**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

Josias Rogerio Paiva

**Representações pictóricas no ensino de física
moderna: uma construção dos alunos**

**São Paulo
2010**

Josias Rogerio Paiva

Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora:
Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho

São Paulo
2010

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Paiva, Josias Rogerio

Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos. – São Paulo, 2010.
206 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Ensino e aprendizagem; 2. Física moderna; 3. Desenho; 4. Representação pictórica; 5. Linguagens da ciência.

USP/IF/SBI-036/2010

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo que há em mim: minha história, este meu sonho conquistado e outros a conquistar, a saúde e garra em perseverar e pela família maravilhosa.

Agradeço também:

À minha família que sonhou comigo e desejou isto, e muito mais para mim, e me apoiou. Aos meus pais, Pedro Paiva e Maria Gomes Paiva. Eu sou um homem privilegiado, sou amado por meus pais, assim como todos os meus irmãos.

À minha esposa Claudia e minha filha Beatriz, pela paciência em me dividir com livros, artigos e computadores. Há muito já não sonho com uma carreira solo. Sonho com elas e sonho para elas. Aos meus irmãos: Renato e Cristina, Rosana e Marcos, Elizandra e Pedro, Paulo e Débora, Luciana e Rafael. Alguns me são tão próximos, que quando há uma dor em mim é como se doesse neles, e quando estou feliz a conquista também é deles, e isso é recíproco.

À minha orientadora a Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, pela orientação e pela associação de seu nome ao meu, nesta obra. Tem a minha estima e admiração. É para mim um exemplo de responsabilidade e compromisso com o trabalho e com o ensino de ciência.

Ao Prof. Dr. Mauricio Pietrocola. Depois de longa espera pela oportunidade de entrar no mestrado, quando minhas forças e esperanças desvaneciam, suas palavras ajudaram-me a prosseguir.

Aos demais professores com os quais tive um contato durante o Mestrado: Nobuko Ueta, Osvaldo Pessoa Jr., Jesuína Pacca e Luiz Carlos de Menezes. Na qualificação e no exame da dissertação com apontamento que muito me auxiliaram: Cristiano Mattos, Lúcia Sasseron e Isabel Martins.

Aos vários amigos e companheiros do LaPEF e do Instituto de Física. Wellington, Nelson, João, a Profa. Nobuko, André, Carla, Luciana, Seiji, Emerson, Viviane, Candida Capechhi, Alexandre, Ruy, Cristina Paternostro, Maxwell, Alex, Jacson, Nicole, Sidney, Amanda, Jorge e Osvaldo.

À Secretaria da Educação do estado de São Paulo, pelo apoio através do Programa Bolsa Mestrado.

Resumo

PAIVA, Josias Rogerio. **Representações pictóricas no ensino de física moderna**: uma construção dos alunos. 2010. 206 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Na perspectiva da construção do conhecimento, como uma aquisição do domínio das diversas linguagens da ciência, e suas relações, foi elaborado uma atividade de ensino aprendizagem, na introdução de Física Moderna, no módulo Física de Partículas, no Ensino Médio, em que os alunos, em sala de aula, construíram representações pictóricas para os fenômenos físicos, relatados na história da ciência, que permitiram a distinção entre as radiações alfa, beta e gama. Para que fossem consideradas as características envolvidas no processo de construção das representações pictóricas, buscaram-se trabalhos de pesquisa que abrangiam a utilização das diversas palavras que envolviam sinonímia com desenhos e foram encontrados também em trabalhos de pesquisadores sobre semiótica respaldos para o foco de análise. A questão proposta foi contemplada e com base nos resultados e sintonia com a revisão bibliográfica, destacou-se a construção dos alunos, de representações pictóricas, no ensino de Ciências, como um processo que favorece a construção do conhecimento.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem; Física moderna; Desenho; Representação pictórica; Linguagens da ciência.

Abstract

PAIVA, Josias Rogerio. **Representações pictóricas no ensino de física moderna**: uma construção dos alunos. 2010. 206 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

In preparation for the construction of knowledge, as an acquisition of the domain of the various languages of science, and their relationships, was prepared an activity of teaching and learning, the introduction of modern physics, module in Particle Physics, in high school, where students in the classroom, built pictorial representations for the physical phenomena, reported in the history of science, which allowed the distinction between alpha, beta and gamma. To consider the characteristics involved in the construction of pictorial representation, we seek research papers covering the use of different words that involved synonymy with drawings and found too in research on semiotics backrests for our focus of analysis. The question proposed was contemplated and results-based and consistent with the literature review highlight the construction of the students, pictorial, in teaching science as a process that favors the construction of knowledge.

Keywords: Learning Teaching; Modern Physics; Picture; Pictorial; Languages of Science.

