

Filipe Rogério Canzi da Silva

**AULAS SOBRE O CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR
CORRENTE ELÉTRICA COM FOCO NO PAPEL DA
MATEMÁTICA NA FÍSICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da

Silva, Filipe Rogério Canzi da

Aulas sobre o campo magnético produzido por corrente elétrica com foco no papel da Matemática na Física /
Filipe Rogério Canzi da Silva ; orientador, Henrique César da Silva - Florianópolis, SC, 2016.

173 p. ; 21cm

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Departamento de Física.

Inclui referências.

1. Relação entre física e matemática no ensino. 2. Campo magnético. 3. Linguagem matemática. 4. Linguagem estruturante. I. Silva, Henrique César da. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Física. III. Título.

Filipe Rogério Canzi da Silva

**AULAS SOBRE O CAMPO MAGNÉTICO PRODUZIDO POR
CORRENTE ELÉTRICA COM FOCO NO PAPEL DA
MATEMÁTICA NA FÍSICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em Física, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Florianópolis, 01 de março de 2016

Prof. Dr. Henrique César da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof.^a Dra. Tatiana da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina
Membro

Prof. Dr. David Antônio da Costa
Universidade Federal de Santa Catarina
Membro

Se você quiser saber mais sobre a natureza, para apreciar a natureza, é necessário entender a língua que em que ela fala.

(Richard P. Feynman)

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo elaborar, aplicar e avaliar uma proposta de aulas de física para uma turma de terceiro ano do ensino médio cuja abordagem privilegiou a criação de atividades que trabalhassem a interpretação de equações matemáticas no contexto da física. Para elaborá-lo, buscaram-se referências atuais no assunto, tendo o trabalho se fundamentado principalmente nas teses de Ricardo Karam (2012) e a de Ana Ataíde (2013b). Estas teses defendem o papel estruturante da matemática como linguagem para a física. Em um período de seis semanas, foram desenvolvidas onze aulas com a temática de “formação do campo magnético pela corrente elétrica”. Com a análise deste conjunto de aulas, mostra-se uma maneira alternativa de se ensinar este tema, onde a interpretação de equações passa a ser mais relevante.

Palavras Chave: Relação entre física e matemática no ensino. Campo magnético. Linguagem matemática. Linguagem estruturante.

ABSTRACT

This monograph was aimed to develop, implement and evaluate a physics classes proposal to a third year high school class whose approach favored the creation of activities that worked the interpretation of mathematical equations in the physics context. To produce it, relied on actual references on the subject, especially on the dissertations of Ricardo Karam (2012) and Ana Ataíde (2013b). These dissertations support the structuring role of mathematics as a language for physics. In a six-week period, eleven classes were developed with the theme of "formation of the magnetic field by the electric current." By analyzing this set of classes, there is shown an alternative way to teach this theme, where the interpretation of equations becomes more relevant.

Keywords: Relationship between physics and mathematics in teaching. Magnetic field. Mathematical language. Structuring language.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Campo magnético criado pela corrente elétrica no reto	38
Figura 2: Campo magnético criado pela corrente elétrica na espira circular.....	39
Figura 3: Campo magnético criado pela corrente elétrica no interior de um solenoide	39
Figura 4: Exemplo resolvido em sala	45-82
Figura 5: Representação através de uma flecha	46
Figura 6: Proposição (a), Questão 3, Questionário	52
Figura 7: Proposição (b), Questão 3, Questionário	53
Figura 8: Proposição (c), Questão 3, Questionário	53
Figura 9: Proposição (d), Questão 3, Questionário	54
Figura 10: Questão 01, Lista de Exercícios	55
Figura 11: Questão 02, Lista de Exercícios	56
Figura 12: Questão 03, Lista de Exercícios	56
Figura 13: Questão 04, Lista de Exercícios	57
Quadro 1: Cronograma de Aplicação da Proposta	42
Quadro 2: Respostas para a proposição “b” da questão 2	99
Quadro 3: Respostas para as proposições “c”, “d” e “e” da questão 2.....	100
Quadro 4: Respostas da proposição “f” e “g” da questão 2.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- E1: Estudante participante 1
- E2: Estudante participante 2
- E3: Estudante participante 3
- E4: Estudante participante 4
- E5: Estudante participante 5
- E6: Estudante participante 6
- E7: Estudante participante 7
- E8: Estudante participante 8
- E9: Estudante participante 9
- P: Professor Estagiário Pesquisador

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVOS.....	22
1.2.1	Objetivo Geral	22
1.2.2	Objetivos Específicos.....	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	AS RELAÇÕES ENTRE A FÍSICA E A MATEMÁTICA	25
2.2	IMPLICAÇÕES DAS RELAÇÕES ENTRE A FÍSICA E A MATEMÁTICA PARA O ENSINO	29
3	APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE AULAS.....	37
3.1.	PLANEJAMENTO DAS AULAS	41
3.1.1	Primeiro Momento: As relações de proporcionalidade.....	42
3.1.2	Segundo Momento: O campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto	44
3.1.3	Terceiro Momento: Grandezas vetoriais.....	46
3.1.4	Quarto Momento: O campo magnético criado pela corrente elétrica no interior solenoide	47
3.2	QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS	48
3.3	LISTA DE EXERCÍCIOS	55
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS	59
4.1	AMBIENTE DE PESQUISA: A ESCOLA E A TURMA ANALISADA.....	59
4.2	ANÁLISE DO PRIMEIRO MOMENTO.....	60
4.3	ANÁLISE DO SEGUNDO MOMENTO.....	76
4.4	COMENTÁRIOS SOBRE TERCEIRO MOMENTO	89
4.5	ANÁLISE DO QUARTO MOMENTO	90
4.6	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....	96
4.7	ANÁLISE DA LISTA DE EXERCÍCIOS	102
4.8	DISCUSSÃO SOBRE A PROPOSTA UTILIZADA	105
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
	REFERÊNCIAS	111
	APÊNDICE I: PLANEJAMENTO DO PRIMEIRO MOMENTO	115
	APÊNDICE II: PLANEJAMENTO DO SEGUNDO MOMENTO	123
	APÊNDICE III: PLANEJAMENTO DO TERCEIRO MOMENTO	133

APÊNDICE IV: PLANEJAMENTO DO QUARTO	
MOMENTO.....	141
APÊNDICE V: QUESTIONÁRIO	149
APÊNDICE VI: LISTA DE EXERCÍCIOS.....	149
APÊNDICE VII: TRANSCRIÇÃO DOS DADOS OBTIDOS	
ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO	155
APÊNDICE VIII: TRANSCRIÇÃO DOS DADOS OBTIDOS	
ATRAVÉS DA LISTA DE EXERCÍCIOS	171

1 INTRODUÇÃO

Estudar física no ensino médio envolve o estudante num encontro frequente com equações matemáticas, relações gráficas, representações vetoriais, e outras formas de se representar fenômenos e conceitos físicos através da linguagem matemática. Na resolução de exercícios e problemas, o estudante se depara com a necessidade de interpretar e utilizar essas representações. Mas é a matemática algo essencial à física? Seria possível aprender física sem saber matemática? Qual é o papel da matemática na física?

Não raro, professores de física atribuem problemas de entendimento de seus alunos a falta de domínio de técnicas matemáticas, afirmando que seus estudantes não sabem resolver os problemas propostos por que não conseguem lidar com a matemática envolvida (KARAM, 2012). Mas se o domínio das técnicas matemáticas fosse o principal responsável pela falta de sucesso dos estudantes em compreender a física, como se pode explicar o rendimento daqueles que vão bem nas aulas de matemática e tem dificuldades em física. Saber matemática é o suficiente para entender física?

Acredita-se que as habilidades que envolvem manipular a matemática são importantes para o sucesso na resolução de exercícios e problemas de física, mas existem outras habilidades, relacionadas à interpretação das equações, a serem consideradas como afirma Karam (2012, p. 51). Em sua pesquisa, Karam e Pietrocola (2009) defendem uma diferenciação de habilidades quando se analisa a relação que os estudantes fazem entre a matemática e a física. Eles descrevem como habilidades *técnicas* aquelas que dizem respeito à manipulação da matemática para a resolução de exercícios, e como habilidades *estruturais* aquelas que dizem respeito à forma como eles interpretam e organizam as relações matemáticas dando-lhes sentido físico.

Quando um estudante de ensino médio observa equações matemáticas ou gráficos que representam fenômenos e conceitos físicos, ele é capaz de interpretá-los? Como ele os interpreta? E o que significa dizer que ele é capaz de interpretá-los? Será que ele é capaz de olhar os símbolos expressos nestas relações e compreender, atribuir sentido, ao que eles descrevem ou definem? Para responder estas perguntas é necessário entender o que significa compreender uma representação. O que significa dizer que um estudante leu uma equação? Basta que ele decodifique os símbolos matemáticos para concluir que ele leu uma representação e atribuiu sentido físico a ela?

Para descrever o processo de leitura de símbolos matemáticos propõe-se o exemplo de um estudante de ensino médio que, folheando um livro de física, se depararia com a seguinte expressão:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (1)$$

O que ele entenderá por isto? Como ele traduzirá esta sentença escrita em linguagem matemática? Ao que o estudante irá relacionar este conjunto de símbolos? Ele poderia descrevê-los como “éfe é igual a ême vezes á”. Talvez ele identifique os termos e diga que significam que “força é igual a massa vezes aceleração”. Mas seria possível que este estudante interpretasse a equação como algo mais do que isto. Que entenda que “a força depende da massa e da aceleração”, ou ainda que “a força é diretamente proporcional à aceleração e a massa é uma constante de proporcionalidade entre as duas”? Ele será capaz de perceber que esta expressão representa uma relação vetorial? Que esta é uma das maneiras de se expressar o conceito do força na mecânica newtoniana?

As duas primeiras formas de tradução, onde o estudante entende a equação por “éfe é igual a ême vezes á” ou por “força é igual a massa vezes aceleração”, demonstram somente uma decodificação de símbolos. É uma espécie de leitura sem interpretação, que caracteriza um “analfabetismo funcional” físico-matemático.

A terceira forma de leitura, onde o estudante entende que “a força depende da massa e da aceleração”, demonstra uma interpretação da sentença como uma equação matemática e um entendimento do significado físico desta equação. Este entendimento, entretanto, não considera a natureza das grandezas massa e aceleração. Ele caracteriza a capacidade do estudante de interpretar a sentença, mas ainda é uma interpretação muito superficial frente aos conceitos físicos envolvidos.

A quarta forma carrega, em si, a natureza da massa na relação, e como se dá a relação entre força e aceleração (diretamente proporcional). Todavia, essa forma de leitura, apesar de carregar mais informação que as outras, também tem suas limitações. A leitura realizada por um sujeito que, por exemplo, possui um conhecimento muito abrangente da história da mecânica newtoniana contaria com interpretações mais complexas do que essas quatro. Este exemplo serve para indicar que a cultura e conhecimento de mundo determinam a forma como o sujeito “lê” este mundo. Para Rosa (2005):

[...] podemos definir leitura como um ato individual, voluntário e interior, que se inicia com a decodificação dos signos linguísticos que compõem a linguagem escrita convencional, mas que não se restringe à mera decodificação desses signos, pois, a leitura exige do sujeito leitor a capacidade de interação com o mundo que o cerca.” (ROSA, 2005, p. 1)

Este texto descreve um projeto que construiu e aplicou uma proposta de aulas que pretenderam levar um grupo de estudantes do ensino médio a uma reflexão sobre o papel da matemática na física para favorecer o desenvolvimento de suas habilidades estruturais no que diz respeito à utilização da matemática na física.

1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA E JUSTIFICATIVA

O ensino de física deveria ser capaz de desenvolver no aluno a habilidade de utilizar a matemática como instrumento para pensar o mundo físico. Entretanto, quando voltamos nossa atenção para a forma como a matemática vem sendo abordada em aulas de física, muitas vezes detectamos uma exacerbada ênfase em seu caráter técnico. (KARAM, 2012, p. 35)

O problema abordado neste texto trata da visão que os estudantes de ensino médio têm da relação entre a matemática e a física. Ao abordar este tema em sua tese, Karam (2012) expõe sua visão sobre a forma como a matemática é tratada em muitas aulas de física:

Não raro, fórmulas são apresentadas sem justificativas, problemas numéricos são resolvidos de maneira algorítmica e acrítica, expressões matemáticas **não são acompanhadas de interpretações físicas**, fazendo com que os estudantes criem uma aversão aos aspectos matemáticos da física por não compreenderem os motivos de tal formalização. (KARAM, 2012, p. 35, grifo nosso)

Este discurso, que descreve a aversão dos alunos pelos aspectos matemáticos da física, levou diversos pesquisadores da área do ensino de física no Brasil, segundo Karam (2012), a defenderem uma abordagem mais “conceitual” da física no ensino. O objetivo desta abordagem seria privilegiar questões teóricas, focando na compreensão dos fenômenos físicos sem o formalismo matemático. Isso implica em valorizar a linguagem verbal no ensino de física. Mas quais são os limites dessa abordagem “conceitual”? É possível ensinar física abrindo mão deste “formalismo”? Para Karam (2012), a partir de Pietrocola (2002), a matemática tem um papel fundamental para a estruturação da física e não pode ser desprezada:

[...] apesar de concordarmos com a crítica à ênfase no papel instrumental da matemática, não acreditamos que a solução passe por uma eliminação completa dos aspectos formais, independentemente do nível escolar que se considere... (KARAM, 2012, p. 35)

Para este trabalho, o que se defende e propõe é uma forma diferente de se discutir a matemática durante as aulas de física. Propõe-se criar aulas levassem os estudantes a ler as equações físicas como mais do que uma série de símbolos algébricos cujo objetivo é resolver problemas abstratos. A busca é por leva-los a interpretar algo mais destas equações.

Deste modo, é necessário buscar desconstruir o pensamento ilusório que existe uma dualidade no saber físico, sendo este dividido em ‘conceitual’ e ‘matemático formal’. Abaixo são apresentados uma série de clichês/chavões utilizados por muitos professores de física e que demonstram uma imagem que pode ser considerada inapropriada da relação entre a matemática e a física:

“A matemática é a linguagem da física”
 “A física é uma aplicação da matemática”
 “A matemática é utilizada como
 ferramenta de cálculo em física”
 “Meu aluno não aprende física porque não
 sabe matemática”
 “A física do problema acabou, daqui para
 frente é só matemática”
 (KARAM, 2012, p. 33)

Reflexões sobre estas e outras afirmações, que descrevem a visão de diversos professores, são importantes para que esta imagem da matemática possa ser alterada. O projeto descrito neste texto surgiu com o objetivo de criar e aplicar uma proposta diferenciada de se ensinar física para estudantes de ensino médio. O foco desta proposta é o de abordar o papel da matemática na física, pensando com os estudantes como interpretar as equações matemáticas que descrevem fenômenos físicos. Abordando o problema em suas pesquisas, Ataíde (2013a) e Ataíde (2013b) critica a ênfase que muitos professores dão à instrumentalização da matemática que acaba refletindo na incapacidade dos estudantes de interpretar as representações de modelos físicos expressos em linguagem matemática:

... para ensinar os alunos do ensino médio é necessário **ensiná-los a ler as equações da Física**, porque, caso contrário, eles as verão como um monte de fórmulas matemáticas que faz pouco ou nenhum sentido. (ATAÍDE, 2013a, p. 210, grifo nosso)

Em seus trabalhos acadêmicos, Karam (2012), Ataíde (2013a) e Ataíde (2013b), destacaram a necessidade da realização de pesquisas que busquem compreender como a visão que os estudantes têm sobre o papel da matemática na física influencia na forma como eles aprendem. Em sua tese, Karam (2012) descreve:

Apesar de ser um assunto de extrema relevância para o ensino de física e um dilema comumente enfrentado por qualquer professor dessa disciplina, não é possível encontrar na literatura muitas pesquisas que se dedicam a investigar as relações entre física e matemática no ensino. (KARAM, 2012, p. 37)

O problema que se identificou para a realização deste trabalho está associado à forma como a matemática é tratada nas aulas física. A mudança que se propôs e analisou, está ligada a uma mudança na forma de lidar com a linguagem matemática nestas aulas. Esse estudo surgiu da necessidade de se abordar um tema ainda pouco explorado pela academia e que exerce influência na formação tecnológica e científica dos estudantes de ensino médio e superior de física. A elaboração, aplicação e análise da proposta que é apresentada neste documento

permite um avanço neste aspecto à medida que mostra e analisa situações de sala de aula e o trabalho docente na busca por uma inovação nessa perspectiva.

1.2 OBJETIVOS

O pensamento que motivou este trabalho foi o de elaborar uma proposta de aulas para estudantes de ensino médio que seja capaz de criar discussões sobre a interpretação da linguagem matemática utilizada na física. Para a aplicação de tal proposta, selecionou-se uma instituição do sistema público de ensino, dentro da qual uma turma foi escolhida. Foi avaliado o momento didático que os alunos se encontravam e criado um plano de aulas para seis semanas que desenvolvesse reflexões sobre o papel da matemática na física além de corresponder aos conteúdos propostos no plano de ensino do professor de física da instituição.

A instituição escolhida foi a E.E.M. Presidente Castelo Branco, localizada no Rio Tavares, na cidade de Florianópolis, SC. Dos fatores que favoreceram a seleção desta escola destacam-se a facilidade promovida pela direção para a elaboração do estágio; a facilidade de acesso; e a instituição não participava de nenhum programa diferenciado associado ao ensino de física. Este último critério de seleção foi utilizado objetivando enquadrar a proposta em um ambiente escolar típico das escolas públicas brasileiras, tendo em vista que, em Florianópolis, existe um número razoável de instituições públicas de ensino com condições de trabalho diferenciadas como o Colégio de Aplicação da UFSC, o Instituto Federal de Santa Catarina, e o Instituto Estadual de Educação. A escola será melhor descrita no capítulo 4 (ver página 73).

Dentro da instituição, escolheu-se uma turma do terceiro ano do ensino médio, período noturno. A seleção desta turma, frente às de primeiro e segundo ano, esteve associada, dentre outros aspectos, ao conteúdo da física que seria abordado. Uma discussão envolvendo os fenômenos iniciais do magnetismo era convidativa à proposta, entretanto, como objetivo geral deste projeto envolve lidar de forma diferente com a matemática nas aulas de física ele pode estar associado a qualquer conteúdo.

1.2.1 Objetivo Geral

A partir do que foi descrito, tendo sido expresso o contexto em que se inseriu o trabalho, apresenta-se seu objetivo geral como:

Elaborar, aplicar e avaliar uma proposta de aulas de física para uma turma de terceiro ano do ensino médio cuja abordagem privilegie o trabalho de interpretação para equações matemáticas, em especial as relações de proporcionalidade expressas, no contexto da física.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para o alcance do objetivo geral traçaram-se os objetivos específicos do trabalho como sendo:

- a) Identificar na literatura teses, dissertações e artigos que fundamentem a proposta estabelecida no que tange às relações entre a física e matemática no ensino;
- b) Preparar as aulas a serem lecionadas, selecionando os temas que serão discutidos em sala de aula, bem como construir a metodologia a ser utilizada para trabalhá-los;
- c) Reconhecer as principais características associadas à forma como alunos da turma selecionada interpretam as representações matemáticas utilizadas na física;
- d) Analisar a metodologia utilizada e sua aplicação a partir da reflexão dos dados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, de fundamentação teórica, apresentam-se os temas associados aos objetivos do estudo levantando informações junto à comunidade de pesquisa em ensino de física necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Como a proposta formada pretendeu discutir a visão que os estudantes têm da matemática utilizada na física, buscou-se entender o que pesquisas têm dito a esse respeito, ou seja, sobre o papel da matemática na física no contexto de seu ensino. Essa busca deu origem ao primeiro tópico da fundamentação, onde se discute este papel. Como a proposta trata de ensinar física, um outro questionamento realizado foi sobre como esta relação, entre a matemática e a física, influencia no ensino-aprendizado. No segundo tópico da fundamentação serão apresentadas algumas das principais características desta influência segundo pesquisas de ensino recentes.

A partir da literatura estudada, dividiram-se em tópicos os questionamentos que foram selecionados para a elaboração da fundamentação teórica. São eles:

- Qual a relação entre a física e a matemática? Qual o papel que a matemática exerce dentro da física?
- Quais as implicações que esta relação tem no ensino de física? O que se estudou no campo da pesquisa acadêmica sobre a utilização deste conhecimento, do papel da matemática para física, aplicado no ensino? Quais características deste conhecimento podem ser utilizadas para a realização da proposta?

Devido às proximidades dessas pesquisas com a proposta discutida neste texto, frequentemente serão feitas referências a duas teses de doutorado que se tornaram essenciais para a elaboração desta fundamentação: a de Ricardo Karam (2012) e a de Ana Ataíde (2013b).

2.1 AS RELAÇÕES ENTRE A FÍSICA E A MATEMÁTICA

De fato, a história nos fornece inúmeras evidências da existência de complexas e profundas relações entre física e matemática, bem como da importância dessa influência mútua para o desenvolvimento de ambas. (KARAM, 2012, p. 7)

Uma análise histórica que descreva o desenvolvimento da física e da matemática constatará que a maturação de uma foi diversas vezes responsável pela maturação da outra. Esta afirmação pode ser vista sobre duas perspectivas: Quando desenvolvimento da física desempenhou um papel importante para o desenvolvimento da matemática, e quando o desenvolvimento da matemática desempenhou um papel importante para o desenvolvimento da física.

Um olhar desatento, que buscasse compreender a relação entre a física e a matemática, poderia concluir que a matemática se desenvolve independente da física, mas um olhar histórico mostra que diversos problemas físicos contribuíram para o amadurecimento da matemática. Dentre eles, citam-se como exemplos o cálculo diferencial e integral, a análise de Fourier e a análise vetorial.

O cálculo, cujas origens são encontradas no método da exaustão, tem seu desenvolvimento motivado na necessidade científica de uma compreensão melhor dos movimentos dos corpos. O surgimento da derivada, que trata do problema da determinação da tangente, associou-se, por exemplo, à construção do conceito de velocidade instantânea. A integral, que trata do problema da determinação de comprimentos, áreas e volumes, foi materializada na determinação da distância percorrida por um móvel.

A análise de Fourier, que trata de representação de funções quaisquer a partir da soma de funções trigonométricas, teve sua formulação motivada pela determinação de uma descrição matemática para o perfil de uma corda elástica sujeita a deformações. A metodologia utilizada por Daniel Bernoulli, por exemplo, consistia na descrição de oscilações quaisquer realizadas em uma corda a partir da soma infinita de harmônicos de ondas estacionárias.

O formalismo vetorial estudado hoje nas academias teve seu desenvolvimento extremamente motivado pela busca de uma representação matemática dos fenômenos eletromagnéticos. O caráter tridimensional dos fenômenos estudados no eletromagnetismo fez parte elaboração da análise vetorial atual. Citam-se termos como “fluxo”, “divergente” e “rotacional”, característicos do cálculo vetorial, para observar que eles carregam uma visão da dinâmica de fenômenos físicos.

A outra via de pensamento, que enxerga a importância que a matemática tem para o desenvolvimento da física, conta com elementos que interessam mais a fundamentação desta pesquisa, pois a proposta exige uma compreensão do papel que a matemática tem dentro da física.

Em sua tese, Karam (2012) realiza uma discussão sobre o tema, abordando a visão de diversos pensadores. Dentre elas, discute-se a de Henri Poincaré:

Refletindo sobre a importância da linguagem matemática para descrição das leis da Física, Poincaré aponta que, mesmo considerando que as leis provenham da experiência, para enunciá-las é preciso uma linguagem especial, uma vez que a linguagem corrente é demasiado pobre e muito vaga para exprimir relações tão delicadas, tão ricas e tão precisas. (KARAM, 2012, p. 10)

Essa visão trata a matemática como essencial ao físico por, ao contrário da linguagem corrente, conter características que lhe permitam exprimir adequadamente as relações entre as grandezas físicas. Karam afirma que Poincaré caracteriza a importância da matemática também em seu aspecto de generalização. Um físico que realiza um experimento busca identificar neste uma regularidade a qual ele possa expressar em uma lei geral e precisa. A matemática exige que o físico generalize o conhecimento adquirido para que ele possa enunciar uma lei, expressando-a, em geral, na forma de uma equação matemática entre grandezas físicas.

Outro pensador que Karam também aborda em sua tese é Elie Zahar (1980). Este autor defende que ao traduzir um princípio intuitivo para uma teoria matemática, o físico adiciona conteúdo à teoria. Para defender este argumento, podem-se citar exemplos onde a suposição original do cientista não cobre os conhecimentos presentes na formulação matemática que ele havia criado. A formalização do eletromagnetismo contém muitos aspectos com estas características. Na citação abaixo, Heinrich Hertz (1857-1894), descreve um pouco de sua leitura de fórmulas matemáticas do eletromagnetismo. Ele expressa uma visão de que existiam conteúdos nestas fórmulas que ainda não haviam sido interpretados nem mesmo pelos seus inventores.

Não se pode evitar a sensação de que essas fórmulas matemáticas têm uma existência independente e inteligência própria, que são mais sábias do que nós, mais sábias até que seus descobridores, que delas retiramos mais do que originalmente nelas colocamos. (HERTZ apud KARAM, 2012, p. 12)

Karam afirma que Zahar defende que outro papel fundamental que a matemática desempenha na física está associado à interpretação de entidades. Apesar de existirem entidades matemáticas que não têm interpretação física, existem casos em que se realiza uma interpretação desta entidade e ela é bem-sucedida. Pode-se citar o exemplo de Paul Dirac (1902-1984) que previu a existência da anti-partícula ao admitir valores negativos para a solução da equação de onda relativística. Os neutrinos, previstos em 1930 por Wolfgang Pauli (1900-1958), também caracterizam a interpretação de uma entidade matemática que obteve sucesso (somente foram observadas absorções de neutrinos em 1953).

Michel Paty (1995), outro filósofo que discute a relação entre a matemática e a física, posiciona-se descrevendo que a matemática teve um papel dentro da física que varia dentro da história. Ele alerta sobre a impossibilidade de se realizar uma generalização, independente do momento histórico, que descreva o papel da matemática na física.

Quando nos interrogamos sobre a coincidência (ou harmonia) entre uma teoria física que fornece representações de fenômenos da natureza e os conceitos e teorias matemáticas que servem para exprimi-la, somos por vezes tentados a adotar uma postura de generalização, sem levar em conta a especificidade de cada caso e período histórico, não fazendo referência a sistemas particulares de racionalidade física e matemática definidos em um determinado estado de elaboração dos objetos dessas ciências. Portanto, tudo que podemos dizer com alguma certeza sobre a relação entre matemática e física, só tem sentido quando se analisa um determinado momento, historicamente situado, tanto no que diz respeito às formas matemáticas disponíveis como aos problemas físicos específicos. (PATY apud KARAM, 2012, p. 13)

Karam (2012) relata que Paty diferencia a estruturas matemáticas utilizadas pelas teorias físicas em níveis. No nível mais “fraco”, os elementos matemáticos possuem um caráter somente descritivo, são desprovidos de conteúdo físico. Nestes casos, a utilização da matemática para a descrição do fenômeno físico pode até mesmo ser desnecessária. No nível mais “forte”, entretanto, a matemática penetra na própria construção do conceito físico. Velocidade instantânea, força resultante e

entropia são exemplos de grandezas definidas com o uso da linguagem matemática, representando uma utilização de nível “forte”:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

$$F_R = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \quad (3)$$

$$S = k \cdot \ln W \quad (4)$$

No nível “forte”, a matemática apresenta um caráter estruturante do conhecimento físico, fundamental para a construção de conceitos, caracterizando-a por ser mais do que um instrumento de comunicação. Ataíde (2013b), discutindo a concepção de Paty, cita a formulação do eletromagnetismo por Thomson e Maxwell, que utilizaram a matemática para estruturar a sua teoria e não somente para descrever aspectos empíricos. Segundo ela:

[...] a matematização apresenta-se não como uma mera tradução da teoria para a linguagem matemática, ou seja, a matematização apresenta-se como uma etapa integrante do processo de construção da teoria. (ATAÍDE, 2013b, p. 46)

Ao responder à questão do papel que a matemática tem para o desenvolvimento da física, entende-se que, como linguagem, ela desempenha um papel estruturante. Para conhecer as implicações que a relação entre as duas tem para o ensino, no próximo tópico serão apresentados conhecimentos associados a pesquisas que discutem a influência desta relação no ensino-aprendizado de física.

2.2 IMPLICAÇÕES DAS RELAÇÕES ENTRE A FÍSICA E A MATEMÁTICA PARA O ENSINO

Por se constituir na linguagem do conhecimento físico, a Matemática assume um papel tão importante no Ensino de Física, quanto tem no processo de construção desse conhecimento. (ATAÍDE, 2013b, p. 46)

O objetivo deste tópico é refletir sobre as implicações que a relação entre a física e a matemática tem no ensino de física. Será

defendido que a visão que os estudantes têm desta relação influencia no seu aprendizado e que a imagem que eles criam parte da metodologia de ensino da escola. Para discutir o tema, apresenta-se uma citação de um artigo de Pietrocola (2002) onde ele retrata uma ideia frequente entre professores de física:

Os professores de Física gostariam que seus alunos chegassem à sala de aula com os pré-requisitos matemáticos completos. Em contrapartida, os professores de Matemática não aceitam, com razão, que sua disciplina seja pensada apenas como instrumento para outras disciplinas, e impõem uma programação que nem sempre se articula com aquela da Física. (PIETROCOLA, 2002, p. 91)

Analisando a imagem que os professores de física desta citação têm da matemática, identifica-se um posicionamento que a trata como uma mera ferramenta para a resolução de problemas físicos. Uma equação utilizada na física exige uma interpretação por parte de estudante que vai além daquela que ele aprende nas aulas de matemática. Esse **posicionamento do professor**, de tratar a matemática como um instrumento, acabando sendo compartilhado pelos seus alunos, que ficam com a impressão de que conhecer a expressão matemática que descreve um problema e saber como resolvê-la consiste no entendimento da física.

Isso cria um ciclo vicioso que perpetua uma visão instrumentalista da matemática. Segundo Ataíde (2013b), esta imagem não é apresentada aos estudantes somente pelo docente, mas também, pelos livros didáticos, “**uma vez que raramente apresentam uma exposição de conteúdo e atividades problemas que fujam do instrumentalismo da Matemática já consolidado no Ensino de Física**” (ATAÍDE, 2013b, p. 48). Ela alerta para um problema que esta visão pode acarretar para o ensino:

Consequentemente, a preocupação dos estudantes passa a ser apenas em conhecer a equação e como a resolve, sem ter como objetivo a compreensão dos conceitos, uma vez que muitos deles têm como base de sua concepção uma estrutura matemática. Como sabemos isso não é suficiente para uma compreensão conceitual da Física, e

poderá servir de obstáculo para uma compreensão mais aprofundada dessa ciência. (ATAÍDE, 2013b, p. 47)

Ao criticar essa visão corrompida da matemática como um instrumento para a física, surge a necessidade de refletir sobre qual compreensão que é a adequada ao estudante de física do ensino médio. Karam (2012), descrevendo o trabalho de diversos pesquisadores, conclui que existe uma “falta de consenso sobre o que significa entender uma equação física” (KARAM, 2012, p. 41). Para discutir o problema, ele traça um panorama de algumas discussões acadêmicas.

Segundo Karam (2012, p. 37), “na perspectiva da modelagem matemática de fenômenos físicos, considera-se a ideia de que o estudante deva ser capaz de elaborar modelos a partir da interpretação de dados e identificação de variáveis, além de construir várias representações dos mesmos e transitar por elas”. Para compreender melhor as características desta perspectiva, ele descreve a pesquisa de modelização matemática realizada por Angell (2008) com estudantes do ensino secundário nos Estados Unidos. Nela, são apresentadas uma série de atividades de modelização, envolvendo a interpretação de equações matemáticas e tradução de medidas em modelos. As atividades são hierarquizadas de acordo com complexidade das expressões matemáticas utilizadas. As expressões mais simples são aquelas que envolvem relações lineares, tais como a lei de Hooke, sendo que na medida em que são adicionados mais elementos às equações elas são consideradas mais complexas, tais como aquelas que envolvem funções quadráticas ou irracionais.

