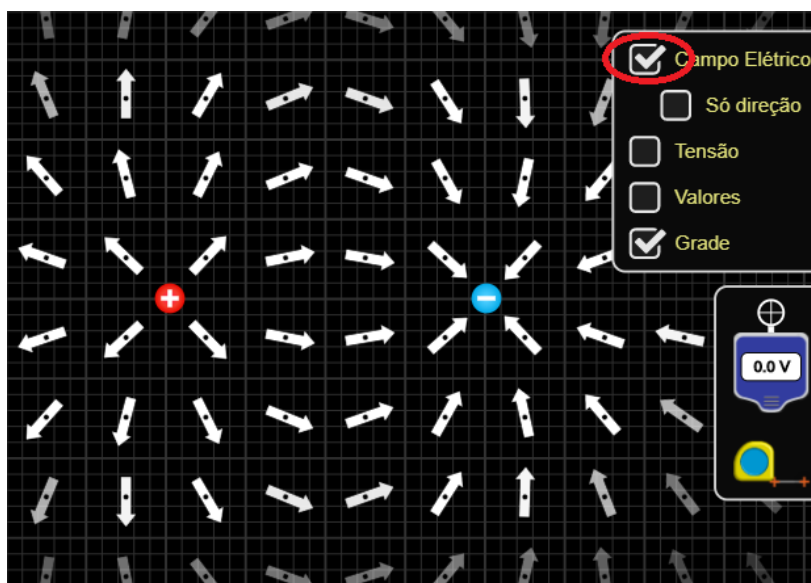
Após a execução dos passos *i)* e *ii)* o aluno é instigado a concluir que a carga teste (amarela) possui sinal positivo.

2.2.2 Discussão do procedimento experimental do material do aluno: tópico b) estudo do Campo Elétrico

No tópico *i)* deste estudo se observa inicialmente os conhecimentos prévios do aluno no que diz respeito ao conceito de linhas de campo. Em seguida, o aluno utiliza o programa para ter a visualização das linhas de campo de uma carga positiva, outra negativa e de um dipolo. Posteriormente, ele compara as linhas expressas na animação com os seus desenhos iniciais destas.

A Figura 20 mostra o comportamento das linhas de campo de um dipolo elétrico através da animação. Para obtenção das linhas é necessário marcar a opção *Campo Elétrico* da animação. Vejamos a seguir.

Figura 20 – Linhas de campo geradas por um dipolo.



Fonte: Cargas e Campos.

No tópico *ii)* estuda-se a relação do campo elétrico com a distância da carga fonte. O aluno faz o cálculo do campo elétrico a partir dos dados presentes no quadro e obtém o valor do campo experimental utilizando a animação. Em seguida apresentamos os valores do campo elétrico no quadro e veremos como os mesmos foram obtidos.

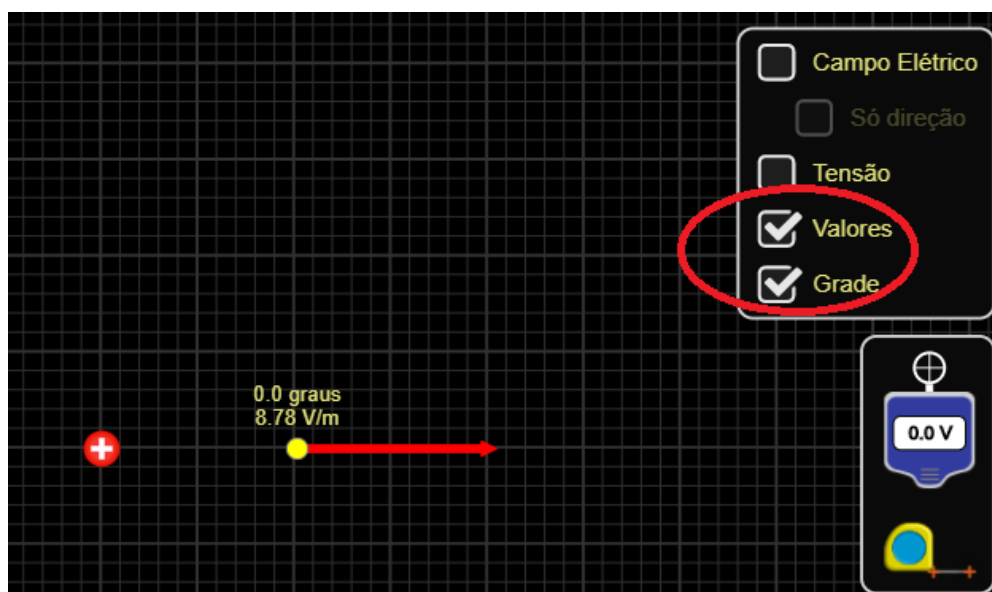
Quadro 5 – Dependência do campo elétrico com a distância.

Distância (m)	Valor de E calculado (N/C)	Valor de E experimental (V/m)
1	9,00	8,78
2	2,25	2,27
3	1,00	1,00

Fonte: elaborado pelo autor.

O valor calculado foi obtido a partir da equação (5). Os alunos utilizam o programa para a obtenção do valor experimental. A Figura 21 mostra a obtenção do valor do campo elétrico para a distância de 1m. O processo de obtenção dos outros dois valores é análogo ao primeiro.

Para obtenção do valor experimental é preciso marcar as opções *Valores* e *Grades* da animação. Cada quadro da animação corresponde a 50cm (após assinalar *Valores* o programa fornece esta informação).

Figura 21 – Campo elétrico experimental.

Fonte: Cargas e Campos.

Ao final deste processo para os três valores de distância o aluno faz o comparativo dos valores teóricos e experimentais. Além disso, ele tem que apresentar a relação existente entre o Campo Elétrico e a distância da carga fonte.

