

## **ENSINANDO O CONCEITO DE CAMPO ELÉTRICO A PARTIR DO FENÔMENO DO RAIO**

João Paulo Martins Tobaruela Ortiz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa PROFIS da Universidade Federal de São Carlos no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Nelson Studart Filho

**São Carlos - SP  
2015**

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar  
Processamento Técnico  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

0775e Ortiz, João Paulo Martins Tobaruela  
Ensinando o conceito de campo elétrico a partir  
do fenômeno do raio / João Paulo Martins Tobaruela  
Ortiz. -- São Carlos : UFSCar, 2016.  
68 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de  
São Carlos, 2015.

1. Eletromagnetismo. 2. Raio. 3. Unidade de  
Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). 4.  
Simulação computacional. 5. Objetos educacionais  
digitais (OED). I. Título.



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

---

### Folha de Aprovação

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Joao Paulo Martins Tobaruela Ortiz, realizada em 21/12/2015:

---

Prof. Dr. Nelson Studart Filho  
UFSCar

---

Profa. Dra. Nilva Lúcia Lombardi Sales  
UFTM

---

Prof. Dr. Fabio Luis Zabotto  
UFSCar

---

Prof. Dr. Paulo Cesar de Camargo  
UFSCar

## **Agradecimentos**

Inicialmente, agradeço aos meus pais, Angela e Mauro, por estimularem meu pensamento crítico e não desestimularem minha natureza curiosa. Ao meu irmão Pedro, pelo companheirismo ao longo da vida e à minha cunhada Carol e sobrinha Ana Luísa, pela sua chegada à nossa família, engrandecendo-a desde então. À minha prima Adriana pela ajuda e sugestões na formatação do meu produto educacional.

Agradeço à minha companheira Beatriz pela paciência ao longo deste percurso cheio de percalços e obstáculos e por tornar essa trajetória menos penosa em momentos difíceis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nelson Studart, pela sua dedicação e paciência em me orientar e me estimular todo o tempo. É, definitivamente, uma honra poder ser orientado por alguém que mudou a minha visão acerca do ensino de Física.

Aos professores Priscila Azevedo, Marcel Novais, Gustavo Rojas, Paulo Camargo, Márton Pessanha e em especial à professora Ducinei Garcia por se dedicar intensamente para que este programa de mestrado funcione em sua plenitude.

Agradeço aos meus colegas da primeira turma do MNPEF – Polo 18 UFSCar, Fernando, Nivaldo, Carina, Herbert, Rodrigo, Renato e Bruno, pelo companheirismo e união, bem como pelas valiosas discussões nos intervalos das aulas ou pelas redes sociais.

Aos meus amigos pessoais, Sergio Date, Adriana Leonardi, Fabrício Nascimento, Ivan Duarte, Fabio Carvalho, João Galbiatti, Rodolfo Hoft e, em especial, Livia Arantes e André Nardim pela estadia em São Carlos, além das cervejas e bom papo, que nos acompanharam por tantas vezes.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro.

Aos colegas professores e coordenadoras.

Por fim, agradeço aos meus alunos, que me ensinam enquanto aprendem, me fazendo ver beleza e humanidade na profissão docente.

# **RESUMO**

## **ENSINANDO O CONCEITO DE CAMPO ELÉTRICO A PARTIR DO FENÔMENO DO RAI0**

**João Paulo Martins Tobaruela Ortiz**

Orientador:

Dr. Nelson Studart Filho

Esta dissertação é o relato do desenvolvimento e da aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), proposta por Moreira, que visa abordar o conceito de campo elétrico em nível de Ensino Médio. Com o intuito de contextualizar o assunto, o ponto de partida da UEPS é o fenômeno do raio, que pela dificuldade em ser reproduzido no laboratório escolar, é trabalhado por meio de objetos educacionais digitais (OED), permitindo que algumas atividades sejam trabalhadas pelos próprios alunos de maneira ativa. Isso os levou a uma motivação maior ao estudar o fenômeno e aprender os conceitos envolvidos. A construção de mapas conceituais pelos alunos de maneira colaborativa possibilitou, também, que os alunos interagissem socialmente, por meio da negociação de significados. O embasamento teórico da UEPS usa, principalmente, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os resultados obtidos apontam evidências da ocorrência de aprendizagem significativa por parte dos alunos, bem como a aceitação da UEPS em relação às estratégias utilizadas.

Palavras-chave: eletromagnetismo, raio, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), simulação computacional, objetos educacionais digitais (OED), tecnologia da informação e comunicação (TIC), aprendizagem significativa

**ABSTRACT**  
**TEACHING THE ELECTRIC FIELD CONCEPT FROM THE LIGHTNING**  
**PHENOMENON**

**João Paulo Martins Tobaruela Ortiz**

Supervisor:

Dr. Nelson Studart Filho

This dissertation is a report of the development and application of a Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU), proposed by Moreira, approaching the concept of electric field for high school level. Aiming to contextualize it, the starting point of PMTU is the lightning phenomenon, which is difficult to reproduce at the school lab, is worked with digital educational objects (DEO) and the students were engaged actively in all activities, showing great motivation to study the phenomenon and learn the concepts involved. The construction of conceptual maps by the students with collaborative ways, also allowed them to interact socially, trying to negotiate meanings. The theoretical basis of PMTU uses mainly the Theory of Meaningful Learning of Ausubel. The results gave evidence of the occurrence of significant learning by students, and the acceptance regarding the strategies used.

Keywords: electromagnetism, lightning, potentially meaningful teaching units (PMTU), computer simulation, digital educational objects (DEO), information and communication technology (ICT), meaningful learning.

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. MOTIVAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 2 – A FÍSICA DO RAIO E O CAMPO ELÉTRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. CONCEITOS BÁSICOS SOBRE A FÍSICA DO RAIO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE CAMPO ELÉTRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. A ABORDAGEM DO CONCEITO DE CAMPO ELÉTRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4. TRABALHOS RELACIONADOS.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) ..</b>	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA UEPS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1. ESTRATÉGIAS UTILIZADAS.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2. RELATO DA APLICAÇÃO DA UEPS.....</b>	<b>34</b>
<i>Situação inicial .....</i>	<i>35</i>
<i>Situação problema inicial.....</i>	<i>39</i>
<i>Aprofundando conhecimentos.....</i>	<i>43</i>
<i>Situação problema de aprofundamento .....</i>	<i>50</i>
<i>Aula integradora .....</i>	<i>52</i>
<i>Avaliação individual .....</i>	<i>55</i>
<b>CAPÍTULO 5 - RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM .....</b>	<b>58</b>
<b>5.2. AVALIAÇÃO DA ACEITAÇÃO DA UEPS .....</b>	<b>59</b>
<b>5.3. DIFICULDADES ENCONTRADAS NA APLICAÇÃO DA UEPS .....</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE A – O PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>68</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O processo de um raio: passo a passo (NATIONAL WEATHER SERVICE, 2011) .....	10
Figura 2: a) representação vetorial; b) representação em termos de linhas de força .....	16
Figura 3: Algumas configurações de campo elétrico .....	17
Figura 4: Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa - aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2011a, p. 32) .....	23
Figura 5: Um hipotético sistema de coordenadas formado pelos eixos aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa e aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta (MOREIRA, 2011a, p.35).....	24
Figura 6: Snapshot da simulação <i>Lightning</i> .....	29
Figura 7: <i>Snapshot</i> da Simulação <i>Campo Elétrico dos Sonhos</i> – Situação 1 ..	31
Figura 8: <i>Snapshot</i> da Simulação <i>Campo Elétrico dos Sonhos</i> – Situação 2 ..	31
Figura 9: <i>Snapshot</i> da Simulação <i>Campo Elétrico dos Sonhos</i> – Situação 3 ..	32
Figura 10: <i>Snapshot</i> da Simulação <i>Campo Elétrico dos Sonhos</i> – Situação 4	32
Figura 11: Esquema conceitual inicial da Turma A .....	36
Figura 12: Esquema conceitual inicial da Turma B .....	37
Figura 13: <i>Snapshot</i> de seis frames do vídeo de um raio em câmera lenta.....	40
Figura 14: Alunos da turma B na sala de informática da escola.....	44
Figura 15: Representação de campo elétrico do Grupo I-A (alunos 1A, 4A, 5A e 6A).....	45
Figura 16: Representação de campo elétrico do Grupo II-A (alunos 7A, 8A, e 9A).....	45
Figura 17: Representação de campo elétrico do Grupo I-B (alunos 4B, 5B e 6B) .....	46
Figura 18: Representação de campo elétrico do Grupo II-B (alunos 7B, 8B e 9B).....	46
Figura 19: Representação de campo elétrico do Grupo III-B (alunos 10B, 11B e 12B).....	47
Figura 20: Esquema conceitual final da Turma A.....	53
Figura 21: Esquema conceitual final da Turma B.....	54

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Essa dissertação é a descrição do desenvolvimento e aplicação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para abordar o conceito de Campo Elétrico com alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

A compreensão de como se dá a experiência do indivíduo no decorrer de sua aprendizagem é tema abordado por diversos autores, mas é clara a dificuldade em sistematizar o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, o fator isolado de maior importância na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, que serve como ponto de ancoragem às novas ideias (MOREIRA, 2009). Na perspectiva ausubeliana, esta experiência primeira, tratada como conhecimento prévio, faz parte de um processo dinâmico que relaciona o conhecimento já integrado à estrutura do indivíduo com o novo conhecimento, modificando ambos.

Porém, o professor que busca fazer um levantamento daquilo que o aluno já sabe se depara com uma situação extremamente complexa. Desvendar a estrutura cognitiva de um indivíduo para saber qual deve ser o ponto de partida de um determinado tema de aprendizagem é uma tarefa complexa, que demanda tempo e estratégias que, muitas vezes, o professor não domina. Se colocarmos essa situação dentro da realidade escolar, onde não é raro que o número de alunos seja elevado, então multiplicamos as dificuldades. A isso, se soma a realidade de muitas escolas, ultrapassada em relação às tecnologias.

Grande parte dos alunos já possui computador com Internet em casa, *smartphones* e outros aparatos tecnológicos que não chegam à sala de aula. Com isso, o espaço escolar lhes parece ultrapassado, onde a tecnologia é algo proibido e inacessível. É comum perceber que muitas escolas tendem mais a proibir do que incentivar o uso das tecnologias em sala. Mas será que isso ocorre por que o professor não está preparado para lidar com as tecnologias ou por que elas realmente atrapalham o processo de ensino e aprendizagem? No que diz respeito à motivação por parte dos alunos, a tecnologia diversifica a

aula, possibilitando uma relação diferente entre o aprendiz, o professor, o conhecimento e a própria tecnologia.

Estimular o uso de tecnologia no processo de ensino e aprendizagem é estimular esse aluno a repensar a maneira como a tecnologia está inserida no seu cotidiano. Diversificar não só as estratégias da aula, mas a maneira como o aluno interage com as TIC, com as redes sociais, os aplicativos, ferramentas de busca e outros recursos.

Dessa mesma forma, isso pode ser uma maneira de surpreender o aluno em relação à aula ou à disciplina. Oferecer aos indivíduos ferramentas novas, estimulá-los a interagir entre si e a repensar fenômenos naturais pode fazer com que o sujeito considerado *mau aluno* se motive. Se a motivação extrínseca da nota faz com que alguns indivíduos se envolvam mais nas aulas, uma motivação intrínseca, que parta do interesse do aluno pelo que está sendo estudado, pode ser mais um elemento transformador na educação, transformando-o em sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem.

No caso da Física, a motivação é um fator problemático na educação básica. A abordagem meramente matemática da Física é prática comum no meio escolar, tanto na rede pública quanto na rede privada de ensino. Desta forma, nota-se que, com certa frequência, os conteúdos de Física não dão a ênfase adequada aos conceitos e são trabalhados na escola de maneira mecânica, como uma simples aplicação de fórmulas matemáticas capazes de resolver os exercícios que serão cobrados na prova. Esse tipo de abordagem comum no ambiente escolar desprivilegia a compreensão dos fenômenos e pode levar o aluno a perceber a ciência como algo pronto, não percebendo o caráter epistemológico da ciência.

Bachelard (1996) se refere à maneira como um livro de ensino científico moderno apresenta seu teor. Segundo ele, “passadas as primeiras páginas, já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem as perguntas do leitor”, de forma que o livro comanda o ritmo e formula as próprias perguntas que o leitor deve fazer. Contrastando com isso, o autor ainda cita um livro científico do século XVIII, onde o autor dedica um capítulo inteiro a falar de algo inserido na vida cotidiana: o medo do trovão.

“Ao escrever sobre o trovão, minha principal intenção sempre foi minorar, quanto possível, as impressões desagradáveis que esse meteoro costuma causar em inúmeras pessoas de qualquer idade, sexo e condição. Quantas não passaram dias de agitação violenta e noites de angústia mortal?” (PONCELET, 1769 *apud* BACHELARD, 1996, p.31)

Ao identificar as características físicas deste fenômeno natural, percebe-se que o trovão, em si, não deveria causar pavor algum, visto que quando o trovão reboia, o perigo já passou, pois só o raio é que pode matar. Segundo Bachelard (1996, p.31), “os fenômenos naturais estão desarmados porque são explicados”, porém há uma diferença entre o conhecimento científico sobre um determinado fenômeno e o conteúdo de Ciências Naturais, especificamente de Física, que consta no currículo escolar. Alunos em idade escolar frequentemente apresentam concepções alternativas acerca de fenômenos naturais que não possuem explicação intuitiva. A exemplo disso, podemos citar os fenômenos gravitacionais, elétricos e magnéticos, pois são intrigantes por demonstrar a possibilidade de um corpo agir sobre outro sem a necessidade de contato direto entre eles.

### **1.1. Motivação**

O caráter da interação entre corpos foi motivo de muitas especulações científicas e filosóficas durante o desenvolvimento da ciência. Newton, por exemplo, concebeu uma lei abrangente e matematicamente precisa para descrever fenômenos gravitacionais que se aplica tanto no mundo dos céus quanto no mundo terrestre. Porém, o conceito de campo surge com Faraday e foi detalhado ao longo da história no domínio da teoria eletromagnética de Maxwell, em que o campo é a sua própria entidade física, propagando momento e energia através do espaço e ação a distância é apenas o efeito aparente de interações locais de cargas com os campos que estão nas vizinhanças.

Apesar da consolidação da teoria eletromagnética de Maxwell, a concepção do conceito de campo vem sendo abordada de diversas maneiras em livros-texto variando de autor para autor: campo preenche uma região do espaço, campo é uma estrutura vetorial, campo é a alteração do espaço, campo é a curvatura do espaço, campo armazena energia, campo é o mediador de interação entre partículas, campo se propaga. A análise de diversos livros didáticos de Física revela um uso polissêmico do termo campo. Essa polissemia do conceito de campo evidenciada por Da Silva e Krapas (2007) motiva uma investigação sobre maneiras mais adequadas para o ensino dos fenômenos gravitacionais, elétricos e magnéticos. Porém, essa polissemia não é identificada somente em livros didáticos recentes, mas também em textos históricos, como mostram Krapas e Da Silva (2008). Os conceitos de campo e linhas de campo são fontes de confusão entre os estudantes em vários níveis, inclusive universitários (TÖRNKVIST *et al.*, 1993).

Ao tratar de temas que necessitem de maior abstração por parte do aprendiz, como o conceito de campo, por exemplo, é preciso buscar ferramentas e recursos para que o processo de ensino e aprendizagem se torne mais dinâmico e mais próximo das constantes transformações que a sociedade tem vivenciado. Um exemplo dessa necessidade é a geração de alunos em idade escolar que já tem a internet como uma ferramenta cotidiana e que, por sua vez, está distante da realidade de muitas escolas públicas.

Martins, Garcia e Brito (2011) discutem a relação entre a Educação e as Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC)<sup>1</sup> através de uma análise da produção recente com enfoque no Ensino de Física. Buscaram trabalhos relacionados às NTIC nos periódicos *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* no período entre o primeiro semestre de 2000 e o primeiro semestre de 2010 e categorizaram os trabalhos em função das teorias de

---

<sup>1</sup> A qualificação de "novo" é ambíguo, porque o âmbito das chamadas novas tecnologias não é clara e varia de uma fonte para outra. O termo NTIC é mais utilizado quando se refere à Web 2.0 ou a serviços tecnológicos relacionados ao uso da Internet, em oposição a outras tecnologias, como a televisão ou o CD e DVD por exemplo.

ensino e aprendizagem utilizadas nos trabalhos, do uso de softwares de animação, simulação e modelagem, da aquisição e análise de dados experimentais com computador, de ambientes virtuais de aprendizagem e do uso da Internet no ensino e aprendizagem. É predominante a quantidade de trabalhos que discutem teorias da aprendizagem visando o ensino de Física através da utilização das NTIC e de trabalhos que tratam do uso de softwares de animação, simulação e modelagem. Ficam claras, então, uma tendência da discussão a respeito desses temas e a relevância em se tratar de teorias de aprendizagem que possam servir de referencial teórico para práticas que privilegiam o uso de softwares voltados ao ensino de Física.

Tavares (2008) afirma que a animação interativa utiliza um modelo aceito cientificamente para simular um evento específico e a simulação computacional possibilita o entendimento de sistemas complexos para estudantes de idades, habilidades e níveis de aprendizagem diversos, pois o computador se encarrega de solucionar as equações matemáticas pertinentes ao sistema, permitindo ao estudante focalizar sua atenção inicialmente ao entendimento conceitual e, conforme ele se sentir preparado, se aprofundar no modelo matemático. A grande vantagem dessa situação é a possibilidade de o aprendiz estabelecer seu próprio ritmo de aprendizagem, podendo escolher o andamento conveniente para utilizar os recursos disponíveis de uma simulação (alterar as condições iniciais de um problema, por exemplo). Porém, Barneto e Martín (2006) afirmam que quando o aluno se encontra sozinho diante de uma simulação computacional, tem poucas possibilidades de aprender com ela. Assim, a aprendizagem será mais efetiva quando há um processamento simultâneo de informações pelo objeto educacional digital (OED) em si, e pela interferência do professor. Nesse sentido, Souza *et al.* (2012) propõem a utilização de recursos e modelos computacionais a partir de ferramentas que utilizem as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) de Web 2.0 em conjunto com a mediação do professor.

É preciso que o ensino seja centrado no aluno, tornando-o protagonista de sua aprendizagem. Para isso, a utilização de objetos educacionais digitais (OED) como vídeos, animações, simulações, laboratórios virtuais e games,

entre outros pode ser favorável a uma adequação do processo de ensino e aprendizagem à realidade dos *nativos digitais*<sup>2</sup>.

Dorneles *et al.* (2012) propõem o uso de atividades computacionais aliadas às atividades experimentais em Física como uma forma de facilitar a manipulação de variáveis, propiciar um *feedback* imediato e tornar os fenômenos mais visíveis para os alunos. Os autores destacam alguns pontos importantes do trabalho:

“[...] observamos uma evolução nas respostas dos alunos ao longo do semestre, sobretudo nas atividades em que usaram o computador e o material experimental simultaneamente, provavelmente porque os guias que os orientavam nessas atividades estavam repletos de questionamentos. Os alunos deixaram de dar respostas lacônicas, passando a justificar suas respostas com alguma argumentação conceitual, ainda que, por vezes, as empregassem de modo errôneo.” (DORNELES *et al.*, 2012).

Os experimentos virtuais possuem como vantagem, em relação às aulas expositivas e aos experimentos reais, a possibilidade de trabalhar com processos não observáveis em conjunto com processos observáveis, além de permitir um controle total sobre as variáveis envolvidas. Além desses fatores, o experimento virtual mostra uma vantagem na manipulação mais rápida do fenômeno, permitindo concentrar mais tempo nas questões mais relevantes. No caso do raio, por exemplo, pela impossibilidade de se trabalhar com o experimento real, os recursos tecnológicos tais como vídeo e simulação computacional são essenciais para que o tema possa ser tratado de forma mais próxima do cotidiano do aluno.

Ortiz *et al.* (2015, p.8) afirma que “com as TIC cada vez mais próximas do cotidiano dos alunos, é preciso, também, que estes instrumentos e signos sejam levados em conta no ambiente escolar, de forma a tornar o ensino de Física mais relevante”.

---

<sup>2</sup> Marc Prensky nomeou como *nativos digitais* aqueles que cresceram inseridos numa cultura com acesso às tecnologias digitais, enquanto aqueles de gerações anteriores que, embora não tenham crescido nesta cultura, tiveram que interagir com estas tecnologias em algum momento, são nomeados *imigrantes digitais* (STUDART, 2015).

A análise feita por De Jong *et al.* (2013) mostra que em certos casos, essencialmente aqueles que necessitam de maior abstração por parte dos alunos, a utilização de ferramentas virtuais superou a experimentação real. Isto e os outros fatores já descritos anteriormente justificam o desenvolvimento da sequência didática utilizando simulação computacional como ferramenta aliada às aulas para desenvolver o tema campo elétrico.

## **1.2. Objetivos**

O objetivo central deste trabalho é a construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, em particular a de aprendizagem significativa, por meio de uma UEPS, que tem como objeto de estudo o conceito de campo elétrico a partir de um fenômeno familiar aos alunos: os raios provocados por descargas elétricas na atmosfera. É importante ressaltar que a UEPS aqui proposta não aborda a matematização do vetor campo elétrico, mas sim o conceito numa abordagem fenomenológica, buscando promover significado a ele e familiarização por parte dos alunos.

Alguns dos aspectos ou elementos trabalhados na UEPS são mapas conceituais para levantamento de conhecimentos prévios e concepções alternativas, situação problema, simulações computacionais relacionadas ao fenômeno do raio, análise de vídeos, formalização de conceitos por meio de textos didáticos, entre outros. A avaliação da aprendizagem ocorreu ao longo do desenvolvimento da mesma, a partir de registros feitos pelos alunos, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor e questões abertas.

A UEPS é o produto educacional e, apesar do objetivo central ser a própria construção desta, um objetivo secundário é a sua aplicação. Desta forma, é desejável a utilização da proposta por outros professores de Física, bem como a melhoria contínua da UEPS, por meio da avaliação da mesma.

# CAPÍTULO 2 – A FÍSICA DO RAIOS E O CAMPO ELÉTRICO

As descargas elétricas que ocorrem na atmosfera são fenômenos comuns, podendo servir como referência ou ponto de partida para o estudo de tópicos em eletromagnetismo e, inclusive, outras áreas das Ciências Naturais, tais como Geografia, História, Biologia e Meio-Ambiente.

## 2.1. Conceitos Básicos sobre a Física do Raio

Segundo o Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a ocorrência de relâmpagos no Brasil é estimada, com base em dados de satélite, em cerca de 50 milhões de raios nuvem-solo por ano.