Esta perspectiva de modelização, de acordo com Karam (2012), apesar de descrever uma habilidade necessária ao físico (construir relações matemáticas a partir de um conjunto de dados), carrega uma visão epistemológica que não caracteriza a matemática como uma linguagem estruturante para a física. Segundo ele:

[...] do ponto de vista epistemológico, essa postura nos dá uma impressão de que a matemática é vista como uma linguagem descritiva; como uma “caixa de ferramentas”. Usando a terminologia de Paty (1995), podemos dizer que as atividades propostas fazem uso da matemática em um nível ‘fraco’. Estamos interessados, porém, em analisar a possibilidade de se abordar o nível mais “forte” da matemática como fundamental para a

estruturação teórica da física (KARAM, 2012, p. 38)

A crítica de Karam à proposta de Angell (2008) indica que, na sua visão, a capacidade do estudante de elaborar e representar modelos é limitada. Ele argumenta que uma proposta centrada na tradução de dados em equações matemáticas, “sem uma discussão pertinente sobre modelos teóricos e princípios impostos pela razão, tende a transmitir uma ideia distorcida, ou pelo menos restrita, das possibilidades de se utilizar o pensamento matemático para compreender a natureza” (KARAM, 2012, 39).

Buscando outra perspectiva, Karam (2012) analisa a pesquisa de Bing e Redish (2009). Ele descreve o sistema proposto por estes autores, chamado Concepção Epistemológica (*Epistemological Framing*) “que tem como objetivo modelar o pensamento dos estudantes e examinar as garantias/justificativas oferecidas pelos mesmos quando utilizam a matemática para resolver problemas de física” (KARAM, 2012, p. 45). Para isto, os Bing e Redish (2009) dividem o pensamento em quatro estilos, identificados através de suas pesquisas com estudantes de ensino superior.

Os estilos de pensamento propostos são: Rotina de Cálculo (*Calculation*), Interpretação Física (*Physical Mapping*), Invocando Autoridade (*Invoking Authority*) e Consistência Matemática (*Mathematical Consistency*).

Para descrever os estilos, Karam (2012) usa um exemplo retratado na tese de Bing (2009). Neste exemplo, quatro professores (alpha, beta, gamma e delta) da disciplina de Física Geral I (ensino universitário), cada um ilustrando um estilo, estariam planejando uma aula sobre a equação horária do movimento uniforme:

$$x_f = x_0 + v \cdot \Delta t \quad (5)$$

O professor alpha, que caracteriza o pensamento de “Rotina Matemática”, observa a equação (5) e conclui que ela representa um esquema de cálculo. Sabendo-se três variáveis, é possível descobrir o valor da quarta através de operações algébricas. A equação mostra como encontrar este valor e a pretensão do professor é mostrar isso para seus alunos.

O professor beta, que caracteriza o pensamento de “Interpretação Física”, observa a equação (5) e conclui que ela representa um modelo que expressa uma ideia física. Ele pretende discutir com seus alunos que

a velocidade significa o quanto o corpo se move por unidade de tempo e quando se multiplica esse valor com o tempo, descobre-se o deslocamento do móvel.

O professor gamma, que caracteriza o pensamento de “Invocando Autoridade”, observa a equação (5) e conclui que ela representa uma regra conveniente para a cinemática, assim como outras equações, tais como “ $x_f = x_0 + v_0 \cdot \Delta t + \frac{a}{2} t^2$ ” e “ $v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta S$ ”. No caso dessa equação, ela somente será válida quando a aceleração for nula. Em sua discussão com os alunos, ele descreve como a matemática poupa tempo do físico, que usa as fórmulas para como forma de atalho para chegar aos resultados.

O professor Delta, que caracteriza o pensamento de “Consistência Matemática”, observa a equação (5) e conclui que ela se encaixa em uma estrutura matemática frequentemente utilizada na física: “final é igual à inicial mais variação”. Ele pretende demonstrar como esta equação pode ser deduzida de “ $v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$ ” e mostrar que ela descreve a solução do conjunto de equações diferenciais “ $\frac{d^2x}{dt^2} = k$ ”, para o caso em que “ $k = 0$ ”.

Analisando o comportamento destes professores, é possível identificar características dos quatro estilos de pensamento propostos por Bing e Redish (2009).

O estilo de “Rotina Matemática” é identificado quando o estudante, confiando na estrutura do formalismo matemático, aplica um conjunto de regras algorítmicas para resolver um problema. Neste estilo, o significado físico dos elementos não é importante, sendo intenso o uso de símbolos para representar as grandezas.

O estilo de “Intepretação Física” é identificado quando o estudante busca representar a equação através de modelos reais. Em geral, ele faz o uso de figuras e diagramas durante a resolução do problema, além descrever a situação com uso de gesticulações.

O estilo de “Invocando Autoridade” é identificado quando o estudante evoca uma fonte autoritária de informação, tal como um livro ou professor, para justificar suas afirmações. Resolver cada problema a partir de seus princípios iniciais é considerado uma “perda de tempo”, sendo frequentes a utilização de tabelas e menções à teoremas matemáticos e regras.

O estilo “Consistência Matemática” é identificado quando o estudante demonstra compreender que uma estrutura matemática pode

ser utilizada para modelar situações físicas diferentes. Ele é capaz de fazer analogias e categorizar equações matemáticas semelhantes.

Karam (2012) descreve que não é possível criar uma hierarquia entre os estilos, indicando qual o melhor, mas considera que o mais adequado a sua pesquisa, assim como com a proposta desta pesquisa, é o de Consistência Matemática, ilustrado pelo professor Delta.

É preciso estar ciente dos perigos inerentes a se fazer juízos de valor. Entretanto, sendo coerente com os propósitos de nossa pesquisa, devo confessar que, na possibilidade de escolha, seria um dos alunos do professor Delta. (KARAM, 2012, p. 48)

É possível observar uma semelhança entre o estilo “Rotina de Cálculo” de Bing e Redish (2009) com o nível “fraco” de Paty (1995) para o uso da matemática, bem como os estilos de “Interpretação Física” ou “Consistência Matemática” com o nível “forte”.

Em sua tese, Karam (2012) discute uma proposta dele e de Pietrocola, apresentada em outros trabalhos (KARAM; PIETROCOLA, 2009), que diferencia as habilidades dos estudantes em *técnicas* e *estruturais*. A *técnica* é a aquela que existe é vazia de significado físico, utilizada puramente para a resolução de problemas; e a *estrutural* é aquela que, estando sempre associada a interpretações físicas, relaciona e organiza as relações matemáticas usadas na física.

Karam (2012) defende que ambas são necessárias para um bom desempenho dos estudantes na disciplina de física, mas critica a visão de professores que atribuem o insucesso de seus estudantes à falta de habilidade técnica.

[...] apesar de necessária [a capacidade de manipular matematicamente], essa condição está longe de ser suficiente, ou seja, não é possível afirmar que os estudantes que as dominam serão bem sucedidos em física. (KARAM, 2012, p. 51)

Fica exposta na tese de Karam (2012) uma posição que coloca as habilidades técnicas como necessárias, mas insuficientes, para o sucesso dos estudantes nas disciplinas de física. Ele também defende que as aulas de físicas devem ser focadas no desenvolvimento de habilidades estruturais pelo estudante, enquanto as aulas de matemática devem se focar no desenvolvimento das habilidades técnicas:

Dessa forma, o enfoque nas habilidades estruturais é tarefa legítima do ensino de física, enquanto que as habilidades técnicas seriam aprendidas em aulas de matemática. Entretanto, é importante enfatizar que apesar de a ‘matemática das aulas de matemática’ ser diferente da necessária nas aulas de física, isso não significa que o ensino de matemática consiste em treinar os estudantes para a aplicação rotineira de regras e algoritmos sem sentido. (KARAM, 2012, p. 54)

As ideias apresentadas nesta fundamentação demonstram que existe a necessidade de se estabelecer uma proposta didática para o ensino de física diferenciada daquela que coloca as habilidades técnicas como foco. A proposta deste projeto, aplicado em sala de aula, foi desenvolver atividades que trabalhassem habilidades estruturais, como as defendidas por Karam (2012), com estudantes de ensino médio.

3 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE AULAS

Neste capítulo apresentam-se os planos das aulas elaborados. Essa elaboração levou em conta o contexto real de aplicação, ou seja, as características dos estudantes da turma selecionada. A aplicação na escola se deu por este licenciando enquanto estagiário na escola. Duas semanas antes de iniciar a aplicação do projeto, quatro aulas, lecionadas pelo professor de física da escola, foram acompanhadas. O professor usou estas aulas para introduzir o tema magnetismo. Durante elas foi possível conversar com os alunos, discutir sobre como eles pensavam a física e sobre como eles resolviam os exercícios. Este processo levou à construção de uma visão prévia das dificuldades enfrentadas pela turma na resolução de problemas de física. Essa imagem inicial considerou que os estudantes pareciam ter poucas habilidades técnicas e estruturais. As características observadas sobre forma como eles estudantes lidavam com o conhecimento físico refletiu no modo como os conteúdos foram abordados. Uma descrição dos detalhes da turma selecionada pode ser vista no quarto capítulo (ver p. 54).

O tempo total para a aplicação da proposta foi de seis semanas, totalizando onze aulas de quarenta minutos, que foram divididas em quatro momentos. Em dois destes momentos (o primeiro e o terceiro) foram realizadas discussões com os alunos que abordavam a representação de fenômenos físicos pela linguagem matemática (no primeiro momento se discutiu equações e no terceiro momento a linguagem vetorial). Nos outros dois momentos (o segundo e o quarto) foram contemplados os fenômenos de: formação do campo magnético no fio reto pela corrente elétrica; e formação do campo magnético no interior do solenoide pela corrente elétrica.

Estes dois fenômenos foram abordados pois tinham discussão prevista no planejamento do professor de física da escola. Eles foram discutidos juntamente com o fenômeno de “formação do campo magnético no centro da espira circular pela corrente elétrica”, mas sem a utilização da equação que descreve a intensidade do campo neste caso.

Abaixo se apresenta as três equações matemáticas associadas ao tema: a da intensidade do campo magnético criado pela corrente elétrica percorrendo um fio reto (equação 6); a da intensidade do campo magnético criado no centro da espira circular quando passa uma corrente elétrica por ela (equação 7); e a do campo magnético criado no interior do solenoide quando passa uma corrente elétrica por ele (equação 8).

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \quad (6)$$

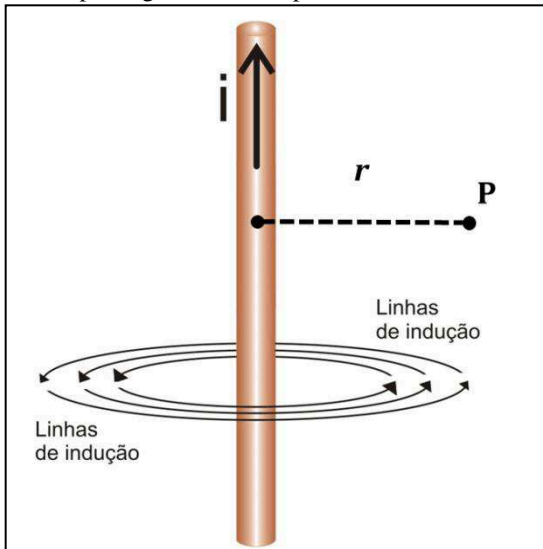
$$B = \frac{\mu \cdot i}{2R} \quad (7)$$

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L} \quad (8)$$

Os símbolos utilizados nestas equações representam as grandezas: “B” a intensidade do campo magnético; “ μ ” a permeabilidade magnética do meio; “i” a corrente elétrica; “d” distância ao fio reto; “R” raio da espira circular; “N” o número de espiras do solenoide; e “L” o comprimento do solenoide.

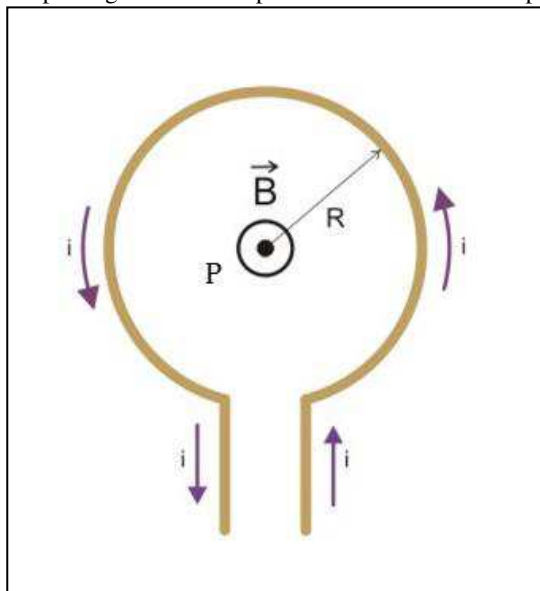
Abaixo são apresentadas figuras que descrevem uma visualização do modelo representado por estas equações. O campo magnético “B” é calculado no ponto P e o meio possui permeabilidade “ μ ”.

Figura 1: Campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto.



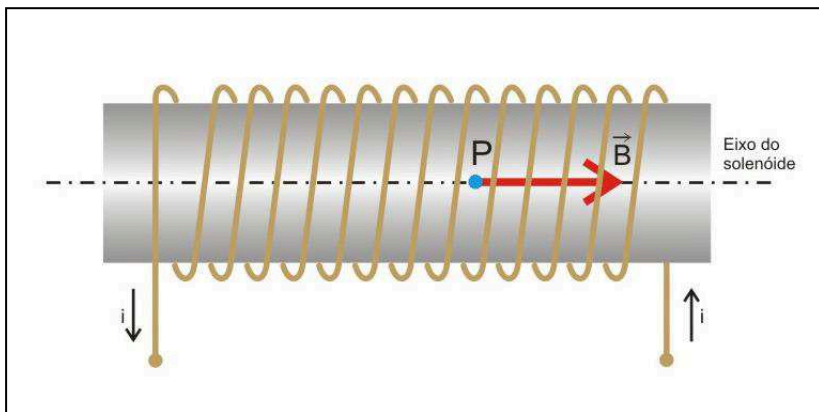
Fonte: FERRARO, 2013. (adaptado pelo autor).

Figura 2: Campo magnético criado pela corrente elétrica na espira circular.



Fonte: FERRARO, 2013. (adaptado pelo autor)

Figura 3: Campo magnético criado pela corrente elétrica no interior de um solenoide.



Fonte: FERRARO, 2013.

As três equações representam modelos de fenômenos eletromagnéticos. Todas podem ser demonstradas através da aplicação da lei de Ampère, considerando que o fio por onde passa a corrente

elétrica não possui volume (HALLIDAY, 2011, p. 764). Para a equação (6), é necessário considerar que o fio reto modelizado é infinito, assim como para a equação (8) é necessário considerar que o solenoide modelizado é infinito. A lei de Ampère, expressa em sua forma integral, e sem a correção proposta por Maxwell, é:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \cdot i \quad (9)$$

Para analisar as equações (6) e (8) com os estudantes do ensino médio, propôs-se identificar com os estudantes as relações de proporção que estavam implícitas nestas equações para poder discutir seus significados físicos. Fazendo uma análise da equação (6) e da equação (8), que foram selecionadas para serem discutidas com os alunos, pode-se observar que:

- O campo magnético descrito pelas duas equações são soluções para a lei de ampère aplicada sobre em condições específicas de distribuição de densidade de corrente elétrica.
- Nas equações, o produto da permeabilidade magnética com a corrente elétrica é proporcional ao campo magnético, mas este é inversamente proporcional a um valor de distância (como proposto pela lei de Ampère).
- As grandezas expressas nas equações estão todas elevadas à primeira potência.
- A equação do fio reto apresenta a constante irracional 2π .
- A equação do solenoide apresenta a variável adimensional “N”.

Usando a nomenclatura de Paty, pode-se considerar que as duas equações são de nível “fraco”. Nenhuma delas define o campo magnético, mas o descrevem sobre certas condições. A equação de nível “forte”, neste contexto, seria a lei de Ampère. Apesar de um estudo que discuta a inserção da lei de Ampère no ensino médio ser possível, a proposta elaborada tratará somente das equações (6) e (8).

3.1. PLANEJAMENTO DAS AULAS

Para a aplicação da proposta, foram cedidas pelo professor de física da escola seis semanas, totalizando doze encontros. Destes doze encontros, um seria utilizado pelo professor para concluir seu planejamento pedagógico com os alunos. Assim, a proposta foi realizada com a aplicação de onze aulas, cada uma contendo quarenta minutos. As atividades começaram no dia 22 de outubro de 2014 e terminaram dia 27 de novembro, conforme tabela 1. Os encontros ocorriam semanalmente nas quartas e quintas feiras à noite. O planejamento das aulas as dividiu em quatro momentos. Todas as aulas foram gravadas e o áudio foi utilizado para a realização da análise.

No primeiro momento, chamado “As relações de proporcionalidade”, realizaram-se discussões sobre a interpretação das relações de proporção direta e inversa expressas em equações matemáticas utilizadas na física. Como as grandezas expressas nas equações (6) e (8) estão todas elevadas às potências um ou menos um, não foi necessário determinar com os estudantes o que seriam relações de proporcionalidade quadráticas ou cúbicas. Os termos e conceitos discutidos neste momento foram utilizados durante todas as outras aulas da proposta.

No segundo momento, chamado “campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto”, foram discutidas as relações entre os conceitos de campo, campo magnético, corrente elétrica e permeabilidade magnética. Foi apresentada a equação do campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto (equação 6) e realizado um exercício envolvendo esta equação.

No terceiro momento, chamado “grandezas vetoriais”, realizaram-se discussões envolvendo a interpretação de representações vetoriais e sua utilização para a descrição do campo magnético.

Entre o terceiro e o quarto momento, durante a oitava aula, foi realizada uma atividade com os estudantes cujo objetivo foi identificar seu entendimento dos conceitos discutidos, fazendo perguntas relacionadas à interpretação de equações matemáticas e imagens. Esta primeira atividade foi chamada de “Questionário”.

No quarto momento, chamado “campo magnético criado pela corrente elétrica no interior do solenoide”, foram discutidas as relações entre os conceitos de espira, solenoide e linhas de campo, apresentando-se a equação do campo magnético criado pela corrente elétrica no solenoide (equação 8).

Ao final dos quatro momentos, durante a décima primeira aula, foi realizada uma atividade com os estudantes cujo objetivo foi identificar seu entendimento dos conceitos discutidos durante a proposta através da resolução de quatro questões de vestibulares. Esta segunda atividade ficou chamada de “Lista de Exercícios”.

No quadro 1, apresentado abaixo, segue o cronograma de aplicação da proposta. O planejamento dos momentos e atividades será descrito nos próximos tópicos deste capítulo. Todo o material encontra-se nos apêndices.

Quadro 1: Cronograma de Aplicação da Proposta

Dias	Atividade
22/10 e 23/10	As relações de proporcionalidade
29/10, 30/10 e 06/11	Campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto
12/11 e 13/11	Grandezas vetoriais
19/11	Questionário
20/11 e 26/11	Campo magnético criado pela corrente elétrica no interior do solenoide
27/11	Lista de Exercícios

Fonte: Elaborado pelo Autor

* O dia 05/11 foi utilizado pelo professor de física da escola para a realização de uma atividade prevista em seu planejamento.

3.1.1 Primeiro Momento: As relações de proporcionalidade

O primeiro momento, descrito em detalhes no apêndice I (ver p. 104), teve sua execução planejada e realizada em dois encontros. Sua proposta era discutir com os estudantes as relações de proporcionalidade direta e inversa e como elas são expressas em equações matemáticas de um modo geral e dentro da física.

Como estratégia para a apresentação do tema, criaram-se duas situações envolvendo as relações de proporção direta e inversa. Elas descreviam uma festa numa cidade fictícia que comemorava seu aniversário com a divisão de bolos entre os moradores.

Na primeira situação, cada pessoa que morava na cidade ganhava um bolo e para que cada bolo fosse feito era necessário que o confeitiro utilizasse cinco colheres de farinha. Foi realizado um diálogo com estudantes buscando responder a pergunta: “Quantas colheres de farinha

o confeitiro vai necessitar para fazer todos os bolos da festa da cidade?”.

Na segunda situação, a cidade fazia um grande bolo de 100 kg, e dividia igualmente entre todos os moradores. O diálogo realizado nesta situação buscava responder: “Qual o peso do pedaço de bolo que cada pessoa irá receber?” (não houve preocupação em diferenciar peso de massa durante os diálogos).

Nas duas situações, a resposta buscada dependia da quantidade de pessoas que moram na cidade e de um valor constante. Na situação inicial, quanto mais pessoas, mais colheres eram necessárias e concluiu-se que a relação de proporção entre as grandezas é direta. Na segunda situação, quanto mais pessoas, menor vai ser o pedaço de bolo que cada uma vai receber, logo a relação de proporção é inversa.

As equações que descrevem ambas as situações são expostas abaixo.

$$C = 5 \cdot Q \quad (10)$$

$$P = \frac{100}{Q} \quad (11)$$

A legenda das equações é: “C” representa o número de colheres de farinha; “Q” representa a quantidade de pessoas que moram na cidade; e “P” representa o peso/massa do pedaço de bolo que cada pessoa vai receber. O valor “5” representa o número de colheres necessárias para fazer cada bolo da primeira situação, e o valor “100” representa a massa do bolo que vai ser repartido na festa da segunda situação.

Durante os dois encontros foram feitas, além da discussão desses problemas citados acima, uma série de perguntas aos estudantes (ver apêndice I, p. 104) com o objetivo de obter dados. Elas foram realizadas tanto para facilitar a exposição do tema como para identificar a forma como os estudantes entendiam a matemática e sua utilização na física, conforme objetivos específicos (c) (ver p. 22).

Para a realização das discussões, uma série de equações matemáticas, que descreviam fenômenos físicos, foram escritas no quadro. Inicialmente, pediu-se para que os alunos lessem aquelas equações e dissessem o que eles entendiam por elas. Com o desenvolvimento da aula, criaram-se situações onde os estudantes poderiam comparar estas equações físicas expostas no quadro com as equações descritas pelas duas situações fictícias envolvendo a cidade

que realizava uma festa. O objetivo era que eles observassem as semelhanças estruturais entre as equações e relacionassem esta estrutura às relações de proporcionalidade entre as grandezas físicas envolvidas.

3.1.2 Segundo Momento: O campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto

O segundo momento, descrito em detalhes no apêndice II (ver p. 111), teve sua execução planejada e aplicada em três encontros. Ele começa com a realização de uma discussão sobre o significado de campo e sua importância para descrever fenômenos na física. Essa discussão serviu como introdução ao conceito de campo magnético. Como os alunos já haviam estudado o campo magnético terrestre com o professor supervisor, foi realizada uma descrição do experimento de Oersted, onde se apresentou a existência de uma relação entre corrente elétrica e campo magnético.

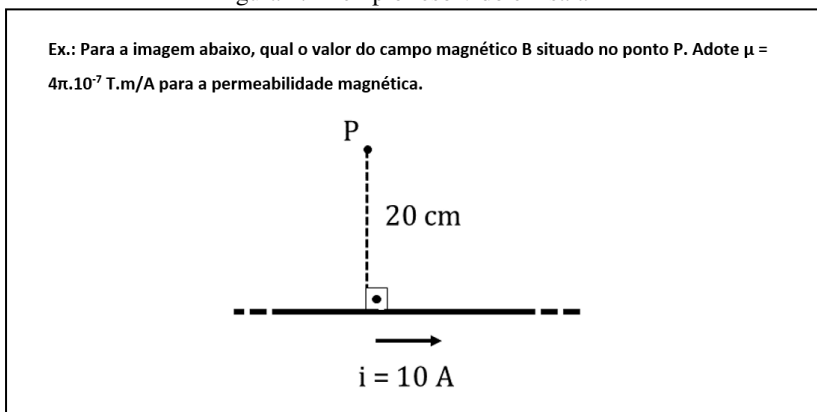
Essa contextualização do tema serviu para introduzir um diálogo que levou a à apresentação da equação do campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto (equação 6).

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \quad (6)$$

Esse diálogo envolveu questionamentos sobre quais fatores influenciariam na intensidade do campo, tais como o aumento da corrente, o aumento da distância ou a mudança do meio. Com isso foram propostas as relações de proporcionalidade entre o campo e as devidas grandezas físicas. O termo “ 2π ” foi descrito como uma constante que dependia do fenômeno.

Após a apresentação da equação, foi exposto um exercício envolvendo a equação (6) e sua resolução:

Figura 4: Exemplo resolvido em sala



Fonte: Elaborado pelo autor

A resolução do exercício contou com uma discussão sobre a necessidade das medidas utilizadas em uma equação estarem todas num mesmo sistema de unidades (neste exercício a medida de distância foi convertida de centímetros para metros). Para contextualizar esta discussão, foi feita uma comparação com a situação da festa e dos bolos (abordada no primeiro momento). O que aconteceria se as colheres utilizadas pelo confeiteiro da cidade ao invés de ser de sopa, por exemplo, fossem de chá? Ele iria precisar de mais colheres do que antes, mas quantas? Foi proposto que se cada colher de sopa era equivalente a quatro colheres de chá, a equação do número de colheres mudava da equação (10) para a equação (12):

$$C = 5 \cdot Q \quad (10)$$

$$C = 20 \cdot Q \quad (12)$$

A alteração é necessária, pois foi alterada a unidade de medida utilizada, assim como no exemplo proposto foi necessário alterar da distância de centímetros para metros. A resolução do exercício também contou com uma revisão da manipulação de frações e potências de dez.

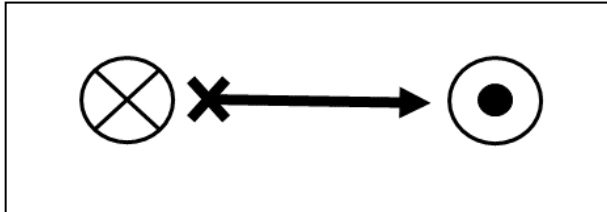
Como as discussões neste momento do trabalho envolviam a temática proposta pelo professor supervisor ao mesmo tempo em que serviram para coletar dados acerca da forma como os estudantes interpretavam as equações descritas, elas estão diretamente associadas aos objetivos específicos (b) e (c) (ver p. 22).

3.1.3 Terceiro Momento: Grandezas vetoriais

O terceiro momento, descrito em detalhes no apêndice III (ver p. 121), foi planejado com o objetivo de discutir as representações vetoriais de fenômenos físicos, sendo enfatizada a representação utilizada para descrever a formação de campo magnético pelo fio reto. Sua execução foi planejada e executada em dois encontros. Para isto, abordaram-se os conceitos de vetor, de grandezas físicas escalares e vetoriais, e o significado de diversos termos utilizados nas representações vetoriais, tais como os termos módulo, perpendicular, paralelo, tangente, etc. Durante todo o encontro diversos questionamentos (ver apêndice III, p. 121) iam sendo propostos aos estudantes buscando identificar seu entendimento do tema.

Durante os encontros, apresentou-se a regra da mão direita e os símbolos que representam vetores que entram e saem de um plano (\odot e \otimes). Para descrever estes símbolos foi utilizada o modelo de uma flecha que pode estar entrando ou saindo do plano (ver apêndice III, p. 125), conforme a figura abaixo:

Figura 5: Representação através de uma flecha



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi apresentado neste momento o conceito de linhas de campo e sua utilização na descrição do campo magnético criado pelo fio reto. Explicou-se como identificar a direção e o sentido do campo através da reta tangente à linha, bem como reconhecer variações na intensidade do campo através de variações na aproximação e afastamento das linhas. Esta discussão que envolveu o conceito das linhas de campo e as suas características fez parte do tema proposto pelo professor supervisor, estando diretamente relacionada ao objetivo específico (b) (ver p. 22).

3.1.4 Quarto Momento: O campo magnético criado pela corrente elétrica no interior solenoide

O quarto momento, descrito em detalhes no apêndice IV (ver p. 128), teve sua execução planejada e aplicada em dois encontros. Ele foi utilizado para apresentar as características da formação do campo magnético criado pela corrente elétrica no interior do solenoide. Para isto foi exposto no que consiste uma espira e um solenoide ao mesmo tempo em que se descreveu onde eram utilizados, relacionando-os ao funcionamento de motores e à geração de energia elétrica.

Com a apresentação do conceito de solenoide, discutiu-se quais seriam as possíveis variáveis que afetariam na intensidade do campo magnético em seu interior e julgadas as relações de proporção entre estas e o campo. Como resultando, expôs-se a equação (8):

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L} \quad (8)$$

Este momento foi dividido em duas aulas: na primeira aula, foi realizada a apresentação e discussão da equação (8) com os estudantes; na segunda aula, foi planejada a exposição em sala de aula de dois eletroímãs contendo diferentes números de espiras e que poderiam estar sobre diferentes correntes. Eles foram feitos enrolando-se um fio flexível em um prego de ferro. Junto com os eletroímãs, foram montados dois esquemas de pilhas em série, um contendo duas pilhas e outro contendo quatro pilhas, para caracterizarem diferentes valores de corrente elétrica. Com este equipamento, realizou-se uma série de questionamentos (ver apêndice IV, p. 128) sobre a relação entre o funcionamento do eletroímã e a equação (8). Dentre os questionamentos destacam-se: “O que muda se o eletroímã é ligado em duas pilhas ou em quatro?”; “o que muda se o prego é de ferro ou é de cobre?”; “o que muda se tem cinquenta ou cem espiras enroladas no prego?”. Durante a aula, não foi realizado nenhum experimento para medir o campo magnético em cada situação. Levar os eletroímãs e as pilhas serviu para que os estudantes pudessem visualizar num equipamento concreto como as grandezas que fazem parte da equação (8) poderiam variar.

O objetivo da apresentação dos eletroímãs, bem como a realização dos questionamentos envolvidos com esta apresentação, foi o de induzir o estudante a uma reflexão sobre o significado da equação (8) com a pretensão de favorecer o entendimento de que as equações matemáticas utilizadas na física não são abstrações desprovidas de

realidade, mas que são formas de expressar um ideal de realidade. Como o tema apresentado, campo magnético criado pela corrente elétrica no interior do solenoide, foi proposto pelo professor supervisor, a realização deste momento está diretamente associada aos objetivos específicos (b) e (c) (ver p. 22).

3.2 QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ALUNOS

O questionário foi elaborado para obtenção de dados acerca do aprendizado dos alunos durante a evolução da proposta. Sua aplicação ocorreu no oitavo encontro com os estudantes, que foi realizado no dia 19/11/2014. Ele foi dividido em três partes: A primeira delas envolvia o conceito de equação; a segunda tratava das relações de proporcionalidade direta e inversa; e a terceira abrangia a interpretação de imagens que representam fenômenos físicos descritos com o uso de vetores.

O questionário pode ser visto no Apêndice V (ver p. 136) estando indicada em cada questão a resposta que se esperava dos estudantes. Todas as respostas obtidas foram transcritas e podem ser vistas no Apêndice VII (ver p. 142).

No alto da primeira página do questionário havia duas orientações para a realização da atividade:

- Escreva com suas palavras as respostas para as perguntas abaixo.
- Escreva da forma como você pensa sem se preocupar com estar certo ou errado.

Uma das preocupações com a aplicação do questionário era a de que os estudantes deixariam as questões em branco por não ter certeza das respostas. O objetivo destas instruções era motivá-los a realizar o questionário mesmo que não tivessem convicção sobre a resposta. O objetivo era obter dados acerca da forma como pensam e para isto era necessário que eles expusessem isto.

O questionário foi utilizado pelo professor supervisor como uma atividade valendo nota. Os estudantes que participaram da atividade receberam uma nota que foi adicionada ao seu desempenho do quarto bimestre. Como não foi criado um gabarito, as notas foram medidas de acordo com as questões respondidas. Ao lado do enunciado de cada questão havia um número indicando uma pontuação que seria cedida na

atividade caso o estudante fornecesse uma resposta. Os estudantes que responderam todas as questões do questionário receberam nota máxima.

A primeira questão apresentada foi:

01) Para você, o que é uma “equação”? Você pode explicar sua resposta através de um exemplo.

Os objetivos desta questão eram identificar nos estudantes:

- A forma como descrevem um conceito matemático;
- Possíveis erros conceituais sobre o significado de uma equação;
- Possíveis associações que fazem entre este termo (equação) e a física.

A justificativa para a realização desta questão esteve na busca por dados sobre a maneira como os estudantes interpretam equações e sua utilização na física. A proposta de aulas elaborada privilegiou discussões envolvendo a expressão das relações de proporção em equações e não em outras formas tais como gráficos. Essa justificativa está diretamente associada ao objetivo específico (c) deste estudo (ver p. 22).

O esperado para esta questão era que os estudantes descrevessem que a equação representa uma relação e que dessem alguns exemplos de equações físicas e/ou matemáticas.