Lista de Figuras

Figura 1 – Esquema desenhado por Einstein em uma carta para um amigo.	43
Figura 2 – Representações da interação entre elétrons.	44
Figura 3 – Diagrama utilizado para representação do caminho octal.	45
Figura 4 – Um processo de construção da abstração.	61
Figura 5 – Do texto à representação pictórica.	92
Figura 6 – Representação pictórica parcial sobre a trajetória das radiações ao atravessar um campo magnético.	98
Figura 7 – Desenho do grupo 6 retratando trajetórias das radiações ao passarem por um campo magnético.	102
Figura 8 – Tubo de raios catódicos.	105
Figura 9 – Representação das penetrações das radiações na matéria.	107
Figura 10 – Representação da trajetória das radiações ao passarem por um campo magnético.	108
Figura 11 – Professor questionando a identificação dos traços do desenho.	113
Figura 12 – Identificação dos desenhos.	116
Figura 13 – Retrato das penetrações das radiações na matéria.	117
Figura 14 – Retrato da trajetória das radiações ao passarem por um campo magnético.	117
Figura 15 – Representação pictórica do grupo 6 retratando as penetrações das radiações na matéria.	120
Figura 16 – Legenda construída pelo grupo 6, no desenho referente à penetração das radiações na matéria.	122
Figura 17 – Aluno A16 descrevendo seu desenho.	123
Figura 18 – Aluno A16 destacando as peculiaridades de seu desenho.	124
Figura 19 – Inspeção realizada pelo professor.	124
Figura 20 – Uma panorâmica das representações pictóricas, sobre penetração das radiações na matéria, criada pelos diversos grupos na sala de aula.	126
Figura 21 – Representação Pictórica referente ao desvio das radiações ao passarem por um campo magnético.	130
Figura 22 – Alunas do grupo 06 apresentando a representação pictórica sobre a trajetória das radiações na matéria.	131
Figura 23 – Gestos da aluna representando a trajetória das partículas.	132
Figura 24 – Apresentação dos desenhos do grupo 3.	133
Figura 25 – Desenho apresentado no turno 144.	134
Figura 26 – Fala, gestos e desenho na descrição de um fenômeno científico.	136

Figura 27 – Um processo de leitura de uma informação gráfica.	138
Figura 28 – As representações pictóricas, inicial e reformulada, pelo grupo 3, sobre a penetração das radiações na matéria.	141
Figura 29 – As representações pictóricas, inicial e reformulada, pelo grupo 5, sobre a penetração das radiações na matéria.	141

Lista de Quadros

Quadro 1 – Funções das representações pictóricas.	59
Quadro 2 – Ideias citadas no texto.....	80
Quadro 3 – Ideias apreendidas após a leitura.	95
Quadro 4 – Ideias do texto a serem representadas no desenho 1 (sobre a penetração das radiações na matéria).	96
Quadro 5 – Intercontextualidade na representação da trajetória das radiações ao atravessarem um campo magnético.	99
Quadro 6 – Ideias citadas no texto e representadas pictoricamente sobre a trajetória das radiações ao atravessarem um campo magnético.	102
Quadro 7 – Ideias citadas no texto a serem representadas pictoricamente sobre a penetração das radiações na matéria.	121
Quadro 8 – A presença das ideias citadas no texto nas diferentes etapas do processo de construção da representação pictórica	125
Quadro 9 – Várias linguagens na comunicação de um ente científico.	128

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Aspectos relevantes a esta pesquisa.	31
---	----

Sumário

Apresentação	12
Introdução	13
1 Revisão Bibliográfica	15
1.1 Obras, atas e artigos pesquisados	16
1.1.1 Um quadro sistemático das leituras	29
1.1.2 Outros artigos	34
1.2 Conceitos relevantes	38
1.2.1 Definições	38
1.2.2 Quanto à aquisição da imagem	39
1.2.3 Quem considera importante ter uma imagem de um conhecimento científico	40
1.2.3.1 Considerações atribuídas por cientistas às representação pictóricas externas	41
1.2.3.2 Considerações feitas por professores sobre representação pictórica externa no processo ensino-aprendizagem	46
1.2.3.3 Noção de que no ensino se deseja transmitir uma imagem para o aluno	48
1.2.4 A aquisição da representação pictórica	49
1.2.5 A manipulação da imagem	50
1.2.6 A reformulação da imagem	51
1.2.7 Aquisição durante a leitura dos desenhos	52
1.2.8 Compreendendo a linguagem gráfica: a transparência	53
1.2.9 A densidade gráfica	56
1.2.10 O uso dos gestos e as figuras	57
1.2.11 A função da representação pictórica	58
2 Metodologia da Pesquisa	64
2.1 Caracterização da escola	63
2.2 Caracterização do professor	66
2.3 Caracterização dos alunos	67
2.4 Tomada de dados	68
2.5 A análise dos dados	69
2.6 Sequência das aulas filmadas	70
2.6.1 Aulas do bloco I	71
2.6.2 Aulas do bloco II	74
3 Análise dos Dados	76
3.1 Como os grupos elaboraram os desenhos	76
3.2 Análise do texto e da atividade proposta	77
3.2.1 Análise do texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”	77
3.2.2 Análise das proposições para a realização da atividade	80
3.3 A análise das construções das representações pictóricas externas realizada pelos alunos	82
3.3.1 O receio de iniciar a atividade	82

3.3.2 O surgimento de um obstáculo epistemológico	85
3.3.3 A inspeção do conjunto de informações extraídas do texto	88
3.4 As interações entre o professor e os alunos sobre as orientações para a construção da representação pictórica.....	91
3.5 Quais informações os alunos extraíram do texto para a construção do desenho referente a penetração das radiações na matéria?.....	92
3.6 A análise da exposição da representação pictórica externa parcial dos alunos	97
3.6.1 Que desenho essa aluna poderia representar até esse turno?.....	98
3.6.2 As relações entre os vários modos semióticos empregados	100
3.6.2.1 A representação pictórica externa sobre os desvios das radiações ao atravessarem uma região com a presença de um campo magnético	101
3.7 Informações sobre a nona aula.....	104
3.8 Partições ocorridas na décima aula	105
3.9 Na introdução à décima aula.....	106
3.10 Análise das figuras propostas para o texto, por Siqueira (2006)	107
3.10.1 Signos e significados representados na figura sobre as penetrações das radiações na matéria	107
3.10.2 Signos e significados representados na figura sobre a trajetória das radiações ao passar por um campo magnético	108
3.10.3 As relações entre os modos semióticos nas representações da matéria	109
3.10.4 As relações entre os modos semióticos nas representações das radiações	110
3.10.5 Três relações de especialização na segunda figura, que retrata as trajetórias das radiações	112
3.11 Apresentação aos alunos das figuras propostas pelo autor, Siqueira (2006)	112
3.11.1 Análise das considerações feitas pelos alunos	115
3.11.2 As dúvidas quanto à identificação dos raios representados.....	117
3.12 Análise das representações pictóricas elaboradas pelos alunos	119
3.12.1 A representação pictórica sobre a penetração das radiações na matéria feita pelo grupo 6.....	119
3.12.2 A apresentação da representação pictórica sobre a penetração das radiações na matéria, feito pelo grupo 6.....	123
3.12.2.1 Considerações sobre a apresentação das representações pictóricas construídas pelos alunos – a penetração das radiações na matéria.....	130
3.12.2.2 Considerações sobre a apresentação das representações pictóricas construídas pelos alunos – os desvios das radiações em um campo magnético	131
3.13 Considerações finais	133
3.13.1 O julgamento do desenho dos demais alunos	133
4 Conclusão	137
Referências.....	145
Anexos.....	151