“Relâmpago é uma corrente elétrica muito intensa que ocorre na atmosfera com típica duração de meio segundo e típica trajetória com comprimento de 5 a 10 km. O fenômeno é consequência do rápido movimento de elétrons de um lugar para outro. Os elétrons se movem tão rápido que fazem o ar ao seu redor iluminar-se, resultando em um clarão, e aquecer-se, resultando em um som (o trovão). Apesar de estarem normalmente associados a tempestades com chuvas intensas e ventos intensos, também podem ocorrer em tempestades de neve, tempestades de areia, durante erupções vulcânicas, ou mesmo em nuvens que não sejam de tempestade, embora nesses casos costumem ter extensões e intensidade bem menores. **Quando o relâmpago conecta-se ao solo é chamada de raio**, podendo ser denominado ascendente, quando inicia no solo e sobe em direção a tempestade, ou descendente, quando inicia na tempestade e desce em direção ao solo.” (INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS, s. d., grifo nosso)

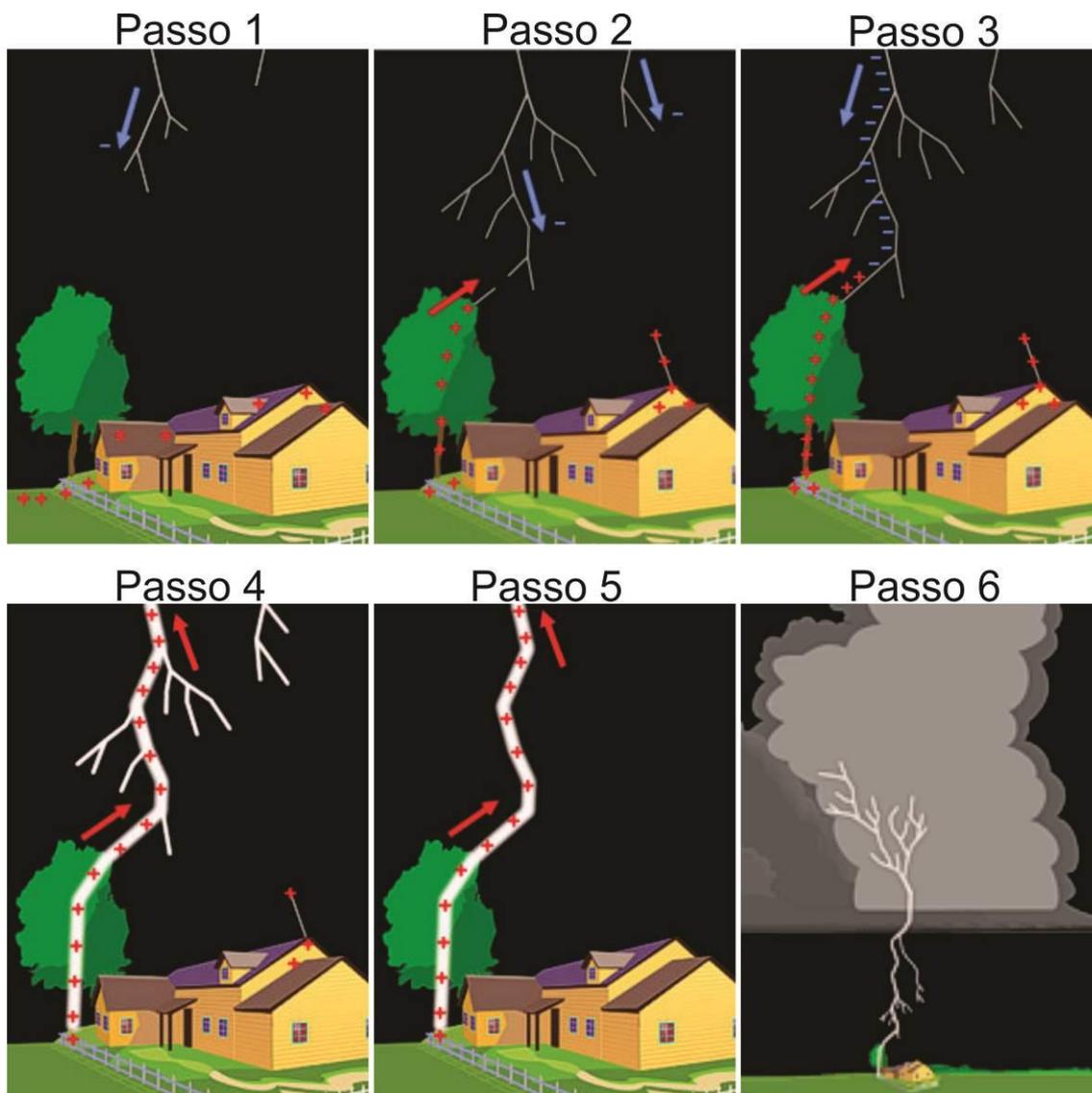
O raio, então, seria uma descarga entre a nuvem e o solo. O relâmpago pode ser entendido como a luz resultante desses movimentos das cargas na atmosfera, enquanto o trovão é definido como sendo o estrondo decorrente da descarga.

Apenas uma pequena parcela da energia de um raio está em sua corrente elétrica, sendo a maior parte contida na forma de calor, radiação

eletromagnética e “como o processo todo, desde a formação dos precursores até a descarga final, dura cerca de um segundo, resulta numa energia elétrica da ordem de apenas 300 KWh” (LÍBERO, 2012). O autor ainda afirma que a temperatura do ar ao redor de um raio pode alcançar 25.000°C. Apesar dos valores de corrente e tensão elétrica serem elevados, o curto intervalo de tempo em que o raio ocorre, impossibilita que a energia de raios possa ser armazenada e utilizada posteriormente. Além disso, não há como saber exatamente onde um raio cairá, tornando essa possibilidade inviável.

A eletrificação das nuvens é descrita por Saba (2001) como resultado da colisão entre partículas de gelo, água e granizo no interior da nuvem, onde o granizo, sendo mais pesado, fica carregado negativamente ao colidir com cristais de gelo, mais leves, que ficam carregados positivamente. Isso explicaria o fato de a maioria das nuvens de tempestade ter uma concentração de cargas negativas na sua região inferior e uma concentração de cargas positivas na sua região superior. Hewitt, por sua vez, ao comentar sobre os processos de eletrização, afirma que “a eletrização por indução ocorre também durante as tempestades com relâmpagos” (HEWITT, 2002, p.378), onde a região inferior da nuvem, já carregada negativamente, induz um acúmulo de cargas positivas sobre a superfície da Terra. Com isso, surge um campo elétrico entre nuvens, que se for capaz de romper a rigidez dielétrica ou a isolamento elétrica do material, possibilita uma descarga elétrica nuvem-nuvem. O campo elétrico que surge entre a nuvem e o solo também pode romper a rigidez dielétrica do ar, ocasionando o raio descendente. As cargas elétricas de sinal oposto, induzidas na superfície terrestre, podem iniciar o raio ascendente. Estes são chamados de raios precursores.

“Esses dois raios precursores, cujos caminhos são ramificados, podem se encontrar e assim fechar um caminho nuvem-terra (como se um finíssimo fio condutor fosse ligado entre nuvem e terra), pelo qual se inicia uma descarga de altíssima intensidade, torna o ar um plasma muito aquecido favorecendo ainda mais a passagem das cargas. Esse é o raio que vemos. O aquecimento súbito do ar provocado por esse raio intenso e a consequente expansão do ar dá origem ao trovão. Podem ocorrer outras descargas pelo mesmo caminho precursor. Assim, o raio pode ser visto como regulador de um equilíbrio elétrico necessário entre céu e terra.” (LÍBERO, 2012)



**Figura 1:** O processo de um raio: passo a passo (NATIONAL WEATHER SERVICE, 2011)

Essas novas descargas que podem surgir e utilizar o caminho condutor gerado para a primeira descarga (Figura 1, passo 4), geralmente não possui ramificações (Figura 1, passo 5). Essas novas descargas não precisam necessariamente utilizar o mesmo caminho, tendo em vista que o movimento das cargas pode ter ionizado o ar próximo ao caminho do primeiro raio.

## 2.2. A construção do conceito de campo elétrico

Entendemos por campo uma função definida em todos os pontos do espaço. O conceito de campo elétrico foi historicamente construído desde tempos remotos, “a partir da descoberta dos fenômenos de atração elétrica, registrada no século VI a.C.” (SILVA, O. H. M., 2006, p.44). Porém, estas primeiras observações ainda não tinham distinção de causa. O filósofo, matemático e astrônomo grego Tales de Mileto parece ter sido o primeiro a observar tais fenômenos ao atritar um pedaço de âmbar à lã, observando que este passava a atrair pequenos corpos. Segundo Silva, O. H. M. (2006), reza a lenda que na cidade de Tessália na Grécia, um pastor de ovelhas chamado *Magnes* notou que a ponta de seu cajado era atraída por uma pedra, que ficou conhecida como Magnetita. O uso prático desses conhecimentos pode ter acontecido por parte dos chineses, por meio da bússola. Porém, esses fenômenos só passaram a ser estudados de maneira mais profunda muito tempo depois. No início do século XVII, William Gilbert publicou um estudo sobre fenômenos magnéticos e imãs, além de descrever a Terra como um grande imã (SILVA, O. H. M., 2006).

A busca por explicações para estes fenômenos não findou, promovendo debates acerca da natureza do espaço e a existência de um éter, que fosse meio de propagação de luzes e linhas de força, como veremos a seguir.

A concepção de fluido elétrico vigorou por muito tempo no século XVIII, sendo proposta pelos estudos de Stephen Gray e utilizada em diversos estudos, inclusive os do americano Benjamin Franklin. Coulomb, diferentemente destes, preferia acreditar na existência de dois fluidos elétricos diferentes, ideia já proposta e utilizada anteriormente (GARDELLI, 2004).

Já a relação entre eletricidade e magnetismo foi constatada por Oersted no início do século XIX, dando início ao eletromagnetismo e levando outros cientistas a buscar uma maior compreensão dos fenômenos elétricos, magnéticos e suas relações. Oersted havia demonstrado que a corrente elétrica em um fio era capaz de modificar a direção da agulha de uma bússola

próxima e Faraday inverteu tal experiência, verificando que os magnetos eram capazes de exercer ação mecânica sobre condutores percorridos por corrente elétrica. Faraday teria proposto um modelo de linhas de força que se estendiam em torno de um ímã, emergindo do seu polo norte e convergindo para o seu polo sul.

“Contrário ao conceito de ação a distância, Faraday propôs no seu modelo que esta ação se dava através de certo meio que era preenchido pelas linhas de força. A este espaço, Faraday denominou de campo de forças” (ROCHA et alii, 2002, p. 259, apud SILVA. O. H. M., 2006, p.56).

Para Faraday, os fenômenos eletromagnéticos ocorriam devido a linhas de força reais, reforçando a ideia de um éter eletromagnético, onde o conceito de campo estava relacionado à estrutura física desse éter (SILVA, C. C., 2002). As linhas de campo que conhecemos hoje eram tratadas por Faraday como “tubos” que se esticavam entre cargas elétricas de sinais opostos ou polos magnéticos de sinais opostos e se contraíam entre cargas elétricas de sinais iguais ou polos magnéticos de mesma polaridade. Porém, Faraday expressava dificuldades em explicar do que as forças eram constituídas ou de que maneira se dava o mecanismo da transmissão das forças:

“Nós não sabemos se a força magnética é transferida de corpo em corpo ou através do espaço, se o resultado é devido a uma ação a distância, como no caso da gravidade, ou algum agente intermediário, como nos casos da luz, do calor, da corrente elétrica e (como eu acredito) da ação eletrostática.” (FARADAY, *Experimental Researches in Electricity*, sér. 28, par. 3075, p.759, apud GARDELLI, 2004, p.67)

Os relatos de Faraday, apesar de vagos e imprecisos conceitualmente, se tornaram uma herança frutífera por meio das linhas de força, que explicavam a natureza da interação elétrica e magnética.

Carl Friedrich Gauss foi um importante matemático alemão, que também se debruçou sobre os fenômenos eletromagnéticos, buscando sistematizar tais relações. Estabeleceu a relação entre o fluxo elétrico resultante de um campo elétrico através de uma superfície fechada com a carga resultante que é envolvida por essa superfície. Em outras palavras,

relaciona os campos na superfície gaussiana com as cargas no interior dessa superfície.

Sobre Gauss e outros defensores da ação a distância, Maxwell afirma:

“Grande progresso vem sendo feito na ciência elétrica, principalmente na Alemanha, pelos cultivadores da ação à distância. As medições elétricas valiosas de W. Weber são interpretadas por ele de acordo com esta teoria, e a especulação eletromagnética que foi originada por Gauss e explorada por Weber, Riemann, J. e C. Newmann, Lorentz, etc. baseia-se na teoria da ação à distância (...).O grande sucesso que estes homens eminentes atingiram na aplicação da matemática aos fenômenos elétricos dá, como é natural, peso adicional às suas especulações teóricas, de forma que aqueles que, como estudantes de eletricidade, se voltam para eles como as maiores autoridades na eletricidade matemática, provavelmente absorveriam, juntamente com os seus métodos matemáticos, as suas hipóteses físicas. Essas hipóteses físicas, no entanto, são totalmente estranhas em relação à forma de olhar para as coisas que eu adoto, e um objetivo que eu tenho em vista é que algumas das pessoas que desejam estudar eletricidade podem, ao ler este tratado, ver que há outra maneira de tratar o assunto, que não é menos equipada para explicar os fenômenos, e que, embora em algumas partes possa parecer menos definida, corresponde, como eu penso, mais fielmente ao nosso conhecimento atual, tanto no que se afirma quanto no que deixa indeciso.” (MAXWELL, 1873, v.1, Preface, p. xi-xii)

Nota-se que Maxwell se atentou ao fato de que o rigor matemático utilizado por Gauss e outros não necessariamente tratava o fenômeno físico de maneira adequada.

Em um artigo de 1864, Maxwell estabeleceu a proposição fundamental da teoria de campo clássica:

“Ao falar da energia do campo, no entanto, eu desejaria ser entendido literalmente. Toda energia corresponde à energia mecânica, esteja ela na forma de movimento ou em forma de elasticidade, ou em qualquer outra forma. A energia dos fenômenos eletromagnéticos é energia mecânica. A única questão é, onde ela reside? Nas velhas teorias, ela reside nos corpos eletrizados, circuitos condutores e ímãs, na forma de uma qualidade desconhecida chamada energia potencial, ou no poder de gerar certos efeitos à distância. Em nossa teoria, ela reside no campo eletromagnético, no espaço ao redor dos corpos eletrizados e magnéticos, bem como nos próprios corpos, e se encontra de duas formas diferentes, que podem ser descritas sem o auxílio de hipóteses, na polarização magnética e elétrica, ou de acordo com uma hipótese muito provável, no movimento e tensão de um mesmo meio.” (Maxwell, *Scientific Papers I*, p. 564, apud GARDELLI, 2004, p.79)

Maxwell evidencia a sua discordância com a ideia de que haja uma ação à distância, se posicionando a favor de que tal ação seja mediada por um espaço<sup>3</sup>. Isso coloca o campo como sendo o próprio espaço, capaz de armazenar energia. Por conta disso, se posiciona em diversos textos enfatizando o conceito de campo eletromagnético como o espaço na vizinhança de corpos elétricos e magnéticos (KRAPAS e DA SILVA, 2008).

Acerca do conceito de campo proposto na segunda metade do século XIX, em conexão com as pesquisas de Faraday e de Maxwell, Einstein afirma:

“Com a introdução do conceito de campo na eletrodinâmica, Maxwell conseguiu prever a existência de ondas eletromagnéticas, cuja identificação de princípio com as ondas luminosas parecia ser um fato indubitável, ainda que apenas pela igualdade da velocidade de propagação. Com isso, a óptica foi, em princípio, absorvida pela eletrodinâmica. Um efeito psicológico deste imenso êxito foi que, pouco a pouco, o conceito de campo ganhou maior autonomia em relação ao quadro mecanicista da física clássica.” (EINSTEIN, 1999<sup>4</sup>, p.121)

De fato, a posição de Einstein em relação à concepção de Faraday e Maxwell subsidia uma crítica à proposta de um éter material presente no espaço como meio estático de propagação da luz, mas também ressalta que tanto fenômenos ópticos quanto eletromagnéticos são contemplados pelas equações de Maxwell.

No livro *A Evolução da Física*, Einstein e Infeld ainda afirmam que a teoria de campo resultou no grande avanço que foi uma única teoria abranger dois ramos científicos aparentemente desassociados: a óptica e o eletromagnetismo. Afirmam ainda que:

“As mesmas equações de Maxwell descrevem tanto a indução elétrica como a refração óptica. Se o nosso objetivo é descrever com a ajuda de uma teoria tudo o que já aconteceu ou pode vir a acontecer, então a união da óptica e da eletricidade é, indubitavelmente, um passo muito grande para a frente.” (EINSTEIN e INFELD, 1988<sup>5</sup>, p.125)

---

<sup>3</sup> Maxwell trata o espaço de forma newtoniana, diferente de como a Física relativística considera hoje.

<sup>4</sup> O ano de 1999 se refere à 1ª edição traduzida por Carlos Almeida Pereira, cuja primeira publicação ocorreu na Alemanha em 1916.

<sup>5</sup> O ano de 1988 se refere à 4ª edição traduzida por Giasone Rebuá, cuja primeira publicação ocorreu no Reino Unido em 1938.

A *teoria clássica de campos* descreve como campos interagem com a matéria. De maneira geral, atribui uma grandeza física a todos os pontos do espaço. Trata-se como teoria de campos clássica, em geral, as teorias físicas sobre eletromagnetismo e gravitação, sendo esta revista pela teoria da relatividade posteriormente.

Já a *teoria quântica de campos* descreve, em geral, sistemas físicos de infinitos graus de liberdade. É a aplicação conjunta da mecânica quântica e da relatividade restrita aos campos, que fornece uma estrutura teórica usada na física de partículas.

A ideia de uma teoria de campo que possa unificar as quatro forças da natureza (gravitacional, eletromagnética, fraca e forte) é algo distante, principalmente pela dificuldade em incluir a força gravitacional no esquema de simetrias por meio da sua quantização. Portanto, não há uma *teoria de campo unificado* satisfatória.

### **2.3. A abordagem do conceito de campo elétrico**

Devido à polissemia do conceito de campo elétrico já relatada, é importante que se defina qual abordagem pode ser mais adequada para o tema e o contexto educacional. Este trabalho não tem como intuito tratar da polissemia do conceito em si, nem tampouco levantar a questão controversa junto com os alunos ao longo dos passos propostos aqui. O objeto de estudo é, essencialmente, o campo elétrico, mas o debate acerca da “dicotomia ação mediada / ação à distância” (DA SILVA e KRAPAS, 2007, p.475) subsidia e motiva a escolha e a definição do conceito.

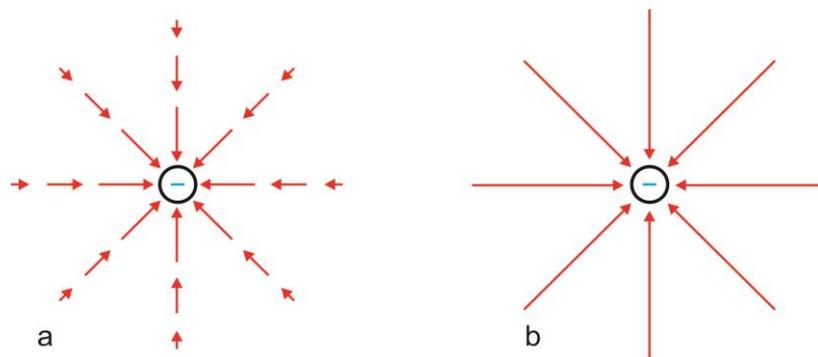
Hewitt sugere a existência do campo elétrico como “uma espécie de aura que se estende através do espaço” (2002, p.381), preenchendo o espaço ao redor de cada corpo eletricamente carregado.

“Deve-se notar, no entanto que (...) expressões do tipo *região do espaço ao redor de uma carga* ou *região de influência* passam uma ideia de algo limitado, sendo que na verdade, a ideia aceita atualmente é a de que os campos estejam presentes em todos os lugares.” (GARDELLI, 2004, p.10, grifos do autor)

Gardelli (2004) destaca ainda que muitos livros se utilizam da comparação com o fenômeno gravitacional para explicar fenômenos elétricos de ação à distância devido a um campo.

O campo elétrico possui intensidade, direção e sentido em cada ponto do espaço em torno do corpo carregado. O vetor campo elétrico é representado por meio de flechas que indicam direção e sentido em que uma pequena carga de teste positiva em repouso seria empurrada. “A carga de teste é tão pequena que, de fato, não influencia apreciavelmente o campo que está sendo medido.” (HEWITT, 2002, p.381). Assim como as forças gravitacionais atuam entre corpos massivos que não estão em contato mútuo, as forças elétricas também o fazem com corpos eletrizados.

A Figura 2 é uma adaptação da representação de um campo elétrico ao redor de uma carga negativa de Hewitt (2002, p. 381).



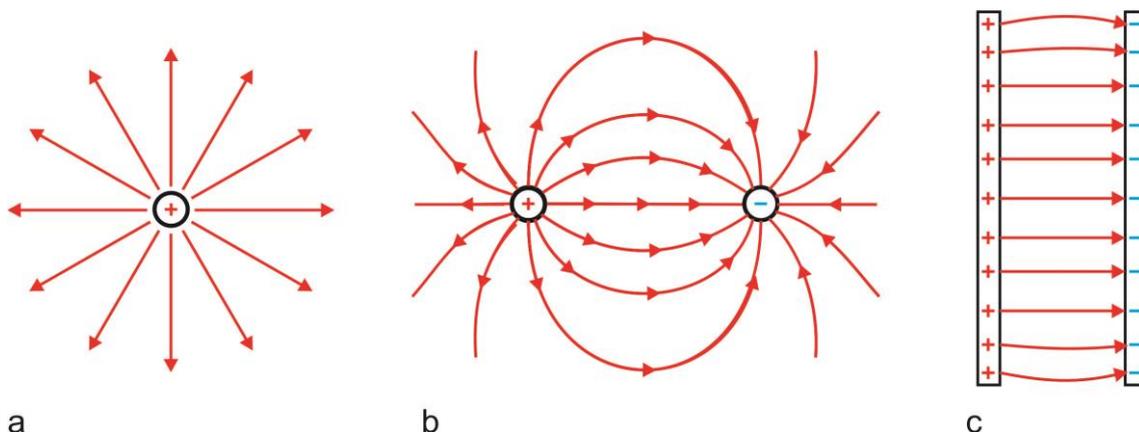
**Figura 2:** a) representação vetorial; b) representação em termos de linhas de força

A Figura 3 é uma adaptação da representação de configurações de campo elétrico de Hewitt (2002, p.382).

a) as linhas de força emanam de uma única partícula carregada positivamente.

b) as linhas de força de um par de partículas carregadas igualmente, mas com sinais opostos de carga.

c) linhas de força uniformes entre duas placas planas paralelas carregadas com cargas opostas.