2.2.3 Discussão do procedimento experimental do material do aluno: tópico c) estudo do Potencial Elétrico

No tópico *i)* estuda-se a relação do Potencial Elétrico com a distância da carga fonte. O aluno faz o cálculo do Potencial Elétrico a partir dos dados presentes no quadro e obtém a valor do Potencial Elétrico experimental utilizando a animação.

Em seguida apresentamos os dados no quadro e veremos como os mesmos foram obtidos.

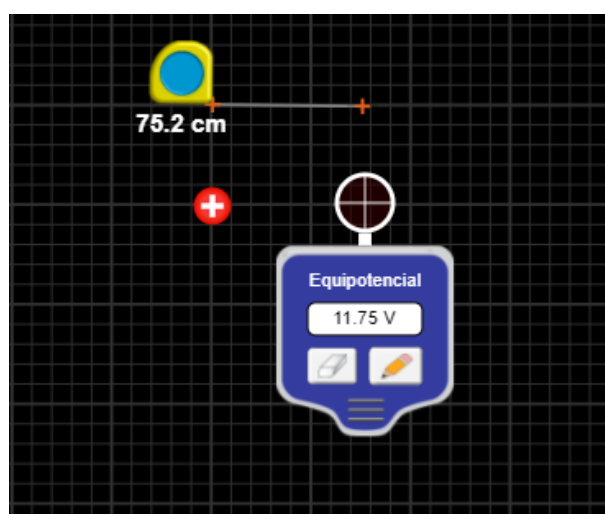
Quadro 6 – Potencial elétrico em função da distância.

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18,00	18,22
75 cm	12,00	11,75
1,0 m	9,00	9,11
1,5 m	6,00	6,04
2,0 m	4,50	4,52
3,0 m	3,00	3,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores calculados foram obtidos com a utilização da equação (11) e os experimentais com a utilização do programa Cargas e Campos. A Figura 22 mostra o potencial experimental num ponto que está situado à 75 cm da carga fonte, para obtenção do valor o programa dispõe de duas ferramentas, régua e voltímetro.

Figura 22 – Potencial elétrico experimental.

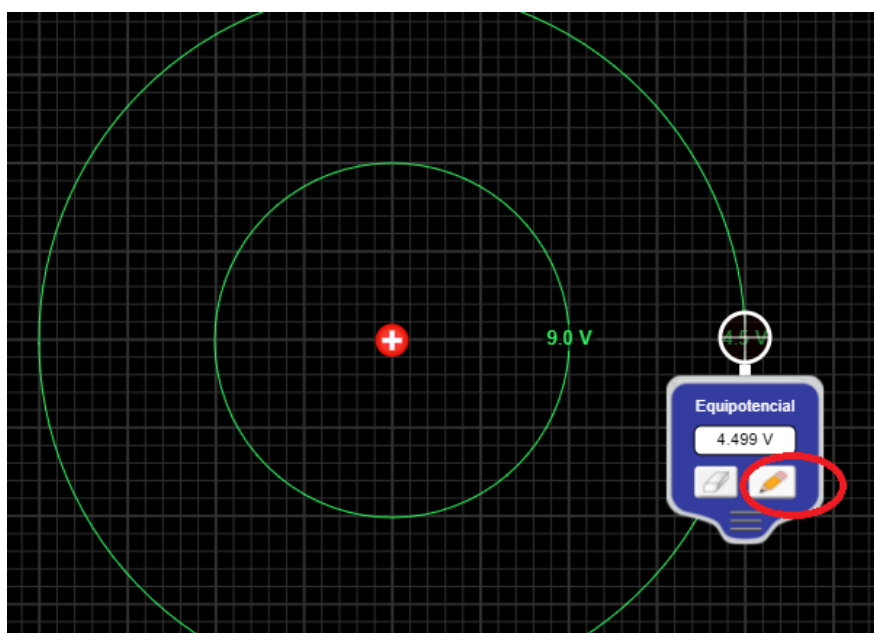


Fonte: Cargas e Campos.

Depois de comparar todos os valores do quadro 3 os alunos são orientados a elaborar o gráfico do Potencial teórico e do experimental – que está apresentado na seção 2.3.

No tópico *ii)* estuda-se as Superfícies Equipotenciais. Com o auxílio do instrumento de medir tensão, contido no programa, é possível desenhar as Equipotenciais. O aluno é levado a refletir sobre o que acontece quando ele faz medidas de tensão ao longo da equipotencial. A Figura 23 mostra como se deve utilizar o *Lápis* do programa para a construção das Equipotenciais.

Figura 23 – Superfícies equipotenciais.



Fonte: Cargas e Campos.

Após finalizar o estudo do tópico *iii)* que também se relaciona com superfícies equipotenciais o aluno faz uma conclusão sobre o experimento realizado, relatando o que aprendeu, suas dificuldades e sugestões.

2.3 Construção de gráficos no Excel utilizando os dados obtidos na sequência didática

Com a finalidade de potencializar a aprendizagem dos estudantes, no que diz respeito à dependência do Potencial Elétrico com a distância, foi proposto a

elaboração de gráficos com base nos dados contidos no quadro 3, assim como o comparativo entre os gráficos teórico e experimental.

Aqui serão apresentados os passos para a construção dos gráficos utilizando o programa *Microsoft Excel*. Outro programa que pode ser utilizado para este mesmo propósito é o *LibreOffice Calc*. Os comandos serão bem parecidos, assim sendo, veremos os gráficos no *Excel*.

A Figura 24 mostra o passo inicial para a construção do gráfico teórico do Potencial Elétrico em função da distância.