A segunda questão apresentada aos estudantes estava dividida em sete proposições, todas elas envolvendo a equação do campo magnético criado no interior de um solenoide:

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L} \quad (8)$$

Os alunos ainda não haviam entrado em contato com esta equação durante as aulas, mas ela seria um dos temas dos próximos encontros. As variáveis representadas por cada letra foram apresentadas no início da questão.

Uma das justificativas para a utilização desta equação está em seu formato, que pareceu adequado a uma discussão sobre proporcionalidade, pois apresenta três relações de proporção direta e uma de inversa. Assim fica possível questionar se os estudantes

identificam, por exemplo, que as grandezas permeabilidade e corrente elétrica tem características semelhantes na sua relação com o campo.

Como a equação era desconhecida até aquele momento, os alunos não tinham informações sobre o fenômeno que ela retratava, ou seja, não era esperado durante a resolução da questão que eles fizessem uma interpretação sobre o significado físico da equação. A proposta era saber se os estudantes identificam as relações de proporção presentes na estrutura da equação mesmo sem saber qual o significado físico desta.

A primeira proposição, letra “a”, desta questão foi:

- a) Observe a equação abaixo e escreva o que ela significa para você.

Os objetivos desta proposição eram identificar nos estudantes:

- A forma como descrevem uma equação que representa um fenômeno físico desconhecido;
- Possíveis problemas que encontram ao interpretar uma equação desconhecida;
- Possíveis conclusões que apresentam sobre as relações expressas na equação.

As quatro proposições seguintes, letras “b” “c” “d” “e”, desta questão foram respectivamente:

b) O **Campo Magnético** (desta equação) depende de quantas grandezas?

c) A relação entre a **Campo Magnético** e a **Corrente Elétrica** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa?

d) A relação entre a **Campo Magnético** e o **Número de Espiras** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa?

e) A relação entre o **Campo Magnético** e o **Comprimento** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa?

Os objetivos destas proposições foram identificar:

- A capacidade dos estudantes de reconhecer o número de grandezas associadas a uma equação;
- A capacidade dos estudantes de diferenciar as relações de proporcionalidade direta e inversa expressas em uma equação;
- A quantidade de estudantes que conseguiram e que não conseguiram, através das discussões em sala, classificar as relações de proporcionalidade como direta ou inversa quando expressas na forma de uma equação.
- Possíveis problemas que encontram ao interpretar uma equação desconhecida.

As duas proposições seguintes, letras “f” “g”, desta questão foram respectivamente:

f) Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar o Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir a **Corrente elétrica**, o que você faria com ela?

g) Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar o Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir o **Comprimento**, o que você faria com ele?

Os objetivos destas proposições eram identificar nos estudantes:

- A capacidade de diferenciar as relações de proporcionalidade direta e inversa expressas em uma equação;
- A quantidade dos que conseguiram e que não conseguiram, através das discussões em sala, reconhecer as relações de proporcionalidade direta e inversa quando expressas na forma de uma equação.
- Possíveis problemas que encontram ao interpretar uma equação desconhecida.

A justificativa para a realização desta questão esteve na busca por dados que auxiliem na avaliação da proposta de aulas utilizada. Esta justificativa está diretamente associada ao objetivo específico (d) deste estudo (ver p. 22).

A terceira questão estava dividida em quatro proposições, cada uma contendo uma imagem que representava um fenômeno físico utilizando vetores. O enunciado que apresentou a questão foi a seguinte:

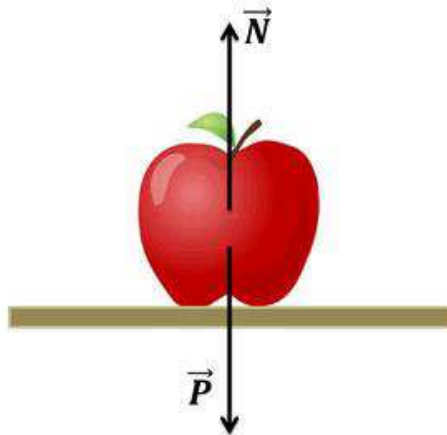
03) O que você entende pelas figuras abaixo? Procure descrever o que significa cada parte da imagem para você.

Todas as imagens representavam fenômenos os quais era esperado que os estudantes já tivessem entrado em contato durante o ensino médio. As três primeiras figuras apresentavam problemas essencialmente mecânicos e a quarta apresentava uma situação de magnetismo.

A justificativa para a utilização da instrução *procure descrever o que significa cada parte da imagem para você* estava associada à preocupação de que os estudantes deixariam a questão em branco por não conseguir identificar o fenômeno físico que as imagens descreviam. O objetivo era obter informações sobre o que eles entendiam, mesmo que não fizesse sentido com o fenômeno apresentado.

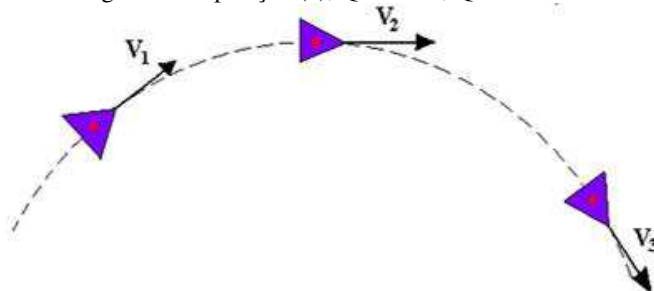
As imagens apresentadas foram as seguintes:

Figura 6: Proposição (a), Questão 3, Questionário



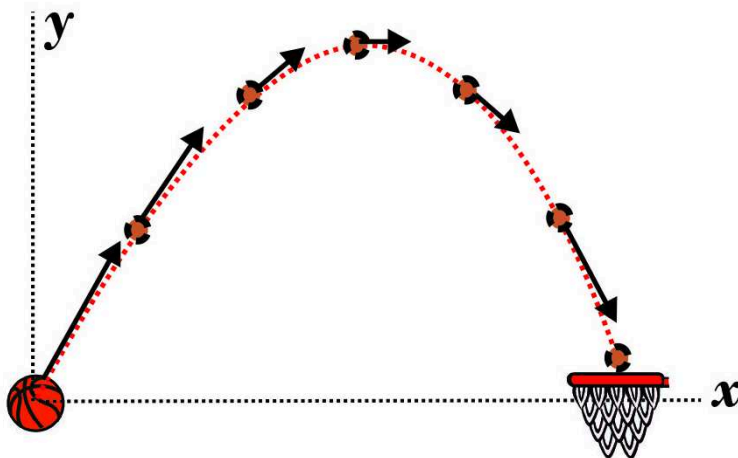
Fonte: EDUARDO, s.d.

Figura 7: Proposição (b), Questão 3, Questionário



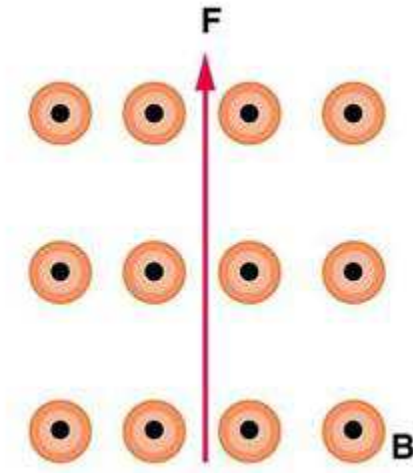
Fonte: MARQUES, 2014

Figura 8: Proposição (c), Questão 3, Questionário



Fonte: PAULA, 2014

Figura 9: Proposição (d), Questão 3, Questionário



Fonte: RICE, s.d. (adaptado pelo autor)

O objetivo desta questão era identificar nos estudantes:

- A capacidade de reconhecer, em uma imagem, vetores que representam grandezas físicas;
- A capacidade de diferenciar os vetores de acordo com as grandezas que eles representam em cada imagem;
- A forma como descrevem uma imagem que representa um fenômeno físico através de vetores;
- Possíveis problemas que encontram na interpretação de uma imagem que representa um fenômeno físico;
- Possíveis erros conceituais acerca dos fenômenos físicos apresentados.

A realização desta questão esteve na busca por dados sobre a maneira como os estudantes interpretam imagens com vetores e sua utilização na física. Apesar de estar associada ao objetivo específico (c) deste estudo (ver p. 22), como trabalho está centrado em discutir o uso da linguagem matemática na física, com foco em equações, conforme objetivo geral (ver p. 22), esta questão não será analisada junto do

restante do questionário. As respostas fornecidas pelos estudantes podem ser encontradas no apêndice VII (ver p. 142).

3.3 LISTA DE EXERCÍCIOS

A lista de exercícios foi elaborada para a obtenção de dados acerca do aprendizado dos alunos com a realização da proposta de aulas. Sua aplicação ocorreu no décimo primeiro encontro com os estudantes (último encontro), que foi realizado no dia 27/11/2014. Ela foi elaborada com quatro questões: As três primeiras eram questões de múltipla escolha envolvendo problemas associados à formação de campos magnéticos em solenoides; e a quarta questão era discursiva e exigia dos estudantes a interpretação e resolução da equação do campo magnético criado no interior de um solenoide.

A lista de exercícios pode ser vista no Apêndice VI (ver p. 140) estando indicado em cada questão o gabarito da mesma. Todas as respostas obtidas foram transcritas e podem ser vistas no Apêndice VIII (ver p. 160).

A primeira questão apresentada foi:

Figura 10: Questão 01, Lista de Exercícios

01. Considere a situação em que um menino enrola várias espiras de um fio condutor de eletricidade ao redor de uma barra de ferro.

Leia, agora, as afirmações abaixo:

I - Se a barra for de material isolante, ela se comportará como um condutor.

II - Se a barra de ferro for um magneto, uma corrente elétrica circulará pelas espiras.

III - Se uma corrente elétrica circular pelas espiras, a barra de ferro se comportará como um isolante.

IV - Se uma corrente elétrica circular pelas espiras, a barra de ferro se comportará como um magneto.

A afirmativa que se aplica à situação descrita é a de número:

a) I b) II c) III d) IV

Fonte: Vestibular UERJ/RJ apud BOCAFOLI, 2008.

A segunda questão apresentada foi:

Figura 11: Questão 02, Lista de Exercícios

02. Considere as afirmações sobre o campo magnético no interior de um solenoide.

I. O módulo desse campo é proporcional ao número de espiras por unidade de comprimento do solenoide.

II. A intensidade desse campo diminui quando se introduz uma barra de ferro no seu interior.

III. O módulo desse campo é proporcional à intensidade da corrente elétrica que percorre o solenoide.

Está correto SOMENTE o que afirma-se em:

a. I b. II c. III d. I e II e. I e III

Fonte: Vestibular UNIFOR/CE apud BOCAFOLI, 2008.

A terceira questão apresentada foi:

Figura 12: Questão 03, Lista de Exercícios

03. Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira?

a) É constante e perpendicular ao plano da espira.

b) É constante e paralelo ao plano da espira.

c) No centro da espira é nulo.

d) É variável e perpendicular ao plano da espira.

e) É variável e paralelo ao plano da espira.

Fonte: Vestibular FCC/SP apud BOCAFOLI, 2008.

Os objetivos das questões 01, 02 e 03, eram identificar nos estudantes:

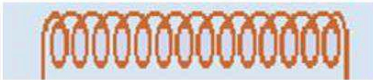
- Suas capacidades de interpretar um texto científico e relacioná-lo a um fenômeno discutido em sala.
- Possíveis problemas na interpretação de um texto que descreve um fenômeno físico.
- Possíveis dúvidas que tenham referentes ao fenômeno de formação do campo magnético em um solenoide.
- Possíveis dúvidas que tenham referentes ao fenômeno de formação do campo magnético em uma espira.

A justificativa para a realização das questões 01, 02 e 03, esteve na obtenção de dados acerca do aprendizado dos estudantes sobre o conteúdo discutido durante a aplicação da proposta de aulas. Essa justificativa está diretamente associada ao objetivo específico (d) deste estudo (ver p. 22).

A quarta questão apresentada estava dividida em um enunciado e duas proposições. O enunciado era o seguinte:

Figura 13: Questão 04, Lista de Exercícios

04. Um solenoide ideal, de comprimento 50 cm e raio 1,5 cm, contém 2000 espiras e é percorrido por uma corrente de 3,0A.



O campo de indução magnética é paralelo ao eixo do solenoide e sua intensidade B é dada por:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{L}$$

Onde N é o número de espiras, L é o comprimento do solenoide e i é a corrente.

Sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$:

Fonte: Vestibular UNICAMP/SP apud BOCAFOLI, 2008.

A primeira proposição desta questão era a seguinte:

a) Qual é o valor de B ao longo do eixo do solenoide?

Examinando esta proposição em seu contexto, conclui-se que ela faz parte de um modelo bastante comum em questões de física: Os dados numéricos que serão necessários para a resolução de uma equação são apresentados no enunciado; estes dados precisam ser analisados e suas unidades devem ser transformadas para que resultado seja obtido no sistema de internacional de unidades; a equação que utiliza os dados fornecidos para obter a incógnita da questão encontra-se em um formulário ou, como neste caso, na própria questão. Este modelo de questão, quando utilizado em uma avaliação, serve para medir as habilidades técnicas dos estudantes.

Para a proposta deste projeto, os objetivos desta proposição eram identificar nos estudantes:

- As habilidades técnicas que tem de reconhecer, em um problema de física, as variáveis que influenciam na obtenção da incógnita desejada e as unidades que necessitam converter para encontrar esta incógnita;
- As dificuldades na resolução de uma equação matemática que envolve potências de dez e divisão com frações;
- Os problemas que encontram ao interpretar o enunciado de uma questão de física.

A justificativa para a realização desta proposição está na obtenção de dados acerca da forma como os estudantes resolvem problemas de física que envolvam a substituição de medidas físicas em equações matemáticas que representam fenômenos. Essa justificativa está diretamente associada ao objetivo específico (c) deste estudo (ver p. 22).

A segunda proposição desta questão era a seguinte:

b) O que aconteceria com o campo magnético se eu dobrasse o raio de cada espira? Justifique.

Os objetivos desta proposição eram identificar nos estudantes:

- A capacidade de interpretar as relações expressas na forma de uma equação e de reconhecer as grandezas físicas relacionadas e não relacionadas a esta;
- A forma como interpretam uma informação que não influencia no valor da incógnita que está isolada na equação.
- Possíveis problemas na interpretação de um texto que descreve um fenômeno físico.

A justificativa para a realização desta proposição está na obtenção de dados acerca da forma como os estudantes resolvem problemas de física que envolvam a substituição de medidas físicas em equações matemáticas que representam fenômenos. Essa justificativa está diretamente associada ao objetivo específico (c) deste estudo (ver p. 22).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

Com o processo de planejamento e implementação da proposta de aulas, foram obtidos dados para a realização de um diagnóstico. Neste capítulo são apresentados uma parte do material obtido assim como será feita a sua análise que serviu para fazer uma reflexão sobre o que foi realizado em sala de aula, baseando-se naquilo que foi descrito na fundamentação teórica. Neste capítulo, também serão apresentadas e analisadas características identificadas acerca da forma como os estudantes entrevistados interpretam equações matemáticas utilizadas na física.

Para a realização da análise, foi selecionado somente um dos quatro momentos didáticos realizados. O momento selecionado foi o primeiro: “As relações de proporcionalidade”. Essa seleção ocorreu, pois, o primeiro momento foi o que se obteve material em áudio com mais participação dos alunos durante as discussões em sala. Além de examinar este momento, também foi feita uma discussão acerca dos resultados obtidos com a aplicação do questionário e da lista de exercícios.

4.1 AMBIENTE DE PESQUISA: A ESCOLA E A TURMA ANALISADA

Através de observações e entrevistas realizadas com o coordenador pedagógico do período noturno, o professor supervisor e os estudantes, coletaram-se dados a respeito da instituição de ensino selecionada para a aplicação da proposta: a Escola de Ensino Médio (E.E.M.) Presidente Castelo Branco. No ano de aplicação da proposta, a instituição havia passado por uma modificação estrutural. No início de 2014, ela foi deslocada do bairro Armação para o bairro Fazenda do Rio Tavares, instalando-se na Rodovia SC-405 ao lado do Terminal Urbano TIRIO. Neste local, a escola passou a dividir espaço com a E.E.M. João Gonçalves Pinheiro. Ambas as instituições possuíam turmas nos períodos matutino, vespertino e noturno.

A estrutura em que estão instaladas conta com laboratório de informática, biblioteca e uma sala multimídia. Apesar da nova, esta estrutura já apresenta alguns problemas: As salas de aula possuem ar-condicionados que por algum motivo associado a instalação elétrica não funcionam; A biblioteca, apesar de nova, estava desorganizada e fica

com as janelas voltadas para o terminal urbano tornando-se um local bastante barulhento; o “quadro-negro” das salas de aula era o mesmo utilizado em outras escolas estaduais, ou seja, uma parede pintada que levanta muita poeira quando se usa o giz; em menos de um ano de uso da estrutura, algumas paredes já apresentam falhas de pintura. O objetivo deste projeto não foi identificar as características estruturais da escola, mas ficou evidente que nestas existiam problemas que poderiam influenciar no aprendizado dos estudantes.

A turma selecionada para a aplicação da proposta tinha o número 321. Era uma turma noturna do terceiro ano do ensino médio formada por um grupo de 23 estudantes, com maioria feminina. A faixa etária dos estudantes ia dos 16 aos 18 anos e, realizando uma breve entrevista com o grupo, foi exposto que a maioria deles já trabalhavam. O livro texto utilizado pelo professor de física desta turma era o volume 3 da coleção ‘Física Aula por Aula’ de Barreto Filho e Cláudio da Silva (FILHO, 2013).

4.2 ANÁLISE DO PRIMEIRO MOMENTO

O primeiro momento da proposta de aulas foi realizado com o objetivo de discutir com os estudantes as relações de proporção direta e inversa e como elas são expressas em equações matemáticas. Neste momento, trata-se da linguagem matemática de uma maneira desvinculada do magnetismo, que havia sido o último conteúdo que os estudantes entraram em contato nas aulas de física. A forma de aplicação deste fez com que, ao mesmo tempo em que se ensinava, realizava-se uma pesquisa, sendo que as perguntas que eram feitas aos alunos serviam para a obtenção de dados e simultaneamente se propunham a levá-los a uma reflexão sobre a forma como eles viam a matemática. Deixar mais claro para eles a forma como pensam é fundamental para que se possa discutir outras formas de pensar.

Zylbersztajn (1991) propõe uma metodologia para o ensino de disciplinas científicas aonde o estudante começa o processo de ensino conscientizando-se de suas concepções alternativas antes de serem discutidos os paradigmas científicos. De uma forma análoga, durante as aulas deste momento, buscou-se fazer com que os estudantes refletissem sobre a forma como veem a matemática antes de serem feitas discussões apresentando as ideias de proporção direta e inversa.

Para preservar as identidades dos estudantes, eles serão identificados ao longo do texto por E seguido de um número durante as

transcrições. Apesar de existirem 23 estudantes participando da pesquisa, nem todos falaram durante as aulas. Assim somente serão utilizados nove números, referente aos nove estudantes que participaram mais, para a identificação: E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 e E9. A letra P, quando aparecer junto de uma fala, faz referência ao professor estagiário que mediava as discussões.

O primeiro momento é dividido em duas partes. Na primeira delas, realizou-se um diálogo para identificar como os estudantes interpretavam algumas equações que utilizavam a linguagem matemática para expressar fenômenos físicos. Na outra, foi realizada uma discussão sobre como fazer a leitura de uma relação de proporção direta ou inversa em uma equação matemática.

Para iniciar o momento, foram realizadas algumas perguntas gerais aos alunos com o objetivo de deixar o clima da aula mais amistoso e participativo.

- O que vocês acham de estudar física?
- Muitas pessoas falam que a física é difícil. O que vocês acham disso?
- Onde vocês têm mais dificuldade na física?
- Onde vocês veem a matemática na física?

A maior parte das respostas dos estudantes envolvia a matemática:

E1: Na parte da matemática.

E1: É difícil calcular. [quando questionado “por quê na parte da matemática?”]

E2: Matemática Básica.

E3: Eu já tenho dificuldade da matéria de matemática então isso acaba indo pra física.

Estas respostas indicam que grande parte dos estudantes acreditam que sua principal dificuldade em aprender física estava relacionada a matemática. Mas como eles pensam a matemática? Qual a dificuldade que eles têm em relacionar matemática e física?

Como o objetivo de investigar isto, foram escritas algumas equações no quadro e se questionou os alunos sobre quais delas eles conheciam:

- $S = v \cdot t$ (13)

- $S = 10 \cdot t$ (14)

- $F_R = m \cdot a$ (15)

- $F_R = 10 \cdot a$ (16)

- $P = \frac{F}{A}$ (17)

- $P = \frac{10}{A}$ (18)

- $E = \frac{F}{q}$ (19)

- $U = R \cdot i$ (20)

As equações selecionadas para apresentar neste momento foram algumas já conhecidas pelos estudantes em seu trajeto do ensino médio e que representassem as relações de proporção direta e inversa de uma forma de fácil leitura. Todas elas envolviam três grandezas elevadas ao expoente um/menos um.

As equações foram escritas no quadro negro colocadas uma do lado da outra conforme está exposto acima. As respostas fornecidas pelos estudantes ao descreverem todas as equações foram traduções dos símbolos sem uma interpretação física associada. Isso pôde ser observado nas falas:

E1: esse é igual à vê vezes tê. [sobre a equação (13)]

E4: a velocidade e o tempo é igual à... não sei não, não sei o que é esse. [sobre a equação (13)]

E4: espaço, tempo, e a velocidade é dez. [sobre a equação (14)]

E4: força é igual a massa vezes atrito... [sobre a equação (15)]

E5: Não, é aceleração [sobre a fala “atrito” feita pelo colega que descrevia a equação (15)]

E6: é a mesma coisa que a outra. [relacionando a equação (16) com a (15)]

E4: A massa é igual à a dez. [sobre a equação (16)]

E7: pê é igual a éfe dividido por a. [sobre a equação (17)]

E4: pê é igual a dez dividido por a. [sobre a equação (18)]

Isso não impede a possibilidade de algum deles ter feito uma interpretação diferente, associado as equações as ideias físicas que representam, entretanto, se algum deles o fez, isso não foi expresso. Apesar disto, os estudantes que participaram demonstraram a capacidade de identificar que nas equações (14) e (16) o valor “10” refere-se, respectivamente, à velocidade e a massa. Isso é um ato interpretativo. Indica que eles foram capazes de analisar o contexto em que o símbolo foi escrito e tirar conclusões sobre o seu significado.

Nas descrições das equações (19) e (20), os estudantes não foram capazes de descrever quais grandezas físicas os símbolos “E” e “U” representavam. As respostas deles quando interpretavam estas equações foram:

E4: e igual a éfe sobre nove. [sobre a equação (19)]

E8: é um quê. [sobre a fala “nove” feita pelo colega que descrevia a equação (13)]

E7: e é igual a éfe sobre quê.

E5: força. [sobre o significados da incógnita “F”]

E6: quantidade de carga. [sobre o significado da incógnita “q”]

E7: elétrico. [sobre o significado da incógnita “E”]

E7: quantidade de corrente. [sobre o significado da incógnita “ i ”]

E7: resistência elétrica do condutor. [sobre o significado da incógnita “ R ”]

Nas falas do estudante E4 em que este confunde os símbolos, descrevendo “ a ” como “atrito” e não como “aceleração”, assim como quando confunde “ $quê$ ” com “nove”, observa-se uma dificuldade na associação de um símbolo expresso em uma equação com o seu significado. É algo similar a uma dificuldade de leitura onde uma palavra pode ter dois significados diferentes e o sujeito não é capaz de diferenciá-los de acordo com o contexto (como a palavra “manga” – que pode ser uma fruta ou um pedaço de uma camiseta – ou a palavra “baleia” – que pode ser um animal ou o ato de se atirar com uma arma de fogo).

Como os estudantes não demonstraram a capacidade de identificar em uma equação quais eram as grandezas descritas através das letras “ E ” e “ U ”, surgiu um forte indicativo que eles não dominassem o significado de campo elétrico ou diferença de potencial elétrico. Eles foram capazes de identificar que as outras incógnitas da equação (20) significavam intensidade da corrente e resistência elétrica, entretanto, na terceira aula da proposta, quando se discutia a equação do campo magnético formado pela corrente elétrica no fio reto, os alunos foram questionados sobre o que era corrente elétrica e não conseguiram responder. De qualquer forma, os estudantes eles não demonstraram, até este ponto da aula, a capacidade de interpretar as equações escritas através das relações que elas descrevem entre as grandezas físicas, tal como as relações de proporção direta ou inversa.

Com as informações coletadas até este momento, se fosse utilizado o método de Bing e Redish (2009) para descrever a forma como os estudantes pensam no papel da matemática na física (ver fundamentação, p. 29-31), concluir-se-ia que suas falas expressam uma forma de leitura que não visualiza a matemática como uma linguagem interpretativa. Isso fica indicado na falta de falas que relacionem as equações apresentadas a algum fenômeno físico, mesmo quando identificam os nomes das incógnitas que estão representadas nas equações.

Após questionar os estudantes sobre o significado das equações, começou-se a segunda parte do primeiro momento onde se realizou um

diálogo sobre as relações de proporção direta e inversa. Esse diálogo começou com a pergunta:

- O que vocês entendem pela palavra proporção?

As equações de campo magnético que foram discutidas durante a realização da proposta representam relações de proporcionalidade entre grandezas físicas. Para realizar uma leitura apropriada destas equações é necessário ter em mente o que significa a proporção. Isso é uma das informações que pode ser percebida ao se interpretar a estrutura de uma equação. A proposta dessa pergunta foi identificar o que os alunos entendem por isso. Destacam-se as respostas:

E4: é o equivalente... tipo ele comeu proporcional ao peso dele.

E1: meu peso é proporcional a minha altura.

E7: tem que ser igual a alguma coisa... uma quantidade sabe...

E8: é igual né.

As duas primeiras respostas indicam a mesma ideia: Se eu sou mais pesado eu como mais, se eu sou mais leve eu como menos; se eu sou mais alto eu sou mais pesado, se eu sou mais baixo eu sou mais leve; se eu tenho mais/menos de alguma medida eu tenho mais/menos de outra medida.

Em seguida foi discutido com os alunos o problema das colheres (ver apresentação da proposta, p. 38-39; e apêndice I, p. 104). Foi descrita uma situação onde, em uma determinada cidade em que ocorria uma festa, eram necessárias cinco colheres de farinha para fazer um bolo e que cada pessoa da cidade ganharia um bolo durante a festa. Fazendo uma análise da situação, quanto mais pessoas moram na cidade, mais colheres de farinha serão necessárias. Existe uma relação de proporcionalidade direta entre o número de colheres e o número de pessoas. Depois de exposta situação foi feita a pergunta:

- Quantas colheres de farinha ele (o cozinheiro) vai precisar?

As respostas obtidas:

E4: Não dá pra saber.

E6: São quantas pessoas na cidade?

Essas respostas indicam que os estudantes concluíram que existe uma relação entre o número de pessoas e o número de colheres de farinha. Em seguida, perguntou-se do que dependia o número de colheres de farinha:

E1: Depende do número de pessoas que tem na cidade.

E8: Depende do número de bolos que ele vai fazer.

E6: O quanto de farinha vai em cada bolo.

E4: Do tamanho da colher.

As respostas indicam que os estudantes associaram o número de colheres ao número de pessoas/bolos, entretanto houve respostas mais ousadas como do tamanho da colher ou do quanto de farinha de vai em cada bolo. Estas indicam que eles perceberam a necessidade de um outro fator além do número de pessoas na cidade para identificar o número de colheres.

Em seguida, realizou-se uma discussão com o objetivo de descrever matematicamente a relação entre a quantidade de colheres e o número de pessoas. O diálogo ocorreu da seguinte forma:

P: Quanto mais pessoas morarem na cidade, mais bolos ele vai precisar fazer, logo mais colheres de farinha ele vai precisar. Nós falamos que o número de colheres que o confeitiro precisa aumenta com a mesma proporção que o número de pessoas.

P: Se houver uma pessoa morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar?

E1: Cinco.

P: Se houver duas pessoas morando na cidade?

E4: Dez.

P: Se houver xis pessoas morando na cidade?

E7: Cinco vezes xis.

P: E como a gente escreve cinco vezes xis?

E6: Cinco ponto xis.

P: Isso é igual ao o que?

E1: Quantidade.

A relação foi construída no quadro. Os estudantes realizaram uma votação para eleger as letras que representariam as incógnitas. O resultado foi a equação:

$$Q = 5.X \quad (23)$$

Durante a construção da equação (23) foi questionado aos alunos se havia diferença entre escrever com essas letras ou com outras e eles responderam que não. Isso indica que eles percebem que existe uma regra ao se escrever uma equação: a de que letras que serão utilizadas não fazem diferença. O que importa são o que elas expressam. Isso faz parte da forma como se escreve relações usando a linguagem matemática.

Após ter sido escrita a equação, os estudantes foram questionados sobre como a liam e o significado que atribuíam a cada termo escrito. Dentre as respostas, destacam-se:

E6: quê é igual à 5 vezes xis.

E4: quando aumentar a quantidade de pessoas vai aumentar a quantidade de farinha.

E7: que é igual. [sobre o significado do símbolo “=”]

E5: que tem que igualar a mesma proporção. [sobre o significado do símbolo “=”]

Nestas respostas podem-se observar duas formas diferentes de se ler a equação. A resposta do estudante E6 demonstra simplesmente uma tradução da fórmula e a do estudante E4 demonstra uma interpretação que depende dos conceitos envolvidos e como eles estão relacionados. Nestas falas é possível identificar uma leitura somente de tradução e

uma leitura que interpreta o significado da equação, algo próximo do modelo de interpretação física, tal qual proposto por de Bing e Redish (2009) (ver fundamentação teórica, p. 29-31). Nesta situação dos bolos, entretanto, não se tratam de grandezas abstratas, tais como velocidade, aceleração ou força. Acredita-se ser necessário considerar que existe uma diferença em se interpretar uma equação que utiliza conceitos concretos (número de colheres de farinha) de uma equação que utiliza conceitos abstratos (temperatura, massa, etc.).

Outro ponto de destaque nessas respostas foram os significados diferentes atribuídos aos símbolos de igual por diferentes estudantes. Para realizar a pergunta, apenas apontou-se o dedo para o símbolo e perguntou-se “o que este símbolo significa?”. A resposta do estudante descrevendo que aquele significa uma relação de proporção tem relevância dentro do que se objetivou atingir nesta aula com os estudantes.

Sobre esta situação pode-se fazer uma analogia com o analfabetismo funcional onde o sujeito é capaz de “ler” uma frase identificando, por exemplo, a fonética dos símbolos expressos, mas faz isto sem interpretar o que os símbolos representam. Quando o estudante diz que “=” significa uma relação de proporção, isso indica que ele foi além da resposta fonética “igual” e passou a interpretar o significado do símbolo.

Foi discutido com os alunos qual o significado do número cinco na equação e o que acontecia com o valor de Q na medida em que o valor de X ia aumentando. Os alunos identificaram que cada vez que X aumentava em uma unidade Q aumentava em cinco. Perguntou-se que relação eles faziam entre a equação das colheres ($Q = 5.X$), equação (23), e a equação do movimento retilíneo uniforme com substituição da velocidade ($S = 10.t$), equação (14), e as respostas foram:

E6: é a mesma.

E5: é a mesma coisa só que mais complicado.

Também foi perguntado aos estudantes se havia alguma outra equação que era semelhante a equação das colheres:

E7: éfe é igual a 10 vezes a. [referindo-se a equação (16)]

Nesta resposta identifica-se que o estudante percebeu a semelhança entre a forma como estas equações estão escritas. Ele

percebeu uma semelhança estrutural. As três equações, equação (14), equação (16) e equação (23), tem uma semelhança na forma como são escritas e na ideia que expressam: uma grandeza é diretamente proporcional a outra grandeza.

Após esta situação, foi encerrada a primeira aula do primeiro momento. O objetivo da segunda aula foi o de realizar uma discussão semelhante à da primeira aula, mas sobre o significado de proporcionalidade inversa. A aula começou com a retomada a equação criada para a quantidade de colheres e da equação da posição utilizada na aula passada:

$$Q = 5. X \quad (23)$$

$$S = 10. t \quad (14)$$

Questionaram-se os estudantes sobre como eles liam as duas equações e qual a relação que eles faziam entre elas. A proposta desta pergunta era retomar conceito de proporcionalidade direta, tendo em vista que fazia uma semana desde o último encontro.