**Figura 3:** Algumas configurações de campo elétrico

Hewitt destaca, ainda, que “uma importante diferença entre os campos elétrico e gravitacional é que os campos elétricos podem ser blindados por diversos materiais” (2002, p.382) Um material metálico é capaz de blindar completamente um campo elétrico.

Esta é a abordagem de conceito de campo utilizada na UEPS aplicada.

## 2.4. Trabalhos Relacionados

O ensino de campo elétrico é um tema largamente tratado em livros-texto, mas geralmente utilizando uma abordagem matemática obrigatória. O que se nota é que, muitas vezes, o aluno memoriza o caminho para calcular uma grandeza física, sem saber em qual situação real aquele tipo de fenômeno ocorre.

Garza e Zavala (2010) aplicaram questões a alunos do Ensino Médio após aulas de eletrostática e verificaram que os alunos não compreendem corretamente o campo elétrico em relação às cargas e tendem a vê-lo como linhas e não como interações, têm desempenho baixo ao substituir objetos reais por abstratos. Destacam, ainda, que questões guiadas ajudam os alunos que não sabem responder às questões propostas, mas esta ajuda possui limitações.

Silva, O. H. M. (2006) afirma que, ao analisar a forma como o conteúdo campo elétrico foi introduzido em alguns livros didáticos, os autores comumente propõem situações 'artificiais' para elaborar tal conceito, formulando-o por meio da matematização, onde a justificativa da definição matemática se funda na constatação do campo de forma experimental, não esclarecendo a natureza do campo. Em relação a isso, completa que

“Este aparato matemático, quando desenvolvido e aplicado, necessita de outros conhecimentos tão complexos ou mais difíceis do que o próprio conceito de campo elétrico. Isso contribui para que este conceito se torne mais abstrato ainda.” (SILVA, O. H. M., 2006, p.117)

Isso, muitas vezes, se torna um fator desestimulante à aprendizagem e faz com que o aluno acabe se distanciando do conteúdo, por entender que ele não gosta daquilo. Uma aula de Física não deve se transformar em uma aula de Matemática.

Os conceitos de campo elétrico e magnético foram trabalhados por Magalhães *et al.* (2002) por meio de uma aplicação da História da Física, baseando-se na teoria da Aprendizagem Significativa, ressaltando que o ensino desses conceitos mais abstratos requer um tratamento mais elaborado do que os feitos na maioria dos livros convencionais.

De fato, o tratamento do tema por parte da maioria dos livros é, muitas vezes, inadequado ao contexto de sala de aula. Muitos alunos chegam ao último ano do Ensino Médio com diversas deficiências em Matemática e apresentar uma abordagem matemática de um determinado tema físico pode ser um fator que o afasta do objetivo de aprendizagem. Em certos casos, é preciso recapitular as ferramentas matemáticas para poder prosseguir com o conteúdo de Física, mas por vezes é possível tratar de determinados fenômenos sem o uso do aparato matemático, utilizando exemplos contextualizados e aproximando, assim, o conteúdo a ser aprendido daquilo que o aluno já conhece.

Se algumas pesquisas apontam uma direção possível a ser seguida no processo de ensino e aprendizagem, de fato, é necessário aproximar os resultados das pesquisas em ensino da sala de aula. As sequências didáticas

forneem recursos para que isso ocorra, são flexíveis o suficiente para que o professor seja capaz de adaptá-las à sua realidade e, o mais importante, são construídas com amparo às teorias de ensino e aprendizagem. Moreira (2011b) propõe passos para a construção de uma sequência didática amparada na teoria da Aprendizagem Significativa em sua visão clássica de Ausubel e nas visões mais modernas de Novak, Moreira e outros, chamada de UEPS.

Existem poucos trabalhos que desenvolvem UEPS disponíveis na literatura, tendo em vista que esta estratégia é relativamente nova.

Muñoz (2013) propõe três UEPS para ensinar funções quadráticas e destaca a motivação dos alunos no processo e a socialização de conhecimentos, que deve ser estimulada pelo professor.

O trabalho de Pradella (2014) relata a aplicação de quatro UEPS voltadas ao ensino de conceitos de Termodinâmica em uma escola pública, utilizando simulações interativas, situações-problema, aulas expositivo-dialogadas, resolução de exercícios, realização de avaliações, construção e apresentação de mapas conceituais. O autor destaca, também, o fator motivacional, bem como a maior clareza adquirida pelos estudantes em relação aos conceitos trabalhados.

No anexo do trabalho de Moreira (2011b) que estabelece uma descrição detalhada sobre os passos para a construção de uma UEPS, são propostas quatro sequências nestes moldes, sendo uma delas de autoria do próprio Moreira e outras três de outros autores, cujos temas tratam de Física de Partículas, Tópicos de Mecânica Quântica, Imunologia Básica e Equilíbrio Químico.

Há uma quantidade maior de trabalhos de UEPS desenvolvidas abordando temas da Física, provavelmente por conta de seu criador e divulgador trabalhar com a área de ensino dessa ciência, mas UEPS cujo tema abordado faz parte de outra frente científica também têm sido desenvolvidos e aplicados.

## CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho foi desenvolvido se baseando na teoria da Aprendizagem Significativa. Alguns dos conceitos acerca desta estão presentes no texto a seguir.

### 3.1. Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa trata de forma teórica do processo de ensino e aprendizagem. As aplicações podem ser diversas e uma das formas será tratada posteriormente.

Moreira inicia o primeiro capítulo do seu livro *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares* afirmando que:

“Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.” (2011a, p.13)

O conhecimento a que o autor se refere pode ser um conceito, uma preposição, um modelo mental<sup>6</sup>, uma imagem, ou seja, algo que já faz parte da estrutura de conhecimentos do indivíduo. É o que Ausubel chamou de *subsunção*<sup>7</sup>. Este subsunção pode ter maior ou menor estabilidade e pode ser mais ou menos elaborado. Como o processo é dinâmico, quando um conhecimento prévio serve como subsunção para uma nova ideia, esta adquire significado e ele modifica a si mesmo, atribuindo novos significados e modificando os já existentes.

Existem duas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa. O material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo.

---

<sup>6</sup> Segundo Moreira (2011a, p.73), o modelo mental “é a primeira representação interna que construímos quando enfrentamos uma situação nova”.

<sup>7</sup> A palavra “subsunção” não existe em português, trata-se de uma tentativa de traduzir a palavra inglesa “subsumer” (MOREIRA, 2009, p.8).

Também, deve haver uma disposição por parte do aprendiz para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material. A aprendizagem significativa só ocorre quando essas duas condições são atendidas.

Quando o aprendiz não dispõe dos subsunçores necessários para atribuir significados a um novo conhecimento, a solução proposta por Ausubel é a utilização de *organizadores prévios*. São recursos utilizados, precedendo a apresentação do material de aprendizagem, com o intuito de criar uma ponte entre o que já é familiar ao aprendiz e o que ele deveria saber.

Existem dois tipos de organizadores prévios. Se o material de aprendizagem não é familiar ao indivíduo, utiliza-se de um organizador expositivo que faria a ponte entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele deveria saber. Se o material de aprendizagem já é, de certa forma, familiar ao indivíduo, o organizador comparativo ajuda o aprendiz a integrar novos conhecimentos à estrutura e os discrimina de conhecimentos diferente que já fazem parte da estrutura cognitiva, mas podem ser confundidos. Moreira (2011a) afirma que os organizadores expositivos têm obtido resultados modestos e coloca que, apesar da solução ter sido proposta até mesmo por Ausubel, na prática, muitas vezes não funciona. Porém, Moreira ainda ressalta a importância da utilização “como recurso para mostrar que novos conhecimentos estão relacionados com conhecimentos prévios” e ainda cita como exemplo:

“(...) Antes de introduzir o conceito de campo eletromagnético, o professor deve retomar o conceito de campo em um nível mais alto de abstração e inclusividade e, também, “resgatar” o conceito de campo gravitacional anteriormente aprendido.” (MOREIRA, 2011a, p.31)

Esta premissa para a aprendizagem significativa nos parece óbvia, porém não é observada na prática escolar. Em geral, o ensino escolar não é organizado para que se leve em consideração aquilo que o aluno já sabe.

Uma segunda premissa da teoria da aprendizagem significativa é a de que o sujeito aprendiz, ao passo que busca associar o novo conhecimento ao conhecimento já estruturado, vai diferenciando progressivamente, ao mesmo tempo em que vai reconciliando de forma integrativa. Segundo Moreira (2011a,

p.42), “a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos, simultâneos, da dinâmica da estrutura do aprendiz”.

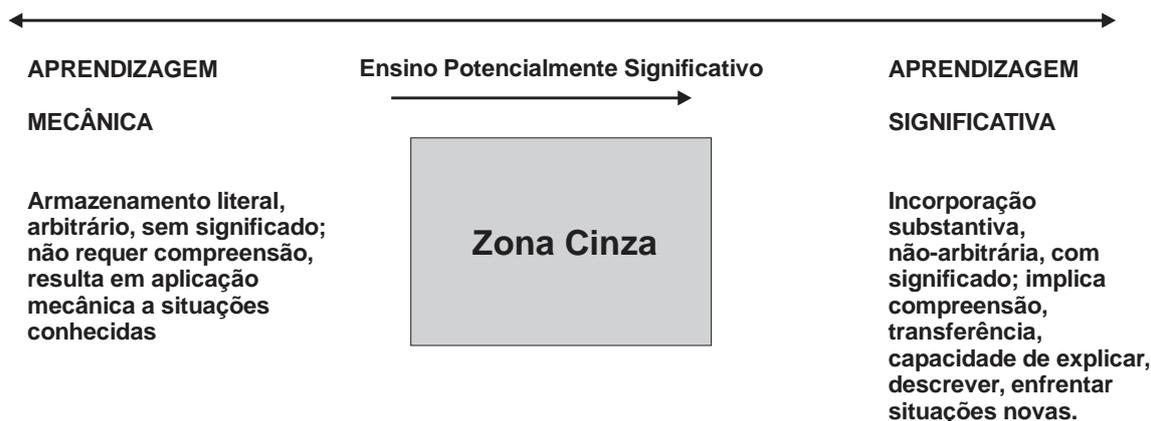
Enquanto a diferenciação progressiva vai relacionando os subsunçores com os novos conhecimentos, enriquecendo e diferenciando este, a reconciliação integradora reorganiza a estrutura cognitiva do indivíduo, restabelecendo a hierarquia entre os subsunçores e o novo conhecimento.

Segundo Ausubel (2003), uma tarefa realizada por meio de uma aprendizagem mecânica, por memorização pode ser relacionada com a estrutura cognitiva, mas apenas de forma arbitrária e literal, ou seja, o indivíduo memoriza aquilo, com as palavras exatas, mas não com seu significado. Dessa forma, o aprendiz só é capaz de lembrar-se literalmente da resposta, sem utilizar sinônimos. Ausubel ainda acrescenta:

“(…) uma vez que o equipamento cognitivo humano, ao contrário do de um computador, não consegue lidar de modo eficaz com as informações relacionadas consigo numa base arbitrária e literal, apenas se conseguem interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e estas apenas conseguem ficar retidas por curtos períodos de tempo, a não ser que sejam bem apreendidas.” (2003, p.4)

Isso explica por que as aulas tradicionais e provas tradicionais surtem pouco efeito no aprendiz em longo prazo, que se preocupa em memorizar o conteúdo, sabendo que este será cobrado. Ao término da prova, o aluno se sente livre da necessidade daquele conteúdo da qual foi obrigado a estudar e que para ele não possui significado algum ou pouco significado e, com o passar do tempo, o esquece.

No entanto, Moreira (2011a, p.32, grifo nosso) destaca que “*aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica* não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo”.



**Figura 4:** Uma visão esquemática do contínuo aprendizagem significativa - aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2011a, p. 32)

A Figura 4 sugere que um ensino potencialmente significativo se situa entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa, caracterizando a região de ação do professor para que um conteúdo possa ser significativo. A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é automática.

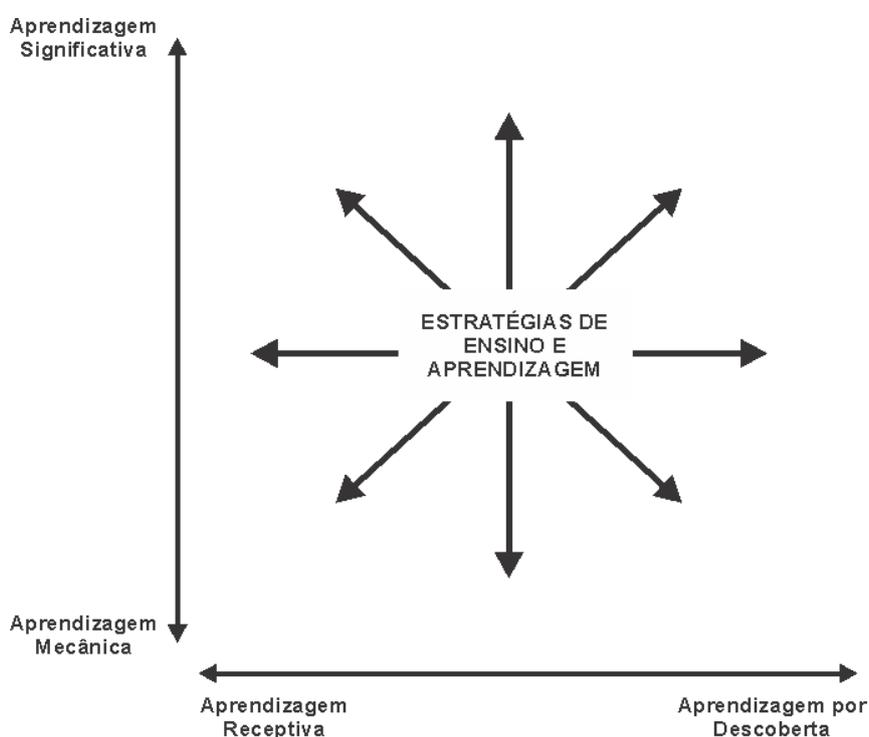
É importante que esteja claro que aprendizagem significativa não é o mesmo que aprendizagem por descoberta. Ela pode ocorrer de forma receptiva.

A *aprendizagem receptiva* ocorre quando o aprendiz “recebe” a informação que deve ser aprendida, em sua forma final. Esta recepção pode ocorrer por meio de um livro, uma experiência de laboratório, um filme, uma simulação computacional ou simplesmente uma aula, mas isso não quer dizer que este tipo de aprendizagem não pode ser significativo. Aprender receptivamente significa que o aluno não aprende descobrindo o novo conhecimento, mas este lhe é apresentado de alguma maneira. Para isso, basta que os novos conhecimentos atendam às duas condições necessárias já citadas.

Já a *aprendizagem por descoberta*, como o nome diz, implica que o aprendiz deve descobrir o novo conhecimento, também atendendo às mesmas condições necessárias para que ocorra a aprendizagem significativa: conhecimento prévio adequado e predisposição a aprender. Moreira (2011a, p.34) destaca que “é um erro pensar que a aprendizagem por descoberta

implica em aprendizagem significativa”. Seria inviável ao ser humano aprender somente por descoberta, tendo em vista a imensa quantidade de informações novas que existem.

Porém, é importante destacar que aprendizagem receptiva e aprendizagem por descoberta também não podem ser colocadas de maneira dicotômica. Há um contínuo entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descobrimento, assim como há para a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa.



**Figura 5:** Um hipotético sistema de coordenadas formado pelos eixos aprendizagem mecânica x aprendizagem significativa e aprendizagem receptiva x aprendizagem por descoberta (MOREIRA, 2011a, p.35)

Ausubel distingue a aprendizagem significativa em três formas distintas (MOREIRA, 2011a):

- A *aprendizagem subordinada* ocorre quando o novo conhecimento se ancora em uma ideia mais geral. Por exemplo, se o aluno já possui uma representação do conceito de ave, ao passo que conhece espécies distintas de aves como gavião, coruja, galinha,

pato, ganso e outros, serão ancorados e subordinados à ideia inicial de ave. O conceito inicial é mais geral, por sua vez, fica cada vez mais elaborado e abrangente.

- A *aprendizagem superordenada* ocorre em uma situação em que ideias mais simples já estão assimiladas e, por meio de um raciocínio indutivo, o indivíduo busca semelhanças e diferenças entre estas ideias até chegar a um conceito mais geral, que abrange vários outros mais específicos. Por exemplo, se o indivíduo já conhece algumas espécies de mamíferos, tais como cão, gato e cavalo e, ao identificar semelhanças entre elas, chega ao conceito de mamíferos que abrange os outros citados.
- A *aprendizagem combinatória* é uma forma de aprendizagem significativa em que o novo conhecimento interage com conhecimentos que fazem parte da estrutura cognitiva do indivíduo, mas sem que este seja mais inclusivo ou mais específico que os conhecimentos originais (não os subordina nem superordena).

### **3.2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)**

Por meio de uma UEPS, nos moldes descritos por Moreira (2011b), a sequência didática proposta aqui deve ter uma sistematização e um conjunto de passos bem definidos. A construção de uma UEPS é baseada em alguns princípios, dentre os quais: o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa; o aluno é quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; a aprendizagem significativa é progressiva; a aprendizagem não deve ser mecânica.

Como este trabalho visa referenciar-se nos preceitos teóricos propostos por Ausubel e aprimorados por Novak, Moreira dentre outros autores, faz-se necessária uma busca pela compreensão daquilo que o aluno

já sabe sobre o tema e utilizar isso como ponto de partida para o desenvolvimento dos conceitos propostos. Então, inicialmente serão investigados os conhecimentos prévios dos estudantes utilizando um mapa ou esquema conceitual por meio de questionamentos sobre suas ideias a respeito do fenômeno do raio, respondidos oralmente pela classe como um todo. Segundo Müller e Moreira:

“(...) os mapas conceituais estão restritos ao uso de conceitos, porém (...) os esquemas conceituais são mais flexíveis permitindo assim a inclusão de fenômenos, eventos, leis e equações, o que facilita a sua inserção nas aulas de Física, como instrumento que oportuniza o ensino, a aprendizagem e a avaliação, estratégia esta que visa aprimorar as aulas.” (2013, p.21)

Assim, tanto o mapa conceitual quanto o esquema conceitual evidenciam associações completamente livres, apresentando ideias chave interligadas, formando uma rede estruturada com conexões. Por conta de muitas vezes os alunos não terem familiaridade com o uso de mapas conceituais, o esquema conceitual dá mais liberdade para que estes criem relações, sem a obrigatoriedade de relacionar apenas conceitos.

A avaliação da aprendizagem deve ser feita ao longo de toda a implementação da prática, de forma contínua, considerando e registrando tudo que possa evidenciar a aprendizagem significativa do conteúdo. Além disso, deve haver uma avaliação somativa individual, que busca levar em conta a assimilação dos novos conceitos por parte de cada aluno. Essa avaliação somativa deve conter questões propostas que impliquem compreensão, evidenciem captação de significados e uma capacidade de transferência dos conceitos envolvidos nas situações tratadas em sala em outra situação. A avaliação da aprendizagem do aluno deve considerar a avaliação formativa e a avaliação somativa.

Segundo Moreira (2011b), a UEPS só pode ser considerada exitosa, caso a avaliação do desempenho dos alunos evidencie aprendizagem significativa por meio de captação de significados, compreensão do fenômeno e das grandezas físicas envolvidas, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento em situações para resolver novos problemas. É importante que

se dê ênfase em evidências e não em comportamentos finais, tendo em vista que a aprendizagem significativa ocorre de forma progressiva.

Moreira explicita isto ao propor passos para a construção da UEPS, que chama de *Aspectos sequenciais*. São eles:

- 1- definição do tópico a ser abordado;
- 2- criar ou propor uma situação que leve o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não no contexto da matéria de ensino;
- 3- propor situações-problema de nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno;
- 4- após trabalhar as condições iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva;
- 5- em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes, em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação;
- 6- concluindo a unidade, retomar as características mais relevantes do conteúdo, dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva, porém de uma perspectiva integradora;
- 7- a avaliação da aprendizagem deve ser feita no decorrer da sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado e, além disso, deve haver uma avaliação somativa individual;
- 8- a aprendizagem significativa é progressiva. Se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa, a UEPS pode ser considerada exitosa.

## **CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA UEPS**

A situação inicial da UEPS busca, por meio de um mapa conceitual (ou esquema conceitual), identificar as concepções alternativas e os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema proposto. O ponto de partida é um fenômeno que os alunos já estão familiarizados: os raios. Como o tema a ser estudado é o conceito de campo elétrico, espera-se que ao final da aplicação da UEPS os alunos sejam capazes de relacionar o fenômeno com o conceito, bem como com outros conceitos que serão trabalhados no decorrer das atividades ou já foram abordados anteriormente nas aulas de Física

Propõe-se a utilização de simulações e vídeos que mostram a formação de raios e as linhas de campo elétrico, bem como atividades em que os alunos interajam com as TIC.

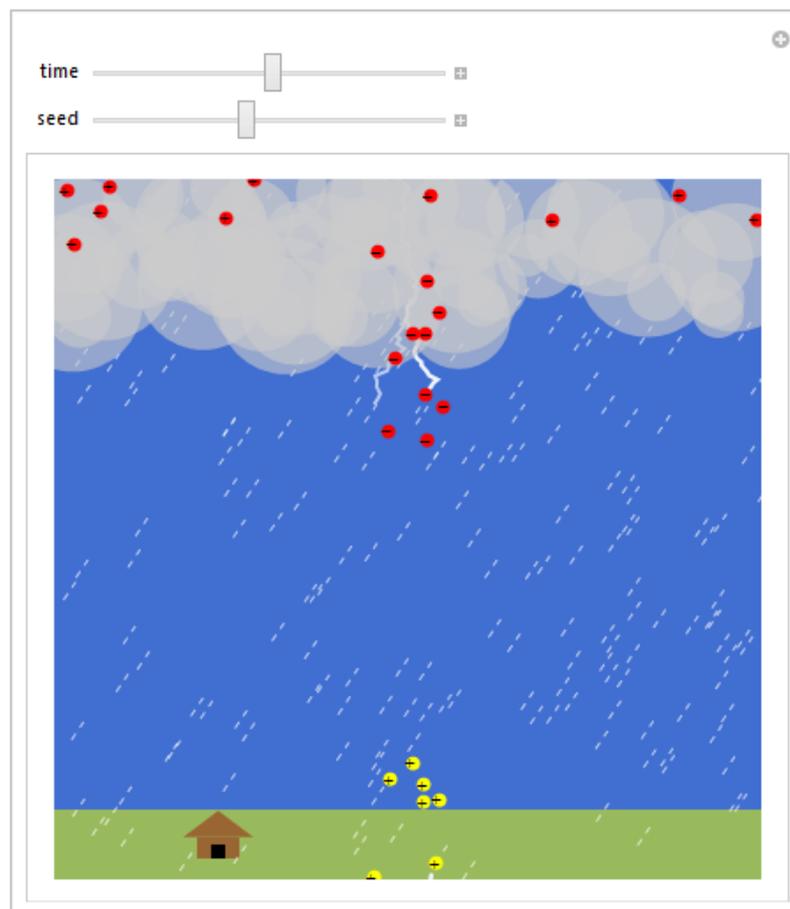
Seguindo com o processo de diferenciação progressiva, os temas mais relevantes do conteúdo como campo elétrico, carga, distância, vetor campo elétrico, força elétrica e a relação entre eles, devem ser trabalhados, mas buscando também uma perspectiva integradora.