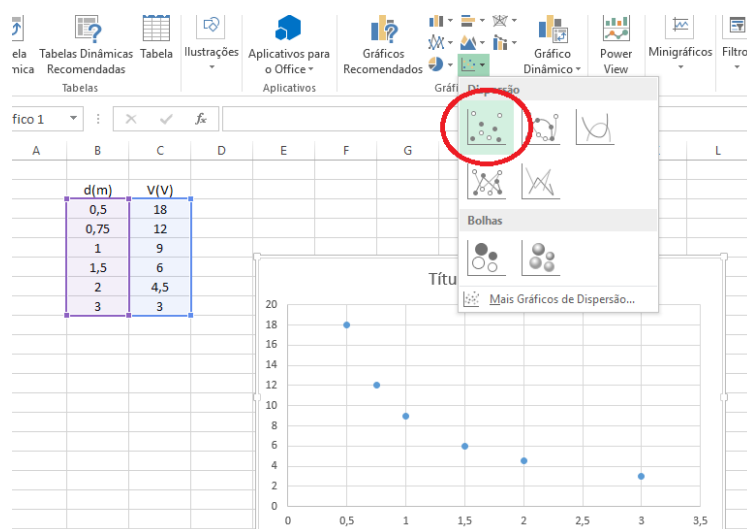
Figura 24 – Tabela com dados do potencial teórico no Excel.

	A	B	C	D
1				
2		d(m)	V(V)	
3		0,5	18	
4		0,75	12	
5		1	9	
6		1,5	6	
7		2	4,5	
8		3	3	
9				

Fonte: Excel.

Feito este processo, é necessário seleccionar os valores numéricos da distância e do potencial e em seguida inserir o gráfico de dispersão como mostra a Figura 25.

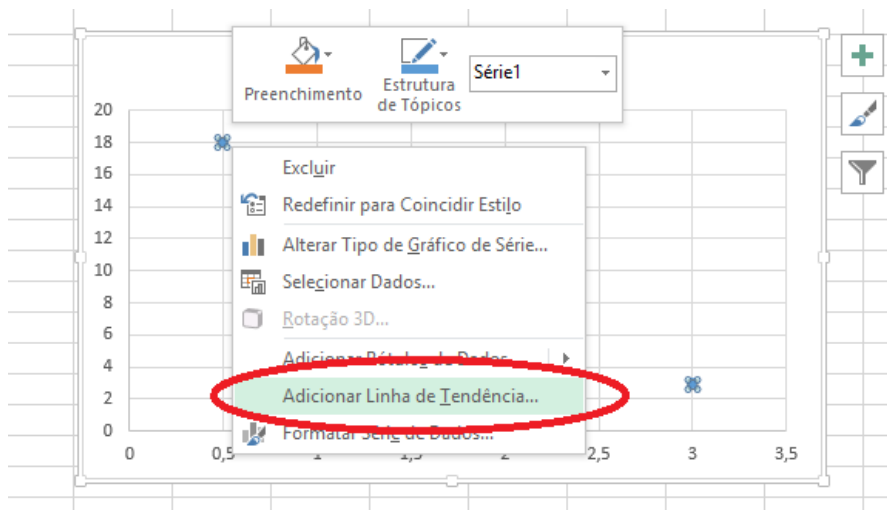
Figura 25 – Gráfico de dispersão do potencial teórico.



Fonte: Excel.

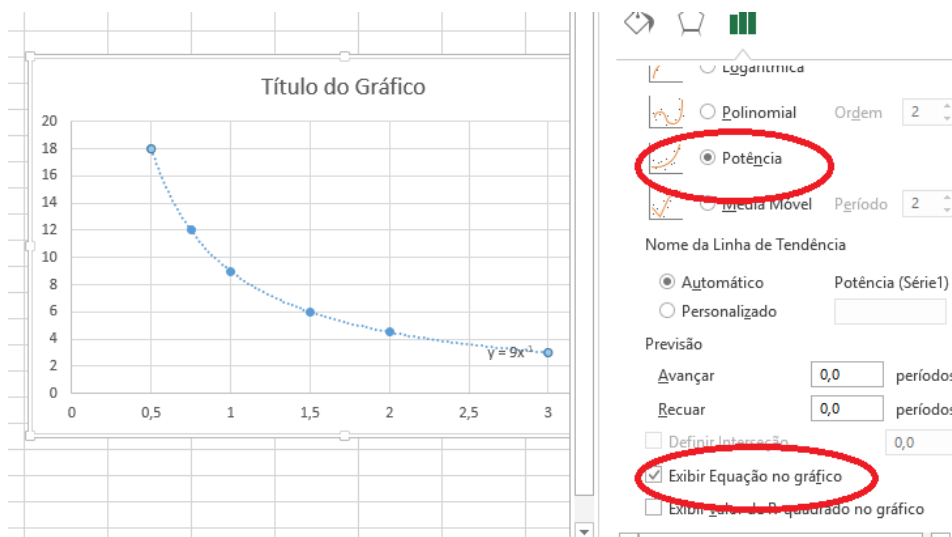
Para melhor visualização é só trabalhar a parte estatística do gráfico, adicionando a Linha de Tendência dos valores (clcando com o botão direito do mouse próximo a um ponto do gráfico) e pedindo para apresentar a equação que gera o gráfico, como mostram as Figura 26 e 27.

Figura 26 – Adicionar Linha de Tendência.



Fonte: Excel.

Figura 27 – Como colocar a equação no gráfico.