Apresentação

Este trabalho apresenta uma situação de ensino em que se privilegia o emprego de representações pictóricas para construção de conhecimentos conceituais de Física, especificamente a distinção das radiações alfa, beta e gama associadas a dois eventos: a penetração dessas radiações na matéria e suas trajetórias ao atravessarem uma região com um campo magnético capaz de interagir com elas.

As representações pictóricas consideradas foram construídas pelos próprios alunos, com base em texto didático elaborado por Siqueira (2006), “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”, contendo a história da ciência como pano de fundo. Esse e outros textos fizeram parte do trabalho desenvolvido no Laboratório de Pesquisas em Ensino de Física (LaPEF) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP) para a introdução de conteúdos de Física Moderna no Ensino Médio, inicialmente em dois módulos: a Dualidade Onda-partícula e a Física de Partículas.

As principais vertentes deste trabalho se apoiam na concepção da construção do conhecimento como uma aquisição de domínio e expressão nas diversas linguagens da ciência (LEMKE, 1998).

No final deste trabalho, destaca-se a construção da representação pictórica dos alunos contendo características importantes e semelhantes ao processo de construção do conhecimento proposto por Bachelard (1938/1996) e Roth e Lawless (2002). Descrevem-se etapas dessas construções, vínculos dos alunos com suas obras, informações que os alunos privilegiaram, ou não, em suas representações.

Introdução

Nos últimos anos, ao participar de projetos temáticos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) junto a grupos de pesquisa do LaPEF, considerou-se que é necessária a implementação de novos conteúdos de Física, uma Física moderna e contemporânea, nos cursos de Ensino Médio.

Essa perspectiva de inserção de novos conteúdos surgiu durante participação no grupo que elaborou um trabalho sobre o ensino de termodinâmica, no projeto *Melhoria da qualidade de Ensino de Física no Ensino Médio*, sob orientação da professora Doutora Anna Maria Pessoa de Carvalho. Esse grupo tinha o objetivo de auxiliar os alunos a construírem explicações sobre os fenômenos que estão envolvidos nos conteúdos abordados em termodinâmica, utilizando linguagem apropriada com base no modelo cinético-molecular e evitando explicações com base no modelo calórico. Nesse projeto, priorizava-se a concepção de ensino por investigação: partindo de problemas; dando aos alunos a oportunidade de elaborarem hipóteses; de desenvolverem, algumas vezes, um plano de trabalho experimental; de testarem suas hipóteses e reformularem suas explicações. Além disso, havia a preocupação de se aproximar de conteúdos que auxiliassem no desenvolvimento de explicações sobre os princípios de funcionamento de equipamentos, máquinas e apetrechos do mundo atual, que despertam tanta curiosidade de jovens e adultos.

Com essa preocupação, o grupo passou a trabalhar em um novo projeto, sob coordenação do professor Maurício Pietrocola: *A Transposição Didática das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula*. Procurou-se introduzir conteúdos de Física Moderna no Ensino Médio, inicialmente em dois módulos: a Dualidade Onda-partícula e a Física de Partículas. Em Dualidade Onda-partícula, a participação se deu escrevendo alguns textos, desenvolvendo atividades e aplicando nas aulas ministradas.

Um exemplo de atividade no módulo Dualidade Onda-partícula, que despertou atenção quanto à importância dos desenhos dos alunos, foi o debate de algumas características do campo magnético a partir da visualização da imagem formada por limalhas de ferro quando espalhadas sobre uma folha de papel colocada sobre um ímã. Parte da atividade consistia em desenhar a imagem observada. Em certa ocasião, alguns alunos ilustraram linhas de campo com formato

circular ao redor do ímã. Questionado, sobre seu desenho, um aluno, entendendo que não havia conseguido retratar a imagem, fotografou a experiência e levou o registro para tentar perceber o que estava incorreto no desenho elaborado.

No curso de Física de Partículas, os textos e as atividades de autoria do mestrando Siqueira (2006) pareceram inicialmente excelentes, mas algumas figuras precisaram ser revistas e, na sequência, procuraram-se figuras que permitiam uma melhor compreensão do texto, em seguida, figuras com contexto histórico mais próximo aos que pela primeira vez descreveram o fenômeno, e também as que poderiam ser utilizadas e citadas as fontes convenientes. Considerou-se a necessidade de alterar algumas figuras para favorecer as conexões com os textos. Com isso, passou-se intuitivamente a trabalhar com figuras.

Outra atividade empregada na aplicação no ensino de conteúdos sobre Física de Partículas, no Ensino Médio, foi prática: uma analogia ao bombardeamento das partículas alfa contra uma folha de ouro. Os alunos lançam bolinhas de gude contra uma placa, que tinha, sob ela, uma forma geométrica e, a partir da análise das trajetórias das bolinhas, eles teceram conjecturas sobre a forma do alvo. Com o início da atividade, notou-se que os alunos perceberam que precisavam ser sistemáticos: ao realizarem a investigação, lançando as bolinhas de várias posições e de todos os lados, e na forma de registrar, passaram a esboçar e desenhar suas observações e hipóteses. Essa atividade, desde o princípio, pareceu boa, porém, faltava respaldo de suas qualidades com amparo em pesquisas no ensino.