### **4.1. Estratégias Utilizadas**

Abaixo estão enumerados os passos da UEPS proposta, bem como as justificativas das estratégias e recursos selecionados para cada passo. As situações descritas nos passos abaixo foram utilizadas e aplicadas em sala de aula e, por meio delas, algumas alterações foram feitas, o que resultou na UEPS que consta no apêndice deste trabalho.

1. *Situação inicial:* Tendo em vista que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa, por meio de um mapa conceitual, busca-se identificar as concepções alternativas e os conhecimentos prévios dos alunos acerca do tema proposto.

2. *Situação problema inicial*: Esse passo visa motivar o aluno a estudar e compreender melhor o tema proposto, bem como fazer com que ele interaja com o fenômeno de alguma maneira. Para isso propõe-se a utilização da simulação sobre os relâmpagos *Lightning*<sup>8</sup>, desenvolvida pela *Wolfram Demonstration Project* e a aplicação de algumas questões abertas. Esta simulação é executada por meio de um software chamado *Wolfram CDF Player*<sup>9</sup> e é necessário que seja instalado no computador. Tratar de um fenômeno cotidiano como o raio integrado aos fenômenos elétricos é relacionar novos conhecimentos e conhecimentos prévios por meio de organizadores prévios (MOREIRA, 2011a).



**Figura 6:** Snapshot da simulação *Lightning*

<sup>8</sup> Disponível em: <http://demonstrations.wolfram.com/Lightning/>

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.wolfram.com/cdf-player/>

Fonte: <http://demonstrations.wolfram.com/Lightning/>

As perguntas abaixo foram retiradas do texto *A Física das Tempestades e dos Raios* (SABA, 2001) e a resposta individual dos alunos faz parte da avaliação formativa:

- a) Todas as nuvens produzem relâmpagos?
- b) Por que as nuvens se eletrificam?
- c) Por que existem relâmpagos?
- d) Como funciona o para-raios?

**3. Aprofundando conhecimentos:** Identificar o comportamento das linhas de campo elétrico por meio da simulação proposta, promove a diferenciação progressiva. Por meio da utilização da simulação *Campo Elétrico dos Sonhos*<sup>10</sup> do portal *Interactive Simulations* (PhET) da Universidade do Colorado, os alunos podem observar que o campo elétrico é uma característica intrínseca das cargas e que uma carga sofre influência do campo elétrico associado a outra carga. A proposta deve levar os alunos a interagir socialmente, negociando significados enquanto o professor atua mediando a atividade. A utilização do recurso visual interativo faz com que o aluno possa manipular as cargas e, dessa forma, visualizar como as linhas de campo se comportam em função de outras variáveis tais como distância entre as cargas, por exemplo.

Quatro situações foram propostas, para que os alunos observassem o comportamento do campo elétrico em relação às cargas presentes no espaço:

- Situação 1 (Figura 7): Apenas uma carga de sinal negativo;
- Situação 2 (Figura 8): Apenas uma carga de sinal positivo;
- Situação 3 (Figura 9): Duas cargas de sinal positivo;
- Situação 4 (Figura 10): Uma carga de sinal positivo e outra de sinal negativo;

---

<sup>10</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/efield](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/efield)

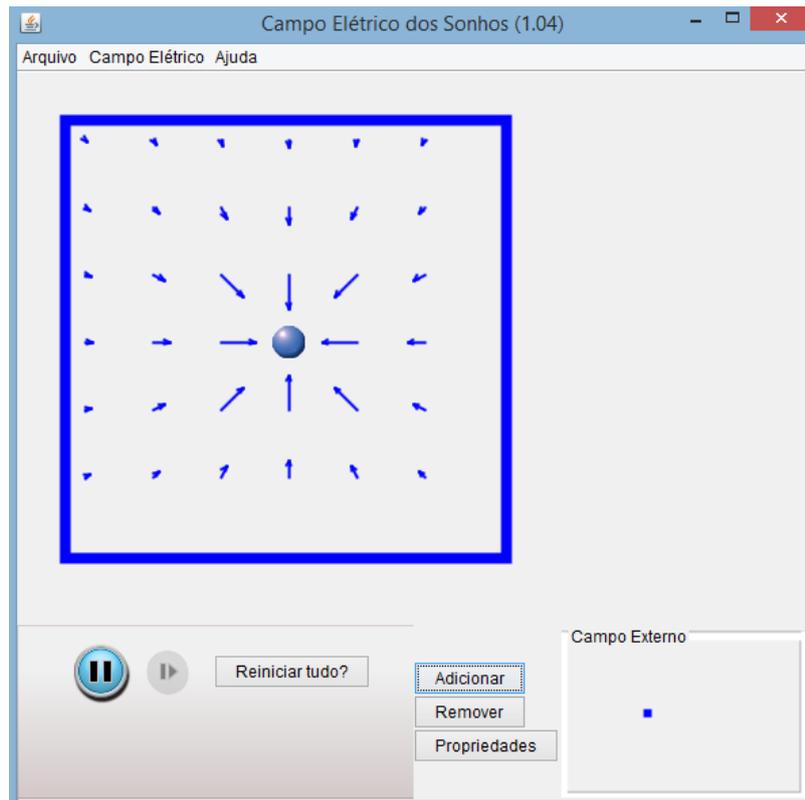


Figura 7: Snapshot da Simulação *Campo Elétrico dos Sonhos* – Situação 1

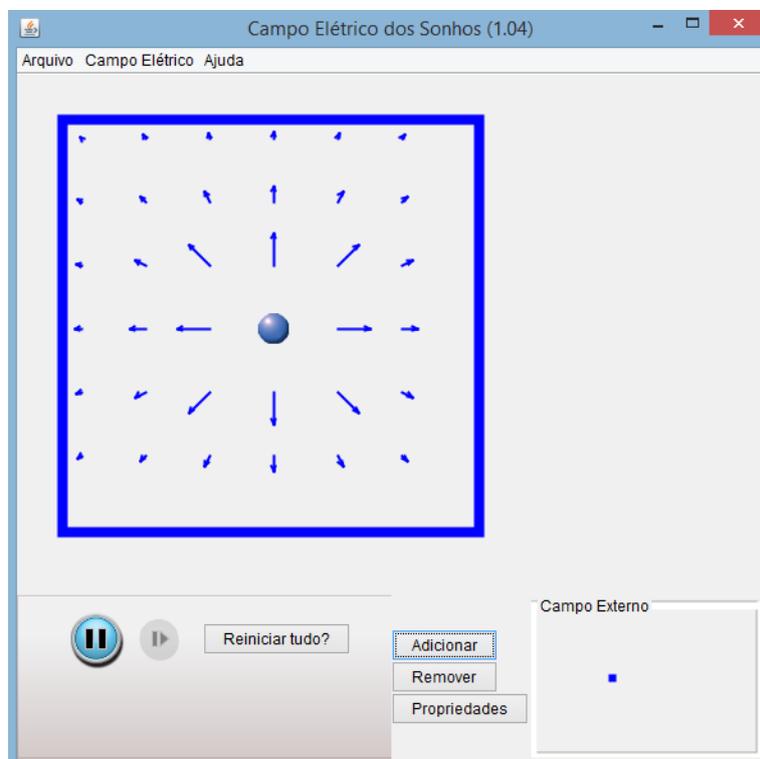
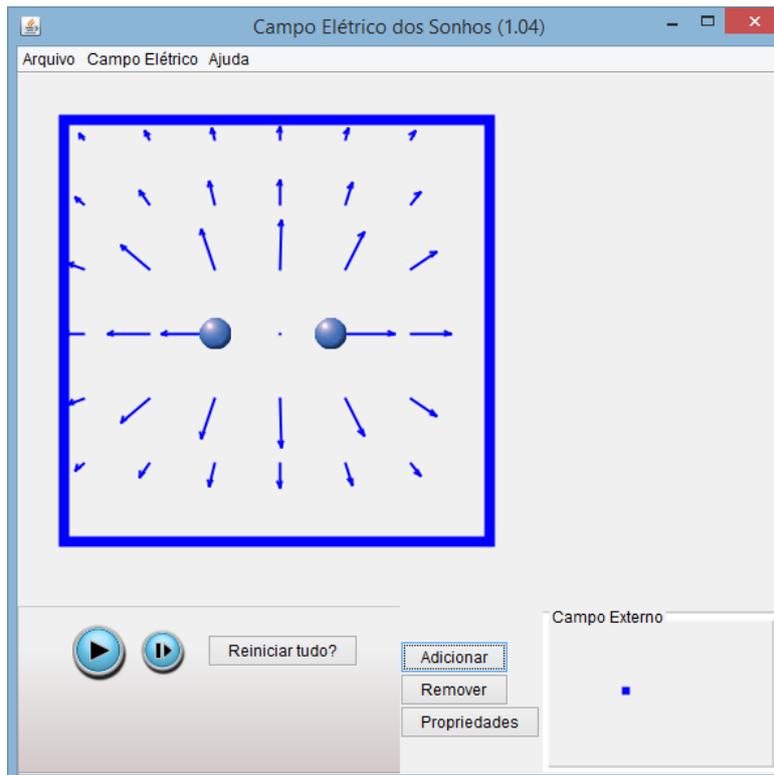
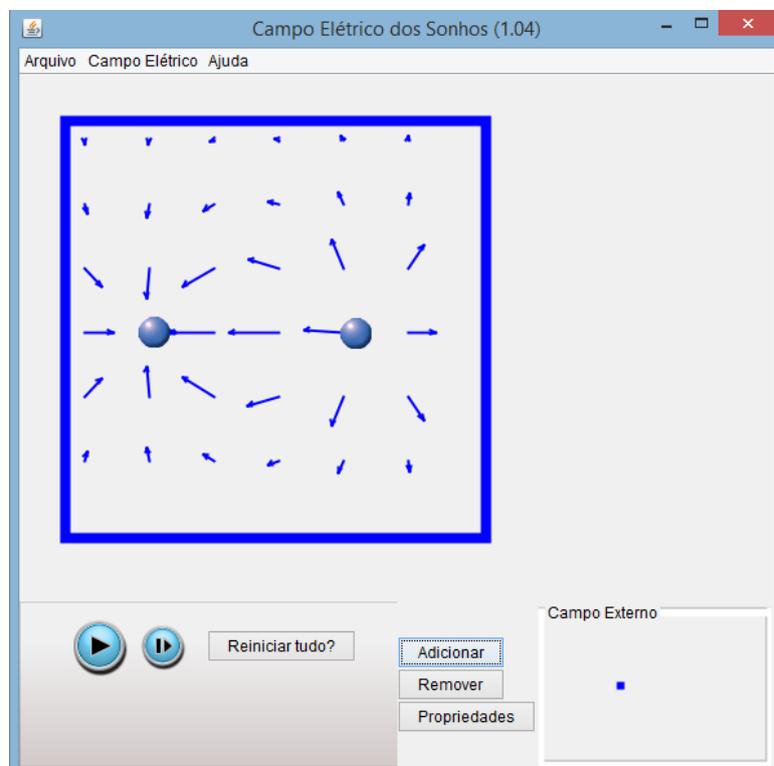


Figura 8: Snapshot da Simulação *Campo Elétrico dos Sonhos* – Situação 2



**Figura 9:** Snapshot da Simulação *Campo Elétrico dos Sonhos* – Situação 3



**Figura 10:** Snapshot da Simulação *Campo Elétrico dos Sonhos* – Situação 4

Faz parte da avaliação formativa.

4. *Situação problema de aprofundamento:* Uma nova situação problema é apresentada aos alunos no intuito de promover a reconciliação integradora. Sugere-se que os alunos realizem uma pesquisa sobre tipos de para-raios, suas aplicações, prós e contras. Após a pesquisa, devem discutir alguns aspectos relevantes em grande grupo. Esta situação deve levar os alunos a interagir socialmente, negociando significados enquanto o professor atua mediando a atividade. Faz parte da avaliação formativa.
5. *Aula integradora:* A proposta de um mapa conceitual nesse momento, como forma de promover a reconciliação integradora juntamente com a situação problema de aprofundamento do passo 4, faz com que os alunos comparem este mapa com o desenvolvido no passo 1. Dessa forma, observam como os conceitos foram modificados. Faz parte da avaliação formativa.
6. *Avaliação individual:* Esta situação deverá ser focada em na aplicação dos conceitos já abordados, buscando integrar os conceitos abordados ao longo da UEPS, verificando se o aluno é capaz de relacionar o fenômeno sugerido com o conceito de campo elétrico. É sugerido ao aluno que descreva por meio de um texto, com ou sem o auxílio de esquemas e desenhos, as relações entre o fenômeno do raio e os conceitos de carga elétrica e campo elétrico. Essa será a avaliação somativa.
7. *Avaliação final e avaliação da UEPS em sala de aula:* Os alunos devem, por escrito, avaliar as estratégias utilizadas pelo professor no decorrer da UEPS, sugerindo melhorias e evidenciando os pontos que mais interferiram positivamente ou negativamente em sua aprendizagem. Busca um *feedback* por parte dos alunos acerca de como o tema foi abordado por meio da UEPS, bem como comentar os conceitos com os alunos.

**8. Avaliação da UEPS:** É preciso verificar se a UEPS foi exitosa. A análise das atividades formativas e da avaliação somativa serve como indicador de evidências de uma aprendizagem significativa. Um bom desempenho nas notas não significa necessariamente que houve aprendizagem significativa, pois esta é progressiva e, por isso, deve-se dar ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

## **4.2. Relato Da Aplicação Da UEPS**

A aplicação da UEPS ocorreu durante o segundo bimestre letivo de 2015 paralelamente em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio em uma escola estadual localizada na cidade de Barretos – SP. As turmas serão identificadas neste trabalho como A e B, apenas para que seja possível um comparativo entre os resultados destas.

Como a escola fica localizada na região central, muitos alunos moram na periferia e justificam o grande número de ausências por conta da dificuldade em chegar à escola antes do horário de início das aulas. A frequência média de alunos da Turma A no segundo bimestre letivo foi de aproximadamente 85% e da Turma B foi de aproximadamente 82%, mas existem casos de alunos com 38% de presença<sup>11</sup>.

Vale ressaltar que a maioria destes alunos teve a disciplina de Física ministrada nos anos anteriores por um professor de Matemática com habilitação em Física e, por isso, supõe-se que estejam mais acostumados com uma abordagem matematizada da Física.

O relato da aplicação está organizado por encontros equivalentes a uma aula de 50 minutos cada, ressaltando a qual passo da UEPS se refere.

Abaixo, temos comentários detalhados sobre cada encontro e os resultados serão comentados no capítulo posterior a este.

---

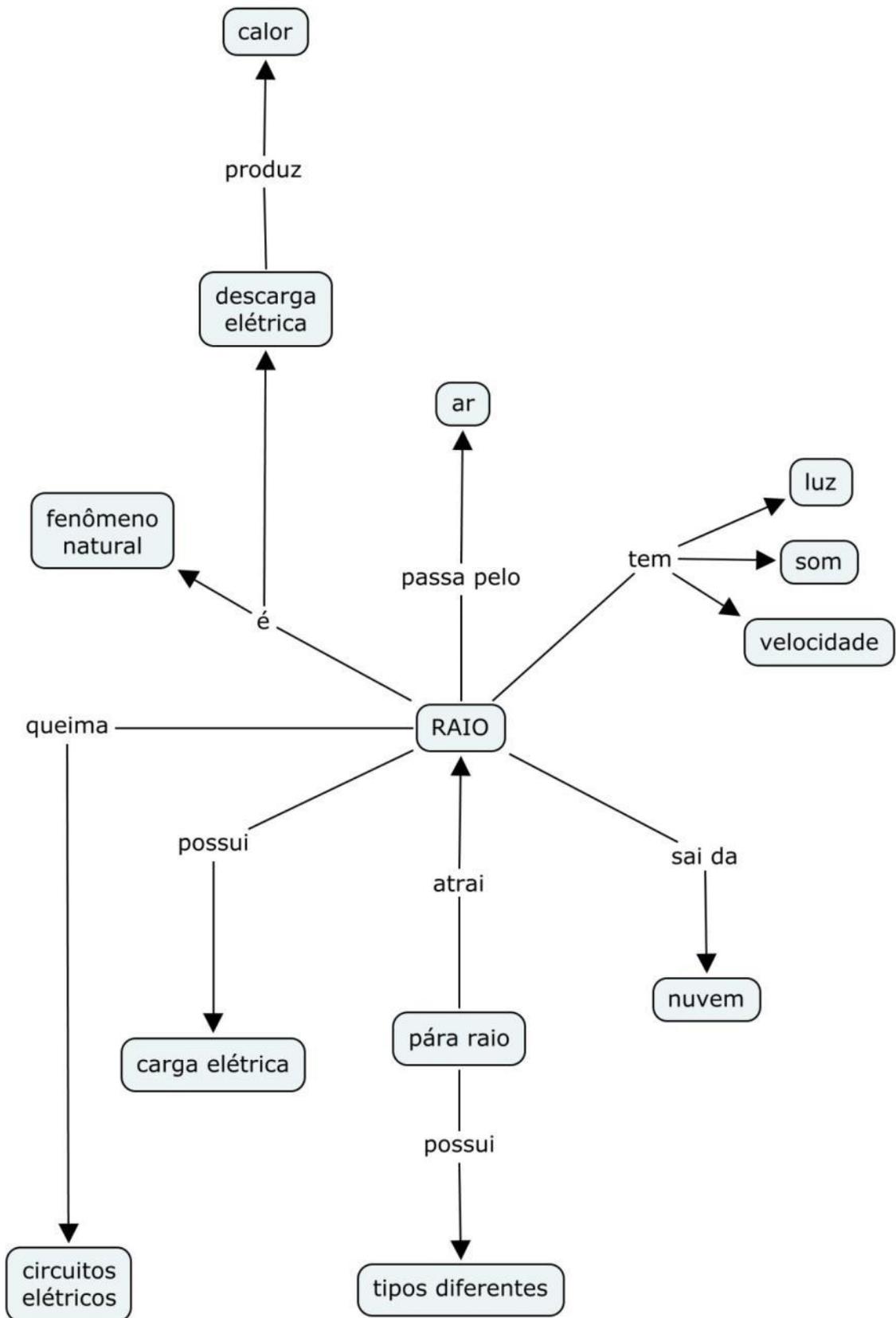
<sup>11</sup> Informações retiradas do controle de frequência dos alunos na disciplina de Física

## **1º encontro - Início do passo 1**

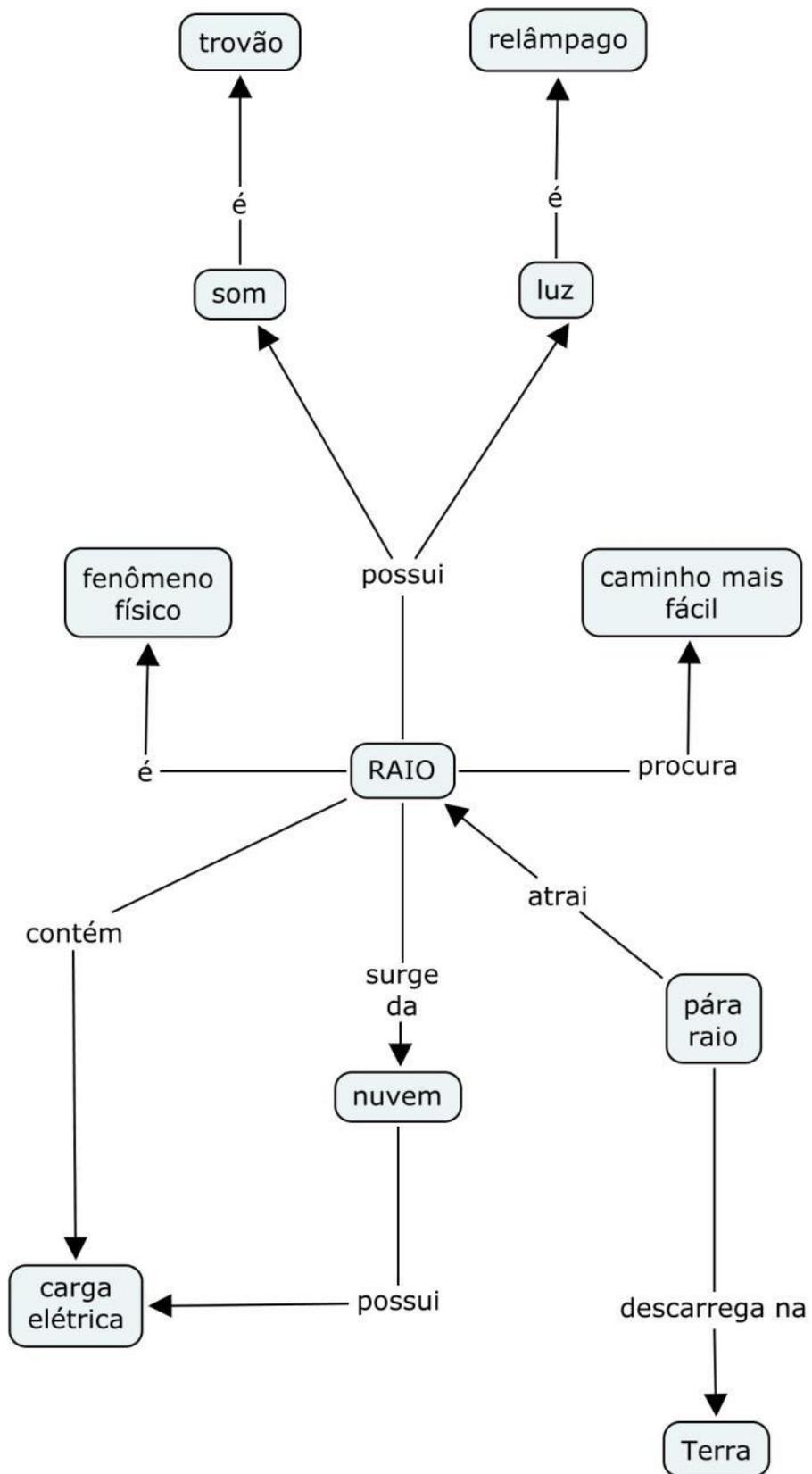
### *Situação inicial*

Foi feita uma introdução sobre as estratégias a serem utilizadas com os alunos. A ideia de que haveriam aulas diversificadas fez com que alguns deles se mostrassem mais motivados do que de costume.