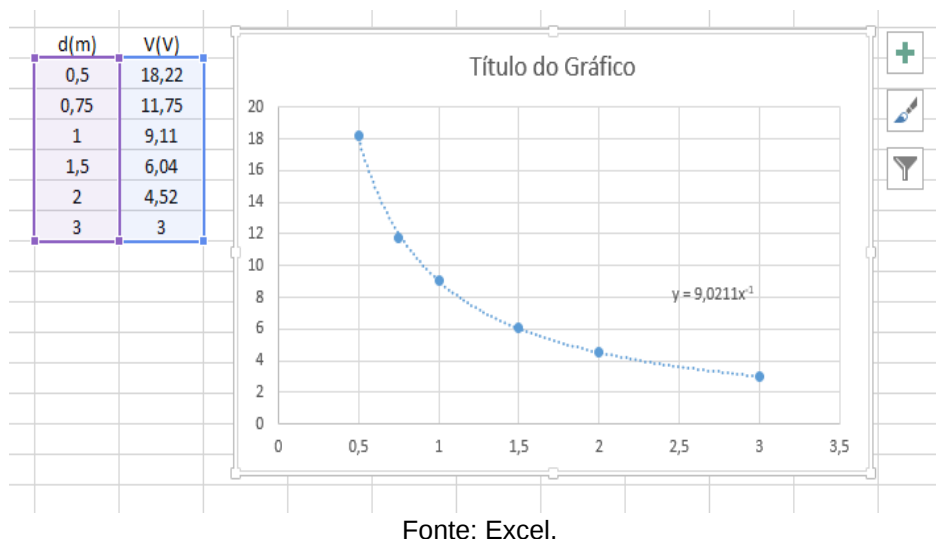


Fonte: Excel.

Como podemos observar no gráfico, a equação $y=9/x$ é a mesma que $V=9/d$, que nada mais é do que a equação (11) com a substituição do valor da carga (que é dado no *Cargas e Campos*) e o valor da constante eletrostática do meio.

Os mesmos passos devem ser repetidos para o Potencial Experimental. Além disso, necessita discutir como os pontos ficarão dispostos no gráfico e comparar a equação gerada neste novo gráfico. A Figura 28 mostra tal gráfico.

Figura 28 – Gráfico do potencial experimental.



Fonte: Excel.

Percebe-se que a equação é idêntica à obtida no gráfico do potencial teórico. É razoável dizer que 9,0211 é bem próximo de 9, o que leva a conclusão de que os valores experimentais são bem próximos dos teóricos. Uma sugestão de atividade para o aluno é pegar a equação obtida experimentalmente, comparar com a equação (11) e calcular o valor da constante eletrostática do meio.

Todos os gráficos acima apresentados podem ser nomeados e editados, deixando, assim, com as mesmas variáveis utilizadas na eletrostática, caso o interesse seja um trabalho mais intenso no Excel. Neste trabalho, a única finalidade é ter uma visualização de como o potencial se comporta com a distância. Em trabalhos futuros estas potencialidades podem ser melhor exploradas.

REFERÊNCIAS

GIANCOLI, D. C. **Física para Ciencias y Ingeniería con física moderna**. 4ª ed. México: Pearson, 2009.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MACHADO, K. D. **Teoria do Eletromagnetismo** (Vol. 1). Ponta Grossa: UEPG, 2000.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** - Eletricidade e Magnetismo, Óptica. 6.ed. LTC, 2012.

WANGSNESS, R. K. **Campos Electromagnéticos**. México: Limusa Noriega, 2001.

YOUNG, H. D., FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2014.

APÊNDICE C – PRÉ-TESTE



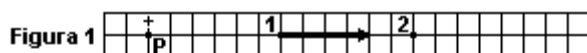
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA – MNPEF



PRÉ-TESTE

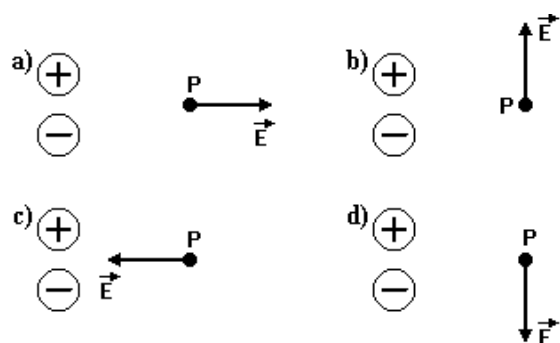
DATA ____ / ____ / 2018

01. (UNESP) A Figura 1 representa uma carga elétrica pontual positiva no ponto P e o vetor campo elétrico no ponto 1, devido a essa carga. No ponto 2, a melhor representação para o vetor campo elétrico, devido à mesma carga em P, será:



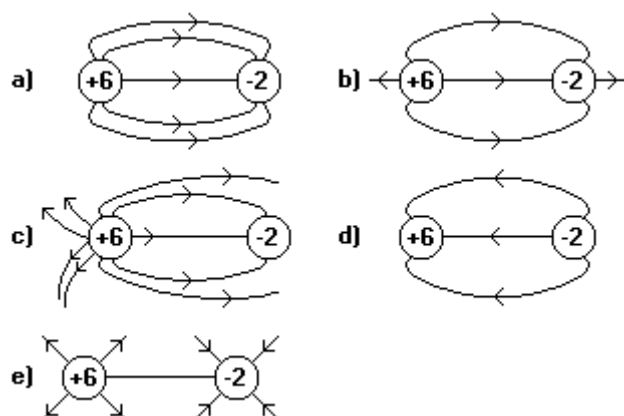
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

02. (UFMG) Um ponto P está situado à mesma distância de duas cargas, uma positiva e outra negativa, de mesmo módulo. A opção que representa corretamente a direção e o sentido do campo elétrico criado por essas cargas, no ponto P, é:

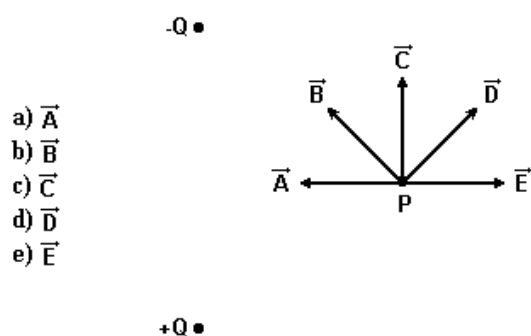


e) O campo elétrico é nulo em P.