Logo nas primeiras disciplinas do curso de Pós-Graduação da USP, tornaram-se conhecidas as ideias de Lemke (1998), que instigaram ainda mais sobre a possibilidade de investigar tal atividade ao declarar que os desenhos fazem parte da linguagem da ciência. Poucos meses depois, foi dado ao conhecimento um texto de Roth (2003), no qual é apresentado um conceito de transparência, quando cientistas, no final de longas etapas de trabalho, falam de fenômenos, ao realizarem a leitura de gráficos.

Dessas várias situações, da prática em sala de aula, da participação na elaboração de materiais em projetos temáticos e do estudo de disciplinas de Pós-Graduação, surgiu a questão de pesquisa: “Como os alunos do Ensino Médio adquirem uma representação pictórica de um conceito de Física moderna?” E essa pergunta foi dividida em duas partes:

1. “Quais as características desse processo de aquisição via construção de uma representação de um conceito de Física a partir de um texto didático científico?”
2. “As principais ideias do texto aparecem nas representações dos alunos?”

1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica foi iniciada buscando-se em revistas nacionais especializadas no ensino de Ciências artigos publicados nos últimos cinco anos, que tratassem do ensino de Ciências e fizessem referência ao desenho do aluno. Com o início da busca por esses artigos e sua leitura, visto que eram poucas as publicações, houve necessidade de ampliar o leque de buscas, chegando-se a artigos publicados em anos e a outras palavras-chave usadas que poderiam se enquadrar como representações: imagens, figuras, gráficos etc. Foram verificadas também revistas internacionais, principalmente de autores cujo campo de pesquisa estivesse entrelaçado ao presente objeto.

As revistas nacionais especializadas no ensino de Ciências pesquisadas foram: *Investigação em Ensino de Ciências*; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (CBEF); *Revista Brasileira de Ensino de Física* (RBEF); *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*; *Investigação em Ensino de Ciências*; *Química Nova na Escola*; *Revista Com Ciência*; e *Revista Ciências & Cognição*.

As revistas internacionais especializadas no ensino de Ciências pesquisadas foram: *International Journal of Science Education*; *Revista Ibero Americana de Educación*; *Philosophy of Science*; *La Educacion en Ciencias*; *International Handbook of Science Education*; e *Educational Perspectives on Mathematics as Semiosis*; e *Revista Alambique*.

Os livros consultados foram: *A formação do espírito científico*, de Bachelard (1938/1996); *A Imaginação científica* (1979) e *A cultura científica e seus inimigos: o legado de Einstein* (1998), de Holton; e *Para gostar de aprender arte*, de Iavelberg (2003).

Os anais e atas de eventos e congressos consultados foram: *28ª Reunião da Amped*; *IX Encontro Nacional de Educação Matemática – Diálogos entre a Pesquisa e a Prática Educativa*; *II Workshop de Realidade Virtual*, 1999; *Language & Technology Conference*, 2007; e *Simpósio Nacional de Ensino de Física* (SNEF), 2005.

Dentre os *sites* e as revistas eletrônicas pesquisados estão: *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* (REEC); *Revista Com Ciência*; *Ciência e Cultura* [on-line], 2005; *Ciência da Informação*, 2004.

1.1 Obras, atas e artigos pesquisados

Segue, em ordem cronológica, a bibliografia da presente revisão comentada, com destaque para aspectos julgados importantes para a pesquisa em questão.

Holton (1979) descreve como os cientistas fazem para obter conhecimentos. Ele aponta que o raciocínio científico de Einstein era baseado preferencialmente em representações visuais, utilizando imagens e diagramas; para tanto, apresenta uma carta de Einstein, cuja finalidade era explicitar melhor uma questão epistêmica a uma colega, e o conteúdo se desenrola com base em um diagrama.

Peduzzi (1997) diferencia problema e exercício, apresenta caminhos sugeridos por alguns pensadores sobre a resolução de problemas, descreve como os *experts* em resolver problemas procedem e, na primeira etapa, sobre a identificação do problema, quando se extraem os dados, ele afirma que “dados provenientes de um delineamento experimental devem ser organizados e representados graficamente com a respectiva quantização” (p. 234-235). Relatando as principais dificuldades dos alunos na resolução de problemas, cita, entre outras, que os alunos “não possuem uma imagem completa da situação-problema” (p. 238).

Para alunos no ensino básico universitário, Peduzzi (1997) apresenta uma série de sugestões com base em suas pesquisas e, com o intuito de auxiliá-los na resolução de problemas, sugere: “representar a situação-problema por desenhos, gráficos ou diagramas para melhor visualizá-la” (p. 239).

Sutton (1997) relata que, em parágrafos objetivos ou especulativos, buscam-se palavras via imagens adequadas para orientar os pensamentos dos leitores. Comenta ainda a necessidade de tornar a ciência escolar mais humanizada, permitindo deliberadamente um pensamento antropomórfico e animista, e que, durante o esforço criativo, faz surgir formas de expressões que vão sendo reformuladas com a utilização de metáforas contemporâneas para a construção de uma imagem mental, e a exploração dessas imagens é mais do que um simples apoio didático.

Uma compreensão adequada da ciência requer o uso do conhecimento das linguagens científicas como sistema interpretativo “análogo, metafórico, flexível e como sistema de legenda preciso e com palavras exatas” (SUTTON, 1997, p. 14).