O professor desenvolveu com os alunos um esquema conceitual na lousa com o conceito central “RAIO”. Inicialmente, os alunos demonstraram dificuldade em desenvolver relações entre conceitos para preencher o esquema conceitual, provavelmente por não terem familiaridade com este recurso. Por isso, o professor, desempenhando seu papel de mediador, buscou estimular as relações iniciais com os assuntos já tratados anteriormente na disciplina de Física por meio de perguntas como “Existe alguma relação entre o fenômeno do raio e os assuntos já estudados em Física?”. Por conta disso, os esquemas conceituais das duas turmas contêm informações como “carga elétrica” e “circuito elétrico”. Os esquemas conceituais produzidos na lousa por cada turma foram reproduzidos integralmente e podem ser vistos nas Figuras Figura 11 e Figura 12, abaixo:



**Figura 11:** Esquema conceitual inicial da Turma A



**Figura 12:** Esquema conceitual inicial da Turma B

Ao explicar as estratégias aos alunos, o professor já comentou que as próximas aulas seriam para abordar o tema campo elétrico. Apesar disto, nenhuma das turmas citou tal conceito.

Além do esquema conceitual construído colaborativamente, cada aluno escreveu uma pequena descrição do fenômeno tratado e dos conceitos de Física envolvidos. Os alunos tiveram o mapa na lousa para consultar, o que auxiliou a verificar como eles estão assimilando o que está no mapa e suas interpretações particulares. Algumas dessas descrições foram selecionadas e estão reproduzidas abaixo, integralmente e com sua grafia original. A análise será feita posteriormente.

“Para que o raio possa ocorrer é necessário que existam cargas de sinais opostos entre nuvens ou nuvens e o solo. Quando isso ocorre, a atração entre as cargas é tão grande que provoca descarga elétrica. Os raios podem ser classificados de acordo com sua origem.” (Aluno 1A<sup>12</sup>)

“O raio é um fenômeno natural que possui uma carga elétrica, contém luz, som e velocidade. O raio sai da nuvem e passa pelo ar. Ele é atraído pelo para raio que possui tipos diferentes, o raio é a descarga elétrica que possui calor e quando atinge circuitos elétricos eles queimam.” (Aluno 2A)

“O raio é um fenômeno natural, que praticamente é uma forma de descarga elétrica onde é produzido uma grande quantidade de calor, podendo queimar circuitos com grande resistência elétrica por conta, também, do seu alto nível de carga elétrica. Esse fenômeno ocorre por causa do choque de cargas contidas dentro das nuvens do céu, e provoca três efeitos: o próprio raio (velocidade), o relâmpago (luz) e o trovão (o som). Uma das poucas coisas que consegue suportar o raio, é o chamado Para-Raio, que tem de dois tipos: o primeiro que transfere a energia direto para terra e o que transfere para a produção de energia elétrica” (Aluno 3A)

“O raio ocorre de uma forma rápida e violenta, essa formação se dá a partir de grande diferença de potencial entre as cargas positivas e negativas. O raio pode ocorrer tanto da atração das nuvens ou do solo. Ele pode ser classificado de acordo com sua origem ele obtém atração das nuvens, quanto pelo solo provocando assim descarga elétrica, por isso existem diferentes tipos de raios.” (Aluno 4A)

“O raio é um fenômeno que possui dois integrantes: o trovão que é o som e o relâmpago que é a luz. Ele surge da nuvem e com ele vem a carga elétrica. Com o intuito de chegar à Terra, o raio sempre procura o caminho mais fácil, onde tem espaço e um lugar alto que sirva de condutor para descarregar sua carga, como o para raio.” (Aluno 1B)

---

<sup>12</sup> Os alunos serão identificados por um número e pela turma da qual fazem parte. Caso um mesmo aluno seja citado mais de uma vez, será identificado com o mesmo número.

“Raio é um fenômeno físico, surgindo da nuvem em tempos de chuva e tempestade, o raio produz primeiramente o relâmpago, que é o “aviso” de sua chegada, e logo em seguida o trovão, que é o barulho de seu contato, esse fenômeno ocorre pelo simples fato de que a luz é mais rápida que as ondas sonoras, sendo assim o relâmpago sendo o primeiro. Esse terrível fenômeno físico tem seus limites e seus “caminhos”. Para o raio sair da nuvem, relampejar e depois trovoar, ele necessita de um caminho fácil, para assim descarregar sua energia no solo, procurando assim, para raios, onde possuem fio terra que dão caminho até o solo para o raio. Não só por para raios, mas sim um local onde houver um caminho mais fácil para ele se descarregar, é ali que ele vai terminar.” (Aluno 2B)

“Quando vemos um raio, logo sabemos que ele é composto por relâmpagos e trovões, luz e som. O raio surge da nuvem e quando desce vem carregado de carga elétrica que é atraída pelos para raios da cidade. O raio também é um fenômeno físico que procura locais mais fáceis e simples para cair como: campos abertos ou locais altos que tem grandes condutores de energia elétrica.” (Aluno 3B)

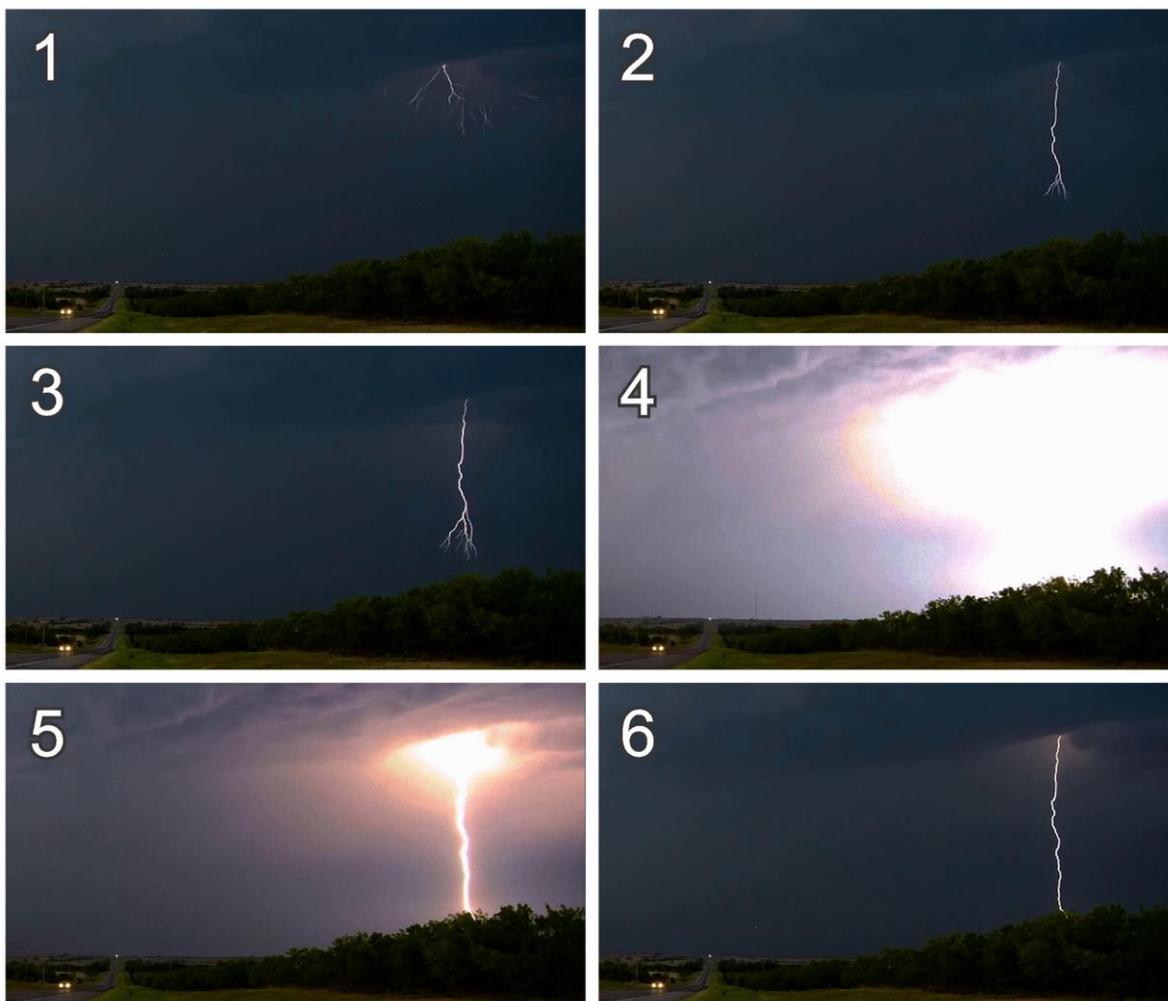
É importante ressaltar que, como a descrição do fenômeno foi proposta logo após a construção do esquema conceitual, muitos alunos o utilizam como base para a construção do texto. Mesmo assim, é possível identificar algumas concepções alternativas acerca do tema, como quando o aluno 2A afirma que o raio “possui calor” ou o aluno 3<sup>a</sup>, que afirma a existência de um tipo de para-raios capaz de transferir a energia do raio para a produção de energia elétrica.

## **2º encontro - Início do passo 2**

### *Situação problema inicial*

Os alunos foram levados à sala de vídeo da escola, que contém uma unidade multimídia disponível para uma aula demonstrativa (projetor, caixa de som e computador com Internet). Em geral, os alunos demonstram uma motivação maior nas aulas realizadas neste espaço e já estão acostumados a ele, tendo em vista que muitos professores utilizam estratégias multimídia. Mesmo que não haja manipulação dos recursos tecnológicos por parte dos alunos, costuma ser o momento de maior aproximação entre a escola e a tecnologia que eles vivenciam.

O professor, então, apresentou a simulação *Lightning*, desenvolvida pela *Wolfram Demonstration Project*, bem como um vídeo de um raio capturado em câmera lenta<sup>13</sup>, da qual alguns frames estão representados na Figura 13.



**Figura 13:** *Snapshot* de seis frames do vídeo de um raio em câmera lenta.

Isso motivou os alunos, que pediram para que a simulação e o vídeo fossem reproduzidos mais algumas vezes. Por mais que este seja um fenômeno comum a todos, vê-lo acontecer em câmera lenta chamou a atenção de vários alunos.

Estimulando um pequeno debate, o professor solicitou que os alunos explicassem a origem dos raios e, devido à grande incidência deles na região

<sup>13</sup> Disponível em: <<https://goo.gl/pv8ymJ>>

Sudeste, o que poderia ser feito para se proteger deles. Em geral, os alunos associaram o raio às cargas elétricas antes de verem a simulação, fato já evidenciado no esquema conceitual do passo anterior. Alguns alunos, ainda, citaram o para-raios como um mecanismo de proteção e compartilharam histórias pessoais. Chamou a atenção um dos alunos da turma B, cuja residência está localizada em uma região rural. Em seu relato, afirmou que a incidência de raios lá parece ser maior do que em outras regiões da cidade e que os raios costumam afetar o funcionamento da rede elétrica, da internet e dos telefones fixos e móveis. O professor questionou, então, se havia algum para-raios por perto, e o aluno relatou que dentro do sítio vizinho existe uma torre, mas não soube afirmar com certeza se havia um para-raios ou não.

Estas situações compartilhadas fazem com que os alunos busquem associar aquilo que já vivenciaram e já conhecem, com o novo conhecimento. Há também uma evidente tentativa por parte deles de negociar significados. Enquanto alguns alunos relatam experiências vividas, os outros acabam argumentando sobre o assunto, trazendo novos elementos ao debate.

Na turma A, um aluno citou uma reportagem de TV a respeito do tema, onde algumas pessoas que estavam se banhando na praia foram atingidas por um raio, indo a óbito. Naturalmente, a reação dos alunos a histórias como essa é de espanto e até assombro, o que, de certa forma, os motiva a entender como isso ocorre e o que fazer para se proteger de tal fenômeno, que pode ser fatal.

Posteriormente, os alunos responderam no caderno às questões propostas, registrando algumas observações acerca do que foi visto e daquilo que já sabiam sobre o tema. Foram estimulados pelo professor a colocar o que eles pensavam a respeito do assunto, sem a preocupação com a “resposta certa”. Eles demonstraram muita dificuldade em responder perguntas sem que o professor houvesse falado as respostas antes ou colocado o conteúdo para consulta na lousa. Mesmo assim, todos os alunos das duas turmas responderam às questões propostas, comentadas abaixo:

a) *Todas as nuvens produzem relâmpagos?*

Quando questionados se todas as nuvens produzem relâmpagos, muitos deles afirmaram que somente nuvens em dia de chuva, mas alguns disseram que sim. Poucos alunos se preocuparam em justificar sua resposta. As respostas dadas nas duas turmas foram bastante semelhantes.

*b) Por que as nuvens se eletrificam?*

A afirmação de que se eletrificam por indução foi muito comum, porém, a maioria afirmou ser devido ao atrito. Os processos de eletrização já haviam sido trabalhados nestas turmas, mas mesmo assim, alguns alunos apresentaram dificuldades em se expressar em relação aos processos de eletrização.

*c) Por que existem relâmpagos?*

Esta pergunta gerou certa confusão nos alunos. A descarga elétrica é denominada **raio** e as duas turmas haviam tratado do **relâmpago** como sendo a luz emitida. Como a questão trata do relâmpago, alguns alunos associaram a emissão da luz ao calor e colocaram isso como afirmação, o que não trata diretamente do tema proposto **campo elétrico**. Mesmo assim, grande parte dos alunos respondeu considerando que a pergunta se referia ao raio, dizendo que, quando muito carregada, a nuvem procurava se descarregar e, por isso, surgiam descargas elétricas.

*d) Como funciona o para-raios?*

A grande maioria tratou o para-raios como um dispositivo que atrai o raio e não como um caminho condutor para o raio. Apenas dois alunos da turma B (1B e 2B) explicitaram de forma clara que o para raios é um dispositivo que oferece um caminho mais fácil para a descarga elétrica. No texto desenvolvido por eles no passo 1 da UEPS, já havia uma pequena explicação sobre isso.

Comentários integradores foram feitos no encontro seguinte.

### **3º encontro - Continuação do passo 2**

Em sala de aula, o professor retomou com os alunos as questões apresentadas no encontro anterior, de forma que eles devessem debater as respostas. Em geral, eles tentaram defender os pontos já explicitados nas respostas produzidas no encontro anterior.

O professor fez referência às nuvens existentes no momento da aula, que podiam ser vistas por todos os alunos através da janela, e como era possível saber se surgiriam raios dali ou não. Rapidamente, os alunos afirmaram que não surgiria, pois não era “tempo de chuva”, ou seja, demonstraram uma forte associação entre raio e chuva.

A eletrização das nuvens é tratada por Saba (2001) como algo que não tem uma teoria definitiva, mas que há um consenso entre os pesquisadores da área de que surge da colisão entre partículas de gelo, água e granizo no interior da nuvem. Então, esse assunto foi tratado com os alunos, inclusive a dificuldade em se estudar o que ocorre no interior da nuvem, tentar prever a queda de um raio ou produzir um raio artificialmente com a finalidade de estudá-lo.

Na turma B, um aluno se referiu ao campo elétrico, afirmando que ele estaria presente sempre que houvesse carga elétrica.

Após breve comentário do professor sobre o assunto, lhes foi distribuída uma cópia do texto *A Física das Tempestades e dos Raios*<sup>14</sup> (SABA, 2001) e foi realizada uma leitura de algumas questões, inclusive as que foram feitas no início do passo 2.

### **4º encontro - Passo 3**

#### *Aprofundando conhecimentos*

Esta atividade foi realizada na sala de informática da escola. A sala conta com onze computadores para os alunos e um para o professor. Dos onze, apenas nove estavam funcionando. Durante este encontro, muitos alunos não estavam presentes e, desta forma, os alunos foram divididos em grupos com três ou quatro integrantes.

---

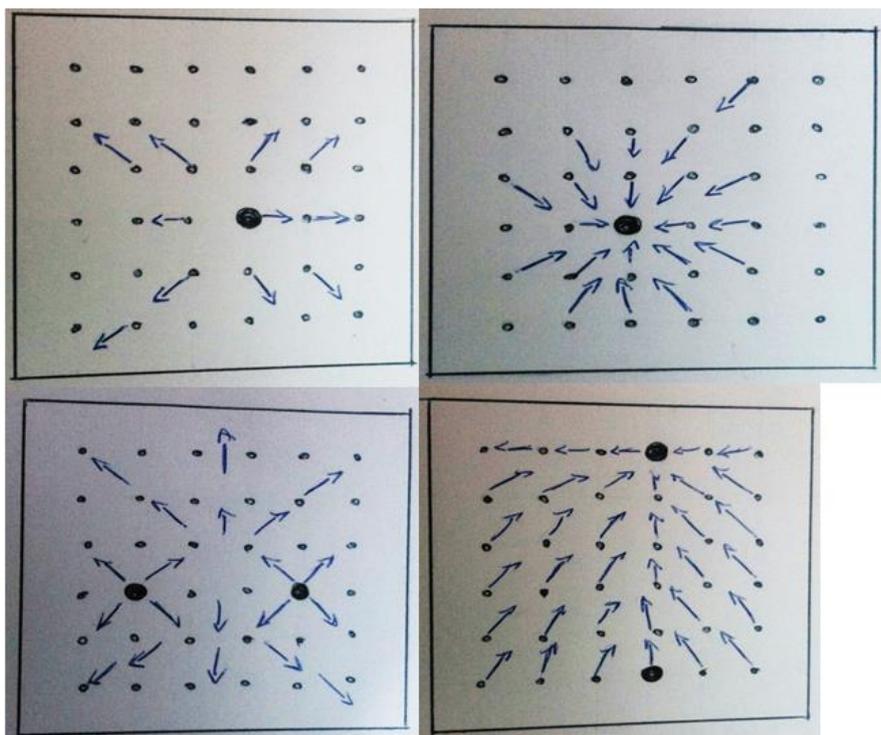
<sup>14</sup> Disponível no ANEXO A



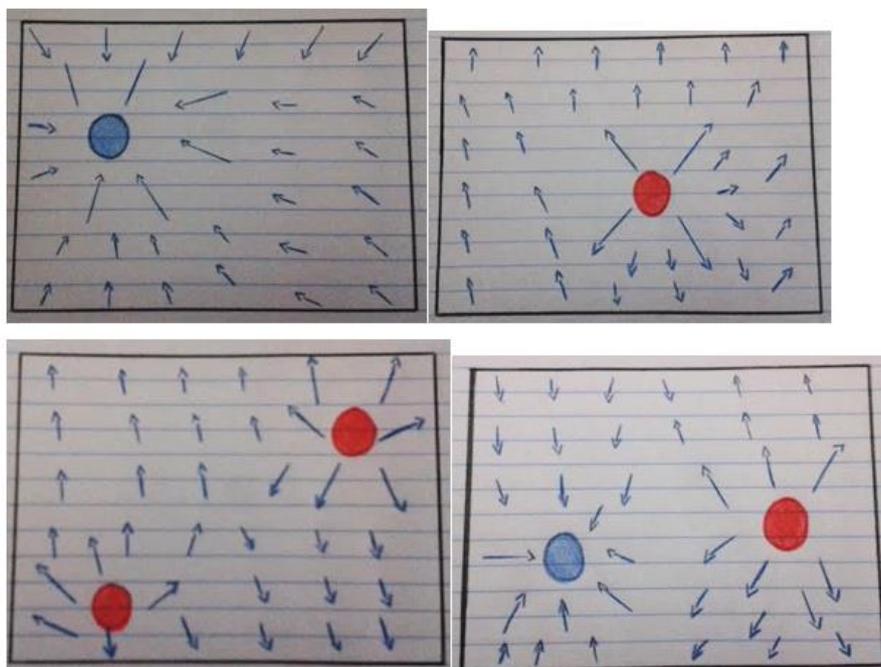
**Figura 14:** Alunos da turma B na sala de informática da escola

Em um primeiro momento, puderam interagir com a simulação livremente para se familiarizarem com os botões e as funções disponíveis. Em seguida, foram instruídos pelo professor a realizarem os passos propostos.

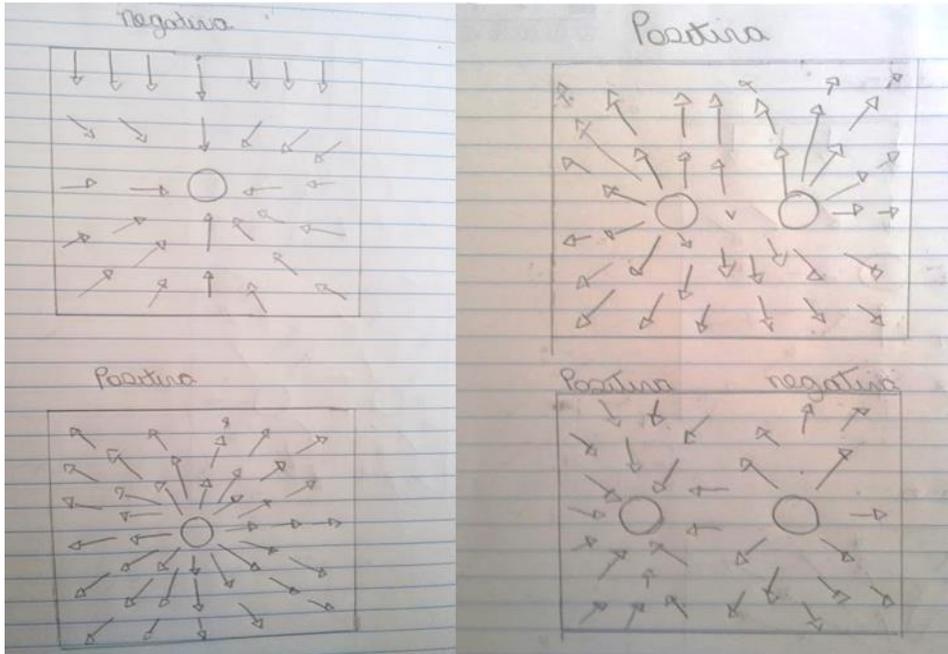
Após realizar cada passo, foi pedido aos grupos que desenhasssem no caderno, um por grupo, o padrão de campo elétrico que havia se formado na presença das cargas. Por fim, os alunos deveriam criar um relatório no formato DOC (Microsoft Word), contendo os desenhos dos quatro passos, bem como cinco perguntas respondidas e enviar para o professor no prazo de uma semana. A forma de envio ficou livre, podendo ser por rede social, e-mail ou até mesmo em um *pendrive*. Abaixo, seguem algumas dessas representações.