E4: ali tê é como se fosse xis e quando eu aumento o número aumenta a quantidade, ou esse, no caso.

A resposta fornecida por este aluno indica que ele percebeu uma similaridade no formato das equações, além de ser capaz de perceber a relação de proporcionalidade. Na sua fala, entretanto, não aparece nenhum conceito físico ou descrição envolvendo espaço e tempo. Isso indica que apesar de demonstrar uma capacidade de analisar a estrutura da equação, não conseguiu interpretar seu papel físico. Ele demonstra um entendimento da linguagem matemática expressa na equação, mas não foi capaz de usar este conhecimento para descrever uma ideia física.

Em seguida foi exposto aos alunos a situação do bolo que era repartido e dividido entre os habitantes da cidade (ver apresentação da proposta, p. 38-39; e apêndice I, p. 104). Neste problema existia um bolo que tinha uma massa fixa e quanto mais habitantes morassem na cidade, menor o pedaço que cada um receberia. O processo de discussão foi similar ao utilizado na primeira aula para a construção da equação de proporcionalidade direta (ver análise, p. 60-61). A equação resultado da discussão foi:

$$P = \frac{100}{X} \quad (24)$$

Questionando os estudantes sobre qual o significado de cada símbolo da equação, foram obtidas as seguintes respostas:

E4: cem. [sobre o símbolo 100]

E6: O peso do bolo. [sobre o símbolo 100]

E4: É o valor que a gente quer descobrir. [sobre o símbolo X]

E8: É o número de pessoas que vai receber o pedaço de bolo. [sobre o símbolo X]

Na fala do estudante E4 sobre o símbolo “X”, é possível identificar uma visão da equação como algo que vai ser utilizado para descobrir um valor, semelhante a ideia de “Rotina Matemática” expressa na metodologia de Bing e Redish (2009) (ver fundamentação teórica, p. 29-31). O estudante E8, interpretando o mesmo símbolo, realiza uma da leitura que atribui um significado aquele símbolo que vai além da letra que o expressa. Ele é capaz de interpretar o “fenômeno” que a equação (24) expressa.

Após esse momento, foi escrita no quadro uma equação com estrutura similar a equação (24), mas que descreve um fenômeno físico. Os estudantes poderiam fazer uma comparação entre as duas e localizar que a relação de proporção inversa também pode ser utilizada na física. Foi proposto para eles as duas equações abaixo e questionou-se sobre a relação que eles faziam entre elas.

$$P = \frac{100}{X} \quad (24)$$

$$P = \frac{10}{A} \quad (18)$$

As respostas foram:

E8: É a mesma coisa só que com o valor diferente.

E1: A escrita é diferente.

E4: Só muda a letra.

E8: A proporção é a mesma, só muda os valores.

E9: Uma é 100 a outra é dez.

Quando o estudante fala é que é a mesma coisa ou que só mudam os valores, ou quando ele fala que a proporção é a mesma, entende-se que ele percebeu que existem diferenças entre as equações, mas que elas têm algo em comum. Essa coisa em comum é a proporção.

Nenhum dos estudantes comentou que as duas equações calculavam coisas diferentes (o peso de um pedaço de bolo e a pressão em uma superfície). Isso indica que nenhum deles foi capaz de interpretar o significado física da equação (18). Apesar da aula não tratar do conhecimento físico relacionado à esta equação, observa-se que eles entenderam mais sobre a relação matemática expressa nela. Esta era a proposta deste momento.

Então eu perguntei a eles se eles entendiam a diferença entre os dois pês das equações (18) e (24). E as respostas foram:

E4: Sim.

E9: Depende, se eu chegasse na sala agora com certeza não.

A fala do estudante E9 indica que ele percebeu uma mudança na forma como ele via a equação com a aula! É uma afirmação bastante animadora, pois indica que ocorreu algum processo de aprendizado.

Em seguida foi realizada uma discussão sobre como interpretar um símbolo que pode representar ideias diferentes. A ideia dessa discussão era levar os estudantes a uma reflexão sobre a forma como se escreve e se lê. Perguntou-se aos estudantes o que significava “manga”. Fora de contexto, não é possível determinar se a manga é de camiseta ou se é a fruta. É necessário estar ciente do contexto para compreender o significado. Um estudante acrescentou:

E4: É que nem a laranja, você não sabe se é a cor ou se é a fruta.

Ler algo passa a ter significado quando se analisa o contexto em que aquilo que se lê está inserido. Foi realizada uma discussão que envolvia a situação de um ônibus viajando à velocidade constante de 60

km/h. Buscava-se saber qual a distância que este ônibus percorreria num determinado intervalo de tempo. “Qual a distância que o ônibus percorre em uma hora? E em duas? E em três? E em X horas?”. A discussão levou os estudantes a criarem a equação:

$$D = 60.X \quad (25)$$

Perguntou-se para eles o que os símbolos e a equação como um todo representavam:

E9: Você quer saber que horas você vai chegar no seu destino.

Esta resposta do estudante indica que ele interpretou o significado físico desta equação. Ele leu um conjunto de símbolos expressos em uma equação e foi capaz de descrever a ideia física que eles significavam.

Em seguida, foi exposta no quadro a mesma equação que havia sido discutida no início da aula e se perguntou a relação que eles faziam entre as duas:

$$S = 60.t \quad (26)$$

$$D = 60.X \quad (25)$$

E5: É igual.

E9: Elas são as mesmas coisas só que com palavras (letras) distintas.

E4: Significa a mesma coisa só que com palavras diferentes.

P: Quando eu mostrava a equação antes para vocês e quando eu mostro ela agora, tem uma mudança na forma como vocês entendem ela?

E9: Tem... Por que a gente quando a gente viu a primeira vez a gente não sabia... agora pra mim mudou, agora tá esclarecido... mas eu não entendia antes mas agora eu entendo.

Esta última fala do estudante E9 demonstra que ele conseguiu através dos diálogos realizados refletir sobre o papel do contexto na interpretação de uma equação matemática. Além disso, ele percebeu que mudou a forma como ele entendia uma expressão matemática quando ele compreendeu o contexto aonde ela é utilizada.

Com o final da segunda aula criou-se uma imagem da turma: Os alunos são capazes de realizar analogias entre equações e identificar nelas grandezas físicas. Entretanto, nem todos os alunos da turma participaram respondendo as questões. Muitos deles ficaram em silêncio, como espectadores. Os alunos mais motivados participaram.

Fazendo uma avaliação geral deste momento, o desempenho da turma foi positivo durante as aulas, mas ficava a necessidade de identificar se eles seriam capazes de realizar a transição entre ler as relações de proporcionalidade em um problema envolvendo grandezas concretas, tal como o problema das colheres, para equações que descrevem fenômenos físicos, tal como o problema dos campos magnéticos.

O segundo momento, realizado em três aulas, serviu para apresentá-los uma equação física em que as relações de proporção direta e inversa aparecem (equação do campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto), entretanto, foi na quarta semana de aula que se realizou um questionário com a turma donde foram tirados dados para esclarecer melhor qual era o entendimento deles. O questionário também possibilitou analisar a compreensão de todos os estudantes sobre o tema e não somente daqueles que se sentiam motivados a participar das aulas.

Juntamente com a discussão dos dados coletados durante a realização do primeiro momento, é adequado fazer nesta altura do texto uma crítica à forma como as aulas se sucederam e adicionar alguns pontos a melhorar. A avaliação da metodologia utilizada faz parte do objetivo geral e do objetivo específico (d) deste estudo (ver p.22).

Uma pergunta adequada a se fazer neste momento seria: “Calcular na física é igual a calcular na matemática? ”. A importância da realização desta pergunta está na obtenção de dados que explorem mais profundamente a forma como os estudantes veem esta relação, tanto quanto levá-los estudantes a questionar “Será que calcular na física é igual a calcular na matemática? ”; “Qual a diferença entre uma e outra?”.

Outro ponto a considerar está em reescrever as equações (15) e (16) no formato apresentado abaixo, como equações (20) e (21), e

questionar os estudantes acerca das diferenças que eles veem entre as equações (15) e (21) e entre as equações (16) e (22).

$$F = m \cdot a \quad (15)$$

$$F = 10 \cdot a \quad (16)$$

$$a = \frac{F}{m} \quad (21)$$

$$a = \frac{F}{10} \quad (22)$$

O objetivo de apresentar esta nova forma de escrever as equações seria para levar os estudantes a uma reflexão sobre a mudança de posição de um conjunto de símbolos matemáticos em uma equação que representa um fenômeno físico, e identificar como eles entendem essa mudança.

Fazendo uma analogia com a língua portuguesa, a alteração realizada entre as equações (15) e (21) é similar à alteração de uma frase que, com as mesmas palavras colocadas em ordens diferentes, não muda a ideia que se quer transmitir. Por exemplo, como ocorre nas orações: “Neste domingo, João foi estudar física com seus colegas” e “João foi estudar física com seus colegas neste domingo”.

Da mesma forma, na equação (23), que descreve o número de colheres de farinha necessárias para fazer os bolos, também poderia ser feita uma modificação na forma de se escrever a equação. Poderia ser escrita juntamente com ela a equação (27), apresentada abaixo, e questionar os estudantes sobre como eles entendem a diferença entre as duas equações:

$$Q = 5 \cdot X \quad (23)$$

$$Q = N \cdot X \quad (27)$$

Essa pergunta serve para ajuda-los a identificar nestes conjuntos de símbolos um significado concreto. Serve para que eles identifiquem uma ideia escrita em linguagem matemática. Se eles demonstrarem a capacidade de realizar essa interpretação para esta equação, por que não seriam capazes de fazer o mesmo para equações físicas de mesma estrutura?

Durante a discussão sobre as equações (19) e (20), que tratavam dos conceitos de campo elétrica, carga elétrica e tensão elétrica, seria adequado perguntar aos estudantes:

- Qual o significado de campo elétrico, de carga elétrica e de diferença de potencial elétrico?

Como estes conceitos tem importância para a realização das aulas que discutiram a formação do campo magnético por corrente elétrica, é importante verificar como os estudantes pensavam nestas grandezas. Qual a relação que eles fazem entre elas? Apesar do foco desta aula não ser discutir eletricidade ou magnetismo, seria uma boa pergunta para identificar possíveis concepções alternativas.

Em algumas situações durante toda a pesquisa os estudantes deram respostas relevantes, porém inesperadas, para algumas das perguntas realizadas e que não foram bem exploradas. Durante um momento da primeira aula, quando os estudantes foram questionados sobre o significado do termo “proporcional”, uma das respostas foi:

E8: é igual né.

Em símbolos matemáticos, a ideia de proporcionalidade, seja ela direta ou inversa, quadrática ou cúbica, é transmitida utilizando-se o símbolo de igualdade. Essa resposta tem um significado que poderia ter sido melhor explorado. Talvez fosse adequado usar essa resposta para realizar uma nova pergunta, tal como:

- Como assim igual a alguma coisa?

Durante a reflexão sobre o primeiro momento, também se percebeu a falta de perguntas que buscassem identificar como os estudantes entendiam o significado das equações de (13) à (20) na física. Durante as aulas, diversas vezes eles foram questionados acerca o significado de cada símbolo destas equações, mas não houve perguntas sobre o significado que eles atribuíam ao todo da equação. Seria adequado perguntar: “Aonde essa equação aparece na física? ”; “O que essa equação representa na física? ”; ou “Que ideia essa equação representa? ”. Estas perguntas serviriam para identificar o que os estudantes entendiam pelos símbolos das equações em seu contexto e não somente o significado deles isolados. Isso é interpretar, ou seja, levar em conta o cenário em que o símbolo é utilizado.

Isso é importante para a realização da pesquisa na medida em que fornece elementos para que os estudantes reflitam sobre o significado que um conjunto de símbolos tem quando juntos, ou seja, a importância

do contexto em que os símbolos são utilizados para se compreender a ideia que transmitem.

4.3 ANÁLISE DO SEGUNDO MOMENTO

O segundo momento da proposta de aulas foi realizado com o objetivo de apresentar aos estudantes o fenômeno de formação do campo magnético pela corrente elétrica o fio reto. A escolha deste tema está vinculada ao planejamento de ensino do professor supervisor. Este momento foi dividido em três aulas.

Na primeira delas apresentou-se os aspectos teóricos relacionados à formação do campo e realizou-se uma discussão sobre a equação (6):

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \quad (6)$$

Nesta aula, também foi feita uma discussão sobre a natureza das forças de campo, tal como a força gravitacional e a força elétrica.

Nas segunda e terceira aulas foi apresentado um problema (ver apresentação da proposta, p. 40) que deveria ser resolvido a partir da equação (6). Para resolver tal problema houve uma etapa na qual se discutiu como fazer cálculos com potências de dez, devido ao valor 10^{-7} presente na permeabilidade magnética do vácuo e aos valores do campo magnético, que é representado diversas vezes em microteslas (μT), nanoteslas (nT) e picoteslas (pT).

Em comparação ao primeiro momento, que discutia as relações de proporcionalidade expressas em equações, neste momento foram observados menos comentários por parte dos estudantes. Isso era esperado pois estas aulas foram planejadas de uma forma mais expositiva.

Para contextualizar a formação do campo magnético formado pela corrente elétrica no fio reto, foram realizadas durante a primeira aula duas discussões: uma sobre o campo magnético terrestre, em que apresenta o conceito de linhas de campo magnético; e uma sobre o experimento de Oersted, em que foi observado que correntes elétricas podem interagir magneticamente. Ambas as discussões são realizadas de uma forma desvinculada da matemática.

Partindo do diálogo sobre experimento de Oersted começou a ser feita uma discussão sobre a equação (6). A proposta deste momento era a de tentar construir esta equação com os estudantes levando-os a refletir sobre sua estrutura, ao invés de simplesmente apresentá-la e dizer-lhes

quais os nomes de cada uma das incógnitas para que saibam aonde substituir os valores quando encontrarem a equação em um exercício do livro. Fazer isto seria atuar como um professor modelo “Rotina Matemática” da pesquisa de Bing e Redish (2009) (ver fundamentação, p. 29-31). A proposta que se tinha, entretanto, era a de levá-los a interpretar a equação (6), entender que a estrutura como ela estava escrita tem um significado e ser capaz de ler este significado.

O processo utilizado para a apresentação da equação (6) foi parecido com o que foi feito para elaborar as equações (23) e (24):

$$Q = 5.X \quad (23)$$

$$P = \frac{100}{X} \quad (24)$$

Para a equação (23), por exemplo, questionou-se os estudantes sobre quais eram os fatores dos quais iria depender o número de colheres que o confeitiro da cidade iria precisar e como eles influenciavam neste valor, se aumentando ou diminuindo (ver apresentação da proposta, p. 38-39; ver análise, p. 60-61). Similarmente, para a equação (6) os estudantes foram questionados sobre quais os fatores eles acreditavam que influenciariam na intensidade do campo magnético criado pelo fio reto em um certo ponto do espaço e se estes fatores quando aumentassem iriam aumentar o campo magnético ou diminuí-lo.

Na discussão sobre o experimento de Oersted havia sido discutido que a intensidade da interação magnética que o fio produzia dependia da distância. Esta foi a primeira grandeza que apareceu na montagem da equação (6) durante a aula. Abaixo estão apresentadas algumas das falas presentes no diálogo entre o professor e os estudantes:

P: Quando a gente vai ver, então, as coisas que influenciam o campo magnético (...) a primeira que a gente viu foi a distância. Mas a distância, ela influencia (...) quanto maior a distância é menor o campo ou quanto maior a distância, maior é o campo?

E4: Quanto maior, menor.

P: Quanto maior a distância, menor é o campo. A distância, ela tem uma relação de proporcionalidade, aumenta um, aumenta o outro,

ou de inversamente proporcional, aumenta um, diminui o outro?

E4: Inversamente.

P: Inversamente. Então a distância, ela é uma coisa que está aparecendo na equação embaixo aqui de uma fração, é uma coisa que a gente vai poder considerar aí.

Neste diálogo, buscou-se induzir os estudantes a relacionar a ideia de proporcionalidade inversa entre duas grandezas com a forma como ela é escrita em uma equação, na parte de baixo da fração. A partir deste primeiro diálogo começou a ser montado um esquema no quadro que mostrava as grandezas as quais dependia o campo e como ele dependia de cada uma dessas grandezas:

- O que influencia o campo:
 - Distância → Inversamente Proporcional

De uma forma análoga como foi discutida a influência da distância para a intensidade do campo, foi discutida a influência da intensidade da corrente elétrica. Com a inserção de mais um fator na intensidade do campo magnético o esquema que estava sendo montado no quadro passou a ficar:

- O que influencia o campo:
 - Distância → Inversamente Proporcional
 - Corrente Elétrica → Diretamente Proporcional

Por final foi discutida a relação entre a intensidade do campo e o meio em que ele se encontra. Para isso foi apresentada a grandeza permeabilidade magnética. Sendo este um conceito que os estudantes não haviam entrado em contato anteriormente, foi realizado um diálogo com eles afirmando que esta grandeza aumentava na medida que a intensidade do campo aumentava, sendo, portanto, uma grandeza diretamente proporcional ao campo.

O esquema organizado no quadro ficou da seguinte forma:

- O que influencia o campo:
 - Distância → Inversamente Proporcional

- Corrente Elétrica → Diretamente Proporcional
- Permeabilidade Magnética → Diretamente Proporcional

A partir deste esquema, a equação (6) foi sendo montada com os estudantes. A ideia era que eles fizessem comparações entre a forma como as relações de proporcionalidade eram mostradas nas equações (23) e (24) e a forma como elas deveriam ser mostradas na equação que descrevesse o campo magnético.

P: A gente vai escrever, então, “B” assim. O “B”, ele vai ser igual a uma relação de três coisas: a distância, a corrente elétrica e a permeabilidade magnética do meio. A relação que ele tem com a corrente elétrica é diretamente proporcional ou é inversamente proporcional? Se passa mais corrente no fio, maior ou menor o campo?

E4: Maior.

P: Maior. É uma relação mais assim ou mais assim?

Depois de realizada esta pergunta foi escrito no quadro o seguinte:

$$B = \frac{i}{\dots} \quad (6a)$$

$$B = \frac{\dots}{i} \quad (6b)$$

O objetivo era que os estudantes identificassem que a relação de proporcionalidade é escrita com o fator que é diretamente proporcional na parte de cima da fração. A continuação do diálogo ficou:

E8: Mais assim. [apontando para o primeiro caso]

P: Mais no primeiro caso. Eu vou escrever então que B vai ser igual à corrente em cima vezes alguma coisa. Se a permeabilidade magnética é maior, a intensidade do campo é maior ou menor?

E4: Menor.

P: Maior! A gente vai ver que quanto mais permeável for o meio, maior vai ser a intensidade do campo. Quanto maior for essa permeabilidade magnética, mais intenso vai ser o campo magnético dele...

Nestas falas, pode-se descrever que os estudantes tinham dificuldades alguma dificuldade em relação ao conceito de permeabilidade magnética, tendo em vista que o aluno descreveu que o campo diminuía com o aumento da permeabilidade. Talvez na aula anterior eles não tivessem conseguido criar uma ideia do que seria a permeabilidade, ou da sua relação com a intensidade do campo. Após fazer a correção para a resposta do estudante, foi adicionado o símbolo da permeabilidade magnética na equação que estava no quadro:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{\dots} \quad (6c)$$

O objetivo era que os estudantes fixassem a ideia que a relação de proporcionalidade direta é representada com o fator que é diretamente proporcional na parte de cima da fração. Falava descrever a relação entre a distância e a intensidade do campo magnético:

P: “B” é o campo magnético, “i” é a corrente elétrica, “μ” é a permeabilidade magnética. Essa equação até agora está dizendo que o campo magnético é maior quanto maior for a corrente elétrica e quanto maior for a permeabilidade magnética. Se um desses dois aumentar, o campo também aumenta. Mas ele não diminui com a distância? Se eu estiver mais distante do fio ele vai ser menor. A distância vai aparecer em cima ou embaixo da minha equação?

E4: Embaixo.

P: Embaixo. Então eu vou escrever...

E foi escrito no quadro:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{d} \quad (6d)$$

O objetivo desta discussão foi o de levar os estudantes a um entendimento do fenômeno de formação do campo magnético pela corrente elétrica, junto de uma reflexão sobre a forma como são estruturadas as equações de física de acordo com as relações de proporção entre as grandezas envolvidas.

Para concluir a equação (6) era necessário considerar a constante 2π . Esta constante foi apresentada aos estudantes descrevendo-a como um valor que dependia da situação. Foi feita uma analogia com outras equações onde, sem descrever uma relação de proporcionalidade, aparecia um valor constante, tal como 2 ou 3. Em específico foi realizada uma analogia com a equação da energia cinética em que o produto da massa com o quadrado da velocidade é dividido por dois:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (28)$$

A partir da apresentação deste último fator, 2π , foi apresentada a equação do campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \quad (6)$$

Com isto termina a primeira aula do segundo momento. No início da segunda aula é realizada uma revisão com os estudantes sobre o fenômeno de formação do campo magnético pela corrente elétrica e sobre a equação (6).

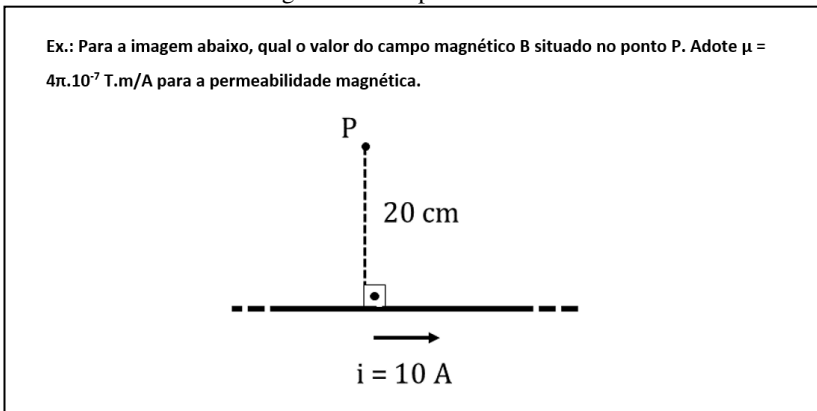
P: [...] Imaginando que eu tenho um fio aqui, se eu aumentar a intensidade da corrente elétrica, se eu fizer passar mais partículas carregadas mais rapidamente pelo fio, maior vai ser o campo magnético criado. Nós escrevemos isso da seguinte forma, o campo magnético é igual... e botamos a corrente na parte de cima da nossa fração [...] Nós vimos que o campo magnético também depende do meio. O meio vai estar representado por um índice chamado "permeabilidade magnética", essa permeabilidade, ela representa o quanto que o meio, ele é

permeável, ele facilita a existência do campo magnético, quanto maior a permeabilidade, maior vai ser o campo magnético criado [...] Nós vimos que existe uma relação de inversamente proporcional com a distância até o fio. Então se eu estou mais distante do fio quando está passando corrente, menor vai ser o campo magnético observado. Quanto mais perto eu estiver do fio, maior vai ser o campo magnético que eu vou obter [...] A gente fala que quanto maior a distância, menor o campo. Logo a distância não vai aparecer na parte de cima da equação [...] ela vai aparecer na parte de baixo.

O objetivo desta fala era o de fixar com os estudantes que as relações de proporcionalidade podem ser identificadas em uma equação a partir da sua estrutura.

A partir das discussões sobre a equação (6), foi realizado um problema em sala. A figura abaixo apresenta-o:

Figura 4: Exemplo resolvido em sala



Fonte: Elaborado pelo autor

O processo de resolução do problema, inicialmente, se deu de uma forma que pode ser caracterizada por “técnica” (KARAM; PIETROCOLA, 2009) ou de “Rotina Matemática” (BING, 2009). Isto indica que se utilizou a matemática de uma forma “vazia” de significado físico, analisando as medidas que possui e identificado a(s)

equação(ões) que poderá utilizar para achar o resultado. Isso pode ser identificado nas falas:

P: Bem. A gente quer saber, então, quanto é que vale o campo magnético. A gente viu que ele depende de 3 coisas, quais eram as 3 coisas que dependia o campo magnético?

E8: Distância, corrente elétrica e permeabilidade magnética.

P: Da distância, da corrente elétrica e da permeabilidade magnética. A gente viu que o campo magnético pode ser escrito como a corrente elétrica vezes a permeabilidade... quer dizer que ela aumenta quando esses dois aumentam, dividido pela distância. Mas existe um fator de proporcionalidade, uma constante que é o nosso 2π , essa era a nossa equação. Ok. Essa é a equação, então, que relaciona o campo criado com suas variáveis. Vamos agora determinar qual é o valor de cada uma das variáveis para essa situação que a gente está analisando? Qual é o valor da corrente elétrica?

E8: 20.

P: 20 o quê?

E8: Amperes.

P: Ok. Eu vou escrever, então, que a corrente elétrica i é igual a 20 amperes dessa forma. (...) Quanto é que vale a permeabilidade magnética do meio?

E8: Vale 4 vezes π vezes 10 na menos 7

P: Tesla vezes metro por ampere. Esse 4π , ele vai facilitar bastante os cálculos para a gente. A gente vai ver que quando eu colocar 4π nessa posição da equação, o π , ele vai se anular com esse π por estar atrás de uma divisão. Mas a gente vai escrever, então, $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ tesla vezes metro por ampere. Essa unidade aqui, ela está relacionada

com 3 coisas. Com o campo magnético, com a distância em metros e com a corrente em amperes. E qual é o valor da distância do ponto P até o fio?

E8: 0,05.

P: Em centímetros, quanto vale? 5 centímetros. Mas como o [E8] já estava falando, ele não queria usar a “d” igual a 5, ele queria usar o “d” igual 0,05, por quê?

E9: Porque está em metros na fórmula

P: Por que que está em metros?

E9: Porque senão não dá certo, né?

Pode-se observar que durante estas falas, não houve um discurso envolvendo uma interpretação física do que estava acontecendo. Nesta última fala do estudante E9 (“Por que senão não dá certo”), pode-se descrever a análise do aluno como a que Bing e Redish (2009) descrevem no modelo “Invocando Autoridade” (ver fundamentação, p.29-31). Um professor deste modelo, ao discutir a necessidade de se mudar a unidade da medida de centímetros para metros, iria descrever que é assim que se deve resolver um problema de física, com os valores sendo colocados de forma padronizada de acordo com o sistema internacional de medidas. O objetivo da discussão realizada com estudantes, entretanto, foi a de levá-los a uma reflexão sobre o significado das unidades que são utilizadas. Para isto, foi feita uma analogia com o problema do confeitiro (ver apresentação da proposta, p. 38-39; ver análise, p. 60-61) que envolvia a equação (23):

$$Q = 5.X \quad (23)$$

A proposta da discussão foi demonstrar que se fosse alterado o tamanho das colheres utilizadas, seria alterada a equação que descrevia o número de colheres:

P: Quando a gente mistura unidades da mesma grandeza que seria nesse caso distância, ocorre que a gente não consegue saber exatamente com o quê que a gente está mexendo, com o quê que a gente está calculando. Eu vou relacionar isso com

aquele problema do confeitiro. A gente viu que a equação do confeitiro para a quantidade de colheres que ele precisava era o número de colheres é igual a cinco vezes xis, correto? (...) Mas essas colheres aqui, a gente não falou qual era o tamanho delas. Se o confeitiro, por exemplo, estivesse usando uma colher maior do que essa daqui, ele ia precisar de mais ou menos colheres maiores? Menos colheres maiores. Se ele estivesse utilizando colheres menores, ele ia precisar de mais ou menos colheres menores?

E8: Mais.

P: Mais. Se a gente dissesse, por exemplo, que isso daqui é uma colher de sopa, eu poderia também fazer a medida das colheres que eu ia precisar em colheres de chá. Para isso a gente ia precisar de uma relação entre uma colher de sopa e uma colher de chá. Suponha que a quantidade de farinha que tenha em uma colher de sopa seja igual à quantidade de farinha que caiba em 4 colheres de chá (...) Quantas colheres (...) de chá ele precisa para fazer um bolo?

E8: 20.

P: (...) Ele precisa de 5 colheres de sopa. Só que cada colher de sopa tem 4 colheres de chá, 4 colheres de chá dão 1 de sopa, 8 de chá dão 2 de sopa, 12 de chá dão 3 de sopa, 16 colheres de chá dão 4 de sopa, 20 colheres de chá dão 5 colheres de sopa. Ao invés de escrever nessa equação que a quantidade de colheres é 5 vezes a quantidade de pessoas (...) nós poderíamos escrever que a quantidade de colherezinhas é igual a 20 vezes a quantidade de pessoas. Notaram que a nossa equação mudou porque a unidade que a gente está utilizando mudou? Se eu tenho, por exemplo, um problema, e eu começo a misturar as unidades, por exemplo, colher de sopa com colher de chá, no final eu não vou saber qual é a unidade que vai dar o meu resultado, se o meu resultado vai dar em colher de sopa ou em colher de chá. Por isso que quando a gente vai resolver um problema, a

gente tem que buscar que todas as unidades da mesma coisa (...) sejam as mesmas. Logo todos os valores (...) de distância, a gente vai colocar em metros ou em centímetros. Nesse caso específico a gente vai colocar em metros.

Ao invés de simplesmente dizer que a unidade deve ser colocada em metros, como faria um professor do modelo “Invocando Autoridade”, buscou-se fazer uma discussão que levasse os estudantes a atribuir um significado a esta mudança, o significado de que sem fazer a padronização das unidades não vai ser possível identificar qual a unidade da medida que se deseja descobrir.

Junto desta discussão sobre as unidades, terminou a segunda aula do segundo momento. Na terceira aula deste momento, terminou-se de resolver o exercício com os estudantes. A maior parte da discussão desta aula estava ligada à como realizar multiplicações e divisão entre números e potências de dez. Foi uma discussão bastante voltada para o caráter técnico de matemática básica, o que era necessário pois os estudantes demonstraram bastante dificuldade, mas sem muita interpretação física associada. Ao final desta aula, obteve-se o resultado da intensidade do campo magnético no ponto P. No início dela, entretanto, foi feita uma nova discussão com os estudantes sobre o significado da equação (6) que apresenta uma leitura de caráter estrutural. O diálogo foi o seguinte:

P: (...) Se a gente olhar para essa equação no " μ " aqui, se eu aumentar ele, à intensidade do campo aumenta ou diminui?

E4: Aumenta.

P: Aumenta. Se aumentar a intensidade da corrente elétrica, a intensidade do campo aumenta ou diminui?

E4: Aumenta.

P: Aumenta. E se eu aumentar a intensidade da distância até o fio?

E4: Aí diminui.

P: Diminui. Por que, que você sabe que ele diminui olhando para essa equação?

E4: A porque você tinha falado antes, olhando assim não sei.

E8: Porque é dividido pela distância.

P: Eu havia falado que se eu aumentasse a distância ele iria diminuir. Isso eu falando, mas eu escrevendo dessa forma é possível também olhando essa equação nós podemos entender isso. Nessa equação existem dois pedaços: o pedaço que está acima da fração e um pedaço que está abaixo da fração. O pedaço que está em cima da fração se ele aumentar (...) a gente vai ver que o resultado vai aumentar (...) logo se a permeabilidade aumenta o resultado tem que aumentar. Se a corrente aumenta o resultado tem que aumentar, se diminuir o resultado tem que diminuir. Já a parte de baixo quando esse daqui aumentar o resultado diminui, se aumentar o que está dividindo, vai diminuir o valor do resultado (...) Por isso que quando uma coisa tá escrito na parte de baixo, a gente vai falar que ela é inversamente proporcional aquele valor. No caso aqui é o campo, quando aumentar a distância eu vou acabar diminuindo o campo.

Pôde-se concluir nas falas que um dos estudantes ainda tinha dificuldade de relacionar a estrutura da equação com as relações de proporcionalidade descritas, entretanto, um deles descreveu que o fato do valor estar escrito na parte de baixo da equação era o que determinava a relação de proporcionalidade inversa.

Juntamente com a discussão dos dados coletados durante a realização do primeiro momento, faz-se a avaliação da metodologia utilizada, sendo isto parte do objetivo geral e do objetivo específico (d) deste estudo (ver p.22).