Holton (1998) descreve, em capítulo intitulado “A imaginação científica”, como a imaginação científica é utilizada pelos cientistas. Ele divide o capítulo em três seções com os respectivos temas: imaginação visual, imaginação metafórica e imaginação temática. Na seção que aborda a imaginação visual, ele ressalva sua importância até o início do século XX, quando passou a ser considerada obstáculo devido às novas ideias, às vezes contraintuitiva, da ciência. São abordados também os contextos em que Galileu e Harriot produziram desenhos de representação da Lua, os relatos de Einstein sobre sua forma de pensar baseada em diagramas, sobre a rejeição de Heisenberg quanto ao uso de imagens e sobre os diagramas propostos por Feynman. Quanto à imaginação metafórica, ele exemplifica as analogias utilizadas por Young, entre outras, e, sobre a imaginação temática, há citações de Newton, Dalton e Mendel, que rejeitaram dados que contradiziam seus pressupostos teóricos e tinham razão, mas adverte sobre essa posição ter sido desastrosa a vários cientistas. Descreve também a solução de um problema de história da ciência: por que Galileu rejeitava as ideias de Kepler?

Agrello e Garg (1999) apresentam um estudo sobre as dificuldades que os estudantes têm ao interpretar gráficos de cinemática. Vinte e uma questões de múltipla escolha desenvolvidas por Beichner foram aplicadas junto a seus alunos, que terminaram o *high school* na Carolina do Norte, Estados Unidos, e os resultados foram comparados aos de 228 alunos recém-chegados à Universidade de Brasília (UnB). Na sequência do artigo, os autores citam dados estatísticos dos resultados e comparam as repostas dos alunos americanos e brasileiros.

Eles citam os tipos de erros cometidos pelos alunos brasileiros: dificuldade de calcular a inclinação em um gráfico, confusão entre altura e inclinação etc. Há citações que fazem referência às concepções dos autores sobre as imagens associadas à linguagem e à realidade física.

Peduzzi (1999) propôs, juntamente do estudo do texto de sua autoria, “As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica”, com subdivisões por ele denominadas Livro 2: “Força e Movimento – de Thales a Galileu” e Livro 3: “Força e movimento – de Descartes a Newton”, em um curso de Física introdutória na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a utilização de imagens adicionais aos textos, para propiciar uma melhor compreensão dos assuntos estudados. Os alunos capturaram as imagens na internet, as quais foram classificadas em categorias. Ao concluir o artigo, fez considerações sobre o uso das mesmas no ensino e os cuidados que se devem ter.

Meleiro e Giordan (1999) iniciam apontando o crescente uso de representações de entes atômicos e moleculares nos meios de divulgação científica. Imagens são geradas por computador, com base em medições experimentais e teóricas sobre a estrutura da matéria. Apresentam algumas características dos modelos mentais e suas relações com as imagens. Consideram as analogias como instrumento para negociação do significado do modelo mental visto em uma representação. E também que a oportunidade de debater significados permite a estruturação de uma postura racional livre, desprendida do realismo fenomenológico. Acrescentam à definição de analfabetismo a incapacidade de ler imagens e de utilizar recursos de informática. Finalizam descrevendo a ferramenta ‘hipermídia’ utilizada em uma oficina com professores e em sala de aula com alunos, da qual são retirados dados para a análise descrita neste trabalho.

Trindade e Fiolhais (1999) relatam o desenvolvimento de um ambiente virtual, por vários institutos portugueses, em Coimbra, em que é possível formar imagens de conceitos de mecânica quântica, a partir de interpretações de informações complexas, utilizando vários dispositivos de interface, como um capacete de visualização e uma luva de dados, possibilitando uma experiência multissensorial, com o intuito de favorecer a compreensão de conceitos quânticos. Concluem considerando a visualização de uma imagem, um aspecto facilitador, contra a dificuldade de abstrair interpretações da leitura de números e fórmulas.

Pietrocola (1999) apresenta suas considerações e críticas sobre a supervalorização da construção do indivíduo em detrimento da visão ontológica no ensino de Física. Comenta as concepções de Mario Bunge, que concebe uma dicotomia entre conceitos e medidas, entre teorias e dados empíricos. Para Bunge, os modelos e, respectivamente, as imagens incluídas nesses modelos permitem a relação entre as teorias e os dados empíricos. Ele descreve as implicações em se utilizarem modelos no ensino de Ciências e etapas na criação de um modelo, na “passagem progressiva do real-percebido ao real-idealizado” (p. 224).

Laburú et al. (2000) apontam a ênfase dada ao ensino de Física moderna e contemporânea na última década e advertem que ele tem ocorrido exclusivamente de forma teórica. No artigo, os autores propõem descrever um experimento que permita visualizar e caracterizar o comportamento ondulatório das ondas eletromagnéticas, em particular, as micro-ondas. A experiência consiste em acionar um aparelho de micro-ondas com papel de fax no interior, sem o prato giratório. É notado no papel a formação de figuras com características ondulatórias, que representam ondas estacionárias. No resumo do artigo, é proposto um experimento para “visualizar” ondas eletromagnéticas estacionárias, porém, na conclusão, comenta-se que a

experiência serve para motivar a procura do entendimento de funcionamento do forno micro-ondas caseiro.

Martins (2001), após ter desenvolvido pesquisas sobre a análise de imagens em livros didáticos e na observação de situações de sala de aula, aponta como as representações visuais têm sido tratadas no ensino de Ciências, como estruturas de representação correspondem às estruturas de significação e que funções têm as imagens nos livros didáticos.

Sobre David Bohm, Angotti (2002) comenta a fragmentação que aquele considerava tendência humana universal, porém, dá prioridade a aspectos da totalidade. Para Bohm, a experiência e o conhecimento coexistem em um único processo: um não pode ser caracterizado independentemente do outro.