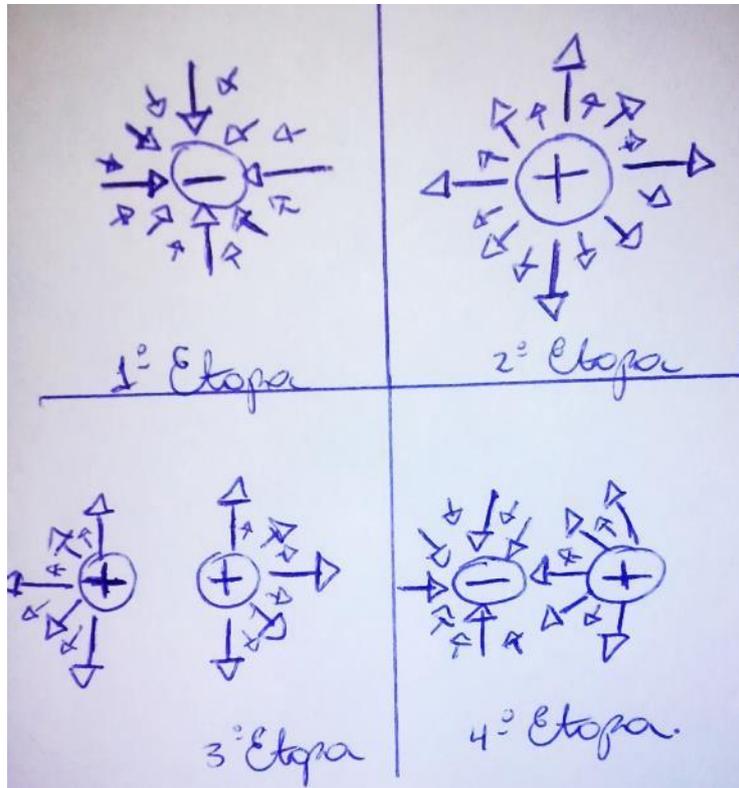
**Figura 15:** Representação de campo elétrico do Grupo I-A (alunos 1A, 4A, 5A e 6A)



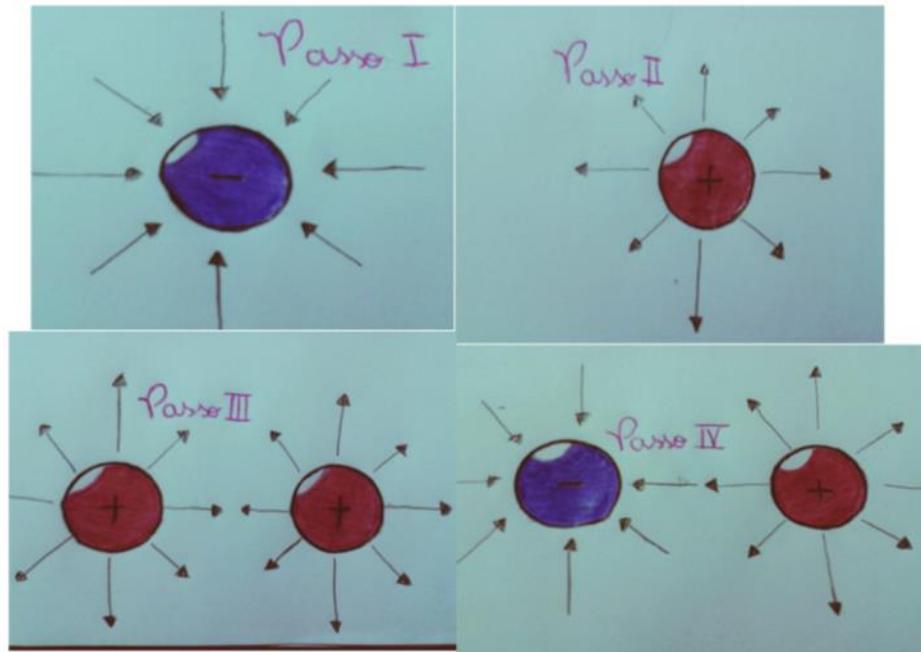
**Figura 16:** Representação de campo elétrico do Grupo II-A (alunos 7A, 8A, e 9A)



**Figura 17:** Representação de campo elétrico do Grupo I-B (alunos 4B, 5B e 6B)



**Figura 18:** Representação de campo elétrico do Grupo II-B (alunos 7B, 8B e 9B)



**Figura 19:** Representação de campo elétrico do Grupo III-B (alunos 10B, 11B e 12B)

É possível notar que, em geral, os grupos se atentaram mais à direção e sentido dos vetores do que à sua intensidade.

O Grupo I-A, por exemplo, desenhou um padrão de setas com praticamente o mesmo tamanho. O Grupo II-A destacou as setas mais próximas às cargas com tamanhos maiores, porém todas as outras são bem menores, independentemente da distância a que estão do corpo carregado. Já o Grupo II-B, no entanto, representou setas muito pequenas próximas às cargas, sem relacionar a intensidade do campo com a distância ou até, possivelmente, tentando uma representação tridimensional dos vetores.

O questionário era composto de cinco questões acerca das atividades realizadas com a simulação. Abaixo, as respostas serão comentadas.

1) *Em que direção foi a força e campo de força em torno de uma carga positiva?*

Em geral, os grupos responderam corretamente, que a força e o campo de força em torno da carga positiva apontavam para fora da carga. Poucos grupos, em sua maioria da turma B, disseram que a força e o campo de força apontavam para todas as direções. Alguns grupos, no entanto, alegaram que o

vetor estaria sendo repelido pela carga positiva, o que demonstra uma concepção alternativa. Por conta disso, este e outros temas tiveram que ser retomados posteriormente.

2) *Onde estava o campo de força maior em torno da carga positiva?*

Esta questão mostrou a dificuldade dos alunos em descrever o que havia sido observado. Muitos disseram que as forças estavam tentando “expulsar a carga de dentro do campo”. É possível que haja relação entre esta concepção alternativa e o que foi observado na representação apontada nas figuras 13, 14, 15, 16 e 17. Em geral, os alunos não se atentaram ao fato de que quanto mais distante do corpo carregado, menor é o vetor que indica a intensidade do campo. Um dos grupos, porém, respondeu que “Quanto mais próximo maior o campo, e quanto mais distante menor o vetor” (GRUPO IV-B, alunos 2B, 13B e 14B). Outros grupos também responderam de maneira semelhante.

3) *Onde estava o campo de força maior para duas cargas iguais?*

O Grupo III-B respondeu que “Estavam ao redor das cargas o mais próximo possível, por elas serem de sinais iguais elas estavam se afastando e assim as setas apontavam para fora também.”, o que mostra uma relação entre a repulsão das cargas e a direção e sentido do vetor campo elétrico. O Grupo IV-B respondeu de forma mais clara, afirmando que o campo de força maior “estava na parte externa, e entre as cargas o vetor é zero (...)”. Na turma A, em geral, as respostas não foram satisfatórias, como por exemplo, o Grupo II-A que afirmou que “o campo era neutro e as cargas quando próximas eram repelidas.” De fato, quanto mais próximas estiverem duas cargas de sinais iguais, maior será o par de forças repulsivas entre elas, porém a pergunta não se tratava especificamente disso e, provavelmente, os alunos se atentaram mais ao fato de que o vetor campo elétrico equidistante às duas cargas de mesmo sinal é um vetor nulo.

4) *Onde estava o campo de força maior para duas cargas opostas?*

Para esta pergunta, foi possível notar que os grupos da turma A, em geral, não responderam exatamente ao que foi questionado. Por exemplo, o Grupo II-A respondeu que “o campo estava tentando atrair as duas cargas (positiva e negativa)”. Isto realmente ocorre, porém a questão não foi respondida. Já o Grupo III-A (alunos 10A, 11A e 12A) afirmou que

“estavam ao redor dela, porém o campo de força mais forte é o que estiver mais perto da carga, por um exemplo: cargas opostas se atraem então quanto mais perto da carga o campo de força é mais forte.”

De certa forma, está correto, porém é possível notar que, mais especificamente, os vetores são maiores entre as duas cargas, o que foi observado por alguns grupos, como o Grupo I-A e Grupo IV-B .

5) *As cargas individuais produzidas nas etapas 1 e 2 não se moveram enquanto as 2 cargas produzidas nas etapas 3 e 4 fizeram. Por quê?*

Nesta questão, novamente, foi possível notar a dificuldade interpretativa, tanto em relação à questão quanto ao que foi observado na simulação. Muitos grupos reafirmaram o surgimento de atração ou repulsão nas etapas 3 e 4, mas não explicaram o motivo das cargas individuais produzidas nas etapas 1 e 2 não se moverem. Por exemplo, o Grupo III-A respondeu que “as duas cargas (positivas e negativas) quando em conjunto se atraem”, mas isso não responde ao que foi questionado. Já o Grupo I-A afirmou que

“Na etapa 1 e 2 não se movem, por que não tem uma interação para elas se moverem; Na etapa 3 elas são positivas e ficam se repelindo, e na etapa 4, elas se atraem por serem cargas opostas, positiva e negativa.”

identificando a necessidade da interação entre cargas para que surgisse o movimento. O Grupo II-B respondeu de forma sucinta, afirmando a existência de movimento nos casos 3 e 4 “porque há duas cargas envolvidas.”, não explicitando a questão da interação, mas deixando implícito.

Muitos alunos se manifestaram em relação a esta atividade como sendo a que mais os motivou, possivelmente por conta de os alunos não terem acesso frequente a esta sala e à utilização de estratégias diferenciadas, como a simulação interativa, onde eles a manipulavam ativamente.

### **5º encontro - Continuação do passo 3**

Em sala de aula, foi comentado com os alunos o conceito de campo elétrico. Na lousa, o professor desenhou algumas maneiras de representar o campo elétrico (por linhas de campo ou como um campo de forças). Foi um momento propício para retomar o que é uma grandeza vetorial e, assim, demonstrar que o vetor campo elétrico é a medida de uma grandeza física em algum ponto a uma determinada distância de uma carga ou um corpo carregado. O caráter da interação entre cargas foi tratado também, citando a força de atração ou repulsão.

#### *Início do passo 4*

#### *Situação problema de aprofundamento*

Com o intuito de aprofundar o tema, foi proposto às turmas uma pesquisa sobre dois métodos de construção de para raios: método de Franklin e método gaiola de Faraday. A sugestão foi de que, além de pesquisar o funcionamento de cada um dos métodos, os alunos tentassem identificar vantagens e desvantagens de cada um deles e apresentar isso na aula seguinte.

É importante ressaltar que, entre o 5º e o 6º encontro, o professor de Física precisou se ausentar em um dia letivo por ter sido convocado pela Diretoria de Ensino local a participar de uma Orientação Técnica (OT). Em conversa com a professora substituta, o professor titular sugeriu alguma atividade experimental de blindagem eletrostática. Ela, então, envolveu o celular de um dos alunos em papel alumínio, tomando cuidado para não haver nenhuma fresta. Ao tentar realizar uma chamada para o aparelho, este não tocou, tendo em vista que o sinal do celular se perde ao passo em que este é

envolvido pelo material condutor de eletricidade. Esta atividade, por mais que não estivesse prevista no planejamento da UEPS, contribuiu para que os alunos pudessem visualizar a blindagem em uma situação real.

#### **6º encontro - Continuação do passo 4**

As duas turmas, em geral, tiveram pesquisas semelhantes. Muitos alunos fizeram uma pesquisa conteudista, com muitas páginas e algumas figuras representando o funcionamento de cada método, bem como um pouco da história de cada um deles.

Quanto à função deste dispositivo, foi bastante comum a resposta de que o para raios serve para atrair raios, mas os próprios colegas já corrigiram, afirmando que o para raios, na verdade, somente oferece um caminho mais fácil para as cargas, tendo em vista que é feito de material condutor de eletricidade. Em geral, ao tratar de para raios de forma genérica, os alunos acabam se referindo somente ao método de Franklin, por ser o mais comum.

Como vantagens, para o método de Franklin, os alunos comentaram o custo mais baixo e a proteção de uma área aberta que esteja no raio de proteção do para raios, que depende da sua altura.

Já o método gaiola de Faraday se mostrou desfavorável pelo alto custo, porém mais eficaz para proteger interiores de prédios, por exemplo. Um dos alunos comentou que o pai trabalha em uma indústria que possui um gerador de energia elétrica e este fica dentro de uma sala externa ao prédio. Segundo o relato do aluno, tal sala tem as paredes e o teto revestidos por uma malha metálica para protegê-la de possíveis raios em casos de tempestades. O professor questionou se não seria mais eficaz colocar um para raios do método de Franklin, já que protegeria a área externa também e alguns alunos argumentaram que a gaiola de Faraday é mais eficaz para proteger o que estiver em seu interior e, se aquele equipamento é muito valioso, seria mais vantajoso que houvessem para raios dos dois tipos no local.

O professor aproveitou para citar um prédio ao lado da escola, que possui uma haste, perguntando qual o tipo de para raios utilizado ali, sendo prontamente respondido pelos alunos como método de Franklin.

## **7º encontro - Início do passo 5**

### *Aula integradora*

O professor desenvolveu novamente com os alunos um esquema conceitual na lousa com o conceito central “RAIO”. Alguns alunos demonstraram, inicialmente, certa insatisfação em realizar uma tarefa repetida, mas ao explicá-los que o objetivo era confrontar as ideias anteriores com as novas ideias, eles passaram a se empenhar. Os esquemas conceituais produzidos na lousa por cada turma foram reproduzidos integralmente e podem ser vistos nas figuras abaixo:

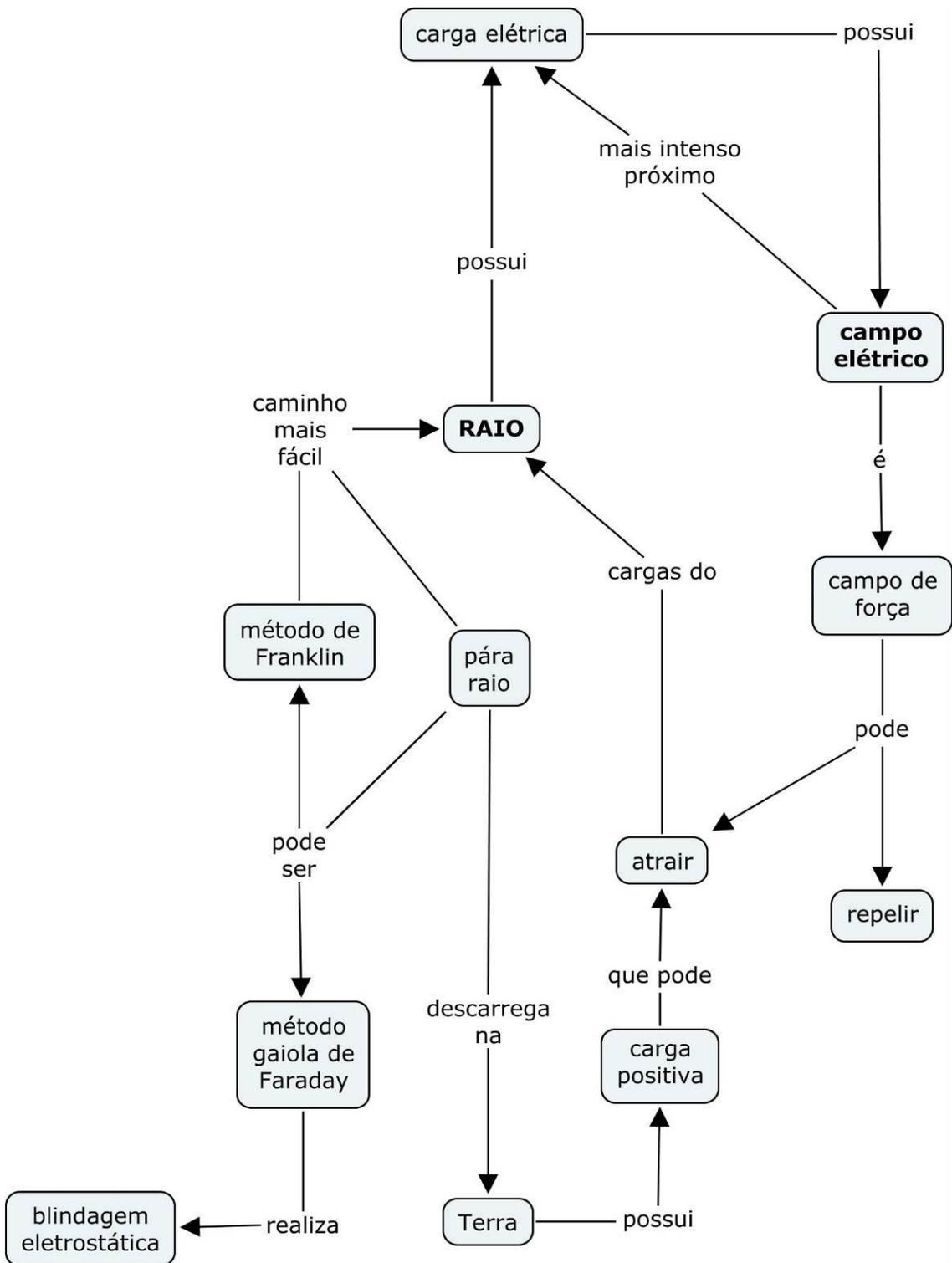


Figura 20: Esquema conceitual final da Turma A

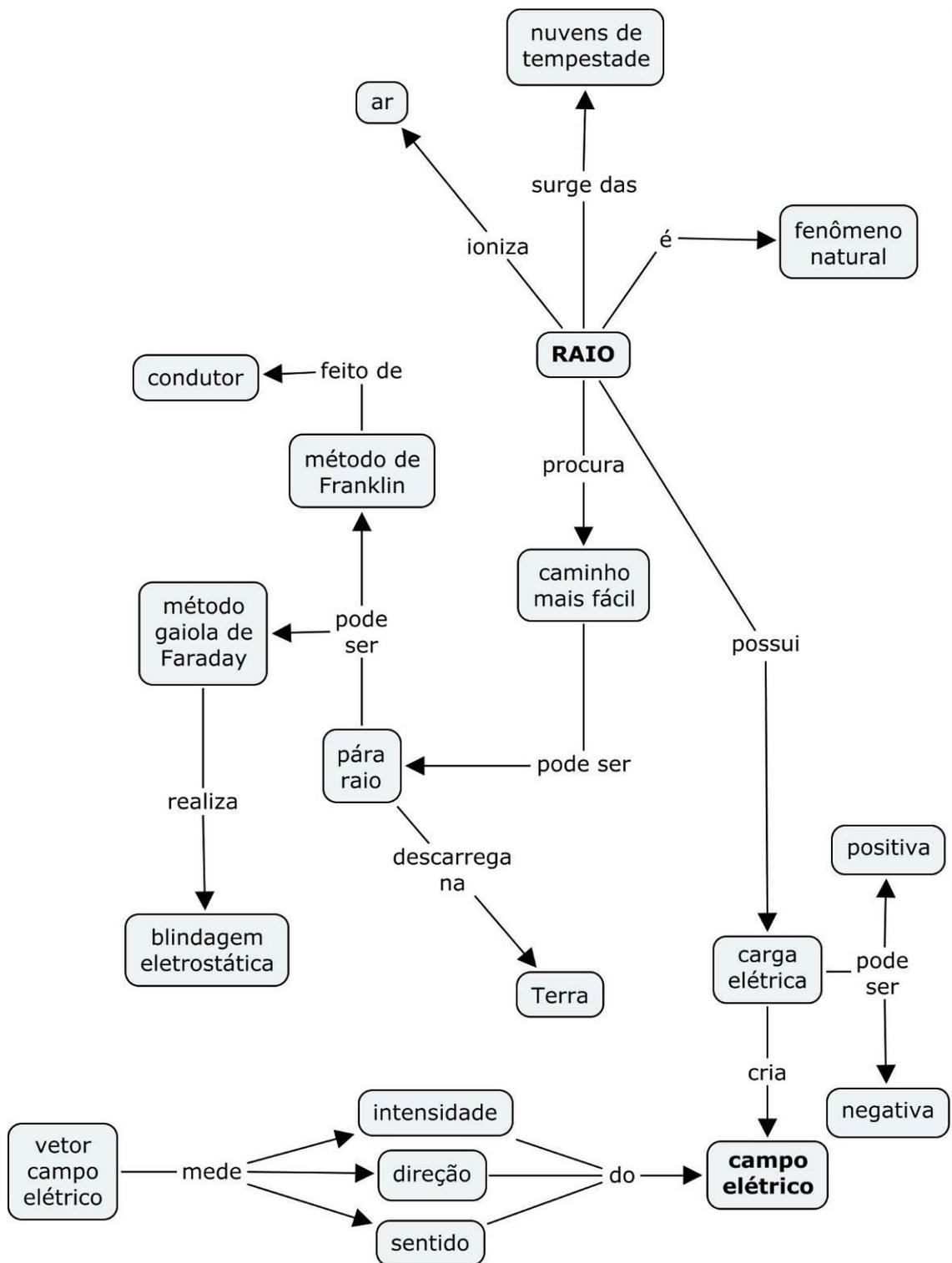


Figura 21: Esquema conceitual final da Turma B

## 8º encontro - Início do passo 6

### *Avaliação individual*

Neste encontro, foi realizada a avaliação somativa. Nela, foi proposto aos alunos que buscassem explicar em poucas linhas como ocorre o fenômeno do raio, por que ocorre e qual a relação entre os raios e os conceitos de carga elétrica e campo elétrico.

Abaixo, alguns desses textos estão reproduzidos integralmente ou parcialmente, em sua grafia original:

“As nuvens acumulam carga positiva em cima e negativa embaixo, geradas a partir do atrito entre cristais de gelo e granizo. Quando essas cargas começam a acumular demais, descarrega no solo, se encontrando com os prótons da Terra, na tentativa de equilibrar, criando um caminho e ionizando o ar. Esse fenômeno natural emite luz e sons que chamamos de relâmpagos e trovões. Só é possível em dias de tempestade.” (Aluno 13A)

“Para que um raio possa ocorrer é necessário que existam cargas de sinais opostos entre as nuvens e o solo. A formação de um raio se dá a partir da grande diferença entre essas cargas. O ar que está entre a carga, ao se ionizar, torna um caminho mais fácil para que o raio chegue a Terra. Nas nuvens existem cargas negativas, que surgem nos atritos que ocorrem nela mesma (com os granizos, flocos de gelo, etc.). Já na Terra há muita carga positiva fazendo com que o raio seja atraído para ela. Existem os raios descendentes e ascendentes. Esses raios quando surgem forma um campo elétrico. (...) Toda carga possui o seu campo elétrico e cada vez que esse campo está mais próximo, mais forte ela é.” (Aluno 11A)

Nota-se que o Aluno 13A discorre bem acerca do fenômeno em si, mas não busca fazer uma relação com o campo elétrico, pois nem cita tal conceito. O aluno 11A também faz uma descrição detalhada do fenômeno, porém ao tentar relacioná-lo com o conceito de campo elétrico, o faz apenas superficialmente.