Uma possível mudança para a aula três, primeira aula do segundo momento, seria a forma como se questionou os estudantes acerca do significado que atribuíam à equação (6). Perguntou-se a eles sobre o que significava cada símbolo da equação, ou seja, o que significava o “i”, o “ μ ” e o “d”, mas não sobre o que significava eles estarem naquela

posição da equação, ou seja, uma pergunta de caráter estrutural. Perguntas deste tipo foram feitas com mais frequência na quarta e quinta aula, mas sentiu-se a falta de uma discussão deste tipo na aula de apresentação da equação.

Uma pergunta que seria adequada para o final do segundo momento seria como eles haviam entendido a equação (6) no fim de todo o processo. O que eles aprenderam com as aulas. Poderiam ser feitas perguntas para avaliar o entendimento deles e usá-las como dados para a análise das aulas.

Um outro ponto para mudança seria a forma que foi discutido o termo 2π . Faltou descrever que ele dependia da geometria envolvida com o fio reto. Uma mudança para a discussão sobre este termo, estaria em colocar mais ênfase no seu significado e no significado de outros fatores de proporcionalidade.

Poderia ter sido melhor explorado o significado da unidade da permeabilidade magnética (“T.m/A”), ou seja, interpretar esta unidade. Seria possível relacioná-la com a estrutura da equação. Identificar que a permeabilidade vem de uma relação de produto entre campo magnético e uma distância, mas que este produto é dividido por uma corrente elétrica. Enfim, existe conteúdo para se explorar nesta unidade, que não foi explorado durante as aulas.

Concluindo este momento, pôde-se observar que uma ideia que foi passada aos estudantes é que se uma grandeza aumenta e outra aumenta elas são diretamente proporcionais, e se uma grandeza aumenta e a outra diminui elas são inversamente proporcionais. Entretanto essa visão é incompleta, pois as relações de proporcionalidade têm a ver com aumentar e diminuir em proporções específicas. Em uma equação que envolva a subtração entre dois termos, quando um destes aumentar o resultado vai aumentar, e quando o que está subtraindo aumentar o resultado diminuir, e nem por isso as relações são de proporção direta e inversa entre estes valores e o resultado.

Apesar de ser observado nas aulas do segundo momento que esta ideia ficou explicitamente passada, no primeiro momento foi esclarecido que as relações de proporção direta e inversa tem relação com aumentar e diminuir em proporções semelhantes, tal como se uma grandeza dobra a outra dobra, ou se uma dobra a outra cai pela metade. O fato de ter-se trabalhado desta forma no segundo momento, pode ter levado alguns alunos ficarem com o conceito errado de direta e inversamente proporcional.

4.4 COMENTÁRIOS SOBRE TERCEIRO MOMENTO

O terceiro momento da proposta de aulas foi realizado com o objetivo de discutir com os estudantes o uso de vetores na física e sua utilização na representação de campos magnéticos, em especial, do campo magnético formado pela corrente elétrica no fio reto. Este momento foi realizado em duas aulas. Na primeira delas foi discutido o significado de vetor e seu uso na física; e na segunda aula foi abordado o uso de vetores na descrição dos campos magnéticos criados por corrente elétrica.

Os temas discutidos com os estudantes durante este momento, em ordem cronológica, são:

- A definição de grandezas físicas escalares e vetoriais;
- Características dos vetores: módulo, direção e sentido;
- Conceito de ângulo reto e perpendicularidade;
- Relação entre a direção do vetor campo magnético e a direção do fio reto;
- Representação de vetores quando estes são perpendiculares ao plano do quadro/folha;
- Descrição do campo magnético através de linhas de campo.

Apesar de tratar de temas relevantes para o entendimento da formação do campo magnético pela corrente elétrica, durante as aulas deste momento não se discorreu nada novo sobre a utilização de equações matemáticas na física. Por este motivo, considerando que a análise deste momento não faz parte do objetivo geral deste estudo, serão feitos comentários pontuais sobre o comportamento dos estudantes e a forma como se trabalhou os temas.

No início da primeira aula deste momento, fez-se uma breve revisão com os estudantes sobre a equação (6):

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \quad (6)$$

Durante esta revisão, os estudantes demonstraram entender as relações de proporção direta e inversas presentes nesta equação, mas o objetivo de trazer a equação (6) para discussão estava na utilidade que ela teria para uma contextualização do conceito de vetor.

O campo magnético é uma grandeza vetorial, mas esta equação descreve somente a intensidade do campo, e não sua direção e sentido.

Ao explicar para os estudantes as diferenças entre grandezas escalares e vetoriais, pôde-se questioná-los: Qual é a direção e o sentido do campo magnético criado pela corrente elétrica no fio reto? A partir deste problema foi se discutindo a ideia de vetor e apresentou-se a regra da mão direita.

Um dos acontecimentos que marcou estas aulas foi a constatação da falta de conhecimento dos estudantes acerca do conceito de ângulo retângulo. Eles demonstraram que não sabiam do que se tratava este conceito que é comumente empregado em aulas de física e matemática. Para abordá-lo (o conceito), foi desenhado um quadrado no quadro negro e descrito aos estudantes que o ângulo (interno) formado no vértice de um quadrado é um ângulo de 90° , também chamado de “ângulo retângulo”.

Observou-se também que os estudantes não relacionavam o termo “vetores” com a física. Um deles, por exemplo, relacionou com futebol. Outro estudante até se impressionou com o fato de a física usar vetores. O comentário dele durante a aula foi:

E8: Por isso que eu fiquei meio viajando... por que na física também ter vetor?

Alguns relacionaram vetores à força. Eles se lembravam que tinham algo em comum, mas não conseguiram descrever “o que era um vetor”.

O objetivo de trabalhar com os estudantes o conceito de vetor esteve ligado à sua importância para o entendimento do campo magnético. O que se buscou durante as aulas foi levar os estudantes a refletir sobre o uso de figuras para descrever fenômenos físicos. Eles foram questionados sobre como interpretavam as imagens que estavam desenhadas no quadro e induzidos a relacioná-las com a ideia do que é um campo magnético. As imagens com setas e linhas, assim como as equações, são uma forma que os físicos utilizam de descrever um fenômeno e os estudantes frequentemente entram em contato com essa linguagem.

4.5 ANÁLISE DO QUARTO MOMENTO

O quarto momento da proposta de aulas foi realizado com o objetivo de discutir com os estudantes a formação do campo magnético pela corrente elétrica no solenoide. A equação que descreve o campo magnético no interior do solenoide é a equação (8):

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L} \quad (8)$$

Este momento foi dividido em duas aulas. Na primeira aula foi realizada com os estudantes uma discussão sobre espiras e bobinas e o seu uso, e também foi realizado um diálogo que levou à apresentação da equação (8). Esse diálogo foi similar àquele realizado no segundo momento para a apresentação da equação (6):

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d} \quad (6)$$

Durante a segunda aula foram levados para sala de aula alguns materiais com o objetivo de mostrar como montar um eletroímã e como relacionar a montagem deste com o campo magnético criado no seu interior utilizando a equação (8). Previamente, os estudantes, ao resolver o segundo problema do questionário (ver apresentação da proposta, p. 44-47), já haviam entrado em contato com a equação (8), mas ainda não sabiam de que fenômeno físico ela tratava.

A forma como abordou-se a equação (8) na primeira aula deste momento foi através de um diálogo entre os fatores que poderiam influenciar na intensidade do campo magnético formado no interior do eletroímã. Para escrevê-la, foi colocado no quadro o símbolo B e escrito o traço de fração:

$$B = \frac{\dots}{\dots} \quad (8a)$$

O objetivo era que a equação fosse construída a partir de uma discussão sobre os fatores que influenciavam o campo e de como eles influenciavam o campo, se de uma forma direta ou inversamente proporcional. Os estudantes foram questionados sobre quais fatores eles acreditavam que poderiam influenciar na intensidade do campo magnético no interior do solenoide e como poderiam influenciar. Relacionando o problema do solenoide com o problema do fio reto, fez-se um diálogo sobre a corrente elétrica:

P: A gente viu que se a gente aumentar a corrente elétrica, o campo criado tende a aumentar ou a diminuir? O campo é criado quando tem

partículas carregadas em movimento. Aumentar a corrente elétrica é botar mais partículas carregadas se movimentando e aumentar o fluxo de partículas que estão passando por aqui. Quando eu faço aumentar a corrente elétrica, o que acontece com o campo?

E4: Aumenta.

P: Ele aumenta. A gente vai escrever, então, que o campo ele tem uma relação com a corrente, mas a relação dele com a corrente é uma coisa tipo assim vezes alguma coisa aqui (...) ou uma relação tipo assim, alguma coisa aqui dividido?

E4: Não é a segunda.

P: Mais em cima ou mais em baixo?

E4: Em cima.

A forma como descreveu-se as relações de proporcionalidade em uma equação era que haviam fatores que estariam na parte de cima da fração e outros na parte de baixo da fração. Uma grandeza estar na parte de baixo significava que ela era inversamente proporcional à grandeza que se estava descrevendo, e se ele estivesse na parte de cima da fração significava que ela era diretamente proporcional. Como a corrente elétrica foi identificada como fator diretamente proporcional, a equação (8a) escrita no quadro passou a ficar:

$$B = \frac{i}{\dots} \quad (8b)$$

Em seguida, as outras grandezas presentes na equação (8) foram sendo adicionadas de uma forma similar como foi feito para a corrente elétrica. Fez-se uma breve descrição da grandeza, questionou-se os estudantes se a relação entre ela e o campo era direta ou inversamente proporcional, e se escreveu ela na equação de acordo com esta relação. Com a apresentação da equação (8), terminou-se a primeira aula do quarto momento.

Para a segunda aula, levou-se para sala: alguns fios de cobre; quatro pilhas de 1,5 V; e alguns pregos para enrolar os fios. O objetivo era montar um eletroímã junto dos estudantes e mostrar para eles seu funcionamento em quatro diferentes situações: a primeira situação seria

o solenoide sem estar enrolado no prego de ferro; a segunda situação seria o solenoide estando enrolado no prego, mas com duas pilhas ligadas a ele; a terceira situação seria o solenoide enrolado no prego com quatro pilhas ligadas a ele; e a quarta situação seria fazendo mais voltas com o fio no solenoide (aumentando o número de espiras).

A objetivo da aula é que os estudantes relacionem a variação das grandezas expressas na equação (8) com a modificação do cenário montado no experimento. Se houverem mais pilhas, a corrente aumenta, logo aumenta o campo magnético. Se houverem menos espiras, o campo diminui. Se houver um prego de ferro ao invés de ar, a permeabilidade magnética aumenta, logo o campo magnético aumenta. Estas são algumas das relações que se buscou levar os estudantes à reflexão.

Todavia, em função de falta de preparo, o eletroímã montado em sala não funcionou como o previsto. O fio de cobre desencapado que estava sendo utilizado precisava ser esmaltado para que a experiência desse certo. As discussões preparadas para serem feitas em sala, sobre as relações entre a equação (8) e o experimento, foram realizadas como se havia planejado. A diferença foi que os estudantes não puderam ver o eletroímã em funcionamento.

Para resolver este problema, foi levado na outra aula, a mesma em que foi aplicada a lista de exercícios, um vídeo para ser apresentado em sala (THENÓRIO, 2012) no qual o autor do vídeo monta um eletroímã a partir de elementos similares aqueles que haviam sido levados para sala, a não ser pelo fio de cobre que ele utilizava que era esmaltado. Durante a apresentação do vídeo foram sendo feitos comentários sobre as características da equação (8) e o funcionamento do eletroímã.

Após a montagem de um solenoide com os materiais que haviam sido levados para sala de aula, questionou os estudantes sobre o porquê de se estar utilizando um prego de ferro e não simplesmente fazer o solenoide com o fio enrolado no ar.

P: Porque eu teria escolhido um prego de ferro ou porque que influencia o fato de eu escolher um prego de ferro ou, por exemplo, só enrolar elas no ar aqui? Qual é a diferença? O que vocês acham? Faz alguma diferença isso?

Os estudantes responderam que era o fato do ferro ser um condutor de corrente elétrica ou de energia que se enrolava o fio nele.

Apontando para a equação (8), que estava escrita no quadro, foi realizado o seguinte diálogo com os estudantes:

P: O campo aqui no meio depende de quantas coisas?

E4: Quatro.

P: Quatro.

E4: O ferro é mais permeável?

P: O ferro é mais permeável.

E4: “Oh, yeah”.

P: Seu eu enrolasse isso daqui, por exemplo, no ar ele não ia funcionar como imã. Mas porque eu enrolei no ferro ele funciona. O ferro é um meio muito mais permeável do que o ar.

O objeto dessa discussão foi estimular a percepção dos estudantes das relações entre equações matemáticas, no caso a equação (8), e fenômenos físicos, no caso o problema de ter ou não um pedaço de ferro no interior do solenoide. O estudante E4 concluiu corretamente que a grandeza da equação que estava associada ao ferro era a permeabilidade magnética e que, devido a estrutura da equação, ela deveria ser maior para o ferro do que para o ar.

Em seguida, enrolou-se mais uma camada de espiras em volta do solenoide e perguntou-se aos estudantes que diferença isto faria na intensidade do campo magnético:

P: Nesse caso aqui o que que eu fiz? Eu enrolei um monte de espiras e depois eu voltei o fio e enrolei de novo. Eu fiz duas camadas. Para que? Para ter um maior número de espiras para o mesmo comprimento (...) Quando eu aumentei o número de espiras, quando eu aumento o número de espiras que a gente vai ter aqui, o que que aconteceria com o campo magnético?

E4: Fica mais intenso.

A objetivo de realizar esta pergunta era similar ao de realizar a pergunta sobre o prego, ou seja, levar os estudantes a refletir sobre a relação entre a equação e o fenômeno.

O próximo fator da equação que poderia ser alterado no experimento era a corrente elétrica. Para isso foram levadas várias pilhas para que os estudantes relacionassem o aumento da corrente elétrica com a associação de mais delas em série. Entretanto, durante a discussão eles não demonstraram a capacidade de interpretar o que era “diferença de potencial elétrico” e a relação que esta tinha com a corrente elétrica. Por este motivo, decidiu-se fazer uma discussão sobre a primeira lei de Ohm com os estudantes:

$$U = R \cdot i \quad (20)$$

O objetivo de discutir a equação (20) foi para levá-los a identificar a relação entre a corrente elétrica e a diferença de potencial elétrico, para que fosse possível relacionar a associação de pilhas ao aumento da corrente elétrica do eletroímã.

A abordagem desta equação teve diferenças daquela utilizada para as equações (6) e (8). Ao invés de se fazer uma descrição sobre cada grandeza da equação e a relação que elas tinham para então escrever a equação, foi feito o processo inverso. Escreveu-se a equação, questionaram-se os estudantes sobre quais eram as relações de proporcionalidade entre as grandezas e, por fim, se discutiu qual era o significado de cada uma das grandezas.

A corrente elétrica foi associada à quantidade de elétrons que atravessam o fio de um lado para o outro, a resistência elétrica à dificuldade que estes têm para atravessar o fio, e a diferença de potencial à força que puxa eles para irem para um lado ou para o outro.

Relacionou-se o número de pilhas com o tamanho da diferença de potencial colocada entre as duas extremidades do fio. O diálogo com os estudantes sobre esta relação foi o seguinte.

P: (...) No caso se eu aumento a diferença de potencial, eu aumento a corrente elétrica. Mas o que que é a diferença de potencial? É o 1,5V que a gente tem aqui na pilha. Quando eu botar (...) duas pilhas (...) a gente vai ter uma diferença de potencial de 3V (...) Se eu colocasse agora esses quatro, o que ia acontecer com a diferença de potencial?

E4: Ia dobrar?

P: Ia dobrar. E o que ia acontecer, então, com a corrente se a diferença de potencial dobra?

E4: Aumenta a velocidade.

P: Ela [a velocidade] dobra também. É como (...) se eu dobrar o número de pessoas, eu vou ter que dobrar o número de colheres. Se eu dobrar a diferença de potencial, se eu dobrar o número de pilhas, eu dobro a corrente. Eu aumento o campo. Então as formas que nós vamos ter de aumentar o campo nesse experimento são: botando mais espiras, botando mais pilhas para aumentar a tensão, diminuindo o comprimento do fio, colocando as espiras mais próximas umas das outras ou mudando o material no qual a gente enrola. São as quatro formas que a gente tem de mudar esse campo.

Nesta fala fica expressa a posição do professor de relacionar os fatores da equação (8) com o funcionamento do eletroímã. A proposta da aula era provocar nos estudantes um raciocinar sobre esta equação através do emprego de um experimento relacionado a ela e de discussões que os levasse a identificar, através das relações de proporcionalidade expressas na estrutura da equação, o vínculo entre o real (o experimento) e a simbologia que se utiliza na física para descrevê-lo.

4.6 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

O questionário aplicado era formado por três questões, sendo duas delas divididas em um conjunto de proposições. Uma discussão mais adequada sobre as questões, seus objetivos e a justificativa da utilização de cada uma delas neste projeto pode ser vista no capítulo de apresentação da proposta (ver p. 43-49).

Como existiu uma grande variedade de respostas para cada questão, foi elaborado um método para agrupá-las. Analisando as respostas dos estudantes, procurou-se avaliar quais características eram mais acentuadas em cada uma para formar grupos que continham similaridades.

Como não foi exigido que os estudantes fornecessem seus nomes ao realizar o questionário, não existe uma forma de identifica-los de forma igual a como foi feita na análise do primeiro momento. Aqui os estudantes serão retratados através do uso da letra A. No total, 21 estudantes participaram da realização do questionário.

As respostas fornecidas pelos estudantes foram transcritas e podem ser vistas no apêndice VII (ver p. 142). Uma leitura superficial destas respostas leva à interpretação de que os estudantes possuem dificuldades em se expressar através da escrita. É possível encontrar sentenças com erros gramaticais, sem um significado claro e com grafia de difícil leitura (nos textos originais). Estas dificuldades de escrever aparecem nos questionários da maioria dos estudantes entrevistados.

O questionário foi dividido em três partes/questões: A primeira delas envolvia o conceito de equação; a segunda tratava das relações de proporcionalidade direta e inversa; e a terceira abrangia a interpretação de imagens que representam fenômenos físicos descritos com o uso de vetores.

As análises da primeira e segunda questão estão diretamente relacionadas aos objetivos gerais e específicos desta pesquisa (ver p. 22), entretanto, como a base do trabalho estava discutir o uso da linguagem matemática na física, com foco em equações, não foi feita uma análise da terceira parte do questionário, pois esta questão estava associada à forma como os estudantes interpretavam imagens com vetores.

A primeira questão que aparecia na lista foi:

- 01) Para você, o que é uma “equação”? Você pode explicar sua resposta através de um exemplo.

Os objetivos desta questão eram identificar nos estudantes:

- A forma como descrevem um conceito matemático;
- Possíveis erros conceituais sobre o significado de uma equação;
- Possíveis associações que fazem entre este termo (equação) e a física.

Para fazer a análise das respostas obtidas, dividiram-se os estudantes em dois grupos: O grupo 1 dos que responderam que equação é uma conta ou fórmula; e o grupo 2 dos que responderam que equação é uma conta ou fórmula utilizada para se obter algum valor, resultado ou outra fórmula.

Quatorze alunos A2 A3 A5 A7 A8 A10 A11 A14 A15 A16 A17 A18 A20 A21, deram respostas pertencentes ao grupo 1. Sete alunos, A1 A4 A6 A9 A12 A13 A19, deram respostas pertencentes ao grupo 2.

Este resultado indica que a maioria dos estudantes entrevistados associam equações a contas e fórmulas quaisquer. Muitos dos estudantes do grupo 1 utilizaram fórmulas matemáticas e contas de soma ou subtração como exemplo do que entendem como uma equação. Uma interpretação para estas respostas indica que elas não associam as equações a uma incógnita ou a um fenômeno ou a um problema do cotidiano. A interpretação que se faz é que eles têm a visão de equação como algo abstrato, uma conta.

Os estudantes do grupo 2, que relacionaram equação à busca por algum valor, resultado ou fórmula, passam uma ideia mais concreta para o termo equação. Que é algo que pode ser útil. O estudante A1, por exemplo, fez uma referência a uma equação da física (ver apêndice VII, p. 142) para descrever o que ele entende por equação. O estudante A12 propôs que a incógnita da equação seria “algo do dia-a-dia” (ver apêndice VII, p. 143).

Na segunda questão, o objetivo era identificar como os estudantes interpretavam as relações de proporcionalidade direta e inversa. Para isto foi utilizada uma equação que eles ainda não haviam discutido em sala de aula, a equação da intensidade campo magnético criado no interior do solenoide:

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L} \quad (8)$$

Junto da questão foram colocadas as grandezas físicas descritas por cada uma das incógnitas (ver apêndice V, p. 136).

A primeira proposição da questão, letra “a”, abordava o significado que os estudantes atribuíam a equação (8). Com as respostas obtidas dividiu-se os estudantes em três grupos: o grupo 1 de estudantes que não sabia afirmar do que se tratava ou afirmaram algo inconsistente com a proposta; o grupo 2 de estudantes que substituíram o nome dos termos na equação ou alguma coisa parecida (campo magnético é igual a permeabilidade magnética vezes corrente elétrica vezes número de espiras dividido pelo comprimento); e o grupo 3 dos estudantes que afirmaram algo diferente disto.

Seis alunos A1 A3 A11 A12 A13 A19 deram respostas pertencentes ao grupo 1. Doze alunos A2 A5 A6 A7 A8 A10 A14 A15 A16 A18 A20 A21 deram respostas pertencentes ao grupo 2. Três alunos A4 A9 A17 deram respostas pertencentes ao grupo 3.

Esse resultado indica que, de um modo geral, os estudantes, ao encontrar uma equação física desconhecida, descrevem-na através de uma tradução literal dos termos apresentados naquela equação, sem interpretar a estrutura, buscando relações de proporção direta ou inversa. Este dado está em acordo com a informação de que a maioria deles veem equações como uma conta matemática, pois a maioria descreveu a equação como um conjunto de grandezas se multiplicando e dividindo.

Das respostas do grupo 3, o estudante A9 descreveu a equação através de suas relações de proporcionalidade, descrevendo que o campo magnético era “igualmente proporcional” à corrente, número de espiras e permeabilidade, e que era inversamente proporcional ao comprimento (ver apêndice VII, p. 145).

A segunda parte da questão, letras “b” “c” “d” “e”, envolvia a descrição da proporção entre os termos do lado direito da equação com o campo magnético. Inicialmente os alunos foram questionados “de quantas variáveis dependia o campo magnético?”. Dividiu-se os alunos em quatro grupos: o dos que responderam de 3 grandezas, os que responderam de 4 grandezas, os que responderam de 5 grandezas e o grupo de outras respostas. A divisão dos grupos está descrita na tabela abaixo.

Quadro 2: Respostas para a proposição “b” da questão 2.

3 grandezas (5%)	4 grandezas (57%)	5 grandezas (9%)	Outras respostas (29%)
A6	A1 A5 A8 A9 A10 A13 A15 A16 A17 A18 A20 A21	A2 A19	A3 A4 A7 A11 A12 A14

Fonte: Elaborado pelo autor

Este resultado indica que, de um modo geral, os estudantes conseguiram identificar que o campo magnético depende de quatro grandezas. Entretanto, esperava-se que um número maior de estudantes tirasse essa conclusão. O grupo de respostas diferentes de três, quatro e cinco grandezas, apresentou ideias que não faziam referência à equação (8). Isso indica que os estudantes deste grupo não conseguiram relacionar a equação apresentada na questão e as grandezas físicas expostas nela à ideia de que estas grandezas representavam do que dependia o campo. Não concluíram na leitura da equação que o campo dependia daquelas grandezas que foram apresentadas.

Em seguida questionaram-se os estudantes sobre quais as relações de proporcionalidade eram apresentadas entre o campo magnético e a corrente elétrica, o número de espiras e o comprimento na equação (8). As respostas obtidas constituem a tabela abaixo:

Quadro 3: Respostas para as proposições “c”, “d” e “e” da questão 2.

Alunos que responderam adequadamente as três perguntas	Alunos que responderam adequadamente duas das três perguntas	Alunos que responderam adequadamente uma das três perguntas	Alunos que responderam inadequadamente as três perguntas ou responderam de outra forma
A1 A5 A6 A8 A9 A13 A16 A17 A20 (43%)	A2 A3 A4 A21 (19%)	A10 A15 A18 A11 A12 A19 (29%)	A7* A14 (9%)

Fonte: Elaborado pelo autor

* O estudante A7 perguntou em todas as questões qual era a diferença entre proporcionalidade direta e inversa.

O resultado exposto na tabela indica que, de um modo geral, os estudantes têm dificuldade para identificar as relações de proporcionalidade direta e inversa expressas em uma equação desconhecida. Como este tema foi discutido durante a aplicação da proposta de aulas, isso aponta para necessidade de uma mudança nesta proposta no que se refere a abordagem deste tema em sala de aula. Talvez a necessidade de alguma atividade de fixação que vá além de somente discussões em sala.

A terceira parte da questão, letras “f” e “g”, envolvia a capacidade de relacionar a relação de proporção com uma alteração concreta no fenômeno. Dividiu-se para ambas as perguntas, os alunos em três grupos: o grupo dos que aumentariam a grandeza, dos que diminuiriam a grandeza e o grupo dos alunos que deram outra resposta. Com estes dados formou-se o quadro 4, que é apresentado abaixo.

Quadro 4: Respostas da proposição “f” e “g” da questão 2.

Variáveis	Aumentaria a variável para aumentar o campo	Diminuiria a variável para aumentar o campo	Outras respostas
Corrente Elétrica (proposição “f”)	A3 A4 A6 A7 A8 A9 A12 A13 A14 A15 A17 A19 A21 (62%)	A2 A16 A20 (14%)	A1 A5 A10 A11 A18 (24%)
Comprimento do Fio (proposição “g”)	A3 A4 A6 A15 A19 A20 (29%)	A2 A7 A8 A9 A13 A14 A16 A17 A21 (42%)	A1 A5 A10 A11 A12 A18 (29%)

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando o quadro pode-se observar que: 33% dos estudantes acertaram todas (A7 A8 A9 A13 A14 A17 A21); 38% dos estudantes erraram uma (A2 A3 A4 A6 A12 A15 A16 A19); 29% dos estudantes erraram as duas respostas ou não deram uma resposta coerente com a proposta (A1 A5 A10 A11 A18 A20).

Este resultado indica que, de um modo geral, os estudantes têm dificuldade de identificar em uma equação desconhecida os efeitos que a mudança de uma grandeza física irá provocar em outra grandeza representada na mesma equação.

Para a análise dos dados obtidos com a aplicação segunda questão, juntou-se os resultados da segunda parte desta questão, letras “b” “c” “d” “e”, com os dados da terceira parte da mesma, letras “f” “g”, comparando os estudantes que acertaram as relações em ambas. Na segunda parte, de acordo com o quadro 3, nove dos vinte e um estudantes acertaram todas (A1 A5 A6 A8 A9 A13 A16 A17 A20), e na terceira parte, de acordo com o quadro 4, sete dos vinte e um acertaram todas (A7 A8 A9 A13 A14 A17 A21). Dos estudantes, quatro (A8 A9 A13 A17) de vinte e um demonstraram a capacidade de interpretar em uma equação desconhecida quais eram as relações de proporcionalidade (direta ou inversa) expressas entre as grandezas e de associar adequadamente o significado destas relações ao vínculo de aumento ou diminuição entre elas. Estes concluíram na leitura da equação quais eram as relações de proporcionalidade direta e inversa e foram capazes de interpretar o que significava descrever as relações desta forma.

4.7 ANÁLISE DA LISTA DE EXERCÍCIOS

A lista foi elaborada com o objetivo de servir como meio para que os estudantes pudessem realizar uma atividade envolvendo questões de vestibular e simultaneamente para o levantamento de dados a cerca das dificuldades que os estudantes enfrentam para resolver problemas de física. Com a análise da lista de exercícios concluiu-se que seu formato não estava adequado com os objetivos da proposta. As questões colocadas na lista não trataram da interpretação de equações com seu papel estruturante. Esse é um ponto fundamental que poderia ser alterado em uma futura pesquisa sobre o mesmo tema.

As respostas fornecidas foram transcritas e podem ser vistas no apêndice VIII (ver p. 160). Para resolver a lista de exercícios os estudantes poderiam se organizar em grupos de dois ou três participantes ou resolvê-la individualmente. Os estudantes foram deixados livres de forma que participantes de dois grupos diferentes também poderiam trocar ideias sobre uma questão em específico. No total, foram coletadas dez listas.

Durante a aula, a interação com os estudantes resultou em um conjunto de dados que foram utilizados para a análise. Fazendo uma avaliação posterior das gravações desta aula percebeu-se que a forma de atender os estudantes não foi adequada a proposta da pesquisa. O formato como se lidou com a resolução da lista foi orientada a apresenta-los o conteúdo quando eles questionavam sobre o mesmo, entretanto, o ideal para o e levantamento de dados seria buscar uma compreensão de sua visão antes de se apresentar um método para pensar e resolver o problema. Essa é uma questão que poderia ser melhor trabalhada em uma futura pesquisa.

Ao analisar os dados obtidos durante a aula, percebeu-se que a ênfase em propor uma forma de resolver os problemas acabou resultando em uma grande quantidade de informações coletadas sobre a orientação aos estudantes, ou seja o que foi falado pelo pesquisador, e pouco sobre o que eles falaram. Faltou um aprofundamento sobre a dúvida deles, sobre o que eles não estavam entendendo e sobre o que eles haviam entendido. Por exemplo, quando uma estudante falou que na questão 1 ela tinha uma dúvida entre as proposições II e IV, foi explicado a ela qual era o significado de cada uma destas e então foi perguntado se ela achava que o que elas diziam era correto. Ela concluiu que a correta era a proposição IV. A resolução da questão foi feita, mas não se obteve uma informação sobre o que era a dúvida inicial dela ou como ela pensava antes de se “mastigar” a questão.

No final da explicação perguntou-se a ela “O que ele está dizendo na proposição IV?” e ela respondeu “Que o elétrico vai passar pela espira para depois se formar como um ímã”. Minha análise desta resposta indica que ela compreendeu a ideia de que quando se passa uma corrente elétrica pelas espiras, forma-se um ímã. Apesar de ela não expressar isso nos termos mais adequados possíveis, isso demonstra que ela compreendeu a ideia. Uma possível forma de lidar com essa situação seria questionando o que a aluna entende como elétrico e como ela entendia a proposição II quando ainda havia dúvida sobre ela. Além de trazer mais dados para a gravação, isto deixaria mais claro para ela e para mim como ela está pensando naquela questão.

Muitos alunos questionaram durante a aula o que é um solenoide. Isso pareceu preocupante, pois no início da aula, antes de passar a lista, foi realizado um com eles uma discussão onde vimos um vídeo de um experimento com um solenoide (THENÓRIO, 2012). Após ter passado o vídeo uma aluna falou que havia visto um experimento que, de acordo com a descrição dela, envolvia limalhas de ferro sendo atraídas por um ímã.

Da metade da aula em diante, a maioria das perguntas que surgiram estavam relacionadas à questão quatro. Ela abordava uma situação onde havia um campo magnético gerado no interior de um solenoide. Foi fornecido aos estudantes a equação do campo, que já havia sido discutido em sala de aula, e os valores da permeabilidade magnética, da corrente elétrica, do número de espiras, do raio de cada espira e do comprimento do solenoide. Foram feitas então duas perguntas: qual a intensidade do campo no interior do solenoide; e qual a influência que haveria sobre o campo caso se dobrasse o valor do raio.

Na primeira parte da questão foi possível observar diversas dificuldades que os estudantes tinham em lidar com a manipulação de relações matemáticas, ou seja, habilidades técnicas (ver fundamentação teórica, p. 31). Nenhum dos grupos dominou completamente a questão. Um grupo conseguiu realizar a conversão de unidades e substituir os valores na fórmula, mas não conseguiu de resolvê-la no tempo da aula. Muitos alunos não realizaram a conversão de unidades e demonstraram dificuldades na manipulação de operações que envolvam potências de dez.

Na segunda parte da questão somente dois grupos concluíram que uma mudança do raio não provocaria uma mudança no campo magnético. De um modo geral, os grupos de estudantes afirmavam que o campo diminuiria, pois, um raio maior indicava dificuldade na criação do campo. Um dos grupos afirmou que o campo ficaria mais intenso.

Muitos alunos perguntaram como eles deveriam fazer ou se o que eles estavam fazendo era o correto. Nas perguntas realizadas pode-se observar que, no geral, os alunos:

- Não trocaram as unidades para o sistema internacional;
- Fora um estudante, eles não conseguiram resolver a parte da potência de dez no problema;
- Sentiram a necessidade de não trabalhar com o símbolo π , e sim com 3,14 ou 3.