Covolan e Min (2002), ao abordarem algumas características de modelos teóricos, experimentais e de passarela, descrevem de maneira não complexa a elaboração de Thomson, Rutherford e Bohr. Os autores apresentam o que eles consideram essencial para se construir um bom modelo: se expressa aspectos qualitativos e quantitativos; se não entra em conflito com outras representações; se é perceptível alguma relação matemática; e se permite predições.

Barbosa-Lima e Carvalho (2003), a partir da narrativa de uma história infantil, com a finalidade de explicar o funcionamento das máquinas simples propõem aos alunos a solução de um problema: remover uma grande pedra de um terreno em que há, além da tal pedra, uma outra pequena e um pedaço de madeira (tudo exposto aos alunos por meio de um desenho). As autoras analisaram as falas, o desenho elaborado e a escrita de uma aluna, Marília, da segunda série do Ensino Fundamental, durante a resolução do problema. Concluem expondo uma relação entre os números de desenhos apresentados e o número de alunos participantes ativos da aula, citando que a aquisição da linguagem pictórica representa um aumento da possibilidade da existência de formas mais complexas de discurso.

Márquez, Izquierdo e Espinet (2003) apresentam um estudo sobre perspectivas de comunicação multimodal em sala de aula, no contexto da aula de Ciências, com uma professora abordando o ciclo da água. Eles analisam dois aspectos: as funções comunicativas dos distintos modos semióticos e a construção dos significados, e mostram as relações entre eles. Lemke (1998) é utilizado como referencial teórico para descrever o trabalho científico multimodal.

Para construir seus conceitos de Ciências, os alunos devem se apropriar de maneiras de falar empregadas no discurso científico.

As construções dos significados em sala de aula se produzem através das palavras que se dizem, dos diagramas que se desenharam, das fórmulas que se escrevem, dos experimentos que se realizam. É o resultado de um processo dinâmico onde há uma construção conjunta. (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003, p. 372).

Núñez, Neves e Ramalho (2003) comentam a realização de uma pesquisa de caráter exploratório sobre a incerteza e a dualidade onda-partícula junto a alunos universitários de licenciatura e bacharelado. Eles analisam se tais alunos possuem conhecimento desses conceitos com características de uma educação científica e como são apresentados nos livros didáticos, destacando que esses conhecimentos não podem possuir uma representação pictórica e não estão na natureza, mas no rol das construções científicas.

Iavelberg (2003) observa a capacidade dos alunos de desenharem e interpretarem desenhos de outros autores e investiga quais as fontes de aprendizagem do desenho, postula-o como uma linguagem e considera que existem quatro momentos conceituais (ação, imaginação, apropriação e proposição), pelos quais a criança passa na construção do desenho. Iavelberg (2003) alinha esses quatro momentos com outros três autores que descrevem as fases do desenho da criança: Luquet (1913), que fala do realismo fortuito, realismo fracassado, realismo intelectual e realismo visual; Lowenfeld (1947), que trata de garatuja, pré-esquema, esquema e realismo; e Kellogg (1969), que cita rabiscos, diagramas, desenhos, pictóricos, modelos sociais. Os momentos conceituais definidos pela autora possuem ressonância com conceitos apresentados por Viana (2007) e tangem alguns aspectos à nossa pesquisa.

Pacca et al. (2003) descrevem um estudo sobre corrente elétrica e sua concepção a partir da estrutura dos materiais. Com dados obtidos descritos e com desenhos de alunos dos três anos do curso do Ensino Médio, com aulas ministradas por quatro professores, abordam duas questões. A primeira, e que interessa, pede ao aluno, que “desenhe um átomo, dispondo de lápis e canetas coloridas que desejar”. No relato, há a declaração de convicção do grupo de que o desenho do aluno é um bom instrumento para evidenciar as barreiras epistemológicas, porém os autores relatam várias falas dos professores envolvidos com uma postura axiológica favorável ao uso desse instrumento, o desenho, em sala de aula. Eles criaram categorias próprias de análise que visavam identificar o senso comum sobre os conceitos de ‘corrente elétrica’ e ‘circuito elétrico’.

Otero e Greca (2004) comentam os motivos da inserção de imagens em livros didáticos, sobre os opositores à utilização de imagens fundamentados em Bachelard, sobre os limites de

utilização de imagens, e trazem considerações sobre uma postura focada na semiótica, que justifica o uso de imagens – tanto que classifica as imagens quanto à iconicidade: fotografias, ilustrações, história e caricaturas, esquemas e gráficos. Apresentam funções à utilização da imagem: elemento estático e motivacional; instrumento ilustrativo e facilitador da compreensão; instrumento de comunicação da ideia. Descrevem como se alteram as relações entre um texto e uma respectiva imagem nos vários níveis de ensino e apontam quatro formas de relação entre texto e imagens em livros didáticos: descrição, relato interativo, associação literal e estilo hipertextual.

Araujo, Veit e Moreira (2004) analisam as principais dificuldades dos estudantes na interpretação de gráficos de cinemática e a possibilidade de superação delas com a aplicação de uma atividade de modelagem computacional por meio do uso do *software Modellus*. Os autores aplicaram o questionário de Beichner a alunos calouros do curso de Física da UFRGS e, após, citam a interação entre o estudante e o experimento como fator decisivo nas situações em que ocorreu aprendizagem.

A importância do artigo de Netto, Freire e Pereira (2004) neste trabalho é pela apresentação de definição para imagem com foco em diversas áreas de conhecimento, utilizando pressupostos teóricos da semiótica, da estética, da teoria da arte e da teoria das representações, com a finalidade de criar uma forma de catalogar o acervo de imagens da Biblioteca Digital Paulo Freire.