O Aluno 14A demonstrou mais domínio sobre essa relação, descrevendo o fenômeno e o campo elétrico da seguinte maneira:

“O raio contém **força** aonde procura um meio de se descarregar, ou pelo meio descendente ou ascendente. As cargas elétricas podem ser positivas ou negativas. Sendo ela positiva ao se aproximar da outra carga igual, concentra mais força. A positiva atrai a negativa, como por exemplo o raio (negativo) e o solo (positivo). O campo elétrico é toda **energia** em volta da carga, que o espaço entorno da

carga elétrica é permeado por um campo elétrico.” (Aluno 14A, grifo nosso)

É possível notar, ainda, que os conceitos de força e energia foram citados de forma incoerente pelo aluno, buscando explicar o campo elétrico. Este fato foi bastante comum, principalmente com o termo “energia”, evidenciando a concepção alternativa de muitos acerca de tal conceito.

De uma maneira geral, os alunos da turma A foram capazes de explicar como o fenômeno ocorre e suas causas de forma satisfatória. A relação entre conceitos foi visível nas atividades em grupo ou colaborativas, porém na avaliação somativa apareceu poucas vezes. Alguns alunos procuraram explicar o campo elétrico após explicar o fenômeno, mas sem uma conexão direta entre os conceitos. Muitos deles demonstraram dificuldade na escrita, fazendo uso de desenhos para tentar descrever o campo elétrico.

Na turma B, um número menor de alunos conseguiu relacionar os conceitos, conforme proposto. Muitos deles, inclusive, responderam de forma extremamente sucinta, sem muitas evidências de aprendizagem significativa.

Segundo o aluno 1B

“O campo elétrico é um conjunto que contém um acúmulo de cargas positivas na Terra e negativas nas nuvens. Os raios acontecem por conta das cargas que se repelem ou atraem e descarregam na Terra” (Aluno 1B)

O fenômeno em si não foi explicado com grandes detalhes, porém houve uma tentativa de relacionar o raio, as cargas elétricas e o campo elétrico, mesmo que de forma sucinta.

“O fenômeno raio surge de nuvens de tempestades, que acumulam cargas negativas. Tendo esse acúmulo, o raio busca se descarregar no caminho mais fácil, para isso as cargas negativas (raio) precisam encontrar as positivas (Terra) para poder se descarregar, fazendo assim surgir o campo elétrico, ionizando o ar (isolante) para formar o caminho mais fácil para o raio (...)” (Aluno 2B).

A resposta do aluno 2B sugere que houve certa compreensão do fenômeno, apesar da dificuldade na escrita. O aluno se atentou ao fato de que

o raio busca o caminho mais fácil, ioniza o ar e isso está relacionado com o campo elétrico de alguma forma.

“O raio é um fenômeno físico que ocorre apenas com nuvens de tempestade, ele procura o caminho mais fácil para descarregar na terra. As nuvens estão carregadas e vão ionizando o ar até ele chegar até a Terra; como o raio vai sempre procurar um modo mais fácil para poder chegar até a Terra, ele tanto pode procurar o ponto mais alto como também pode optar pelos para-raios (método de Franklin e o método da gaiola de Faraday)” (Aluno 10B)

O aluno 10B descreveu o fenômeno de forma mais simples, não se atentando a como as cargas surgem na nuvem, mas sim em como essas cargas vão chegar à Terra. Fez questão de citar o para-raios, mas não citou o conceito de campo elétrico.

Alguns alunos da turma B citaram outros conceitos como tensão elétrica, energia e força. Notou-se que, em alguns casos, a *carga elétrica* foi substituída por *energia elétrica* em algumas respostas.

A turma A mostrou uma facilidade maior na escrita do que a turma B. Também foi possível notar que a turma A tinha uma quantidade maior de respostas mais completas, que envolviam mais conceitos e que explicavam de forma mais adequada o fenômeno. A turma B apresentou defasagem na escrita e na relação entre conceitos, bem como mais concepções alternativas.

## **CAPÍTULO 5 - RESULTADOS**

De maneira geral, é notório que as estratégias tiveram um efeito motivacional grande, tendo em vista a complexidade do tema. Partir de um fenômeno comum a todos eles facilitou o tratamento do conceito central, campo elétrico, que no esquema conceitual central sequer foi citado. Os alunos das duas turmas demonstraram vontade de participar das atividades que envolviam simulações, comentaram com entusiasmo o vídeo apresentado e a pesquisa sobre os para-raios.

### **5.1. Avaliação Da Aprendizagem**

É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento. A turma A, de uma maneira geral, demonstrou mais comprometimento em atividades individuais e até mesmo na avaliação somativa. Todos os alunos buscaram explicar, do seu modo, a ocorrência do fenômeno estudado e se envolveram com as atividades propostas. Na turma B, alguns alunos sequer tentaram escrever o texto com as relações entre conceitos, muitos deles justificando a dificuldade em função da ausência em aulas anteriores.

O esquema conceitual final da turma B, ao ser comparado com o inicial, apresenta um número de conexões maior, mais complexidade nas relações e, além de relacionar o campo elétrico com as cargas, sugere que este pode ser medido por meio de um vetor campo elétrico.

O esquema conceitual final da turma A é menos complexo, mas também apresenta avanços em relação ao inicial, com mais conexões e mais conceitos envolvidos, trazendo o campo elétrico como um campo de forças mais intenso quanto mais próximo se estiver da carga elétrica.

Ambos relacionaram o para-raios a um caminho mais fácil para a descarga elétrica, mas nas avaliações individuais foi comum a afirmação de que o para-raios atrai o raio.

As representações de campos de força vistos na simulação, bem como as respostas às questões, evidenciam que eles souberam tratar do campo elétrico como sendo algo intrínseco a um corpo carregado, assim como o campo gravitacional está diretamente relacionado a corpos massivos. Porém, o fato de que a intensidade do campo elétrico é maior quanto mais próximo se estiver da carga não ficou claro em algumas ilustrações, apesar de alguns deles evidenciarem tal fato nas respostas ao questionário.

## 5.2. Avaliação Da Aceitação Da UEPS

Foi pedido aos alunos que avaliassem as estratégias utilizadas ao longo das aulas e a aprendizagem deles.

Em relação a isso, cabe destacar que os discursos nunca são neutros. Estão ligados a estruturas sociais e revelam valores sociais de poder (BAKHTIN, 1995 *apud* PRADELLA, 2014). Por isso, é necessário que se analise tal avaliação com cautela.

Não houve avaliações negativas acerca das estratégias utilizadas. De maneira geral, os alunos se mostraram favoráveis à utilização das TIC, dos espaços tecnológicos que a escola oferece e da possibilidade de envio de trabalhos e atividades extraclasse por meio eletrônico.

“É um método bastante diferente, aqui na escola nenhum professor chegou a utilizar (...), a gente que expressa nossa opinião sobre tal assunto e assim o aprendizado facilita, porque a base já estará feita (base do nosso conhecimento sobre o assunto). Muito bom e diferente.” (Aluno 14A)

“(...) o mapa sobre o raio foi interessante, pois criamos um na nossa 1ª aula antes de entrar mesmo na matéria, criamos um mapa com as informações que sabíamos e depois de toda a explicação, no final do bimestre criamos outro e comparando os dois, pude perceber que muitas coisas foram acrescentadas e o mapa ficou totalmente diferente (...)” (Aluno 10B)

As avaliações em destaque explicitam que os alunos se motivaram inicialmente ao serem protagonistas das atividades. O primeiro esquema

conceitual tratava de como eles enxergavam o fenômeno e serviria de partida para as demais atividades da UEPS. Eles mesmos tiveram consciência de sua aprendizagem a partir do momento em que compararam um esquema conceitual com o outro e notaram as diferenças entre eles.

### **5.3. Dificuldades Encontradas na Aplicação da UEPS**

As turmas de terceiro ano do Ensino Médio nesta escola não foram compostas aleatoriamente. A escola possui turmas de Ensino Fundamental II (6º a 9º ano) no período da tarde e turmas de Ensino Médio (1º a 3º ano) no período da manhã. Muitos alunos, ao concluírem o Ensino Fundamental II, deixam a escola, se matriculando em cursos técnicos ou em colégios da rede privada. Os que permanecem nesta unidade escolar são mantidos em uma mesma sala ou até mesmo selecionados por critério de desempenho escolar (levando em conta histórico de notas, advertências, dentre outros). A turma A foi composta por esses alunos. São, portanto, alunos que possuem histórico escolar superior ao das demais salas. A turma B é composta em grande parte de alunos vindos de outras unidades escolares ou daqueles que já estavam nesta escola, porém foram considerados de baixo rendimento. Esta distinção na composição das turmas se faz clara no cotidiano escolar.

A aplicação da UEPS dependia de grande envolvimento por parte dos estudantes, principalmente nos passos em que deviam realizar a pesquisa sobre os para-raios. Notou-se que a turma A se empenhou nesta tarefa, sendo que todos os alunos realizaram a pesquisa e a participação da discussão foi maior. Na turma B, muitos alunos alegaram que trabalham meio período, não tendo tempo suficiente para realizar pesquisas de todas as disciplinas, privilegiando as que *valem nota*. Isso compromete o andamento da UEPS, pois os passos são definidos em sequência e estão relacionados com passos anteriores.

Na turma A, novamente, os desenhos e as questões foram entregues no prazo por todos os grupos. Porém, notou-se que muitos grupos continham

respostas semelhantes, inclusive em suas concepções alternativas, o que evidencia um compartilhamento de respostas por parte dos estudantes. Isso não é necessariamente ruim, mas para esse passo específico, sim, afinal, prejudica a avaliação formativa, uma vez que o professor perde a referência de quem realmente tratou o conceito daquela maneira.

Na turma B, o número de grupos que não entregou a atividade foi maior do que a outra turma, novamente. Em relação aos que entregaram, a maioria foi mais sucinto ao responder o questionário, porém com menos concepções alternativas.

A construção do esquema conceitual inicial na turma A envolveu a participação de uma quantidade maior de alunos. Nesta turma, é perceptível que todos eles se sentem mais livres para opinar do que na turma B.

Alguns alunos da turma B demonstraram um conhecimento maior acerca do assunto. Estes, em geral, eram os que mais participavam na construção do esquema conceitual inicial, enquanto a maior parte da turma aguardava e assistia a atividade, sem muita participação.

Uma análise qualitativa imediata, comparando os esquemas conceituais finais das duas turmas, pode nos levar a pensar que a turma B apresentou uma assimilação de conceitos maior, mas o que se notou é que poucos alunos dessa turma se envolveram realmente com essa atividade.

A atividade na sala de informática também teve seus problemas. A quantidade de computadores não era suficiente para o número de alunos e as dimensões da sala também não eram adequadas para comportar uma turma inteira. A UEPS já foi pensada, inicialmente, para contornar esta situação, realizando esse passo em grupo, bem como os desenhos dos campos elétricos observados, que foram feitos em casa, com um prazo de uma semana para a entrega.

## **CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

É importante deixar claro que a UEPS trata de uma elaboração contínua e não fechada, permitindo adequações à realidade da escola, dos alunos e do professor, assim como já foi adequada após aplicação, tendo em vista que os resultados e dificuldades encontrados por meio da aplicação da UEPS possibilitaram a reformulação de alguns passos desta que consta como apêndice deste presente trabalho.

Outros trabalhos podem ser desenvolvidos a partir do Produto Educacional aqui apresentado, tais como:

- Aplicar a UEPS em outro contexto, de modo a comparar os resultados com os explicitados aqui;
- Substituir algumas estratégias por outras que se entenda como mais adequadas à realidade. Muitas escolas não possuem estrutura física adequada para a realização da atividade com a simulação aqui proposta ou possuem estrutura mais adequada para uma atividade mais elaborada.
- A UEPS pode ser adaptada em nível de complexidade maior ou menor para se trabalhar com turmas com características diferentes, por exemplo, Educação de Jovens e Adultos (EJA) ou até mesmo turmas de ensino em nível de graduação;
- O tratamento matemático que não faz parte dessa proposta pode ser incluído, caso se deseje, em um contexto diferente.

Caso haja a disponibilidade de recursos experimentais, estes podem ser inseridos no decorrer dos passos da UEPS, bem como outras simulações, vídeos e até estratégias diferentes.

É perceptível que aulas diferentes das tradicionais motivam os alunos, pois não fazem parte da rotina da maioria deles no ambiente escolar. As TIC, que há muito tempo já são tratadas como ferramentas úteis no processo de ensino e aprendizagem, dificilmente fazem parte do cotidiano escolar. Trazer a tecnologia para o ambiente escolar modifica a relação dos alunos com o conteúdo, ambiente e até com o professor. A UEPS proposta aqui visou isto.

Vivenciar o cotidiano escolar e, acima de tudo, refletir acerca dele, fez com que o autor deste trabalho pudesse modificar sua maneira de atuação docente. As disciplinas do mestrado desencadearam uma reflexão profunda sobre como se dá o processo de ensino e aprendizagem, sobre o papel do professor, das TIC, do material didático e, principalmente, do aluno. Ser aluno e professor simultaneamente possibilita ter uma noção de como estamos lidando com a educação dos outros e como estamos lidando com nossa própria educação, que é contínua e permanente.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. **Lisboa: Plátano**, v. 1, 2003. Disponível em: <<http://files.mestrado-em-ensino-de-ciencias.webnode.com/200000007-610f46208a/ausebel.pdf>>. Acesso em: 30/7/2015.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1º ed. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.

BARNETO, A. G.; MARTÍN, M. R. G.; Entornos constructivistas de aprendizaje basados em simulaciones informáticas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 5, n. 2, p. 304-322, 2006. Disponível em: <[reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART6\\_Vol5\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART6_Vol5_N2.pdf)>. Acesso em: 20/09/2014.

DA SILVA, M. C.; KRAPAS, S. Controvérsia ação a distância / ação mediada: abordagens didáticas para o ensino das interações físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 471–479, 2007.

DE JONG, T.; LINN, M. C.; ZACHARIA, Z. C. Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. **Science**, v. 340, n. 6130, p. 305–308, 2013. Disponível em: <<http://www.go-lab-project.eu/sites/default/files/files/publications/file/Science-2013-de%20Jong-305-8.pdf>>. Acesso em: 18/09/2014.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 1, p. 99–122, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132012000100007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000100007&lng=pt&nrm=iso)> Acesso em: 19/09/2014.

EINSTEIN, A. A relatividade e o problema do espaço. In: \_\_\_\_\_. A Teoria da Relatividade Especial e Geral. 1ª edição. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. A Evolução da Física. 4ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

GARDELLI, D. **Concepções de interação física: subsídios para uma abordagem histórica do assunto no ensino médio**. São Paulo: USP, 2004. 119 p. Dissertação - Mestrado em Ensino de Ciências – Modalidade Física, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GARZA, A.; ZAVALA, G.. Electric Field Concept: Effect of the Context and the Type of Questions. AIP Conference Proceedings. **Anais...** v. 1289, p.145, 2010. Disponível em:

<[http://www.researchgate.net/profile/Genaro\\_Zavala/publication/258371604\\_Electric\\_Field\\_Concept\\_Effect\\_of\\_the\\_Context\\_and\\_the\\_Type\\_of\\_Questions/links/53e2f6150cf275a5fdda7145.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Genaro_Zavala/publication/258371604_Electric_Field_Concept_Effect_of_the_Context_and_the_Type_of_Questions/links/53e2f6150cf275a5fdda7145.pdf)>. Acesso em: 15/11/2015.

HEWITT, P. G. Eletrostática. In: \_\_\_\_\_. **Física Conceitual**. 9ª edição. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002. Cap. 22 p. 372-391.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Relâmpagos: Definição. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/definicao.php>>. Acesso em 01/08/2015

KRAPAS, S.; DA SILVA, M. C. O conceito de campo: polissemia nos manuais, significados na física do passado e da atualidade. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 15–33, 2008.

LÍBERO, V. L. O maravilhoso espetáculo dos raios. **Revista eletrônica de Ciências**, São Carlos, n. 50, set. 2012. Disponível em: <[http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_50/raios.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_50/raios.html)>. Acesso em: 11/07/2015.

MAGALHAES, M. F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 4, p. 489-496, 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172002000400016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000400016&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 08 mai. 2015.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D.; BRITO, G. S. O ensino de Física e as novas tecnologias de informação e comunicação: uma análise da produção recente. In: XIX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2011, Manaus. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0580-1.pdf>>. Acesso em: 27/10/2015.

MAXWELL, J. C. A treatise on electricity and magnetism. vol.1. Oxford: Clarendon Press, 1873. 425 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: A Visão Clássica. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. n. 1, 70 p., 2009. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 20/09/2014.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. 1ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

\_\_\_\_\_. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011.

Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf). Acesso em: 13/9/2015.

MÜLLER, A. D. E.; MOREIRA, M. A. **Uso de mapas e esquemas conceituais em sala de aula**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 4. Disponível em [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/muller\\_moreira\\_v24\\_n4.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/muller_moreira_v24_n4.pdf). Acesso em: 08 mai. 2015.

MUÑOZ, C. M. A. **Secuencia didáctica para la enseñanza de la función cuadrática**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2013. 64 p. Dissertação (Magíster en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales) - Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - Facultad de Ciencias, Medellín, Colombia, 2013.

NATIONAL WEATHER SERVICE. How Lightning is Created. Disponível em: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/lightning/lightning.htm>. Acesso em: 5/8/2015.

OLIVEIRA, D. M. Uma proposta para o ensino de teoria quântica de campos na graduação: a eletrodinâmica de Maxwell-Chern-Simons como motivação. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 237-246, 2002. Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172002000200021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200021&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29/10/2015.

ORTIZ, J. P. M. T.; AZEVEDO, P. D.; STUDART, N. Vygotsky e as TIC no ensino de Física. In: XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2015, Uberlândia. **Anais do XXI SNEF, 2015**.

PEREIRA, R. G.; MIRANDA, E. Introdução à Teoria Quântica de Campos: do Oscilador Harmônico ao Campo Escalar Livre. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 237-246, 2002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172002000200021&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000200021&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 29/10/2015.

PRADELLA, M. **Estudo de conceitos de termodinâmica no ensino médio por meio de UEPS**. Porto Alegre: UFRGS, 2014. 120 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SABA, M. M. F. A Física das Tempestades e dos Raios. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, p. 19–22, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>. Acesso em: 11/12/2014.

SILVA, C. C. **Da força ao tensor: evolução do conceito físico e da representação matemática do campo eletromagnético**. Campinas, 2002.

250 f. Tese (Doutorado em Ciências – Instituto de Física Gleb Wataghin – Universidade de Campinas, Campinas.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Benjamin Franklin e a história da eletricidade em livros didáticos. In: X ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2006. Disponível em: <<http://www.ifsc.usp.br/~cibelle/arquivos/T0150-1.pdf>>. Acesso em: 17/9/2015.

SILVA, O. H. M. **A construção do conceito de campo elétrico: da Ciência física à física escolar**. Curitiba: UFPR, 2006. 175 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pós-Graduação em Educação, Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SOUZA, P. A. L. DE; OLIVEIRA, G. S.; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. Estudos sobre a ação mediada no ensino de Física em ambiente virtual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 420–447, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/23029>> Acesso em: 20/09/2014.

STUDART, N. Simulação, games e gamificação no ensino de Física. In: XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2015.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & Cognição**, v. 13, p. 94-100, mar. 2008. Disponível em: <<http://cienciasecognicao.tempsite.ws/revista/index.php/cec/article/download/687/464>>. Acesso em: 20/09/2014.

TÖRNKVIST, S., PETTERSSON, K. A., TRANSTRÖMER, G. Confusion by representation: On students Comprehension of the electric field concept. **American Journal of Physics** v. 61, p. 335-338, 1993.

## **APÊNDICE A – O PRODUTO EDUCACIONAL**

João  
Ortiz

Nelson  
Stuart

# O CAMPO ELÉTRICO E O FENÔMENO DO RAIO

Proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)



**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Autor:

**João Paulo Martins Tobaruela Ortiz**

Orientador:

**Prof. Dr. Nelson Studart Filho**

Universidade Federal de São Carlos

Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)

Foto de capa:

**Santiago Garcia**

Apoio:  **CAPES**

São Carlos - SP  
2015

© João Paulo Martins Tobaruela Ortiz e Nelson Studart Filho – 2015

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

# APRESENTAÇÃO

Esta é uma proposta de uma sequência didática baseada na teoria da aprendizagem significativa, desenvolvida nos moldes de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo (UEPS) proposta por Moreira (2011) que tem por objetivo trabalhar o conceito de campo elétrico com os alunos em nível de Ensino Médio a partir de um fenômeno cotidiano. É o produto educacional desenvolvido durante o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no polo 18 – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Detalhes acerca do desenvolvimento, estratégias utilizadas, referencial teórico e relato de aplicação desta UEPS podem ser encontrados na dissertação de João Paulo Martins Tobaruela Ortiz, mas espera-se que esta cópia do produto educacional não dependa de tal leitura para que seja compreendida e aplicada.

As estratégias e ferramentas aqui sugeridas foram utilizadas em ambiente escolar, mas podem ser adequadas livremente à realidade e às necessidades do professor que optar por utilizá-la.

Alguns dos materiais utilizados estão disponibilizados gratuitamente na Internet e, quando citados no texto, possuem um hiperlink para que se possa acessá-los. Outros materiais complementares são sugeridos ao fim do texto e podem auxiliar professor e aluno a conduzir as atividades.

O tema “raios” foi escolhido por este ser um fenômeno comum, que todos já presenciaram e, por conta disto, serve como ponto de partida para que se desenvolvam os conceitos físicos envolvidos.