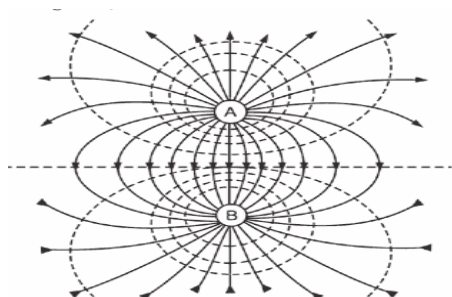
03. (FEI) Duas cargas puntiformes $q = +6 \mu\text{C}$ e $q_2 = -2 \mu\text{C}$ estão separadas por uma distância d . Assinale a alternativa que melhor represente as linhas de força entre q e q_2 :



04. (UNESP) Na Figura adiante, o ponto P está equidistante das cargas fixas $+Q$ e $-Q$. Qual dos vetores indica a direção e o sentido do campo elétrico em P, devido a essas cargas?



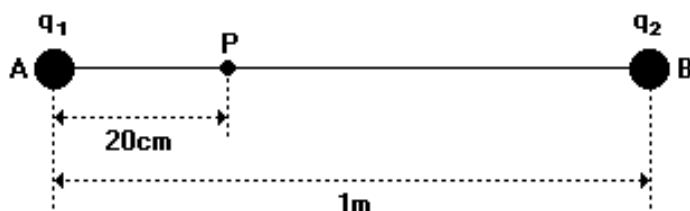
05. (UNIFESP) A figura representa a configuração de um campo elétrico gerado por duas partículas carregadas, A e B.



Assinale a linha da tabela que apresenta as indicações corretas para as convenções gráficas que ainda não estão apresentadas nessa figura (círculos A e B) e para explicar as que já estão apresentadas (linhas cheias e tracejadas)

	carga da partícula A	carga da partícula B	linhas cheias com setas	linhas tracejadas
a)	(+)	(+)	linha de força	superfície equipotencial
b)	(+)	(-)	superfície equipotencial	linha de força
c)	(-)	(-)	linha de força	superfície equipotencial
d)	(-)	(+)	superfície equipotencial	linha de força
e)	(+)	(-)	linha de força	superfície equipotencial

06. (MACKENZIE) As cargas puntiformes $q_1 = 20 \mu\text{C}$ e $q_2 = 64 \mu\text{C}$ estão fixas no vácuo ($k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$), respectivamente nos pontos A e B. O campo elétrico resultante no ponto P tem intensidade de:

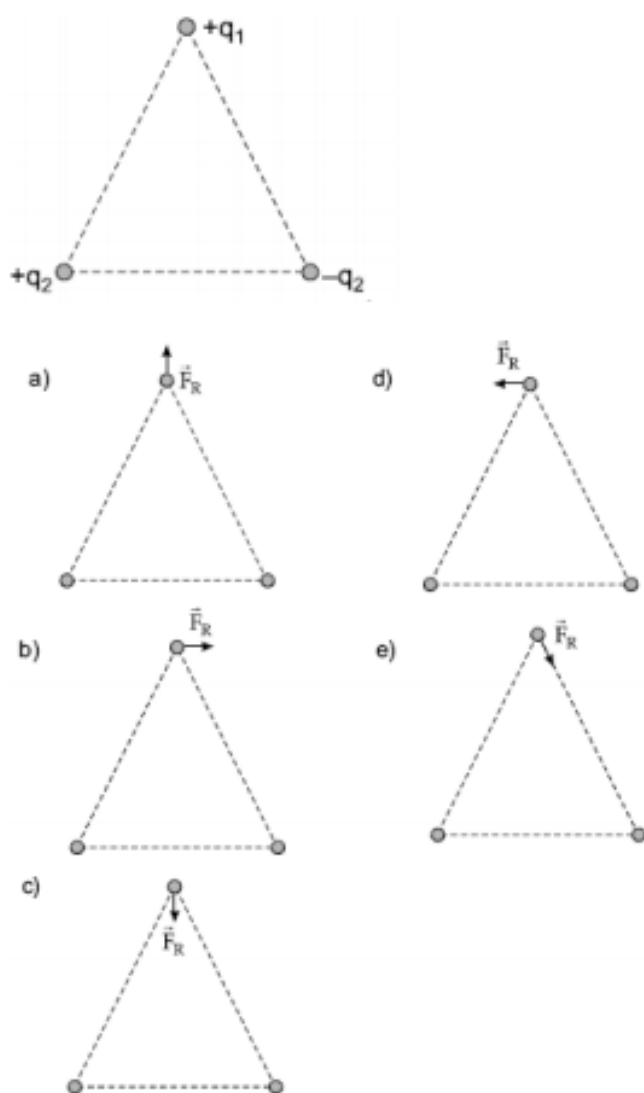


- a) $3,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.
- b) $3,6 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.
- c) $4,0 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.

d) $4,5 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.

e) $5,4 \cdot 10^6 \text{ N/C}$.

07. (Futuro Militar) A figura ilustra três cargas puntiformes $+q_1$, $+q_2$ e $-q_2$, situadas nos vértices de um triângulo equilátero. Sabe-se que todo o sistema está no vácuo. Dentre as alternativas mostradas, assinale aquela que melhor representa a força elétrica resultante que atua na carga $+q_1$, devida à ação das outras duas cargas.



08. (PUC-RJ) Antes da primeira viagem à Lua, vários cientistas da NASA estavam preocupados com a possibilidade de a nave lunar se deparar com uma nuvem de poeira carregada sobre a superfície da Lua. Suponha que a Lua tenha uma carga negativa. Então, ela exerceria uma força repulsiva sobre as partículas de poeira

carregadas também negativamente. Por outro lado, a força gravitacional da Lua exerceria uma força atrativa sobre estas partículas de poeira.



Suponha que a 2 km da superfície da Lua a atração gravitacional equilibre exatamente a repulsão elétrica, de tal forma que as partículas de poeira flutuem. Se a mesma nuvem de poeira estivesse a 5 km da superfície da Lua:

- a) a gravidade ainda equilibraria a força eletrostática, mas apenas se a poeira perdesse carga.
- b) a gravidade ainda equilibraria a força eletrostática, e as partículas de poeira também flutuariam.
- c) a gravidade ainda equilibraria a força eletrostática, mas apenas se a poeira perdesse massa.
- d) a gravidade seria maior que a força eletrostática, e a poeira cairia.
- e) a gravidade seria menor que a força eletrostática, e a poeira se perderia no espaço.