Costa e Almeida (2005) fazem análise sobre a representação de objetos e a formação de representações de imagens em espelhos esféricos, em óptica geométrica, nos livros e textos didáticos de Física. Descrevem como são essas representações, geralmente uma seta transversal ao eixo principal do espelho, uma redução de uma forma tridimensional a um esquema. Eles consideram um tratamento superficial, distanciando a atividade pedagógica das experiências do cotidiano.

Em Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), é apresentada uma revisão bibliográfica de como as pesquisas em Ciências têm se ocupado do tema ‘imagens’. Os autores questionam a transparência da imagem, desafiando a concepção de que ela comunique de forma mais direta e objetiva que as palavras, e apresentam os resultados de três estudos de casos em escolas de Ensino Fundamental, envolvendo: 1. o papel da imagem nos livros didáticos; 2. a leitura de imagens em livros didáticos feita por alunos; e 3. a análise do uso da imagem por professores e alunos em sala de aula. Apresentam também uma classificação de imagens encontradas nas

séries do Ensino Fundamental: imagens naturalistas e realistas, representações abstratas e ilustrações esquemáticas de situações microscópicas.

Siqueira-Batista, Siqueira-Batista e Schramm (2005), em introdução a Feyerabend, apontam questões sobre linguagem para descrever o real, defendendo uma metodologia pluralista. Feyerabend se intitula anarquista epistemológico, com isso, ele se posiciona na defesa contínua da liberdade contra as mais diferentes formas de coerção e contra a instituição de um procedimento metodológico fixo, único e restrito, com regras válidas para qualquer situação. Não se trata de refutar qualquer método, mas de reconhecer seus limites.

Flores e Moretti (2005) propõem analisar como as representações gráficas possuem códigos e regras para sua composição e requerem um tratamento específico no sistema de representação. Eles se detêm em analisar tabelas apresentadas em livros didáticos de Matemática para o Ensino Fundamental II. Citando Duval (1999), os autores concordam que são quatro as funções que as representações podem preencher: função de comunicação, tratamento, objetivação e identificação. As três primeiras são categorizadas como presentes no trabalho cognitivo e a última como a que permite a recuperação da memória.

Impagliazzo (2005) relata uma etapa de seu trabalho de doutoramento sobre ensino de Ciências discutindo o grafismo infantil sob perspectiva Vygotskyana. Os dados foram retirados de sala de aula com alunos de séries iniciais do Ensino Fundamental, e foram analisados os discursos, a produção de textos e a representação gráfica.

A partir de uma aula sobre recursos naturais de sua comunidade, os alunos produziram desenhos e os relataram, elucidando suas concepções. Em uma segunda atividade, eles saíram a campo e desenharam suas impressões, depois compararam e analisaram os desenhos uns dos outros. A partir desses dados, a autora classificou os desenhos dos alunos nas etapas do grafismo infantil, segundo Vygostky (simbólica, simbólica formativa, formalismo veraz e formalismo plástico), abordando o uso de diversas linguagens pelos alunos, o relato de uma realidade conceituada pelos mesmos e a imersão junto a materiais que os propiciaram desenhar.

Perini (2005) afirma que figuras contribuem para a exposição de argumentos científicos sem a necessidade de analisá-los como representações. O papel da representação pictórica não é simplesmente ilustrar, mas “a compreensão de todo símbolo lingüístico ou pictórico requer interpretação. Nenhum objeto só carrega conteúdo em virtude de suas próprias características.” (PERINI, 2005, p. 914).

E completa:

Cientistas não agem como se figuras fossem meras ilustrações, que é expressão redundante de informações em textos, ou que carrega informação secundária para o argumento. Pelo contrário, os cientistas tratam figuras como se elas fizessem papéis integrantes nos argumentos nos quais aparecem. (PERINI, 2005, p. 913).

Welti (2005) descreve algumas das dificuldades que têm os estudantes universitários para compreender os mecanismos físicos associados a energia de uma onda bidimensional. Seu instrumento de levantamento de dados foi uma figura com várias ondas defasadas, uma da outra, seguida de algumas questões. Parte das respostas foi dada como desenhos, porém sua análise se deteve na linguagem verbal e escrita, e aponta que algumas concepções dos alunos foram reforçadas pela sequência do curso, que os influenciou devido aos livros didáticos utilizados. Ele faz recortes dos textos dos livros didáticos, mostrando a correspondência com as respostas dos alunos. No exemplo por ele citado, de um livro que trata corretamente do assunto ondulatória, de autoria de Roederer¹, há um apontamento segundo o qual uma relação entre energia cinética e potencial “se explica observando a figura”. Ele conclui o trabalho apontando suas considerações sobre a organização do curso para evitar a consolidação de concepções errôneas sobre o estudo de ondas. Durante seu trabalho, nota-se sua maneira aparentemente natural de utilizar a linguagem escrita associada aos desenhos.

Cicillini e Silveira (2005) realizaram uma pesquisa sobre concepções de professores relativas ao modelo atômico. Os dados da pesquisa foram coletados de livro didático, de entrevistas com dois professores e de gravações de suas respectivas aulas. No desenvolvimento teórico, descrevem-se modelos e sua concepção de que a sala de aula é lugar de tradução do saber científico para o saber ensinado. Apresenta-se uma discussão sobre modelos, representações e realidade. Descrevem-se obstáculos epistemológicos presentes nas concepções de um dos professores. O artigo é finalizado cedendo espaço à fala dos professores.

Martins (2005) propõe uma discussão sobre o livro didático com uma abordagem diferente da mais recorrente. Ela aponta o papel da imagem, na análise do livro, e apresenta o relato de estudos desenvolvidos no Laboratório de Linguagens e Mediações do Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde (Nutes) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ):

¹ ROEDERER, J. C. Mecánica elemental. Buenos Aires: Editora Universitaria de Buenos Aires, 2002.