# SEQUÊNCIA

## 1. Situação inicial (1 aula)

Construir com os alunos um mapa conceitual sobre os fenômenos elétricos e o raio; inicialmente, perguntar a eles qual a relação entre os conceitos de eletricidade já estudados e o fenômeno do raio, determinando a origem física do raio; assinalar os termos utilizados e, em seguida, colocá-los em um mapa conceitual ou esquema conceitual; finalmente, pedir a cada aluno que explique, por escrito, com suas próprias palavras o mapa construído grupalmente na lousa; essa explicação individual deverá ser entregue ao professor ao final desta atividade inicial que ocupará a primeira aula desta UEPS. Não há problema se os alunos tiverem o mapa na lousa para consultar, pois a explicação demonstra, também, como eles estão assimilando o que está no mapa e o interpretando. Na Figura 1 podemos notar um exemplo de mapa conceitual feito por uma turma acerca do tema (excerto da dissertação supracitada). Nota-se que há uma clara ideia do fenômeno RAIO, porém nenhuma menção ao campo elétrico, apesar de outros conceitos físicos estarem presentes e relacionados ao fenômeno em questão. É natural que haja dificuldade por parte dos alunos e, para isso, o professor deve mediar a atividade com atenção para que não se fuja do assunto.

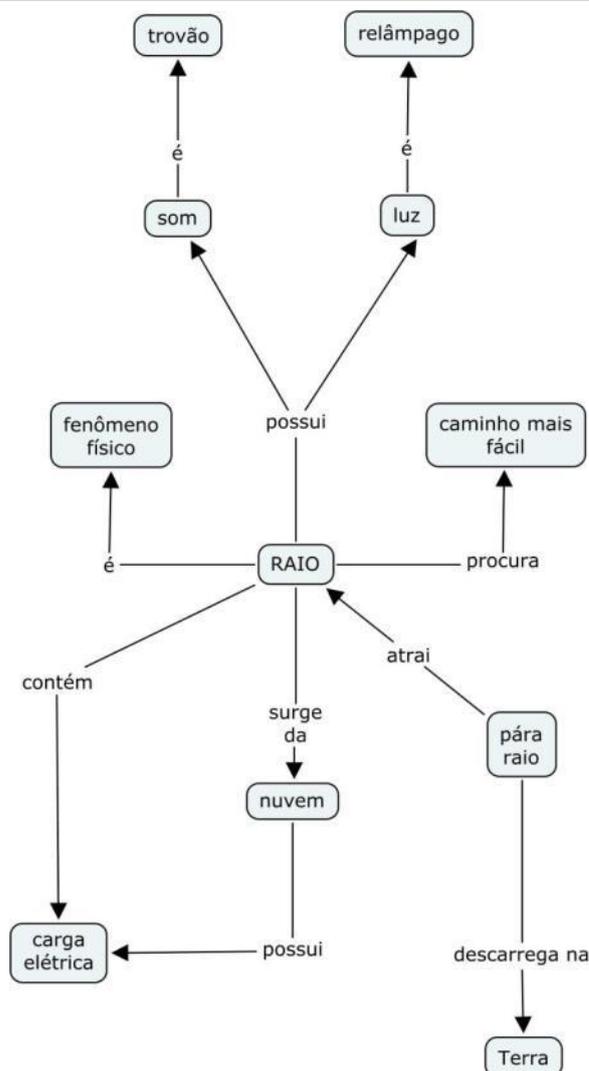


Figura 22: Exemplo de mapa conceitual inicial

## 2. Situação problema inicial (1 a 2 aulas)

Esta atividade tem intuito de motivar o estudo do tema, mas sem a necessidade de ensiná-lo imediatamente. É uma introdução, servindo como organizador prévio, buscando criar uma ponte cognitiva entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos a serem ensinados aos alunos nas etapas seguintes. Espera-se que seja, também, motivador para as etapas seguintes, facilitando e envolvendo os alunos com o tema proposto. Para isso, propõe-se a utilização da simulação sobre os relâmpagos [Lightning](#), desenvolvida pela *Wolfram Demonstration Project*. Os alunos devem utilizar a

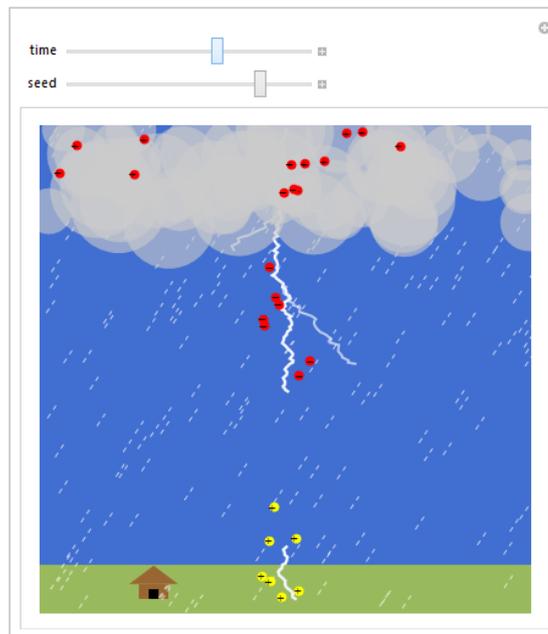
simulação em casa, bem como um vídeo de um [raio capturado em câmera lenta](#). Este material pode ser disponibilizado aos alunos por meio de um blog ou plataforma de Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). O importante é que eles tragam dúvidas e opiniões para a aula seguinte. É possível, também, complementar tal atividade por meio de vídeos ou outras simulações. A utilização do vídeo de um raio em câmera lenta é recomendável, pois representa um fator motivador, bem como permite a visualização de aspectos importantes na formação do raio como a

ionização do ar próximo à nuvem. Posteriormente, em sala de aula o professor deve iniciar retomando o tema

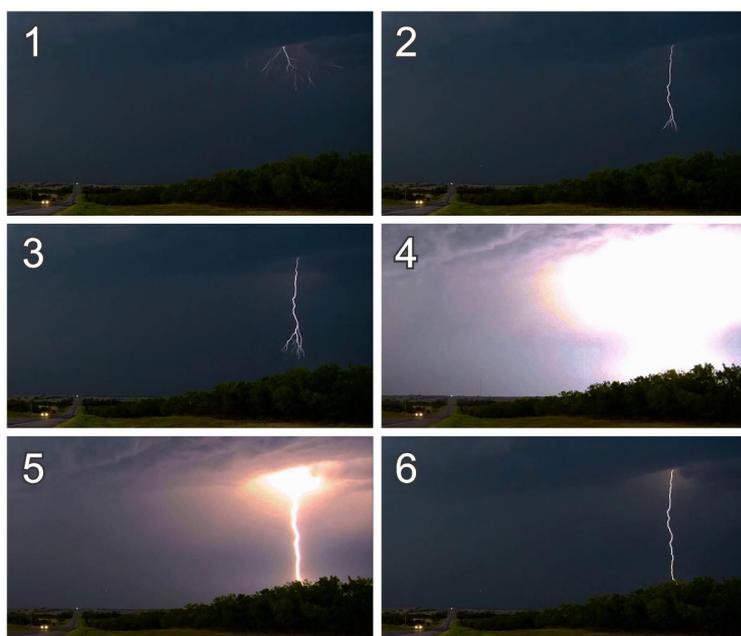
por meio de algumas questões a fim de promover uma pequena discussão sobre como o raio é formado, o que ocorre na nuvem para que haja raio, formas de se proteger contra os efeitos de um raio, dentre outros. Não é preciso que o professor busque explicar o fenômeno, tendo em vista que isto será feito em seguida.

Após isso, solicita-se aos alunos a resposta individual às seguintes questões:

- a) Todas as nuvens produzem relâmpagos?
- b) Por que as nuvens se eletrificam?
- c) Por que existem relâmpagos?
- d) Como funciona o para-raios?



**Figura 23: Screenshot da simulação Lightning**

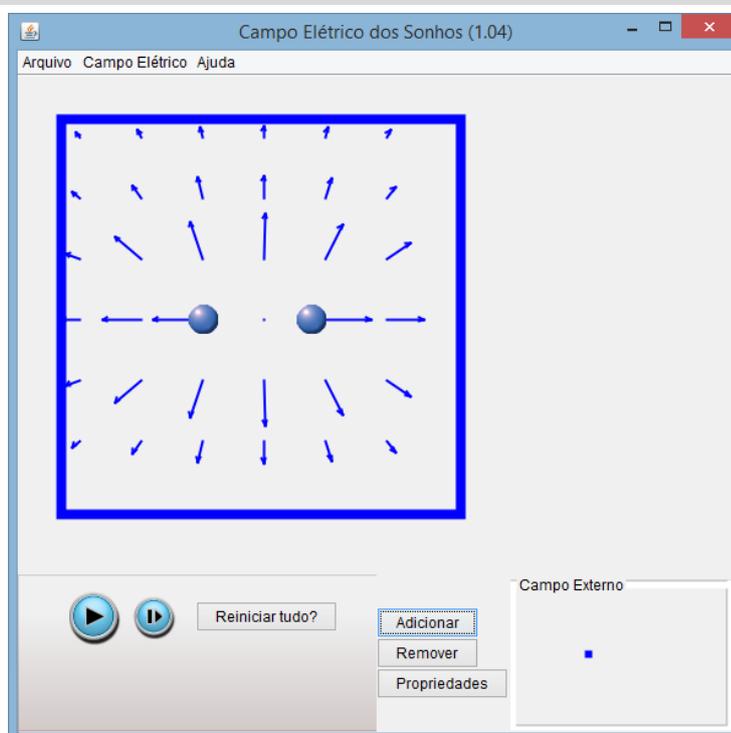


**Figura 24: Snapshot de seis frames do vídeo de um raio em câmera lenta**

Após a resposta rápida às questões, os alunos devem discutir em pequenos grupos (duplas ou triplas) os aspectos envolvidos no fenômeno, e explicar a simulação por meio das questões, sem a necessidade de se chegar a uma resposta comum. Em seguida, deverão abrir para o grande grupo (a sala toda) as suas respostas e verificar opiniões diferentes sobre o fenômeno. Posteriormente deverão ler o texto [Física das Tempestades e dos Raios](#) (SABA, 2001), onde alguns dos

questionamentos acima estão explicados. A leitura pode ser feita por toda a sala em conjunto, onde o professor pode ir mediando e fazendo comentários integradores. A participação nestes passos pode fazer parte da avaliação formativa.

### 3. Aprofundando conhecimentos (1 a 2 aulas)



**Figura 25: Screenshot da simulação Campo Elétrico dos Sonhos**

Em continuidade, retomando o tema e propondo atividades em nível crescente de complexidade e dificuldade por meio da utilização da simulação [Campo Elétrico dos Sonhos](#) desenvolvidas pelo projeto PhET da Universidade do Colorado. A proposta está em anexo e se baseia no procedimento de atividade [Electric Fields of Dreams for High School Exploratory Lab](#), disponibilizada em. Tal simulação pode ser substituída ou complementada com o uso de outras, como por exemplo, [Two Point Charges](#), [Hóquei no campo elétrico](#) ou [Cargas e campos](#), dependendo da abordagem adotada. A simulação proposta aqui foi escolhida com base na interatividade, onde o aluno é capaz de

colocar as cargas em movimento e observar a interação por meio da força elétrica. Posteriormente, é possível diferenciar campo elétrico de vetor campo elétrico, força elétrica, dentre outros conceitos físicos, buscando diferenciar progressivamente. Para isto, o professor pode demonstrar por meio de esquemas (na lousa, com animações ou outra estratégia) algumas maneiras de representar o campo elétrico (por linhas de campo ou como um campo de forças). É um momento propício para retomar o que é uma grandeza vetorial e, assim, demonstrar que o vetor campo elétrico é a medida de uma grandeza física em algum ponto a uma determinada distância de uma carga ou um corpo carregado. O caráter da interação entre cargas pode ser tratado também, citando a força de atração ou repulsão. É importante associar a questão das cargas com as nuvens, pois o aluno deve poder visualizar como se forma o campo elétrico para este caso. Pedir para que os alunos desenhem situações diferentes com cargas e seus campos elétricos permite que o professor possa determinar como o aluno está percebendo o conceito de campo elétrico. É possível notar a representação vetorial por parte dos alunos, se há uma diferenciação nas intensidades (comprimento) dos vetores em função da sua distância em relação à carga, direção e sentido.

#### 4. Situação problema de aprofundamento (1 a 2 aulas)

A construção de um para-raios pode ser feita pelo método de Franklin ou pelo método da gaiola de Faraday. Os alunos devem realizar uma pesquisa sobre a diferença entre os métodos e apresentar em grande grupo seus argumentos sobre as vantagens e desvantagens de cada método. Após isso, o grupo deve decidir qual o método mais viável, levando em consideração as vantagens e desvantagens por eles levantadas, os conceitos físicos envolvidos, bem como outros aspectos dos métodos.

##### Atividade complementar

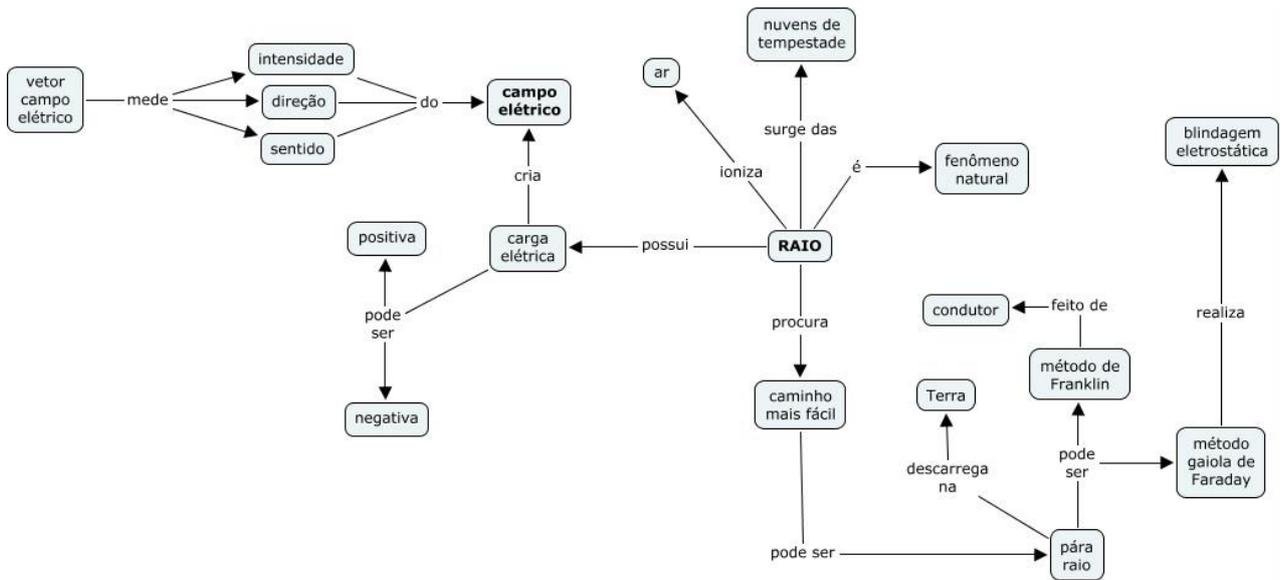
A gaiola de Faraday pode ser facilmente demonstrada utilizando dois aparelhos celulares e um pedaço de papel alumínio. Embale um dos aparelhos em papel alumínio, de forma que não haja nenhuma fresta. Tente ligar para o aparelho



que está embalado (dentro da gaiola de Faraday). O que se nota é que não há sinal e, por isso, a chamada não se completa. Após retirar o papel alumínio, é possível ver que o aparelho começa a buscar sinal.

#### 5. Aula integradora (1 aula)

Retomar os principais conceitos trabalhados ao longo da UEPS, construindo, colaborativamente, um mapa conceitual a respeito do tema e, posteriormente, comparando este com o primeiro mapa conceitual construído. É recomendável que os alunos não tenham acesso ao primeiro mapa conceitual enquanto constroem este, para que isto não os influencie. Só depois de terminado, o confronto entre os mapas deve ser feito pelos alunos, para que vejam as diferenças entre eles. Os próprios alunos costumam se impressionar com as diferenças entre os mapas. Os conceitos trabalhados ao longo da UEPS devem surgir neste novo mapa e é importante notar as conexões entre eles, pois são elas que determinam como os alunos relacionam tais conceitos. Possivelmente, a construção desse mapa deve ocorrer de forma mais fácil, pois os alunos começam a se habituar a prática. Na Figura 5, podemos notar no mapa de exemplo que, se comparado ao inicial (passo 1),



**Figura 26: Exemplo de mapa conceitual final**

## 6. Avaliação individual (1 aula)

Buscando uma reconciliação integradora, os alunos devem ser avaliados por meio de questões conceituais sobre os assuntos tratados. Estas questões são de escolha do professor, de preferência que envolvam somente conceitos e não busquem a matematização do tema.

## 7. Avaliação final e avaliação da UEPS em sala de aula (1 aula)

Análise da avaliação individual. Comentários finais integradores e avaliação por parte dos alunos sobre as estratégias de ensino utilizadas e sobre seu aprendizado. É importante que os alunos comparem as atividades realizadas por eles ao longo da UEPS, tornando-os conscientes de sua aprendizagem. Eles devem avaliar as estratégias utilizadas pelo professor, sugerindo mudanças e, assim, auxiliando o professor a adequar ainda mais a UEPS.

## 8. Avaliação da UEPS

Análise qualitativa por parte do professor a respeito da UEPS e das evidências de ocorrência de aprendizagem significativa dos conceitos abordados, tanto das avaliações individuais, quanto das atividades colaborativas. Também é importante levar em conta a avaliação feita pelos alunos sobre as estratégias utilizadas na UEPS, feita no último encontro.

### Avaliação

A avaliação será realizada ao longo da implementação da UEPS, sendo consideradas todas as evidências de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado. Além disso, os passos 6 e 7 avaliam

por meio de questões sobre os temas tratados, evidências de aprendizagem por parte dos alunos. Esta será a avaliação somativa proposta por Moreira.

### **Carga horária Total**

O tempo total proposto para a aplicação da UEPS é de 7 a 10 aulas de 50 minutos cada.

### **Referências**

HEWITT, P. G. Eletrostática. In: \_\_\_\_\_. **Física Conceitual**. 9ª edição. Porto Alegre: Editora Bookman, 2002. Cap. 22 p. 372-391.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Relâmpagos: Definição. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/definicao.php>>. Acesso em 01/08/2015

LÍBERO, V. L. O maravilhoso espetáculo dos raios. *Revista eletrônica de Ciências*, São Carlos, n. 50, set. 2012. Disponível em: <[http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art\\_50/raios.html](http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_50/raios.html)>. Acesso em: 11/07/2015.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: A Visão Clássica. Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. n. 1, 70 p., 2009. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 20/09/2014.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. 1ª edição. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

\_\_\_\_\_. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, p. 43–63, 2011. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf)>. Acesso em: 13/9/2015.

SABA, M. M. F. A Física das Tempestades e dos Raios. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, p. 19–22, 2001. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>>. Acesso em: 11/12/2014.

# PROCEDIMENTO EXPLORATÓRIO DA SIMULAÇÃO<sup>1</sup>

1) Criar, observar e desenhar o campo elétrico em torno de uma única carga pontual negativa. Faça isso clicando no botão Adicionar na simulação. Isto irá adicionar uma carga negativa de 1 coulomb para a simulação. Você pode mover a carga ao redor do campo, arrastando-o com o seu cursor. As setas indicam a direção do campo de forças em torno da carga. O comprimento da seta indica a intensidade da força. Desmarque o campo da simulação, clicando no botão Redefinir tudo e escolher sim para a reposição de qualquer questão.

2) Criar, observar e desenhar o campo elétrico em torno de uma única carga pontual positiva. Em seguida, clique no botão de propriedades e alterar a carga -1 a uma carga +1. Por fim, clique no botão Adicionar na simulação. Isto irá adicionar uma carga positiva de 1 coulomb para a simulação. Observe a diferença de sentido das setas ao redor da carga. Quando feito clicar no botão Redefinir tudo e escolha Sim para limpar o campo da simulação.

3) Criar, observar e desenhar o campo elétrico em torno de duas cargas positivas. Faça isso clicando no botão adicionar rapidamente duas vezes. Duas cargas devem começar a mover-se ao redor da tela com as linhas do campo (setas) indicando a direção e magnitude da força elétrica em cada ponto no espaço. Aperte o botão de pausa para parar o movimento de carga e arraste as cargas para lados opostos da tela. Faça um desenho das linhas de campo entre elas. As cargas possuem mesma intensidade, são positivas e, portanto, seus campos se repelem. Você pode, portanto, esperar que o campo seja mais fraco entre as cargas e maior do lado de fora. Reiniciar a simulação.

4) Criar observar e desenhar o campo elétrico em torno de duas cargas pontuais opostas. Faça isso clicando no botão adicionar uma vez para dar-lhe uma carga positiva. Agora, abra o menu de propriedades, clique no botão Propriedades e mudar a carga de volta para -1 Coulomb. Clique no botão feito e, em seguida, adicione a carga negativa 1 C clicando no botão Adicionar. As duas cargas devem se mover pela tela atraindo uma à outra. Aperte o botão de pausa e use o seu cursor para arrastar a carga positiva para o lado direito da tela e a carga negativa para o lado esquerdo da tela. Desenhe as cargas e os campos entre elas. O campo deve ser mais forte entre as cargas.

Perguntas Conclusão:

- 1) Qual a direção e sentido do vetor campo elétrico em torno de uma carga positiva?
- 2) Onde estava o vetor campo elétrico de maior intensidade em torno da carga positiva?
- 3) Onde estava o vetor campo elétrico de maior intensidade para duas carga iguais?
- 4) Onde estava o vetor campo elétrico de maior intensidade para duas cargas opostas?
- 5) As cargas individuais produzidas nas etapas 1 e 2 não se moveram enquanto as 2 cargas produzidas nas etapas 3 e 4 fizeram. Por quê?

---

<sup>1</sup> Traduzido e adaptado do original *Electric Fields of Dreams for High School Exploratory Lab*, disponível em: <[http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/contributions/view/3274](http://phet.colorado.edu/pt_BR/contributions/view/3274)>. Acesso em 03/08/2015,

# MATERIAL COMPLEMENTAR

## (Para professores e alunos)

- A Física das tempestades e dos raios

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>

- Como se formam os raios?

<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/como-se-formam-os-raios>

- Quando um raio cai no mar, até onde vai a eletricidade?

<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/quando-um-raio-cai-no-mar-ate-onde-vai-a-eletricidade>

- O que acontece se uma aeronave receber um raio em pleno vôo?

<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/o-que-acontece-se-uma-aeronave-receber-um-raio-em-pleno-voo>

- Como tirar uma foto de um raio?

<http://www.tempoagora.com.br/sustentabilidade/como-tirar-uma-foto-de-um-raio/>

- Raios promovem espetáculo de imagens pelo mundo

<http://noticias.uol.com.br/ciencia/album/2014/08/01/temporada-de-raios-traz-imagens-incriveis-nos-ceus.htm>

- Mapas conceituais e aprendizagem significativa

<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>

- Construindo mapas conceituais

<http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>