APÊNDICE D – PÓS-TESTE

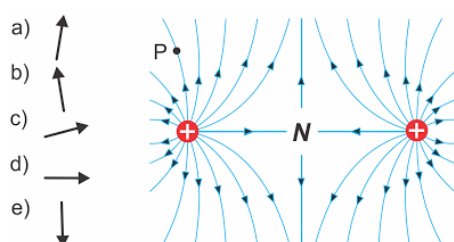


UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFERSA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM
ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

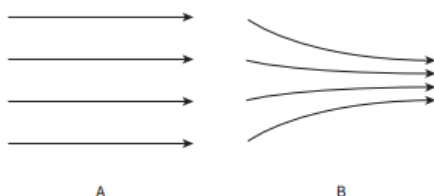
PÓS-TESTE

DATA ____ / ____ / 2018

01. (Os Fundamentos da Física) O vetor campo elétrico resultante no ponto P é mais bem representado pelo segmento orientado:



02. (Ufam) Os desenhos A e B da figura a seguir representam linhas de campo elétrico.



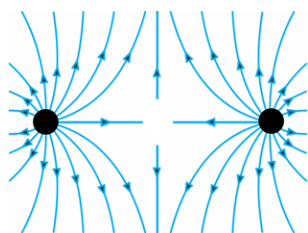
Considere as seguintes afirmações:

- I. Nos casos A e B, o campo elétrico é o mesmo em todos os lugares.
- II. À medida que se move da esquerda para a direita, em cada caso, o campo elétrico se torna mais intenso.
- III. O campo elétrico em A é o mesmo em todos os lugares, porém em B, o campo elétrico se torna mais intenso da esquerda para a direita.
- IV. Os campos elétricos em A e B são criados por cargas negativas localizadas em algum lugar à esquerda e por cargas positivas em algum lugar à direita.
- V. Nos casos A e B, os campos elétricos são criados por uma única carga pontual positiva localizada em algum lugar à esquerda.

Fundamentado na figura, escolha a sequência correta de afirmativas falsas (F) e verdadeiras (V):

- a) I-V, II-F, III-V, IV-F, V-V
- b) I-F, II-F, III-V, IV-F, V-F
- c) I-F, II-F, III-V, IV-V, V-F
- d) I-F, II-V, III-F, IV-V, V-V
- e) I-V, II-F, III-V, IV-F, V-F

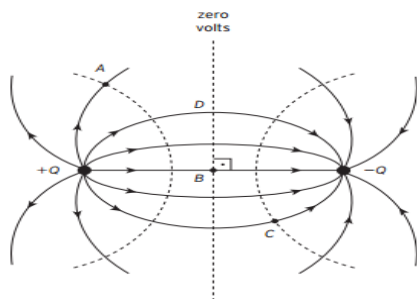
03. (UFMA) A figura representa, na convenção usual, a configuração de linhas de força associadas a duas cargas puntiformes Q_1 e Q_2 .



Podemos afirmar corretamente que:

- a) Q_1 e Q_2 são neutras.
- b) Q_1 e Q_2 são cargas negativas.
- c) Q_1 é positiva e Q_2 é negativa.
- d) Q_1 é negativa e Q_2 é positiva.
- e) Q_1 e Q_2 são cargas positivas.

04. (UEA-AM) Duas cargas puntiformes de mesmo módulo, $+Q$ e $-Q$, estão fixas numa região do espaço, longe de qualquer outra influência elétrica. As linhas contínuas da figura representam linhas de força do campo elétrico gerado por elas, e as tracejadas representam linhas equipotenciais desse campo.

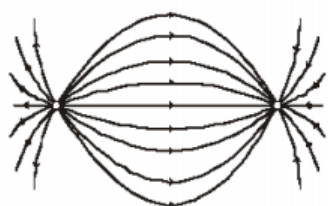


Sabendo-se que B é o ponto médio do segmento que une as cargas, pode-se afirmar corretamente que:

- a) uma carga elétrica positiva abandonada em B permanece em repouso.

- b) o potencial elétrico do ponto A tem sinal negativo.
- c) a diferença de potencial entre os pontos B e C tem valor positivo.
- d) o campo elétrico resultante criado pelas cargas no ponto D tem módulo nulo.
- e) uma carga positiva abandonada em D dirige-se a B em movimento uniforme.

05. (UFF) Estão representadas, a seguir, as linhas de força do campo elétrico criado por um dipolo.



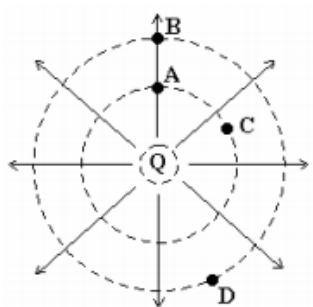
Considerando-se o dipolo, afirma-se:

- I. A representação das linhas de campo elétrico resulta da superposição dos campos criados pelas cargas puntiformes.
- II. O dipolo é composto por duas cargas de mesma intensidade e sinais contrários.
- III. O campo elétrico criado por uma das cargas modifica o campo elétrico criado pela outra.

Com relação a estas afirmativas, conclui-se:

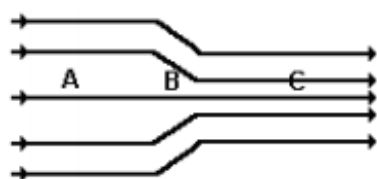
- a) Apenas a I é correta.
- b) Apenas a II é correta.
- c) Apenas a III é correta.
- d) Apenas a I e a II são corretas.
- e) Apenas a II e a III são corretas.