Também houve casos onde o estudante:

- Confundiu o símbolo π com o símbolo μ ;
- Perguntou se o símbolo μ era o mesmo símbolo que o μ_0 ;
- Perguntou onde ia o raio na equação;
- Perguntou se na fórmula era necessário colocar todo o valor do μ , ou seja, $4\pi \cdot 10^{-7}$;
- Perguntou o significado da unidade do μ_0 , ou seja, T.m/A;
- Não sabia o significado de dez na menos sete;
- Não sabia quantos metros eram cinquenta centímetros;
- Não conseguiu resolver a questão e quando questionei se não queria tentar respondeu “Não, não, a gente não vai conseguir”.

A pergunta sobre o significado da unidade da permeabilidade magnética, por exemplo, foi respondida da seguinte forma:

Professor Estagiário: Isso quer dizer que se você utilizar as unidades do sistema internacional, a unidade do campo magnético vai ser o Tesla.

Estudante: Tá, mas o que eu faço com isso?

Professor Estagiário: É só um dado para dizer que está no sistema internacional

Estudante: Tá então eu só uso o quatro vezes pi vezes dez na menos sete e não precisa botar isso daqui. [fazendo referência as unidades]

Professor Estagiário: É, não precisa botar unidade.

Refletindo sobre a forma como foi respondida essa questão para o estudante, concluiu-se que o mais adequado seria ter respondido com outra pergunta, alguma que o levasse a apresentar o que aquilo significa para ele naquele momento, algo como: “O que você acha que significa?”. É este tipo de comportamento que pode ser levado para uma próxima pesquisa, o de realizar questionamentos que levassem os estudantes a expor como eles pensam.

O fato de vários deles estarem pedindo o auxílio do pesquisador durante a aula acabou gerando um ritmo de tentar resolver o problema deles o mais brevemente possível ao invés de questionar cada um e a forma como eles estavam pensando em cada questão. Esta aula acabou virando um processo de ensinar rapidamente os estudantes quando surgiam dúvidas ao invés de questionar mais profundamente como eles pensavam, para fazer uma posterior análise. Este é outro ponto para reflexão para uma possível posterior pesquisa.

4.8 DISCUSSÃO SOBRE A PROPOSTA UTILIZADA

Durante a aplicação deste trabalho, houve observações que chamaram mais a atenção em relação aos dados coletados. Destacam-se, em relação aos estudantes, a(s):

- Dificuldades que eles, estudantes do terceiro ano do ensino médio, apresentaram de expor uma ideia através da escrita e de realizar a escrita de forma ortograficamente correta;
- Dificuldades que eles apresentaram em escrever, resolver e interpretar contas matemáticas que envolvam divisão e/ou multiplicação;
- Dificuldades que eles apresentaram de relacionar à explicação de um fenômeno a análise de um problema que envolvesse aquele fenômeno;
- Participação de muitos estudantes durante a pesquisa, fazendo perguntas durante as aulas e esforçando-se para responder as questões do questionário aplicado.

Além destas observações, houve episódios durante a aplicação da proposta que também chamaram a atenção. Destacam-se:

- Houve uma situação em sala, durante a segunda aula, onde um estudante fez um comentário bastante forte em relação a sua

capacidade de realizar a leitura de uma equação. Esse comentário surpreendeu, pois, refletia a mudança de visão que se propunha com o trabalho. A transcrição do comentário do estudante fica:

Tem... Por que a gente quando a gente viu a primeira vez a gente não sabia... agora pra mim mudou, agora tá esclarecido... mas eu não entendia antes mas agora eu entendo.

- Durante a segunda aula ocorreu uma situação que também surpreendeu. Neste episódio haviam sido expostas duas equações matemáticas, equação (25) e equação (26), que representavam ideias físicas similares, mas que estavam escritas de formas diferentes. Quando os estudantes foram questionados sobre a relação que eles viam entre as equações um deles imediatamente disse que elas eram iguais. A velocidade com que ele associou que as duas equações, apesar de escritas de formas diferentes, eram iguais demonstrou uma capacidade de interpretar a estrutura daquelas equações.

$$D = 60.X \quad (25)$$

$$S = 60.t \quad (26)$$

- No processo de análise do questionário houve uma resolução por parte de um aluno que foi muito bem apresentada. A questão perguntava qual o significado da equação apresentada e a resposta que ele forneceu foi uma descrição das relações de proporcionalidade entre as grandezas expostas na equação. Essa resposta indica que ele identificou que aquela equação era, dentre outras coisas, uma expressão das relações de proporção entre as grandezas apresentadas.

Durante o processo de análise da proposta, a reflexão levou a adquirir experiências sobre a forma de lidar com o conteúdo e com a sala de aula. Destaca-se:

- A importância de propor problemas e exercícios de um tema qualquer discutido em sala e analisar a resolução dos estudantes. Sem esta análise pode-se ter uma impressão de que

os estudantes estão aprendendo quando na realidade eles não estão. Essa análise faz parte do processo de busca pelo que precisa ser realizado em sala.

- A importância de se perguntar ao realizar essa análise. Quando o estudante fizer uma pergunta dizendo que tem uma dúvida num problema, que não entendeu um problema, que não compreendeu o que o enunciado queria dizer, um método para se identificar suas dificuldades é perguntar sobre aquilo que ele não entendeu, ao invés de buscar responder qual o significado daquele enunciado. O que ele entendeu daquele problema? Não é possível que não tenha feito nenhum sentido para ele. Se for identificado qual o sentido que aquele texto faz para ele, fica possível orientá-lo melhor para que ele possa aprender algo com a resolução daquele problema. Precisa-se conhecê-lo para saber o que ele precisa ouvir. Isto também serve para o momento de expor uma aula. Quando se faz uma discussão sobre uma questão, o adequado seria realizar perguntas que levem os estudantes a refletirem sobre o enunciado, pois muitos deles apresentam dificuldades em lê-los.
- A importância de criar e buscar questões que privilegiem a interpretação da matemática em seu papel estruturante. Isto foi observado, principalmente, a partir da análise da lista de exercícios.

Durante a aplicação da proposta, existiram momentos em que os estudantes, através da sua participação, confirmaram estarem aprendendo uma nova forma de olhar para a matemática na física. Momentos em que eles faziam perguntas ou afirmações que indicavam uma mudança de visão sobre este tema. Junto destes, existiram outros em que foram observadas as dificuldades dos estudantes em lidar com a relação entre a física e a matemática. Episódios em que eles não conseguiam atribuir adequadamente significados a um enunciado; que não conseguiam resolver uma conta matemática; que não conseguiram expressar uma ideia através da escrita. Estas ocorrências servem como instrumento da avaliação que se faz deste trabalho.

Acredita-se que existam, dentro dos participantes deste trabalho, estudantes que tenham mudado, como a proposta deste projeto visava, seu olhar sobre a relação entre a física e a matemática, mas também se acredita que existam estudantes que tenham mudado pouco a sua forma de pensamento no que diz respeito a esta relação. Não existe uma

conclusão de que esta proposta obteve sucesso para todos os estudantes que participaram, mas existem indícios de que, para alguns deles, houve alterações na forma de realizar a interpretação de uma representação matemática utilizada na física.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo descrito começa com a escolha de refletir, dentro do ensino de física, sobre a relação entre a física e a matemática. Identificou-se que existem trabalhos que discutem essa temática descrevendo que estas relações podem aparecer em diversos níveis (PATY, 1995) e que podem ser tratadas de formas diferentes dentro de sala de aula (KARAM, 2012). Buscando explorar estas relações, criou-se uma proposta de aulas para conhecer como elas influenciam o ensino. Com a aplicação desta proposta, coletaram-se dados que foram analisados com o objetivo de compreender melhor o tema e como essas relações se deram em sala de aula.

Este trabalho, em todas as suas etapas, levou a realizar uma série de reflexões sobre sua atuação profissional. A partir da criação da fundamentação teórica, pôde-se compreender melhor o significado de se pensar matemática como uma linguagem e como se estrutura essa linguagem. Pode aprender sobre as diferenças que existem ao se discutir essas estruturas como um professor de física e como um professor de matemática. Que a interpretação de uma equação pode ir além de pensar na física do fenômeno, mas pensar na estrutura da matemática que a descreve. Que existem mais fatores para se relacionar a uma equação de física do que somente uma descrição para o fenômeno que ela expressa.

Nas etapas de aplicação e análise da proposta, adquiriu-se experiências bastante úteis para exercer da função de professor, todavia, o processo de elaboração das aulas teve um papel significativo para o aprendizado. Neste processo, havia a necessidade elaborar aulas que servissem para coletar dados sobre a forma como os estudantes pensavam na relação entre a física e a matemática. Foi preciso realizar uma reflexão sobre como elaborar uma proposta que, ao mesmo tempo que ensinava sobre um tema específico de física, exigia que os estudantes participassem fazendo comentários e expondo sua forma de pensar. Procurou-se por uma aula que necessitava das falas dos estudantes para poder existir.

A qualidade que se encontrou nas aulas que foram criadas, levou a uma outra reflexão, sobre a importância de questionar os alunos durante as aulas. Fazer dentro de uma aula, independente do tema, uma pesquisa sobre o que pensa esse aluno, sobre quem ele é, faz a aula ter um “brilho” diferente ao mesmo tempo em que oferta ao professor uma forma de identificar, de acordo com as dificuldades do aluno, quais temas trabalhar em sala.

A relevância deste trabalho pode ser afirmada na importância da realização, dentro da academia, de uma reflexão sobre a importância que o papel da matemática na física tem para o ensino. A execução deste trabalho possibilitou, além desta reflexão, a oportunidade de realizar uma pesquisa dentro da área de atuação de sua profissão. Mesmo estando atuando como professor há alguns anos, este trabalho fornece subsídios para o desenvolvimento das suas aulas e de sua carreira.

Para futuros trabalhos ou estudos nesta área, com objetivo similar ao deste, elaboraram-se algumas sugestões:

- Ao preparar as aulas, buscar fazer diversas perguntas aos estudantes e procure prever quais as possíveis respostas que eles possam dar para as perguntas que você preparou. Pense em perguntas que você pode fazer utilizando as respostas que eles darão. Questione, quando adequado, não só o que você planejou questionar, mas também o que eles afirmam. Dessa forma vai obter mais informações sobre a forma como eles pensam.
- Preparar atividades em que os estudantes precisem escrever além de fazerem contas. Além de servir de exercício de raciocínio para eles, vendo o que escrevem, pode-se refletir sobre possíveis atividades que auxiliem no aprendizado deles.
- Buscar realizar com os estudantes problemas que discutam o papel estruturante da matemática para a física. Isso foi algo que tornou-se bastante claro ao realizar a análise da lista de exercícios.

Por fim, acredita-se que este trabalho desenvolveu um papel fundamental na formação do autor, submetendo-lhe a uma reflexão sobre seu papel como docente ao mesmo tempo em que lhe forneceu meios para o desenvolvimento de uma pesquisa acadêmica. Este tipo de pesquisa possibilita um encontro com a imensidão de conhecimento que existe dentro da academia, na área do ensino de física, e expõe uma imensidão maior de conhecimento que não se têm, mas que se busca obter.

REFERÊNCIAS

ANGELL, C.; KIND, P. M.; HENRIKSEN, E. K.; GUTTERSUD, O. An empirical mathematical modelling approach to upper secondary physics. **Physics Education**, v. 43, n. 3, p. 256-264, 2008.

AREVALO, Diego Fabian Vizcaíno. **Papel da “matematização” nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores**. UNESP. São Paulo: 2013.

ATAÍDE, Ana Raquel Pereira de; GRECA, Ileana María. **Estudo exploratório sobre as relações entre conhecimento conceitual, domínio de técnicas matemáticas e resolução de problemas em estudantes de licenciatura em Física**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 12, Nº 1, 209-233 (2013a).

ATAÍDE, Ana Raquel Pereira de. **O Papel da Matemática na Compreensão de Conceitos e Resolução de Problemas de Termodinâmica**. Tese de Doutorado. UFBA. Salvador: 2013b.

BING, T. **An Epistemic Framing Analysis of Upper-Level Physics Students' Use of Mathematics**. Tese de Doutorado, Physics Education, Universidade de Maryland, College Park, 2008.

BING, T.; REDISH, E. F. **Analyzing Problem Solving Using Math in Physics: Epistemological Framing via Warrants**. Physical Review Special Topics – Physics Education Research, v. 5, n. 2, 020108, p. 1-15, 2009.

BOCAFOLI, Francisco. **Física e Vestibular**. F&N Office. 2008. Disponível em: http://fisicaevestibular.com.br/exe_mag_5.htm. [acesso em: 01-01-2015]

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Ministério da Educação. 2000.

EDUARDO, José. **Maça**. s.d. Disponível em: <http://obj1.render.com.br:8080/images/courses/products/FIS-F-VLN/slideshow/-fisica-fundamental-vetores-e-leis-de-newton-FIS-F-VLN-slideshow-10.jpg>. [acesso em: 01-01-2015]

FERRARO, Nicolau Gilberto. **Os Fundamentos da Física**. Blogger. 2013. Disponível em: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/>. [acesso em 01-01-2015]

FILHO, Benigno Barreto; SILVA, Cláudio Xavier da. **Física Aula por Aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna: 3º ano**. 2. ed. – São Paulo: FTD, 2013.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals of Physics**. Extended 9th ed. John Wiley & Sons, Cleveland: 2011.

HESTENES, David. **Oersted Medal Lecture 2002: Reforming the Mathematical Language of Physics**. American Journal of Physics, v.71, n.2, p. 104-121, 2003.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. **Estruturação matemática do pensamento físico no ensino: Uma ferramenta teórica para analisar abordagens didáticas**. Tese de Doutorado. USP. São Paulo: 2012.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. **Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico**. ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p.181-205, 2009.

LOZANO, Silvia Ragout de; CARDENAS, Marta. **Some learning problems concerning the use of symbolic language in physics**. Science & Education 11: 589–599, 2002. Kluwer Academic Publishers.

MACÊDO, Josué Antunes de; PEDROSO, Luciano Soares; VOELZKE, Marcos Rincon; ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de. **Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação apresentados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 31, n. 1, p. 167-197, abr. 2014.

MARQUES, Domiciano. **Velocidade Vetorial**. Brasil Escola. 2014. Disponível em: <http://www.brasilecola.com/fisica/velocidade-vetorial.htm>. [acesso em: 01-01-2015]

MARTINS, Maria Helena. **O que é leitura?**. São Paulo: Brasiliense, 2006.

PAULA, Helder de F. e. **Vetor velocidade instantânea**: Movimento parabólico de uma bola de basquete. Ponto Ciência. 2014. Disponível em: http://www.pontociencia.org.br/galeria/?content%2FFisica%2FMecanica%2FVetor+Veloc+Instantanea_Bola+de+basquete.jpg. [acesso em: 01-01-2015]

PATY, Michel. **A matéria roubada**. São Paulo: Edusp, 1995.

PERINI, Mário A. **Sobre língua, linguagem e Linguística**: uma entrevista com Mário A. Perini. ReVEL. Vol. 8, n. 14, 2010. ISSN 1678-8931.

PIETROCOLA, Maurício Pinto de Oliveira. **A matemática como estruturante do conhecimento físico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v.19, n. 1, p. 93- 114, 2002.

POINCARÉ, Henri. **O Valor da Ciência**. Tradução Maria Helena Franco Martins. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995. Publicação original: 1905.

POSPIECH, G. **Promoting the competence of mathematical modeling in physics lessons**. Proceedings of the GIREP 2006 p. 575-583. Modelling in Physics and Physics Education. AMSTEL institute, Faculty of Science, University of Amsterdam, Netherlands. August, 2006.

PRIBERAM, Dicionário de Língua Portuguesa. "**ler**", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, <http://www.priberam.pt/dlpo/ler> [consultado em 01-01-2015].

RICARDO, Elio Carlos. ZYLBERSZTAJN, Arden. **Os parâmetros curriculares nacionais para as ciências do ensino médio**: uma análise

a partir da visão de seus elaboradores. Revista Investigações em Ensino de Ciência. UFRGS. Porto Alegre: 2008.

RICE. **College Physics**. Openstax College. s.d.. Disponível em: <http://philschatz.com/physics-book>. [acesso em: 01-01-2015]

ROSA, Caciací Santos de Santa. **Leitura**: uma porta aberta na formação do cidadão. Trabalho de Conclusão de Curso. FJA. Salvador: 2005.

THENÓRIO, Iberê Francisco. **Como fazer um eletroímã**: Experiência de Física. Manual do Mundo, 2012. Disponível em: <http://www.manualdomundo.com.br/2012/06/como-fazer-um-eletoima-experiencia-de-fisica-eletromagnetismo/>. [acesso em: 01-01-2015]

ZAHAR, Elie. **Einstein, Meyerson and the Role of Mathematics in Physical Discovery**. The British Journal for the Philosophy of Science, v. 31, n. 1, p. 1-43, 1980.

ZYLBERZTAJN, A. **Revoluções científicas e ciência normal na sala de aula**. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. Tópicos em Ensino de Ciência. Porto Alegre, Sagra, 1991.

APÊNDICE I: PLANEJAMENTO DO PRIMEIRO MOMENTO

Começar a aula discutindo as questões éticas envolvidas com a gravação de áudio durante as aulas. Entrevistar a turma:

Pessoal, o que vocês acham de estudar física? É legal, não é legal? Por quê?

[Sem resposta esperada]

Muitas pessoas falam que a física é difícil. O que vocês acham disso? Por quê?

[Espera-se que eles digam que física é difícil e coloquem matemática como um dos possíveis motivos]

Onde vocês têm mais dificuldade na física? Por quê?

[Espera-se que eles relacionem a dificuldade que tem com a matemática]

Tem muita matemática na física. Onde vocês veem a matemática na física?

[Espera-se que eles falem sobre equações, gráficos, fórmulas e outras formas de linguagem matemática].

Eu tenho algumas fórmulas aqui que eu gostaria que vocês dessem uma olhada.

[Escrever as respectivas fórmulas no quadro]

$$S = v \cdot t$$

$$S = 10 \cdot t$$

$$F_R = m \cdot a$$

$$F_R = 10 \cdot a$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{10}{A}$$

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

$$U = R \cdot i$$

Dessas fórmulas, quais vocês conhecem?

[Espera-se que a maioria conheça a equação que descreve a segunda lei de Newton e a equação que descreve a primeira lei de Ohm]

O que significa pra vocês cada uma dessas fórmulas?

[Espera-se que eles interpretem que a segunda equação está relacionada com a primeira e expressa que a velocidade vale “10”; que a quarta equação está relacionada com a terceira, para a massa valendo “10”; e que a sexta equação está relacionada com a quinta, para a área valendo “10”]

O que significa cada letra desta fórmula?

[Espera-se que eles identifiquem “S” por posição; “v” por velocidade; “t” por tempo; “F_R” por força resultante, “a” por aceleração; “P” por pressão; “F” por força; “A” por área; “E” por campo elétrico; “F” por força elétrica; “q” por carga elétrica; “U” por diferença de potencial; “R” por resistência elétrica; e “i” por corrente elétrica].

O que vocês entendem pela palavra proporção?

[Espera-se que eles descrevam que a palavra proporção está associada a relação entre grandezas]

Imaginem que exista uma cidade onde cada pessoa da cidade ganha bolo de chocolate no dia do aniversário da cidade. O confeitiro que faz os bolos da festa precisa de farinha para fazer cada um deles. Quanto mais bolos ele precisar fazer mais farinha ele vai precisar utilizar.

Imagine que cada bolo precise de 5 colheres de farinha. Quantas colheres de farinha ele vai precisar para atender toda a cidade?

[Espera-se que eles relacionem a quantidade de colheres com a quantidade de pessoas]

Do que depende o número de colheres que ele vai precisar?

[Espera-se que eles relacionem ao número de bolos/pessoas e ao número de colheres por bolo]

Quanto mais pessoas morarem na cidade, mais bolos ele vai precisar fazer, logo mais colheres de farinha ele vai precisar utilizar.

Nós falamos que o número de colheres que o confeitiro precisa, aumenta com a mesma proporção que o número de pessoas da cidade!

Se houver uma pessoa morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar utilizar?

[Cinco colheres]

Se houver duas pessoas morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar?

[Dez colheres]

Se houver X pessoas morando na cidade, quantas colheres de farinha ele vai precisar?

[Espera-se que eles respondam cinco vezes X , ou cinco vezes o número de pessoas]

Como a gente escreve 5 vezes X ?

[Espera-se que eles descrevam a expressão abaixo]

$$5 \cdot X$$

Mas esse valor é igual ao quê?

[Ao número de colheres]

Como vocês querem chamar o número de colheres que ele precisa para fazer os bolos?

[Espera-se que eles descrevam uma letra]

$$C = 5 \cdot X$$

Cada pedaço dessa equação tem um nome e um significado.

O que significa este símbolo (“ C ”)? [Número de colheres]

O que significa este símbolo (“ $=$ ”)? [Igual. Numa visão estrutural talvez alguémalaria “que é uma equação”]

O que significa este símbolo (“ 5 ”)? [Número de colheres por bolo]

O que significa este símbolo (“ \cdot ”)? [Vezes. Numa visão estrutural, que é uma relação de proporcionalidade direta]

O que significa este símbolo (“ X ”)? [Número de bolos/pessoas]

Quando isso acontece nós falamos que “ C ” é diretamente proporcional à “ X ”, pois quando “ X ” aumenta uma unidade “ C ” aumenta cinco, e quando “ X ” aumenta duas unidades “ C ” aumenta dez, e quando “ X ” aumenta três unidades “ C ” aumenta quinze e assim por diante.

Qual a relação que vocês fazem entre essa fórmula e essa fórmula?

[Escrever as duas equações uma do lado da outra]

$$C = 5 \cdot X$$

$$S = 10 \cdot t$$

[Espera-se que eles descrevam que “C” é proporcional à “X”, assim como “S” é proporcional à “t”]

Existe alguma outra fórmula que vocês conhecem que essa relação também aparece?

[Espera-se que eles relacionem as duas equações à expressão da segunda lei de Newton e primeira lei de Ohm, que também estarão escritas no quadro]

(Fim da primeira aula)

Retomar os assuntos discutidos na última aula:

Agora eu vou escrever novamente duas equações no quadro.

[Escrever as respectivas fórmulas]

$$S = v \cdot t$$

$$S = 60 \cdot t$$

O que significa pra vocês essas fórmulas?

[Espera-se que eles identifiquem que existe uma relação de proporcionalidade entre as grandezas e que a segunda equação expressa que a velocidade vale “60”]

O que significa cada letra desta fórmula?

[“S” representa posição; “v” velocidade; e “t” tempo]

Agora imaginem que a cidade faça um bolo só e que se divida este bolo com todas as pessoas que moram na cidade. O bolo inteiro tem 100 kg e cada morador recebe um pedaço igual do bolo.

Do que depende o peso do bolo que cada um vai ganhar?

[Espera-se que eles relacionem o peso com o número de pessoas e com o tamanho do bolo]

Quanto mais pessoas morarem na cidade, menor vai ser o pedaço de bolo que cada uma vai receber. Nós falamos que o peso do bolo que

cada uma vai receber diminui na mesma proporção que o número de pessoas que mora na cidade!

Se houver uma pessoa morando na cidade, qual o peso do bolo que ela vai receber?

[100 kg]

Se houver duas pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber?

[50 kg]

Se houver quatro pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber?

[25 kg]

Se houver X pessoas morando na cidade, qual o peso do bolo que elas vão receber?

[Espera-se que eles respondam 100 dividido por X]

Como a gente escreve 100 dividido por X?

[Espera-se que eles descrevam a expressão abaixo]

$$\frac{100}{X}$$

Isso é igual ao quê?

[A massa de cada pedaço do bolo]

Como vocês querem chamar o peso de cada pedaço de bolo?

[Espera-se que eles descrevam por uma letra]

$$M = \frac{100}{X}$$

Cada pedaço dessa equação tem um nome e um significado.

O que significa o “M”? [Massa]

O que significa o “=”? [Que é uma equação]

O que significa o “100”? [Peso total do bolo]

O que significa o “traço”? [Que é uma fração; que é uma relação de proporcionalidade inversa]

O que significa o “X”? [Número de pessoas]

Quando isso acontece nós falamos que “M” é inversamente proporcional à “X”, pois se “X” dobrar “M” cai pela metade, se “X” triplicar “M” cai três vezes.

Qual a relação que vocês fazem entre essa fórmula e essa fórmula:

[Escrever as equações abaixo no quadro]

$$M = \frac{100}{X}$$

$$P = \frac{10}{A}$$

[Espera-se que eles descrevam que as duas equações tratam de relações onde a proporção entre as grandezas é inversa]

Ok! Agora vamos imaginar a seguinte situação: Você está num ônibus fazendo uma viagem. Este ônibus em que você anda tem um controlador de velocidade que faz com que ele ande à 60 km/h o tempo todo.

Se o ônibus andar por uma hora, que distância ele vai percorrer? [60 km]

Se ele andar por duas horas, que distância ele vai percorrer? [120 km]

Se ele andar por X horas, que distância ele vai percorrer? [60 vezes X quilômetros]

Como a gente escreve isso?

[Espera-se que eles descrevam a equação abaixo]

$$60 \cdot X$$

Isso é igual ao quê?

[Ao número de quilômetros rodados pelo ônibus]

Como vocês querem chamar a distância que ele percorre?

[Espera-se que eles utilizem uma letra qualquer. Após eles apresentarem uma letra, escrever a equação no quadro].

$$D = 60 \cdot X$$

O que significa pra vocês essa fórmula? [A distância percorrida pelo ônibus durante a viagem]

O que significa cada letra desta fórmula? [“D” distância percorrida em quilômetros; “60” a velocidade do ônibus em quilômetros por hora; e “X” a quantidade de horas que ele anda]

E se ao invés de eu escrever “D” e “X” eu escrevesse:

[Escrever a equação abaixo no quadro próximo a onde ela foi escrita pela primeira vez na aula]

$$S = 60.t$$

A aula de hoje mudou a maneira como vocês veem essa fórmula?

[Espera-se que eles identifiquem que esta expressão matemática descreve um fenômeno físico].

(Fim da segunda aula)

APÊNDICE II: PLANEJAMENTO DO SEGUNDO MOMENTO

Começar a aula fazendo uma breve revisão dos conceitos de proporcionalidade direta e inversa.

Nas últimas aulas nós falamos sobre proporcionalidade. Nesta aula vamos ver como aquilo que discutimos pode ser utilizado para entendermos melhor a física.

Hoje eu vou falar com vocês sobre campos magnéticos. Para começarmos a discussão eu gostaria de perguntar para vocês o que é um campo?

[Espera-se que eles descrevam alguns tipos de campo estudados na física]

Na física, quando vamos falar sobre forças dividimos elas em dois tipos, as forças de contato e as forças de ação à distância. Quando dois corpos estão em contato eles podem realizar uma força um sobre o outro. Mas também é possível que dois corpos realizem uma força sem estarem em contato, mas com alguma distância. Vocês têm algum exemplo de força que os corpos podem fazer um sobre os outros sem necessitar de contato?

[Forças gravitacionais, forças elétricas, forças magnéticas]

A força gravitacional é um dos tipos mais famosos de força de ação a distância. A terra, por exemplo, interage com a lua e com o sol, mesmo sem tocar em um ou no outro. As forças entre um próton e um elétron também são forças de ação à distância, mas são chamadas de elétricas.

Essas forças, as de ação à distância, em geral estão associadas a um campo. A força gravitacional está associada a um campo gravitacional e a força elétrica está associada a um campo elétrico. Os campos vão ser utilizados pelos físicos, neste caso, para descrever forças que não são de contato. Nós dizemos que a terra cria um campo gravitacional que age como um intermediário para aquela força. No local em que a lua se encontra não existe a terra, mas existe o campo gravitacional que a terra criou. Este campo interage com a lua.

O campo é um mediador para a interação, já que os corpos não estão em contato quando interagem à distância.

Bem, além das forças gravitacionais e elétricas nós vimos que existem os campos magnéticos. Estes campos são criados, por exemplo, por ímãs que interagem uns com os outros à distância. Nós vimos que existe um campo magnético criado pela terra também, mas a pergunta inicial é: Por que a terra tem um campo magnético?

[Essa pergunta é feita com o objetivo de contextualizar o tema]

Para podermos responder essa pergunta vamos ter de observar um experimento, conhecido pelos Físicos por Experimento de Oersted. Neste experimento, ele fazia passar uma corrente elétrica contínua por um fio e, ao aproximar uma bússola do fio, ele viu que ela sofria um deslocamento em relação a posição dos polos norte e sul da terra. Mas se ele afastasse a bússola do fio ele percebia que ela ia deixando de se deslocar até não se deslocar mais. Existe então uma relação entre o campo formado pelo fio e a distância até o fio.

O que é interessante para discutirmos deste experimento é que ele mostra que existe uma relação entre um fenômeno elétrico e um fenômeno magnético. Quando está parada uma partícula carregada cria um campo elétrico na região ao entorno dela. Para descrever esse fenômeno os físicos passaram a pensar que quando uma partícula carregada está em movimento ela cria, além do campo elétrico, um campo magnético.

A corrente elétrica que Oersted criou no experimento pode ser pensada como um grande conjunto de partículas carregadas, os elétrons, em movimento. Assim eles criavam o campo magnético que mudava a posição do ímã.

Os físicos da época de Oersted se preocuparam não só descrever o que influenciava na criação deste campo magnético dentro do fio mas também em calcular sua intensidade. Então eu pergunto para vocês. O que deve influenciar na intensidade do campo magnético nas proximidades do fio?

[Espera-se que eles associem a corrente elétrica à intensidade do campo e à distância ao fio]

Se passasse mais corrente o campo seria maior ou menor? [Maior]

Se a distância fosse maior o campo seria maior ou menor? [Menor]

Eles também descobriram que de acordo com o meio o campo magnético criado teria intensidades diferentes. Para isto eles criaram

uma grandeza física chamada permeabilidade magnética. Ela está associada a capacidade do meio de permitir a criação de um campo magnético.

Quanto maior essa permeabilidade maior ou menor o campo magnético?

[Essa pergunta serve para contextualizar o conceito. Não é esperado que o aluno responda “maior”]

Maior! Quanto maior essa permeabilidade magnética, mais intenso fica o campo magnético. Então percebemos que o campo depende de três coisas: Da intensidade da corrente, da distância ao fio e da permeabilidade magnética.

Na última aula vimos que quando existe uma dependência de uma grandeza com outra, nós podemos escrever isso através de uma equação. Se uma coisa aumenta com a outra de maneira proporcional nós escrevemos assim:

$$C = 5.P$$

Se uma coisa diminui com a outra de maneira proporcional nós escrevemos assim:

$$M = \frac{100}{P}$$

Se uma coisa aumenta com uma e diminui com outra, nós escrevemos assim:

$$P = \frac{F}{A}$$

Logo para essa situação do fio como nós devemos escrever?

[Essa pergunta também foi elaborada para levar o aluno a uma reflexão. As grandezas diretamente proporcionais são escritas no numerador, e as inversamente no denominador.]

Tem a corrente elétrica que faz o campo aumentar; tem a permeabilidade magnética que faz o campo aumentar e tem a distância que faz o campo diminuir. Ficaria como então a equação?

[Espera-se que eles sejam capazes de construir algo parecido com a equação abaixo]

$$B = \frac{\mu \cdot i}{d}$$

Além desses três valores, em algumas equações nós devemos considerar colocar um valor constante, chamado constante de proporcionalidade. Para essa equação o fator de proporcionalidade está no denominador assim:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi R}$$

[Acredito que esse seja o momento mais crítico da aula. A adição da constante 2π na equação é complicada de se explicar. Usa-se da ideia de que certas equações possuem constantes de proporção. Isso vai ficar melhor discutido com os estudantes durante a resolução do exemplo na próxima aula]

(Fim da terceira aula)

Na última aula nós estávamos discutindo como é que é possível criar um campo magnético. Nós vimos que quando passa uma corrente elétrica por um fio, este cria um campo magnético. Para determinar a intensidade deste campo nós escrevemos uma equação:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d}$$

Nós escrevemos essa equação na última aula. Eu gostaria que vocês me dissessem:

O que significa cada símbolo desta equação?

[“B” é a intensidade do campo magnético; “ μ ” é a permeabilidade magnética; “i” é a corrente elétrica; e “d” é a distância ao fio]

O campo aumenta ou diminui com a corrente? [Aumenta]

O campo aumenta ou diminui com a permeabilidade magnética?