06. (UFV) Na figura estão representadas algumas linhas de força do campo criado pela carga Q. Os pontos A, B, C e D estão sobre circunferências centradas na carga. Assinale a alternativa FALSA:



- a) Os potenciais elétricos em A e C são iguais.
- b) O potencial elétrico em A é maior do que em D.
- c) Uma carga elétrica positiva colocada em A tende a se afastar da carga Q.
- d) O trabalho realizado pelo campo elétrico para deslocar uma carga de A para C é nulo.
- e) O campo elétrico em B é mais intenso do que em A

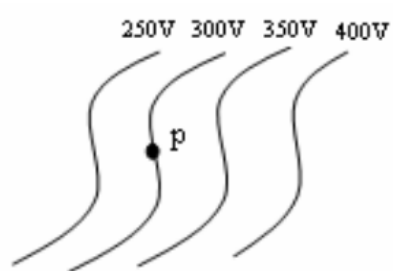
07. (FURG) As afirmativas referem-se a este figura.



- I – A intensidade do campo elétrico E na região A é maior do que na região C.
 - II – Uma carga negativa colocada nas regiões A ou C sofre uma força para a esquerda.
 - III – Uma carga positiva colocada nas regiões A ou C sofre uma força para a direita.
- Estão corretas:

- a) Apenas a I.
- b) Apenas a I e II.
- c) Apenas a I e III.
- d) Apenas a II e III.
- e) I, II e III.

08. (UECE) Em uma região do espaço existe uma distribuição de cargas que causam um campo elétrico representado na figura através de suas linhas equipotenciais.



Se colocarmos um próton com velocidade nula sobre a equipotencial de 300V ele:

- a) permanecerá parado
- b) se deslocará ao longo da mesma equipotencial
- c) se deslocará para a equipotencial de 350V
- d) se deslocará para a equipotencial de 250V

ANEXO A – CONCLUSÕES DOS ALUNOS E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE UTILIZANDO A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18 V	17,55 V
75 cm	12 V	11,80 V
1,0 m	9 V	8,780 V
1,5 m	6 V	5,949 V
2,0 m	4,5 V	4,458 V
3,0 m	3 V	3,018 V

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa *LibreOffice Calc*.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

A medida que a distância aumenta o potencial diminui.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 8,8. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? nao. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial a 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,3.

ii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? B. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Bom, aprendemos o que é o campo elétrico; a força elétrica mede a interação entre as cargas, o campo elétrico tem a função de transmitir as interações elétricas e o potencial elétrico é uma grandeza escalar que mede a energia potencial elétrica por unidade de carga de prova.

Gostei muito do programa.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 1.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
0,5 50 cm	18	32,500
0,75 cm	12	15,90
1 1,0 m	9	9,000
1,5 m	6	6,025
2 2,0 m	4,5	4,500
3 3,0 m	3	2,999

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Existe uma relação, quando a distância aumenta, o potencial diminui. O valor calculado e o experimental não são tão diferentes.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,1. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? N. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial a 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,6. $\frac{9,1}{2} = 4,55$

iii) Se chamarmos as equipotenciais do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? Vai para B. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Eu acho interessante por eu aprender algo que não sabia ainda, no começo não estava entendendo quase nada, mas agora estou entendendo a maioria.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 2.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18 V	17,55 V
75 cm	12 V	11,80 V
1,0 m	9 V	8,780 V
1,5 m	6 V	5,949 V
2,0 m	4,5 V	4,458 V
3,0 m	3 V	3,019 V

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Sim, pois na medida que a distância aumenta o potencial ~~de~~ diminui. São duas grandezas inversamente proporcionais.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 8,8. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? nao. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial a 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? _____. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? _____.

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? _____. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Aprendemos nessas duas aulas: força elétrica entre cargas. Se houver um campo elétrico numa região qualquer a força dessa região ficará sujeita a força. Na força positiva repulsa a energia já, na força negativa ela atrai.

O programa é bem criativo! Confesso ter ficado meio perdida ao começar a 1ª aula. Mas o programa é bem fácil de usar, basta um pouco de atenção e monitoramento.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)". Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 3.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18	18,58
75 cm	12	
1,0 m	9	12,993
1,5 m	6	5,995
2,0 m	4,5	4,489
3,0 m	3	2,991

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Sim, a medida que a distância aumenta o potencial e o experimental diminuem.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,0. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? Não. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,5.

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? Não. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Bom eu gostei muito da aula aprendi muito e a professora explicou muito bem, eu aprendi muito sobre força e que o campo é um vetor, aprendi sobre cargas positivas e negativas e seu campo magnético, gostei muito poder ver a presença física muito bem e também aprendi qualme força gera distribuição potencial na física e curvas e etc.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 4.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18v	18,58
75 cm	12v	11,90
1,0 m	9v	8,993
1,5 m	6v	5,995
2,0 m	4,5v	4,499
3,0 m	3,0v	2,994

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Sim, a medida que a distância aumenta o potencial e o experimental diminui.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? *9,0v*. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? *não*. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? *4,5v*. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? *9,5*. *9,0 - 4,5 = 9,5*

iii) Se chamarmos as equipotenciais do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? *a B*. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

A força elétrica tem duas cargas, uma positiva e outra negativa, positiva nula com repulsão e na negativa com atração. Gostei bastante de termos dito de ter passado por essa experiência tão legal aprendi como descobrir o valor calculado e o experimental. Mas que o conteúdo é muito extenso mais eu gostei. Não acho e diz não que coisa difícil, mais quando você ler presta atenção é bem fácil de compreender.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 5.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18 V	18,58
75 cm	12 V	11,90
1,0 m	9 V	8,993
1,5 m	6 V	5,995
2,0 m	4,5 V	4,499
3,0 m	3 V	2,994

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Sim, porque a medida que a distância aumenta o potencial - o experimental - diminui.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,0 V. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? Não. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial a 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 9V - 4,5 = 4,5