[Aumenta]

O campo aumenta ou diminui com a distância até o fio? [Diminui]

Por último eu só queria destacar qual será a unidade que nós vamos utilizar para o campo magnético. O nome dela será Tesla, em homenagem ao Físico, Nicola Tesla.

Para vocês terem uma ideia da intensidade desta unidade:

31.869 μT ($3.1 \times 10^{-5} \text{ T}$) – Campo magnético criado pela terra na sua superfície.

1.25 T – Campo magnético no interior de um ímã de neodímio.

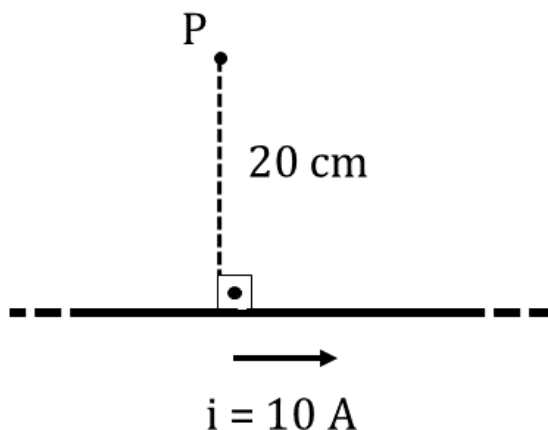
1.5 T até 3 T – Campo criado por um aparelho de ressonância magnética.

17.6 T – Campo magnético mais poderoso já criado em laboratório (Julho de 2014).

Agora que já conhecemos essa equação eu gostaria de resolver com vocês uma questão.

Escrever o exemplo no quadro:

Ex.: Para a imagem abaixo, qual o valor do campo magnético B situado no ponto P . Adote $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$ para a permeabilidade magnética.



Para podermos resolver esta questão precisamos inicialmente pensar o que estamos procurando. O campo magnético no ponto P tem uma intensidade que nós vimos que depende de três coisas: Da corrente elétrica, do meio (com a permeabilidade magnética), e da distância até

o fio. A relação que nós vimos diz que a intensidade do campo é maior quanto maior for a corrente elétrica e a permeabilidade magnética:

$$B = i \cdot \mu$$

[Neste momento está se buscando reconstruir a equação com os alunos]

Mas que é menor quanto maior for a distância ao fio:

$$B = \frac{i \cdot \mu}{R}$$

E que depende de um fator de proporção:

$$B = \frac{i \cdot \mu}{2\pi R}$$

Essa é a equação que relaciona o campo criado com as suas variáveis. Bem, vamos determinar agora qual o valor de cada variável. A corrente elétrica vale 10 ampères. A permeabilidade magnética vale $4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A. A distância ao fio vale 20 cm.

Quando nós vamos fazer uma conta é preciso que tenhamos cuidado na hora de avaliar quais as unidades que nós estamos utilizando. Todos os valores que substituírmos na fórmula tem de estar com unidades iguais para cada grandeza. Todas as unidades de tempo têm que estar iguais, todas as unidades de corrente têm de estar iguais, todas as unidades de distância têm de estar iguais. A corrente elétrica está em “A”, a permeabilidade está em “T.m/A” e a distância está em “cm”. Logo é necessário que transformemos ou a unidade da permeabilidade para “T.cm/A” ou a de distância para “m”.

Mas por que é necessário que façamos essa mudança? Para pensarmos nisso vamos lembrar do confeiteiro que fazia os bolos.

Lembram da equação que dizia quantas colheres ele precisava?

$$C = 5 \cdot Q$$

*Se ele usar uma colher maior ele vai precisar de mais ou menos colheres? Se ele usasse uma colher menor ele vai precisar de mais ou menos colheres? Assim, nós dizemos que ele tem de usar cinco colheres **de sopa** para cada bolo, ao invés de dizer que ele tem de usar cinco colheres **de chá**. Entretanto, se eu disse para vocês que cada colher de sopa pode conter tanta farinha quanto quatro colheres de chá. Quantas colheres de chá ele precisaria para um bolo?*

$$4.5 = 20$$

[Espera-se que eles sejam capazes de interpretar a situação e concluir que seriam vinte colheres]

Logo se ao invés de escrevermos a equação para colheres de sopa nós a escrevêssemos para colheres de chá como ela ficaria:

$$C = 20.Q$$

Nota que a forma como nós vamos escrever a equação depende da unidade que estamos utilizando. Numa equação a unidade era colheres de sopa, na outra é de chá.

Nas equações de física temos de tomar o cuidado de usar unidades iguais para as mesmas grandezas na hora de fazer as contas, caso contrário não vamos saber exatamente qual unidade é o resultado (colheres de sopa ou chá).

(Fim da quarta aula)

Começar o encontro reescrevendo o exemplo da última aula no quadro.

Gostaria de lembrar o que vimos na última aula. Nós falamos sobre unidades e como elas alteram nossas equações. Nós vimos que se utilizássemos colheres de sopa no problema do confeitiro que fazia bolos a equação que nós escrevíamos era:

$$C = 5.Q$$

Mas se utilizássemos colheres de chá a equação ficava:

$$C = 20.Q$$

Pois sabíamos que uma colher de sopa contém quatro colheres de chá.

Agora vamos voltar a questão que estávamos resolvendo sobre o fio reto.

Nós tínhamos um problema onde o valor de uma das grandezas nos foi dado em uma unidade diferente daquela que nós usaríamos na equação, pois queríamos o resultando do campo em Teslas.

Para isto precisávamos transformar o valor de vinte centímetros para metros.

Para transformar um valor de centímetros para metros nós temos fazer o quê?

[Espera-se que eles respondam algo como dividir por cem]

Como vocês poderiam escrever isso?

[Espera-se que eles descrevam as formas abaixo. Caso contrário, o professor mesmo escreve]

$$\frac{20}{100} \quad 0,20 \quad 20 \div 100$$

Essas são formas diferentes de se escrever vinte dividido por cem. Para os físicos e matemáticos, entretanto existe uma forma diferente de se escrever vinte dividido por cem.

Mas antes de apresentar este formato eu gostaria de fazer para vocês algumas perguntas.

O que significa para vocês estes símbolos:

$$10 \text{ [dez]}$$

$$10^1 \text{ [dez elevado à 1, que é igual a dez]}$$

$$10^2 \text{ [dez elevado à 2, que é igual a cem]}$$

$$10^3 \text{ [dez elevado à 3, que é igual a mil]}$$

$$10^{-1} \text{ [dez elevado à menos 1, que é igual 1 dividido por dez]}$$

$$10^{-2} \text{ [dez elevado à menos 2, que é igual 1 dividido por cem]}$$

$$10^{-3} \text{ [dez elevado à menos 3, que é igual 1 dividido por mil]}$$

$$2 \cdot 10^1 \text{ [duas vezes dez elevado à 1, que é igual 2 vezes dez]}$$

$$2 \cdot 10^{-1} \text{ [duas vezes dez elevado à menos 1, que é igual 2 dividido por dez]}$$

Se nós quiséssemos escrever vinte dividido por cem nesta linguagem como nós faríamos isto?

[Espera-se que eles descrevam algo próximo a forma abaixo]

$$20 \cdot 10^{-2}$$

Essa é a linguagem que os físicos utilizam para escrever multiplicado ou dividido por alguma coisa. Quando nós vimos o valor da permissividade magnética nós escrevemos:

$$4\pi \cdot 10^{-7}$$

Ou seja é 4π , que é aproximadamente igual a 12, dividido por 10^7 (10.000.000).

Vamos continuar a escrever então a nossa equação da última aula:

$$B = \frac{i \cdot \mu}{2\pi R}$$

Os valores ficam então:

$$B = \frac{10 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 20 \cdot 10^{-2}}$$

Para terminarmos a equação vamos realizar a divisão:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-2}}$$

$$B = \frac{10^{-7}}{10^{-2}}$$

Para realizar a divisão das potências de dez eu gostaria que vocês me descrevessem o que vocês entendem pelos símbolos que eu vou escrever no quadro:

$$10^x$$

$$10^y$$

$$10^a$$

$$10^x = 10^1$$

$$10^x = 10^3$$

O que estes símbolos significam?

[Espera-se que eles sejam capazes de identificar que as três primeiras equações são similares; que a segunda equação indica que “x” vale “1”; e que a terceira equação indica que “x” vale 3]

Ok! Agora eu vou escrever uma propriedade matemática:

$$\frac{10^x}{10^y} = 10^{x-y}$$

Se eu escrevesse agora para vocês:

$$\frac{10^3}{10^5}$$

É igual a quanto?

[Espera-se que ele seja capaz de utilizar a propriedade para resolver o problema]

$$\frac{10^3}{10^5} = 10^{3-5} = 10^{-2}$$

Se eu escrevesse agora para vocês:

$$\frac{10^{-3}}{10^{-5}}$$

É igual a quanto?

[Espera-se novamente que ele seja capaz de resolver o problema]

$$\frac{10^{-3}}{10^{-5}} = 10^{-3+5} = 10^2$$

Então quando escrevemos:

$$\frac{10^{-7}}{10^{-2}} = 10^{-7+2} = 10^{-5}$$

[Essa era a equação do exemplo]

Então:

$$B = \frac{10^{-7}}{10^{-2}}$$

$$B = 10^{-5} T$$

(Fim da quinta aula)

APÊNDICE III: PLANEJAMENTO DO TERCEIRO MOMENTO

Começar o encontro fazendo o desenho da situação do fio reto criando um campo magnético representada no exemplo da última aula.

Na última aula nós falamos sobre o campo magnético criado por um fio e calculamos ele para uma situação. Durante nossas aulas nós vimos uma equação, a equação que representa como a intensidade do campo magnético varia com as características da situação. Nós vimos que para um fio reto (desenhar um fio reto) por onde passa uma corrente elétrica “i” a intensidade do campo dependia de...?

[Da corrente elétrica, do meio e da distância]

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi d}$$

Nós calculamos e vimos que a intensidade do campo elétrico nesta situação, neste ponto, vale $8,1 \cdot 10^3$ T. Mas isto, a intensidade do campo, não é o suficiente para descrevermos os campos magnéticos criados por um fio. Um campo magnético é uma grandeza vetorial.

Vocês se lembram do que é uma grandeza vetorial ou um vetor?

[Espera-se que eles descrevam alguma grandeza vetorial usada na física]

O que é um vetor?

[Espera-se que eles associem a ideia de vetor a módulo, direção e sentido. Talvez descrevam alguma grandeza física]

Onde aparecem vetores na física?

[Espera-se que eles descrevam alguma situação ou alguma grandeza]

Vocês já estudaram vetores fora da física?

[Sem resposta esperada]

Quando nós falamos em grandezas físicas elas existem de dois tipos: as escalares e as vetoriais. As grandezas escalares são completamente caracterizadas por um número seguido de uma unidade. Se eu falo para vocês que a minha massa vale “90 kg”, vocês têm a informação completa do valor da minha massa. Se eu falar pra vocês que a temperatura dessa sala é de “20°C” vocês têm a informação completa da temperatura desta sala. Se eu falar para vocês o volume de uma caixa de leite é “1 litro” vocês têm a informação completa do volume

desta caixa. Mas e se eu falar para vocês que eu andei “10 metros”, vocês sabem para onde eu fui? Se eu falar que a minha velocidade é de “80 km/h”, vocês sabem para onde eu estou indo? Se eu falar que eu estou realizando uma força que vale “10 N” vocês sabem para onde eu estou empurrando um objeto?

Notam que existem certas grandezas que necessitam de uma informação maior do que o número seguido da unidade para serem completamente informadas? Essas grandezas necessitam que além de eu dizer qual a sua intensidade, que eu diga para onde elas apontam. Então nós podemos dividir as grandezas na física em dois tipos: as escalares e as vetoriais. As grandezas escalares só precisam do número seguido da unidade para serem caracterizadas, já as vetoriais precisam também que eu diga para onde elas apontam. O número seguido da unidade nós chamaremos de módulo ou intensidade, e o dizer para onde elas apontam nós vamos representar por duas coisas: a direção e o sentido.

Vocês se lembram o que é direção e sentido?

[Espera-se que eles atribuam direção e sentido à “para onde aponta o vetor” ou algo do gênero]

[Usa-se o quadro para descrever as situações expostas no próximo parágrafo]

Direção é uma característica de uma linha de uma reta. Uma reta pode ser horizontal, pode ser vertical, pode estar na diagonal com um ângulo, ou com outro ângulo. Cada reta dessas, quando não são paralelas, tem uma direção diferente. Cada direção dessas tem dois sentidos. Na horizontal, ela pode ser para a direita ou para a esquerda, entrando no quadro ou saindo do quadro; na vertical ela pode ser em dois sentidos também, para cima ou para baixo; na diagonal para cima ou na diagonal para baixo. Quando nós vamos caracterizar uma grandeza vetorial nós temos que dizer todas as características dela. Por exemplo para representar completamente meu deslocamento eu falo que ele é igual à:

10 metros na horizontal para a direita. [escrever no quadro]

Qual destes termos é o módulo? Qual é a direção? Qual é o sentido?

[O módulo é “10”, a direção é “horizontal” e o sentido é “para a direita”]

Bem, agora que já sabemos o que é uma grandeza vetorial, vamos voltar para o campo magnético. Com o que vocês já sabem, poderiam me dizer se acham que o campo magnético é uma grandeza escalar ou vetorial?

[Essa pergunta é retórica]

Quando nós representamos um campo magnético num ímã nós fazemos isto através de linhas que nós chamamos de linhas de campo.

[Desenhar um ímã no quadro mostrando as linhas de campo].

Estas linhas elas saem do pólo norte e vão em direção ao pólo sul. Em cada linha destas eu posso desenhar uma reta tangente a linha. Essa reta só toca a linha em um ponto.

[Desenhar várias retas tangentes na representação]

Estas retas definem a direção do campo magnético. O sentido vai depender se elas estão saindo do pólo norte ou do pólo sul.

[Desenhar no quadro algumas diferentes situações de sentido da linha]

O sentido das linhas é aquele que sai do polo norte do ímã e vai em direção ao polo sul do ímã.

Bem com isso podemos dizer que o campo magnético é uma grandeza vetorial.

O que isso significa mesmo?

[Essa pergunta é feita para identificar se os alunos compreenderam o conceito de grandeza vetorial exposto]

Bem vamos voltar agora a situação do fio retilíneo onde percorre uma corrente.

[Observar o desenho feito no quadro no início da aula]

Sabemos que neste ponto a intensidade do campo magnético é $8,1 \cdot 10^5$ T. Mas para ter a informação completa do campo nós vamos precisar saber qual é a direção e o sentido deste campo.

E aí? Qual é a direção e o sentido que vocês acham que o campo tem?

[Espera-se que eles verifiquem as linhas de campo que descrevem o campo para o ímã, com polo norte e sul, não tem a mesma forma no fio reto, pois não existe um polo norte e sul bem definido na situação do fio]

Para podermos descobrir qual é a direção e o sentido do campo vamos ter de pensar em algumas coisas. Quando um campo magnético é

criado ele tem uma característica bastante peculiar. É difícil entender por que é assim, mas vamos admitir que já sabemos que é assim. A característica é que o campo criado por um pedaço do fio é perpendicular a este pedaço de fio.

Vocês lembram o que significa dizer que alguma coisa é perpendicular?
[Espera-se que eles relacionem o termo perpendicular ao fato de uma reta formar um ângulo de noventa graus com outra reta].

(Fim da sexta aula)

Terminamos a última aula falando sobre o que significava o termo perpendicular. Quando eu crio o campo magnético com o fio este campo tem de ser perpendicular ao fio. Como poderia ser isto?

[Aqui espera-se que eles respondam que as linhas de campo devem sair do fio, imaginado que o fio é uma reta e que as linhas de campo são outras retas perpendiculares a estas].

Essa é uma possibilidade [a das linhas cruzarem o fio perpendicularmente], mas nós vamos ver que não tem como o campo sair do fio. A explicação disso vem de uma propriedade dos imãs. Na realidade as linhas de campo são perpendiculares ao fio, mas não apontam para ele ou para fora dele. Como assim? Bem, imaginem que esta caneta representa o campo magnético neste ponto. Ela vai apontar nesta direção. Neste outro ponto ela vai apontar nesta outra direção. Neste outro ponto ela vai apontar nesta outra direção. [Utilizar uma caneta para representar um vetor no espaço. Isto é feito para representar as linhas saindo e entrando no quadro]

E assim nós podemos ver que o campo pode apontar em diversas direções diferentes de acordo com a posição do fio. Se eu pegasse pontos mais afastados as direções ainda serão as mesmas, mas a intensidade do campo vai diminuir.

[Procurar utilizar um lápis menor que a caneta para representar o vetor mais afastado, indicando que o tamanho do vetor na representação indica seu módulo].

Mas daí podemos nos perguntar: Se sabemos qual é a direção do campo magnético, como saberemos o sentido? Nós sabemos que o campo aponta nesta direção perpendicular, mas e o sentido?

Para poder resolver este problema nós vamos utilizar uma regra de vetores chamada regra da mão direita. Nós não vamos discutir por que

é assim, mas essa regra serve para darmos um sentido ao campo magnético. Vamos precisar usar nossa mão direita para isto. Vamos colocar nossa mão com o dedão apontado no sentido da corrente elétrica.

[Mostrar na frente da sala como funciona]

Depois nós vamos deixar nossos outros dedos assim retos. Neste ponto o campo magnético aponta para lá. Se eu girar a mão eu vou ver que ele aponta para lá neste outro ponto. Neste outro ele aponta para lá.

Imaginem agora que eu vire este fio e coloque ele de frente para o quadro com a corrente saindo do quadro. Se eu fosse desenhar os vetores do campo magnético nestes pontos eu usaria a regra da mão direita e eles ficariam assim...

[Desenhar vetores de campo magnético em diversas posições quando o fio está saindo do quadro. O objetivo é visualizar um fenômeno de três dimensões através da utilização de várias imagens em duas dimensões]

Se os vetores estão dispostos desta forma, o que podemos falar sobre as linhas de campo?

As linhas de campo se colocam de forma que o campo é perpendicular a elas em cada ponto. Então nesta região as linhas de campo seriam assim, formando um círculo. Aqui outro círculo e aqui outro círculo. Assim temos as linhas de campo formadas por um fio condutor. Essa representação que eu fiz no quadro é a representação de quando o fio é perpendicular ao plano do quadro e a corrente está saindo dele.

[Pode ser feita também a representação da corrente entrando no quadro]

Quando queremos dizer que a corrente está saindo do quadro nós representamos isto por um ponto num círculo. [Desenhar o símbolo]

Se quisermos dizer que a corrente está entrando no quadro nós desenharíamos isto por um x num círculo. [Desenhar o símbolo]

Essa representação serve para descrever vetores que entram ou saem do quadro, no caso de vocês, que entram ou saem da folha. Ela tem uma explicação lógica. Quando pensamos em uma flecha a flecha tem dois lados: o lado da pena e o lado da ponta. [Desenhar uma flecha em perspectiva].

Se olhássemos para a flecha quando ela vem na nossa direção nós veríamos algo perto de um ponto com um círculo em volta. Assim é como representamos um vetor quando ele está vindo na nossa direção. A corrente elétrica aqui é um exemplo. Ela está vindo na nossa direção.

No caso de olharmos a flecha quando ela for atirada por nós, veremos a parte de trás dela que, devido as penas, se assemelha a um X com um círculo em volta. Assim é como representamos um vetor quando ele está entrando no plano, neste caso, no quadro.

Vamos utilizar agora este conhecimento para descrever como deve ser o vetor campo magnético na situação em que o fio, ao invés de ser colocado com a corrente saindo do quadro, é colocado no plano do quadro. Usando a regra da mão direita nós podemos descrever que na parte de cima do fio os vetores do campo magnético estão saindo ou entrando no quadro? Como nós representamos isto? E na parte de baixo do fio? Como nós representamos isto?

[Espera-se que eles sejam capazes de participar, descrevendo os vetores campo magnético através da simbologia apresentada]

Vamos voltar agora ao nosso exemplo da última aula. O campo magnético no ponto P tem módulo $8,1 \cdot 10^{-5}$ T e aponta para dentro do quadro. Essa é a forma como representamos então o campo magnético criado por um fio condutor.

Relembrando então o que nós estudamos nas últimas aulas:

Um fio condutor é capaz de criar na região do seu entorno um campo magnético. Este campo magnético tem uma intensidade que depende de três coisas: Da intensidade corrente elétrica, da permeabilidade magnética do meio e da distância do ponto do meio até o fio. Nós representamos isto pela equação:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi R}$$

Isto indica que o campo aumenta com a permeabilidade magnética e com a corrente elétrica, mas diminui com a distância até o fio. O valor “ 2π ” serve como constante que está relacionada com as características da situação em questão que estamos discutindo.

Este campo magnético é uma grandeza vetorial e tem direção e sentido que dependem de uma regra matemática chamada regra da mão direita. A regra é pegar o nosso dedão e apontar na direção da corrente elétrica, os outros dedos irão apontar na direção e sentido do campo magnético, lembrando que ele é sempre perpendicular ao fio.

Bem, como vocês já estudaram bastante esta relação eu vou pedir para vocês fazerem um exercício para mim na próxima aula. Cada um de vocês vai ganhar uma folha com uma série de perguntas. Eu vou utilizar esta folha para a avaliação de vocês. Ganhará nota quem participar,

não necessariamente quem acertar. Eu não quero que vocês escrevam somente se tiverem certeza. Escrevam o que vocês pensam que é certo.

(Fim da sétima aula)

APÊNDICE IV: PLANEJAMENTO DO QUARTO MOMENTO

Para a realização deste momento foi planejado levar até a sala de aula um fio flexível de cobre para facilitar as demonstrações.

Hoje nós vamos começar a falar de um novo tipo de sistema.

Na eletrônica existe um componente que chamamos de bobina. Ela é utilizada em diversos aparelhos tais como: Ventiladores, aparelhos de rádio, máquinas de ressonância magnética e radares de velocidade de veículos.

Uma das principais utilidades das bobinas aparece na geração de energia elétrica. Isso se deve as características magnéticas que ela vai apresentar. A produção de energia elétrica na nossa sociedade está muito vinculada aos fenômenos magnéticos.

Vamos começar então descrevendo o que é uma bobina. Este nome “bobina” vai muitas vezes ser substituído pelo termo “solenóide”. Para efeito de nosso estudo é a mesma coisa. Um solenóide é como se denomina um condutor enrolado na forma de espiras. Mas isso nos leva à pergunta: o que é uma espira?

Uma espira é um fio enrolado. Como assim? Imagine que nós pegamos um fio reto e enrolamos ele formando algo como isto.

[Fazer um desenho no quadro da situação e mostrar com o fio flexível]

Isto seria uma espira. Se a forma como eu enrolo o fio forma um quadrado nós falamos que a espira é quadrada; Se enrolamos na forma de um círculo é uma espira circular; Se enrolamos na forma de um retângulo é uma espira retangular, e assim vai...

Qual a função de uma espira? Fazer o campo magnético ter uma direção privilegiada. Quando nós temos uma corrente elétrica circulando uma espira, existe uma face dela na qual o campo sai, e uma face na qual o campo entra. Isto é parecido com o comportamento de um ímã. No ímã o polo norte é da onde saem as linhas de campo e o polo sul é aonde entram as linhas de campo.

[Realizar um desenho no quadro. Utilizar a regra da mão direita para fazer a demonstração de que as linhas vão ter um lado privilegiado pelo qual saem o outro pelo qual entram]

Assim nossa espira se comporta como um ímã, tendo um polo norte e um polo sul.

Se eu aproximar o polo norte de um ímã do polo norte da espira eles vão se atrair ou se repelir?

[Se repelir. O polo norte de um ímã se repele do polo norte de outro ímã.]

Vamos pensar um pouco nesta repulsão. Esperamos que ela seja maior ou menor caso eu aumente a corrente elétrica que passa pela espira?

[Maior. Se aumentarmos a corrente, aumentamos a intensidade do campo magnético.]

Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa?

[Espera-se que os alunos concluam que é de proporcionalidade direta]

Se eu for escrever uma equação que relaciona o campo com a corrente elétrica e dizemos que o campo aumenta com a corrente elétrica, nós escrevemos a equação algo assim ou assim?

[Escrever as duas seguintes possibilidades no quadro e esperar que os alunos escolham a primeira]

$$B = i \dots \quad B = \frac{\dots}{i}$$

Deve ser alguma coisa perto da primeira então.

Um dos fatores que também influencia na criação do campo magnético é o meio. Quanto mais intensa for a permeabilidade magnética do meio, maior ou menor deve ser o campo magnético criado pela espira?

[Maior]

Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa? [Direta também]

Então nossa equação para o campo vai ficar alguma coisa como o que?

[Novamente escrever as duas seguintes possibilidades no quadro e esperar que os alunos escolham a primeira]

$$B = i \cdot \mu \dots \quad B = \frac{i \dots}{\mu}$$

O campo criado pela espira, nós não vamos estudar exatamente qual é a equação, mas ela se constrói algo como nesta forma. Percebem que eu estou descrevendo uma relação com esta equação? E que esta relação descreve um problema real, um problema físico?

Bem... vamos então falar agora sobre o solenoide. Ele é um conjunto de espiras. Se juntarmos duas espiras vamos formar um campo maior do

que aquele formado por uma só. Se colocarmos três, vamos ter um campo maior ainda. Se conseguíssemos colar uma espira na outra, ou seja, se o tamanho delas fosse desprezível, a intensidade do campo iria ser o número de espiras vezes o campo criado por cada uma. Note que juntando espiras nós conseguimos fazer um campo maior. Então se eu quiser **aumentar** a intensidade do campo magnético no interior do solenoide, eu **aumento ou diminuo** o número de espiras? [Aumenta]

Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa? [Proporção Direta]

E a nossa relação para o campo magnético vai ficar alguma coisa com qual dessas duas caras?

[Novamente escrever as duas seguintes possibilidades no quadro e esperar que os alunos escolham a primeira]

$$B = i \cdot \mu \cdot N \dots \quad B = \frac{i \cdot \mu \dots}{N}$$

Esta é a ideia do solenoide. Juntamos várias espiras para termos um campo magnético maior. Só que elas têm um tamanho, de forma que se eu juntar muitas espiras começa a aumentar o tamanho do solenoide. Vocês acreditam que **aumentando** o tamanho do solenoide, o campo magnético que ele vai criar no seu interior, vai **aumentar ou diminuir**?

[Espera-se que eles falem diminua com o comprimento. Talvez alguns lembrem do questionário onde a equação do campo magnético criado pelo solenoide já havia sido apresentada.]

Bem, podemos pensar em dois casos extremos: Um deles é o com as espiras sem tamanho, uma em cima da outra; e o outro é o caso das espiras bem afastadas uma das outras. Em qual das situações vocês acham que o campo vai ser mais intenso no interior da bobina.

[No caso delas juntas]

Como o campo diminui à medida que eu me afasto das espiras, eu posso imaginar que quanto mais afastadas elas estiverem, menos intenso vai ser o campo entre elas. Novamente perguntando: Vocês acreditam que **aumentando** o tamanho do solenoide, o campo magnético que ele vai criar no seu interior, vai **aumentar ou diminuir**? [Diminuir]

Essa relação é de proporcionalidade direta ou inversa? [Inversa]

Então escreveremos algo como qual dessas duas possibilidades?

[Novamente escrever as duas seguintes possibilidades no quadro, mas desta vez o esperado é que os alunos escolham a segunda]

$$B = i \cdot \mu \cdot N \cdot L \dots \quad B = \frac{i \cdot \mu \cdot N \dots}{L}$$

Bem, vamos concluir aqui em sala que o campo magnético criado no interior de um solenoide só depende destas quatro grandezas, de forma que podemos escrever:

$$B = \frac{i \cdot \mu \cdot N}{L}$$

Desta forma, olhando para a equação, podemos nos fazer algumas perguntas:

*O **Campo Magnético** (desta equação) depende de quantas grandezas? [Quatro grandezas]*

*A relação entre a **Campo Magnético** e a **Corrente Elétrica** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? [Direta]*

*A relação entre a **Campo Magnético** e o **Número de Espiras** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? [Direta]*

*A relação entre o **Campo Magnético** e o **Comprimento** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? [Inversa]*

*Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir a **Corrente elétrica**, o que você faria com ela? [Aumentaria]*

*Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **aumentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir o **Comprimento**, o que você faria com ele? [Diminuiria]*

[O que se faz aqui basicamente é uma discussão do segundo problema do questionário]

(Fim da oitava aula)

Para a realização desta aula, foi planejado montar dois eletroímãs previamente, levar os materiais utilizados na realização da experiência em sala e discutir com os alunos como cada característica dos materiais influencia na criação do campo magnético.

Agora que já discutimos qual é a intensidade deste campo vamos ver um exemplo de aplicação dele. A minha proposta de hoje é construir um

solenóide e ver se ele se comporta como um ímã. Eu trouxe aqui para sala de aula algumas coisas.

[Retirar os materiais. Abaixo segue uma descrição de quais são os materiais]

Dos materiais que nós temos aqui podemos ver:

→ *Alguns fios (fios flexíveis).*

Esse é um fio flexível usando em instalações elétricas. Como vocês podem ver, aqui dentro do plástico que cobre o fio tem pequenos fios de um material brilhoso, quase dourado. Este material é o cobre. O cobre deste fio aqui é quase puro, ou seja, não é misturado com outros elementos, como cobre, oxigênio ou outros metais. Eles produzem o fio com cobre quase puro, para evitar perdas de energia pela existência de impurezas.

Um outro tipo de fio que vocês podem encontrar nas lojas de material de construção são os fios rígidos. Um fio rígido ele é feito de um pedaço único de cobre, e não de vários pequenos que nem este fio aqui. O fio rígido, apesar de ser bastante útil para as construções, não foi o que eu utilizei para fazer o eletroímã pois é mais difícil de dobrá-lo e eu precisei dobrá-lo para fazer o solenóide.

→ *Alguns pregos grandes.*

→ *Algumas pilhas AA.*

→ *Uma fita isolante.*

→ *Dois solenóides montados, sendo que um tem mais espiras do que o outro.*

Bem, na última aula nós falamos de solenóides. O que era um solenóide? Para fazer um solenóide nós precisávamos juntar várias espiras. Enrolando elas assim nós fazíamos uma bobina ou solenóide.

[Desenhar no quadro e mostrar com os fios]

Quando eu fizesse uma corrente elétrica percorrer o solenóide, passava a existir na região no entorno dele um campo magnético. Esse campo magnético, ele é representado por linhas que saem de um lado do solenóide e entram no outro lado dele, parecido com um ímã.

[Desenhar as linhas de campo no quadro]

Este lado da onde saem as linhas é o polo norte ou sul do ímã? [norte]

Este lado aonde entram as linhas de campo? [sul]

Este solenoide então tem linhas de campo parecida com as de um imã, mas ele não é que nem um imã normal. Ele só se comporta como um imã se passar uma corrente elétrica pelo fio.

Nós vimos também que existia uma equação para determinar o campo magnético no interior do solenoide. Essa equação dependia de quantas grandezas? [Quatro]

Quais eram as grandezas? [Corrente elétrica, permeabilidade magnética, número de espiras e comprimento do solenoide]

Dependia da corrente elétrica que iria passar pelo solenoide. Se a corrente aumentava o campo magnético aumentava ou diminuía?

[A ideia é ir construindo novamente a equação no quadro, grandeza à grandeza.]

$$B = i$$

Dependia do meio no interior do solenoide. Nós representávamos isto pela permeabilidade magnética do meio μ . Quanto maior o μ , maior era o campo magnético.

$$B = i \cdot \mu$$

Também dependia do número de espiras e do comprimento do solenoide. Se eu aumentava o número de espiras o campo aumentava e se eu aumentava o comprimento do solenoide o campo diminuía.

$$B = \frac{i \cdot \mu \cdot N}{L}$$

Nós vimos esta equação mas eu trouxe hoje aqui os fios para que vocês pudessem ver como Já que temos fios aqui podemos ver como é um solenoide de verdade. Eu trouxe aqui para vocês dois solenoides que eu mesmo montei com este material.

Eu enrolei o fio flexível em volta deste prego, fazendo várias voltas em uma camada. Neste outro prego, eu enrolei o fio em duas camadas, dobrando o número de espiras totais do solenoide. Quanto mais voltas eu dou no fio, vocês esperam que maior ou menor vai ser o campo magnético?

[Espera-se que eles respondam que maior]

Onde isto está expresso na equação?