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? carga B. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Foi mais uma descoberta para o meu aprendizado, pois foi mais uma busca de oportunidades para descobrir sobre mais um assunto. Com programa que ajudou a melhorar o entendimento por meio de resoluções de exercícios e o aplicativo é bem explicativo para os resultados.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)". *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 6.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	38,4	38,23V
75 cm	25,6	25,00V
1,0 m	19,2	18,998V
1,5 m	12,8	12,000V
2,0 m	9,6	9,499V
3,0 m	6,4	6,020V

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa *LibreOffice Calc*.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Existe, pois quanto maior a distância, menor o valor experimental.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,5. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? Não. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,6.

iii) Se chamarmos as equipotenciais do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? B. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

A aula foi bem legal e interessante. O programa ajudou muito, conseguiu ter uma melhor compreensão do assunto.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 7.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18 V	17,35 V
75 cm	12 V	11,52 V
1,0 m	9 V	8,54 V
1,5 m	6 V	5,84 V
2,0 m	4,5 V	4,44 V
3,0 m	3 V	2,98 V

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Existe pois quanto maior a distância menor vai ser o valor experimental.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 8,9. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? Sim. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,4. $8,9 - 4,5 = 4,4$

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? a B. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

na minha opinião a aula foi interessante, e aprendi novas coisas mais não tem dificuldades com novos coisas por exemplo o aplicativo que usamos por não ter experiência tem dificuldade por eu não possui interação nele mais quando se aprende como funciona você consegue fazer

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)". Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 8.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d} = \frac{9 \cdot 10^3}{1} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{0,6} = \frac{9}{0,6} = 15 \text{ V}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18 ✓	17,20 ✓
75 cm	12 ✓	5,80 11,39 ✓
1,0 m	9 ✓	5,94 8,753 ✓
1,5 m	6 ✓	5,797 ✓
2,0 m	4,5 ✓	4,427 ✓
3,0 m	3 ✓	2,968 ✓

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Existe, pois quanto maior a distância menor vai ser o valor experimental

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,0. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? não. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,6. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,4.

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? _____. Veja na animação!

4) CONCLUSÃO (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Não aprendi muito errado, pois sou péssimo em decorar os erros e diferenças, mas estante me esqueci a outra coisa também tem algumas equações que aprendo mais não vou saber dizer que não sei a nome, mas sei que carga positiva não varia com negativa. Não sei que está errado mas não sei. Mas vou tentar melhorar, pois quero ser o orgulho da minha mãe.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 9.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50,cm	18	17,550
75 cm	12	11,800
1,0 m	9	9,000
1,5 m	6	6,025
2,0 m	4,5	4,500
3,0 m	3	3,000

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Existe uma relação, quando a distância aumenta, o potencial diminui. O valor calculado e o experimental não são tão diferentes.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,0. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? NO. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,5. $9,0 - 4,5 = 4,5$

iii) Se chamarmos as equipotenciais do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? irá para B. Veja na animação!

4) **CONCLUSÃO** (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Eu gostei muito da aula, aprendi muito sobre campo elétrico e potencial elétrico. Gostei muito do aplicativo também, ele ajuda muito no aprendizado. Não achei nem um pouco difícil manuseá-lo.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 10.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18	17,550
75 cm	12	11,700
1,0 m	9	9,000
1,5 m	6	6,025
2,0 m	4,5	4,500
3,0 m	3	2,994

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

Existe uma relação, quando a distância aumenta a potência diminui, o valor calculado e o experimental nos são tão diferentes.

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis-contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,2. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? NÃO. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial à 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,5.

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? Sem dúvida. Veja na animação!

4) CONCLUSÃO (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

Eu gostei muito da aula aprendi muito sobre campo elétrico e potencial elétrico muito bom esse programa facilitou muito o aprendizado.

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 11.

i) Fixe uma carga fonte positiva em um ponto conveniente e calcule o valor do potencial elétrico a determinadas distâncias (definidas na tabela que segue) utilizando a equação do potencial em função da distância,

$$V = \frac{kQ}{d}$$

Com o auxílio do voltímetro (instrumento que mede a diferença de potencial- aparelho em azul na simulação) faça as medidas para os valores do potencial das distâncias contidas na tabela (dica: utilize a fita métrica da simulação para medir as distâncias).

Distância	Valor de V calculado (V)	Valor de V experimental (V)
50 cm	18	18,58
75 cm	12	12,90 11,90
1,0 m	9	8,493
1,5 m	6	5,925
2,0 m	4,5	4,444
3,0 m	3	2,994

Elabore e compare o gráfico do potencial teórico e experimental utilizando o programa LibreOffice Calc.

Existe alguma relação entre o potencial e distância? Qual? Compare o valor calculado e o experimental.

em diferença, sim

ii) desenhe, com o auxílio do instrumento de medir tensão, clicando no lápis contido na animação uma equipotencial situada a 1 metro da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 9,2. Caminhe com o medidor de tensão em cima da linha verde; houve variação de tensão significativa? nao. Repita o procedimento para desenhar uma equipotencial a 2 metros da carga. Qual o valor do potencial nesse ponto? 4,5. Qual o valor da diferença de potencial entre as duas equipotenciais? 4,7.

iii) Se chamarmos as equipotencias do item anterior de A e B, respectivamente, uma carga teste (positiva) colocada em A irá se mover em direção a B ou à carga fonte? Veja na animação!

4) CONCLUSÃO (redija uma breve conclusão do experimento executado, relatando também as possíveis dificuldades e fontes de erro)

eu não entendi nada mais tem uma página inteira

eu gostei de usar o programa além de ter o livro da física eu ter acesso a internet mais fácil

5) BIBLIOGRAFIA

SILVA, Domiciano Correa Marques da. "Potencial elétrico (V)"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/potencial-eletrico-v.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

Aluno 12.