[No número de espiras ser diretamente proporcional ao campo magnético]

Eu enrolei o fio flexível em volta do prego de ferro. Teria alguma diferença se eu só enrolasse o fio sem usar o prego?

[Espera-se que eles respondam que sim, pois mudaria o meio no interior do solenoide.]

Onde isto está expresso na equação?

[Na permeabilidade magnética do meio ser diretamente proporcional ao campo magnético. O ferro tem uma permeabilidade magnética maior que a do ar.]

Eu poderia enrolar o fio em um prego maior que este, deixando as espiras mais dispersas. Faria alguma diferença se eu mudasse o comprimento do prego sem mudar o número de espiras?

[Espera-se que eles respondam que sim, pois o comprimento influencia na intensidade do campo magnético]

Onde isto está expresso na equação?

[No comprimento do solenoide ser inversamente proporcional ao campo magnético]

*Eu tenho aqui dois conjuntos de pilhas. Num deles existem **duas** pilhas unidas em série e fixadas com uma fita isolante. No outro deles existem **quatro** pilhas unidas em série e fixadas com uma fita isolante. Quando eu ligar as extremidades do solenoide nos polos elétricos dos meus conjuntos de pilhas vai começar a passar uma corrente elétrica pelo solenoide. Essa corrente elétrica vai produzir então um campo magnético no interior dele. Esse campo vai ser maior quando eu ligar o solenoide no conjunto de **duas** ou de **quatro** pilhas?*

[No de quatro pilhas, pois quanto mais pilhas, maior a tensão elétrica e conseqüentemente, para uma mesma resistência elétrica, maior será a corrente elétrica]

Onde isto está expresso na equação?

[Na corrente elétrica ser diretamente proporcional ao campo magnético]

Agora que já vimos como a equação descreve o campo magnético criado pelo solenoide, vamos realizar quatro situações diferentes e verificar em qual delas o campo magnético é mais intenso. As situações são:

- *Usar o solenoide com menos espiras com as duas pilhas;*
- *Usar o solenoide com menos espiras com as quatro pilhas;*
- *Usar o solenoide com mais espiras com as duas pilhas;*
- *Usar o solenoide com mais espiras com as quatro pilhas;*

Para verificar em qual o campo é mais intenso, vamos pegar estes pregos que sobrar e verificar em quais situações eles são mais atraídos pelo solenoide e em quais situações eles são menos atraídos pelo solenoide. Mas, antes de realizarmos o experimento, em qual situação o campo magnético deveria ser maior?

[Espera-se que eles respondam que o campo será maior quando houver mais espiras e um maior número de pilhas; que será menor na situação em que houver menos espiras e menos pilhas; e que terá um valor médio nas situações em que tem poucas espiras e muitas pilhas e que tem muitas espiras e poucas pilhas. Realiza-se então as demonstrações em sala, verificando que os pregos são mais atraídos na situação de muitas espiras e quatro pilhas.]

Na próxima aula eu vou entregar uma lista de exercícios para vocês. Vocês poderão se sentar em dupla para eu entregar a atividade. Eu vou pedir para vocês me entregarem ela no final da aula. Se vocês tiverem qualquer dúvida vocês vão poder me chamar durante a atividade.

(Fim da nona aula)

APÊNDICE V: QUESTIONÁRIO

Questionário de Física

Escreva com suas palavras as respostas para as perguntas abaixo.

Escreva da forma como você pensa sem se preocupar com estar certo ou errado.

01) Para você, o que é uma “equação”? Você pode explicar sua resposta através de um exemplo. (2,0)

[Espera-se que o estudante descreva que a equação representa uma relação e que dê alguns exemplos de equações físicas ou matemáticas]

02) Suponha que cada um dos símbolos abaixo represente uma grandeza:

- B = Campo Magnético
- μ = Permeabilidade Magnética
- i = Corrente Elétrica
- N = Número de Espiras
- L = Comprimento

a) Observe a equação abaixo e escreva o que ela significa para você (1,0):

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L}$$

[Espera-se que o estudante descreva a equação fazendo uma decodificação dos símbolos, algo como “O campo magnético é igual a permeabilidade magnética vezes a corrente elétrica vezes...”]

Lendo esta equação (proposição “a”) é possível concluir relações entre estas grandezas.

b) O **Campo Magnético** (desta equação) depende de quantas grandezas? (0,5)

[Quatro grandezas]

c) A relação entre a **Campo Magnético** e a **Corrente Elétrica** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? (0,5)

[Proporcionalidade direta]

d) A relação entre a **Campo Magnético** e o **Número de Espiras** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? (0,5)

[Proporcionalidade direta]

e) A relação entre o **Campo Magnético** e o **Comprimento** é uma relação de proporcionalidade direta ou inversa? (0,5)

[Proporcionalidade inversa]

f) Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **umentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir a **Corrente elétrica**, o que você faria com ela? (0,5)

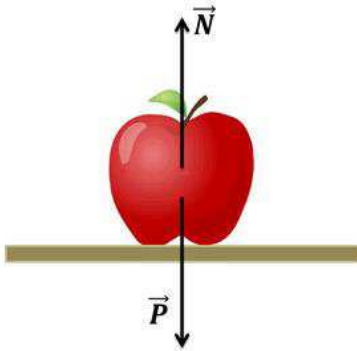
[Aumentaria a corrente]

g) Se você estivesse fazendo um experimento onde precisasse **umentar** o **Campo magnético** (descrito por essa equação) mas a única coisa que pudesse fazer fosse aumentar ou diminuir o **Comprimento**, o que você faria com ele? (0,5)

[Diminuiria o comprimento]

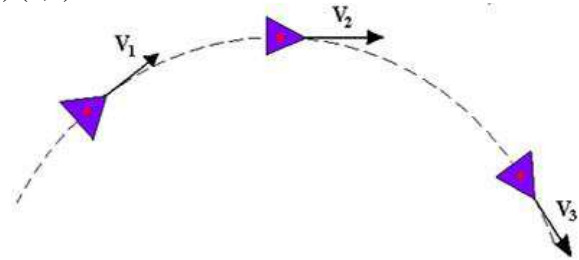
03) O que você entende pelas figuras abaixo? Procure descrever o que significa cada parte da imagem para você.

a) (1,0)



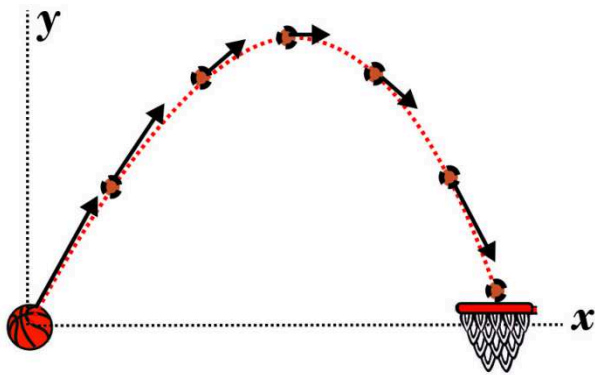
[Uma representação das forças que atuam sobre uma maçã como grandezas vetoriais.]

b) (1,0)



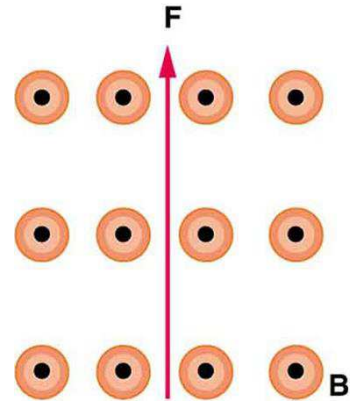
[A representação das velocidades de um objeto em diversos momentos, sendo esta uma grandeza vetorial sempre tangente a trajetória do objeto.]

c) (1,0)



[Uma representação da trajetória parabólica de uma bola de basquete, contendo um sistema cartesiano que descreve a posição da bola em diversos pontos. A intensidade da velocidade da bola é maior quando ela está em pontos mais baixos, sendo isto representado pelo tamanho do vetor, que deve estar descrevendo a velocidade da bola.]

d) (1,0)



[Os vetores campo magnético de uma região do espaço estão saindo da folha e o vetor força, que é perpendicular ao campo, está na direção vertical apontando para cima.]

APÊNDICE VI: LISTA DE EXERCÍCIOS

Lista de Exercícios para Discussão

01. Considere a situação em que um menino enrola várias espiras de um fio condutor de eletricidade ao redor de uma barra de ferro.

Leia, agora, as afirmações abaixo:

I - Se a barra for de material isolante, ela se comportará como um condutor.

II - Se a barra de ferro for um magneto, uma corrente elétrica circulará pelas espiras.

III - Se uma corrente elétrica circular pelas espiras, a barra de ferro se comportará como um isolante.

IV - Se uma corrente elétrica circular pelas espiras, a barra de ferro se comportará como um magneto.

A afirmativa que se aplica à situação descrita é a de número:

a) I

b) II

c) III

d) IV

02. Considere as afirmações sobre o campo magnético no interior de um solenoide.

I. O módulo desse campo é proporcional ao número de espiras por unidade de comprimento do solenoide.

II. A intensidade desse campo diminui quando se introduz uma barra de ferro no seu interior.

III. O módulo desse campo é proporcional à intensidade da corrente elétrica que percorre o solenoide.

Está correto **SOMENTE** o que afirma-se em:

a. I

b. II

c. III

d. I e II

e. I e III

03. Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira?

a) É constante e perpendicular ao plano da espira.

b) É constante e paralelo ao plano da espira.

c) No centro da espira é nulo.

d) É variável e perpendicular ao plano da espira.

e) É variável e paralelo ao plano da espira.

04. Um solenoide ideal, de comprimento 50 cm e raio 1,5 cm, contém 2000 espiras e é percorrido por uma corrente de 3,0A.



O campo de indução magnética é paralelo ao eixo do solenoide e sua intensidade B é dada por:

$$B = \frac{\mu \cdot i \cdot N}{L}$$

Onde N é o número de espiras, L é o comprimento do solenoide e i é a corrente.

Sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ T.m/A:

a) Qual é o valor de B ao longo do eixo do solenoide?

[*Espera-se que o estudante seja capaz de montar a equação percebendo que o raio da espira não influencia no resultado*]

b) O que aconteceria com o campo magnético se eu dobrasse o raio de cada espira? Justifique.

[*Não mudaria pois a intensidade do campo independe do raio da espira*]

APÊNDICE VII: TRANSCRIÇÃO DOS DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO QUESTIONÁRIO

Para a elaboração deste apêndice transcreveram-se as respostas fornecidas pelos estudantes buscando preservar a forma como eles as apresentaram, mantendo erros gramaticais e de pontuação. Para algumas respostas foi somente adicionado o ponto final durante a transcrição e a primeira letra foi colocada em maiúsculo.

Na questão 03 as perguntas continham imagens e alguns alunos fizeram desenhos sobre elas ou responderam utilizando desenhos. Para estes casos, além da transcrição, também foram adicionadas notas sobre o que foi desenhado.

Para a questão 01, as respostas obtidas foram:

A1) Equação são contas matemáticas feita para se descobrir um elemento desejado. Exemplo

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{L}$$

Conta matemática a ser resolvida (B é o elemento desejado)

A2) Para mim equação é um tipo de conta onde tem números, porcentagem ou até mesmo objetos mostrando como se fosse um número exemplo “Maria tinha 10 televisões e deu 4 televisões para suas primas e quantas ficaram

A3) É um conjunto de letras ou números que formam uma fórmula para poder responder uma conta.

A4) Equação é uma forma de achar determinado valor, determinado objeto que você deseja obter.

A5) Pra mim uma equação é uma fórmula pra fazer cálculo.

A6) É aquilo que usamos para obter resultados.

A7) É uma conta/fórmula. Ex.:

$$a = \frac{b \cdot c}{d}$$

A8) Equação são contas,

$$1 + 1$$

10.10
100:10

A9) Uma equação é uma forma de você escrever uma “ação”, por exemplo, mostrar que para fazer tal coisa você depende de outras coisas, como fazer bolo para um número x de pessoas você vai precisar de um número y de matéria prima para a quantidade x de pessoas.

A10) A equação é equivalente a divisão ou uma fórmula.

A11) Equação é uma conta pra você fazer pra resolver por exemplo você 2 bolos e seu amigo tem 2,5 mais você tem que dar pra ele 0,5 bolos quais bolo você fica e ai você faz uma equação de matemática por exemplo.

A12) Equação é um cálculo onde você procura a resolução da incógnita ou seja “ x ”. Esse “ x ” é algo do dia-a-dia, algo que você precisa para resolver coisas pequenas mais com grande proporção num mundo de devaneios e muitas vezes superficialidade capaz de introduzir um meio mais fácil para um fato rotineiro.

A13) Equação é como se fazer uma “cozinha” educadamente, e neste caso é uma conta que você tem que usar matemática para descobrir o número ou outra coisa.

A14) Equação é quando temos um cálculo para resolver e temos que usar tal equação.

A15) Eu não sei especificamente o que é uma equação, mas essa palavra me lembra “Baskara” e a fórmula por exemplo:

$$ax^2 + bx + c$$

, algo assim.

A16) A equação eu me lembro da matemática que estamos estudando equação de 3º grau, mas não sei dar exemplo!

A17) Uma equação é basicamente uma fórmula, algo que possa ser resolvido.

$$\Delta = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$$

$$2 + 2 = 4$$

$$2x^2 + 3x - 5 = 0$$

A18) Uma equação me lembra matemática, contas. Chegar a um determinado resultado.

A19) Pra mim equação é uma fórmula utilizada para você identificar o que pretende saber, seja um resultado ou outra fórmula.

A20) Uma equação é tipo:

$$2 + 2 = 4$$

$$3.3 = 9$$

$$5 - 2 = 3$$

$$4:2 = 2$$

A21) $x^4 - 7.x^3 + 13x^2 + 3x - 18 = 0$

Para a proposição a) da questão 02 as respostas obtidas foram:

A1) Desculpa mas não consigo explicar.

A2) Significa que o campo magnético é igual a permeabilidade magnética vezes a corrente elétrica vezes a número de espiras dividido por comprimento.

A3) Para mim não significa nada, mas se foi montada dessa forma acredito que possa servir para alguma coisa.

A4) Significa uma equação onde busca um determinado valor, procurando um resultado para essa equação.

A5) Campo magnético, igual a permeabilidade magnética vezes, corrente elétrica, vezes número de espiras sobre o comprimento.

A6) Quer saber o campo magnético, com permeabilidade, corrente e número de espinhas dividido pelo comprimento.

A7) Campo magnético é igual a permeabilidade magnética multiplicado por corrente elétrica por número de espiras e o resultado dividido pelo comprimento.

A8) O campo magnético é a soma de todos os outros “símbolos”. A permeabilidade magnética é multiplicada pela corrente elétrica e pelo número de espiras que é dividido pelo comprimento dando o valor do campo magnético.

A9) Significa que o campo (B) é igualmente proporcional a: permeabilidade magnética (μ), corrente elétrica (i) e número de espiras (N)... ou seja quanto maior for o valor de (μ) (i) (N), maior será o valor de (B). E é inversamente proporcional à: Comprimento (L), ou seja, quanto maior o valor do (L) menor será o valor de (B).

A10) O campo magnético é igual a permeabilidade magnética vezes a corrente elétrica vezes o número de espiras dividido pelo comprimento.

A11) Significa ex. que tem um ponto magnético numa linha e você tem que saber qual é o comprimento e etc.

A12) *Resposta inconsistente*

A13) Significa que o campo elétrico é igual a permeabilidade magnética vezes corrente elétrica vezes número de espiras dividido por comprimento.

A14) Esta equação representa o calculo do campo magnético que é igual a permeabilidade vezes a corrente elétrica vezes o número de espiras dividido pelo comprimento que daria o resultado.

A15) Campo magnético = permeabilidade.corrente elétrica.numero de espiras dividido pelo comprimento

A16) B igual μ vezes i vezes N dividido por L (uma equação)

A17) É uma formula, cujo objetivo é saber o valor do campo magnético substituindo as siglas restantes por algum valor (número)

A18) Campo magnético é igual a permeabilidade magnética vezes corrente elétrica vezes número de espiras dividido por comprimento.

A19) Não sei.

A20) uma equação que calcula
B = campo magnético

μ = permeabilidade magnética

i = corrente elétrica

N = número de espiras

L = comprimento

Cada qual com sua respectiva função que não sei qual é

A21) Campo magnético é igual a permeabilidade magnética multiplicada pela corrente elétrica multiplicada pelo número de espiras dividido pelo comprimento

Para as proposições b),c),d),e) da questão 02 as respostas obtidas foram:

A1)

- a) 4
- b) direta
- c) direta
- d) inversa

A2)

- a) Precisa de 5 grandezas
- b) inversa
- c) direta
- d) inversa

A3)

- a) de si próprio
- b) direta
- c) inversa
- d) inversa

A4)

- a) de todas para poder realizar certa função
- b) direta por que o campo magnético exige uma corrente elétrica
- c) inversa
- d) inversa

A5)

- a) 4 grandezas
- b) proporcionalidade direta

- c) direta
- d) inversa

A6)

- a) 3 grandezas
- b) direta
- c) direta
- d) inversa

A7)

- a) O que são grandezas?
- b) Qual a diferença de proporcionalidade direta ou inversa?
- c) Qual a diferença de proporcionalidade direta ou inversa?
- d) Qual a diferença de proporcionalidade direta ou inversa?

A8)

- a) Quatro
- b) Direta
- c) Direta
- d) Inversa

A9)

- a) Quatro
- b) Direta
- c) Direta
- d) Inversa

A10)

- a) 4
- b) Inversa
- c) Inversa
- d) Proporcionalidade

A11)

- a) Dependendo aonde que ele vai estar
- b) Eu acho que é proporcionalidade direta
- c) inversa
- d) proporcionalidade direta

A12)

- a) 2 pois você precisa de contra pontos para chegar a um mais exato

- b) direta pois quanto maior uma maior o “tamanho” proporção de outra
- c) direta pois quanto maior o número de espiras maior será o campo
- d) direta por causa que quanto maior o comprimento maior o campo ou seja um auxilia o outro em forma de proporção

A13)

- a) precisa de quatro grandezas
- b) direta
- c) direta
- d) inversa

A14)

- a) De quantas o campo permitir
- b) proporcionalidade inversa
- c) inversa
- d) proporcionalidade direta

A15)

- a) depende de 4 grandezas
- b) pra mim inversa, mas nem sei o que significa
- c) inversa também
- d) como repeti, não sei o que significa então inversa novamente

A16)

- a) quatro eu acho
- b) direta
- c) direta
- d) inversa

A17)

- a) 4 (μ , i , N , L) eu acho pois multiplica os 3 primeiros e divide pelo último
- b) direta
- c) direta
- d) inversa não lembro

A18)

- a) 4 grandezas
- b) inversa
- c) inversa

d) inversa

A19)

a) Esta equação depende de cinco grandezas

b) direta

c) inversa

d) direta

A20)

a) 4

b) direta

c) direta

d) inversa

A21)

a) 4 grandezas

b) direta

c) direta

d) direta

Para as proposições f),g) da questão 02 as respostas obtidas foram:

A1)

e) Nada, vírgula apenas multiplicaria a i pelo número do aumento

f) Nada, vírgula apenas multiplicaria o L pelo número do aumento

A2)

e) Eu diminuiria

f) Eu diminuiria

A3)

e) Aumentaria

f) Aumentaria

A4)

e) Aumentaria a corrente por que daí aumentaria a força do campo

f) Aumentaria por que talvez o seu campo também tivesse certo aumento

A5)

e) *Não respondeu*

f) *Não respondeu*

A6)

- e) Aumenta a corrente elétrica
- f) aumenta o comprimento

A7)

- e) Aumentá-la
- f) Diminuir o comprimento

A8)

- e) Aumentaria a corrente elétrica
- f) Diminuiria o comprimento

A9)

- e) Aumentaria
- f) Diminuiria

A10)

- e) Ia dar um curto circuito
- f) Acho que aumentando o comprimento o campo magnético aumentaria também, mas também poderia diminuir dependendo do caso

A11)

- e) Você tinha que fazer uma conta pra saber o resultado
- f) Você tinha que fazer uma conta pra saber o resultado

A12)

- e) Aumentaria a corrente elétrica pois a força o poder de proporção seria maior
- f) Arranco a massa do objeto pois pode ser grande mais leve ou pequeno e denso. Em uma relação de proporção a massa seria um ponto chave nessa equação hipotética.

A13)

- e) Aumentaria pois assim consequentemente aumentaria o campo magnético
- f) Diminuiria pois quanto menor a distância maior fica o campo magnético

A14)

- e) Iria aumentar a corrente elétrica

f) Diminuiria o comprimento

A15)

e) Eu aumentaria a corrente elétrica

f) Eu também aumentaria o comprimento

A16)

e) Diminuiria

f) Diminuiria

A17)

e) Aumentaria a corrente

f) Diminuiria o comprimento

A18)

e) Tiraria da equação e substituiria por outro

f) Tiraria da equação e substituiria por outro

A19)

e) Eu aumentaria a corrente elétrica, para que o campo magnético fique mais instável

f) Eu aumentaria o comprimento para aumentar o campo elétrico

A20)

e) Diminuiria a corrente elétrica

f) Aumentaria o comprimento

A21)

e) Aumentaria

f) Diminuiria

Para as proposições a),b) da questão 03 as respostas obtidas foram:

A1)

a) Uma maçã e sua força em relação a mesa e a mesa e sua força em relação a maçã

b) Mostra 3 velocidades em um determinado caminho

A2)

a) Uma maçã com um certo comprimento partida ao meio

b) Um trajeto em que cada distância ele chega ao destino $v_1 v_2 v_3$

A3)

- a) Uma marcação na maçã que divide igualmente os dois lados
 b) Sertamente essas setas indicam um ângulo de algum exercício

A4)

- a) Uma maçã dividida em dois polos, norte e sul
 b) Flechas apontando em certa direção talvez quando algo como energia de um pneu em movimento

A5)

- a) *Sem resposta*
 b) velocidade vezes velocidade

A6)

- a) *Sem resposta*
 b) *Sem resposta*

A7)

- a) Eu realmente não tenho a menor ideia
 b) *Sem resposta*

A8)

- a) Uma maçã numa “superfície” com um risco no meio com pontos diferentes
 b) Uma corrente elétrica que passa energia para a direita passando pelos pontos v_1, v_2, v_3

A9)

- a) Para mim o \vec{P} seria a força gravitacional que puxa a maçã para o centro da terra e o \vec{N} seria um suposta força que tentaria pegar essa maçã
 b) São as linhas vetoriais que passam dentro de um campo magnético, nela passam os elétrons

A10)

- a) Está representando o espaço da fruta e o vetor desta, tanto abaixo dela como por cima também
 b) Esta está representando 3 vetores pelos triângulos pretos, demonstrando o supostos caminhos deles

A11)

- a) O N – significa que o “ponto” estar para cima e o P é que estar baixo e os dois estão apontando a cetina a para o mesmo lado
 b) Esse estar mostrando que o ponto magnético estar se movimento e cada movimento ele dá mais muda o ponto dele

A12)

- a) Você procura a área do campo tendo se os polos como referência
Nota: O aluno fez um desenho de uma circunferência envolta da maçã e indicou setas no sentido anti-horário.
 b) Setas saindo do polo norte ao polo sul de forma ordenada e demonstrativa a leigos

A13)

- a) Mostra que o peso das duas partes da maçã são equivalentes
 Sinceramente essa eu não sabia e chutei
 b) Mostra os vetores e o sentido deles

A14)

- a) Descreve-se como a força que tem a maçã sobre a mesa e a gravitacionalidade
 b) Ele descreve como o movimento dos vetores e sentido

A15)

- a) Eu consigo apenas descrever que é uma maçã sobre uma superfície aparentemente sólida.
 b) Nesta figura, na minha opinião, cada seta é um vetor, v_1 v_2 e v_3

A16)

- a) \vec{N} e \vec{P} significam um ponto a ser descoberto por meio de uma equação, se as setas para cima e para baixo é o que indica o valor a ser descoberto que é apartir do meio da maçã.
 b) As setas estão apontando cada uma para um lugar diferente mas a direção é a mesma, o v_1 , v_2 e v_3 é um vetor 1,2, e 3.

A17)

- a) Uma maçã cujo objetivo eu não sei só que uma linha passa pelo seu meio com uma seta em cima e outra embaixo.
 b) O v_1 , v_2 e v_3 (que eu acho que significa vetor) estão indo em direção a direta saindo do norte e indo para o sul (?)

A18)

a) Um gráfico onde contém uma maçã dividida ao meio na parte de cima tem \vec{N} que não lembro o que significa e na parte de baixo tem um \vec{P} que também não lembro o significado. As setas indicam a direção para cima e para baixo.

Nota: Na figura, o estudante colocou um ponto de interrogação ao lado dos vetores peso e normal.

b) Um gráfico com setas indicando a mudança de velocidade entre elas.

A19)

a) Eu acho que o $N \rightarrow$ é a massa da maçã e o $P \rightarrow$ seja a força que está puxando as partes cortadas da maçã.

b) Para mim o v significa velocidade por exemplo se eu jogar um objeto para cima ele vai ir com uma força, e descer com outra força que pode ser igual ou diferente

A20)

a) Uma maçã, duas flechas no meio, uma com \vec{N} e outra com \vec{P} embaixo

b) Uma flecha que foi arremessada, a velocidade a ser calculada, e por fim a queda

A21)

a) Uma maçã apoiada sobre uma base, dois vetores na vertical onde \vec{P} indica para baixo e \vec{N} indica para cima

b) Três vetores com direções diferentes. v_1 para cima, v_2 para direita, v_3 para baixo. Como em um movimento e lançamento, deslocamento e queda.

Para as proposições c),d) da questão 03 as respostas obtidas foram:

A1)

c) Caminho que o círculo percorreu

d) Reflexão de espelho

A2)

c) Uma bola que está sendo arremessada sexta

d) Cais bolas em cada lado. Ao todo são doze bolas só que estão repartidas no meio entre seis e seis

A3)

- c) Mostra o trajeteto que a bola percorre até a cesta.
- d) Está dividindo igualmente seis bolas para cada lado

A4)

- c) Uma bola de basquete sendo lançada na cexta a uma trajetória onde seja possível analisar a força, altura e velocidade da bola
- d) Vários núcleos divididos em duas partes e em certo sentido

A5)

- c) *Sem resposta*
- d) *Sem resposta*

A6)

- c) Um gráfico de um trajeto de uma bola
- d) *Sem resposta*

A7)

- c) *Sem resposta*
- d) *Sem resposta*

A8)

- c) y é a altura que a o bola chega. X é a distância da sexta. As setas indicam a direção aonde a bola vai.
- d) A seta indica para onde vai essa força (F).

A9)

- c) Pra mim parece ser uma corrente elétrica onde os elétrons passam de um ponto ao outro até chegar no seu destino
- d) Parece uma força que passa entre alguns campos magnéticos e não parece interferir em nada entre eles.

A10)

- c) Aqui mostra o percurso da bola até a sexta sendo que x e y são representados como a altura e distância os vetores seriam o caminho traçado
- d) Entre essas doze bolas tem um vetor misterioso que indica F e na última bola do lado direito tem B que pode sinalizar um ponto de partida ou de localização diferencial em relação ao vetor que seria a seta.

A11)

- c) Esse fala que o ponto dele está indo para cima e depois estar diminuindo
- d) Que o ponto dele está para cima sabendo que tem um outro ponto que não está com linha

A12)

- c) Procura-se a velocidade tendo como referência a maior e a distância
- d) Eu pra mim é uma bola lançada no meio de um time todo de forma primordial e com talento de poucos

A13)

- c) y representa a altura e x a distância também mostra o ponto inicial dos vetores e a direção dos vetores e com também algo que aparenta ser um caixo de bananas
- d) Sinceramente não tenho ideia do que isso representa parece olhos ou células mas sei que não é isso

A14)

- c) A bola sai do y igual a zero e sobe até uma determinada altura depois cai para o ponto x = a algum número
- d) Sentido da força

A15)

- c) Nessa figura, consigo descrever que é um gráfico onde tem o ponto “y” e “x”
- d) Para mim são varias bolinhas, uma seta “F” e um ponto “B”.

A16)

- c) Esta equação quer saber o valor do ponto x e y o ponto preto grande eu acho que o valor dele é 0 e cada seta em um valor para descobrir o valor do ponto x.
- d) F pode ser a força vetorial, um valor a ser descoberto também (uma equação)

A17)

- c) Um gráfico que está demonstrando o ângulo que teria caso a bola fosse arremessada na cesta.
- d) Não consigo imaginar muita coisa, só que está imagem é parecida com a de desbloquear do celular porém, acho que F significa força e que a seta indica um sentido para a mesma

A18)

c) Um gráfico onde as cetras indicam o aumento e depois ela vai diminuindo até chegarem numa figura que não consegui reconhecer

Nota: O aluno fez um ponto de interrogação ao lado da cesta de basquete.

d) Uma ceta para cima com F de força, dividindo bolas que poderiam ser células ou sei lá, e um B que não sei o que representa pois existem diversos significados para cada letra, só sei alguns mais comuns.

A19)

c) Nessa imagem é usada a força, altura e massa. Quando o jogador souber essas três fórmulas ele irá acertar o alvo, isso se não tiver nenhum problema em seu caminho (do arremesso).

d) Eu acho que o F seja a força que separem os alvos e o B seja o atrito entre eles.

A20)

c) A distância a velocidade e a força que a bola terá até chegar na sexta.

d) 12 bolas com uma flecha no meio um f em cima e um B ao lado.

A21)

c) Lançamento de uma matéria

d) Vetor F na vertical indicando para cima

APÊNDICE VIII: TRANSCRIÇÃO DOS DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DA LISTA DE EXERCÍCIOS

A resolução da lista de exercícios poderia ser feita individualmente ou em grupos de dois ou três estudantes. Os estudantes foram deixados livres de forma que estudantes de dois grupos diferentes também poderiam trocar ideias sobre uma questão em específico. No total, foram coletadas dez listas. O tempo que os estudantes tiveram para a realização da atividade foi de, aproximadamente, 25 minutos.

Para a proposição **a** da questão **4**, são feitos comentários à cerca das respostas que os estudantes forneceram, considerando os principais aspectos, sob a ótica do professor estagiário, no que diz respeito a resolução da questão.

As respostas obtidas para as questões 1, 2 e 3 encontram-se na tabela abaixo.

Q/R	A	B	C	D	E
01	1	1	0	8	-
02	2	1	0	0	7
03	9	0	0	1	0

Para a questão 4 os comentários acerca das repostas obtidas na letra a) foram:

L1) Os estudantes: escreveram a equação (8); substituíram os valores fornecidos no enunciado na equação realizando a conversão de unidade da distância de centímetro para metros; trocaram o valor π por 3,14 ao invés de 3 e como resultado disto acabaram fazendo uma multiplicação com que resultou em um número com várias casas depois da vírgula; não conseguiram concluir a questão no tempo da aula.

L2) Os estudantes somente escreveram a equação (8); não realizaram nenhuma conta ou substituição de medidas na equação ou transformação de unidades.

L3) *Sem Resposta*

L4) Os estudantes: escreveram a equação (8); substituíram os valores fornecidos no enunciado na equação sem realizar a conversão de

unidade da distância de centímetro para metros; trocaram o valor π por 3. A resposta dos estudantes continha o número correto de mantissa, mas a potência de dez escrita estava errada pois não realizaram a conversão de unidades.

L5) Sem Resposta

L6) Sem Resposta

L7) Sem Resposta

L8) Sem Resposta

L9) Os estudantes somente escreveram a equação (8); substituíram as medidas na equação, mas não realizaram nenhuma conta ou conversão de unidades.

L10) Sem Resposta

Para a questão 4 as respostas obtidas na letra b) foram:

L1) Não muda o campo magnético

L2) Poderia força pois o “raio” demoraria para ter conduzido aos extremos

L3) Ele diminuiria sua intensidade pois quanto mais próximas umas das outras com mais intensidade fica

L4) Nada, pois na fórmula $B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{L}$ não é preciso utilizar o raio

L5) Ia se diminuir o campo magnético pois as espiras vão se afastando e a energia começa a ficar fraca

L6) Sem Resposta

L7) A energia ficará mais fraca

L8) Diminuiria, pois com as espiras afastadas umas das outras ficaria menos intenso

L9) O campo ficaria mais intenso pois de 1,5 iria para 3,0

L10) Poderia força pois do 'raio' demoraria para ser conduzido aos extremos