1. análise de uma oficina de capacitação sobre a escolha do livro didático, em que entre outras características, os professores apontaram como critério para escolha do livro, boas ilustrações, pois, para eles, as figuras auxiliam na superação de dificuldades de interpretação;
2. algum questionamento à transparência das imagens, apontando que a leitura delas envolve condição técnica de produção. Por exemplo, na ilustração de modelos geralmente é apresentada uma simplicidade no traço escondendo a alta densidade semiótica.

Abdalla (2004) escreve sobre partículas elementares. Apresenta breve relato sobre o nascimento da teoria atômica, os descobrimentos das partículas, os meios de pesquisas, os aceleradores de partículas, as forças de interação da natureza e sobre os primeiros minutos de nascimento do universo. Como Moreira (2007), ela procura afastar as concepções de que as partículas sejam “coisinhas” redondas. A obra é repleta de figuras; várias delas são esquemas sobre os equipamentos de pesquisa na área, diagramas de grupos de partículas, algumas fotos e gráficos, porém as partículas são “personagens”, alguns magrinhos como a ilustração que se refere ao elétron e outros mais robustos como a ilustração que se refere ao próton.

Embora a obra de Abdalla (2004) se enquadre em divulgação científica, ela justifica as formas de desenhos por ela utilizadas, descrevendo suas concepções sobre este recurso no ensino de física.

Costa et al. (2006) destacam as contribuições atuais, com análise das dimensões discursivas e imagéticas, no ensino e aprendizagem de Ciências. Comentam a escassez de referenciais sobre o uso do desenho no ensino de Ciências, no Ensino Médio. Seus dados foram retirados de um questionário aplicado a 38 alunos de Ensino Médio e a 12 professores, além das entrevistas semiestruturadas. Eles classificaram as repostas quanto ao uso da linguagem: oral, escrita, visual, gráfica e musical. Propõem, para pesquisas futuras, que alguém analise as percepções dos docentes e discentes nas salas de aula sobre o uso do desenho como estratégia pedagógica.

Souza, Justi e Ferreira (2006) definem modelo como representação parcial de um objeto, como um meio para facilitar a visualização que permite o desenvolvimento científico por elaboração e reformulação. Definem ainda analogia como um modelo de ensino, que favorece o estabelecimento de relação entre o estranho e o familiar, beneficiando a construção do

conhecimento em uma perspectiva construtivista. Eles se propõem responder como os alunos compreendem o modelo atômico a partir de analogias. Para isso, aplicaram um questionário a alunos que frequentavam o primeiro ano do Ensino Médio e classificaram as respostas a partir dos objetivos das questões. Consideram, além das repostas escritas, os desenhos elaborados pelos alunos. Concluem apontando os cuidados que os professores devem ter ao se utilizarem analogias e observa a necessidade de se associar a história e a filosofia da Ciência com o conteúdo para favorecer uma visão de como a Ciência é construída.

Catelli e Reis (2006) apresentam uma demonstração feita em sala de aula, para alunos do Ensino Médio, sobre ótica geométrica, com a observação de imagens formadas em uma lâmpada incandescente, que funciona como espelho côncavo na parte inferior e espelho convexo na parte superior, permitindo a aquisição de uma imagem por estímulo perceptual, pela observação experimental.

Reis, Guerra e Braga (2006) mostram um paralelismo entre conceitos que surgem na Ciência e na Arte, em uma mesma época. Eles citam as diferenças entre os desenhos elaborados por Galileu e Harriot. Ambos observaram aspectos da Lua com telescópio, mas desenharam coisas diferentes. Harriot afirmou que não sabia explicar o que observara. O desenho e as explicações de Galileu foram essenciais para Harriot elucidar o fenômeno representado. A formação cultural de Galileu, cuja arte estava inclusa é destacada por Reis, Guerra e Braga (2006) como o grande diferencial entre estes dois personagens da história da ciência.

Os autores descrevem ainda as transformações nas representações – desenhos e fotografias – devido ao desenvolvimento científico-tecnológico. Citam o desenvolvimento das concepções e formas de representações associadas às novas ideias da Ciência e concepções de mundo. Descrevem os debates que se levantaram com o surgimento da Física quântica, como eles se apresentaram nas artes e a apontam como alternativa para a compreensão das concepções físicas, contra a difícil linguagem matemática.

Klug (2006) foi mestranda no Centro de Artes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), na linha de Pesquisa de Ensino das Artes e, nesse trabalho, relata as conexões entre os conceitos elaborados por alguns autores e suas perspectivas para uma fundamentação teórica para descrever o processo de criação de um desenho, sob prisma da educação em Artes.

Santos (2006) apresenta alguns diagramas que ele considera recursos auxiliares para professores, quando explicam aos alunos que cursam o Ensino Médio aspectos da Teoria da

Relatividade Restrita. Ele considera que o aluno de Ensino Médio “ainda não desenvolveu abstração necessária para entender a descrição matemática da maioria dos fenômenos físicos” (p. 239) abordados ao se estudar a teoria da relatividade, além de se tratar de conceitos não intuitivos. Os diagramas têm, para o autor, a finalidade de ilustrar e de serem intermediários até que o aluno possa abstrair alguns conceitos da teoria da relatividade.

Heckler, Saraiva e Oliveira Filho (2007) relatam parte da dissertação de mestrado em que se descrevem o desenvolvimento e a aplicação de um *software* para auxílio ao estudo de óptica, o qual foi aplicado junto a alunos cursando o terceiro ano do Ensino Médio. O *software* contém uma introdução, com contexto histórico, que permite ao aluno localizar os conceitos de óptica e alguns conceitos referentes ao nascimento da Física moderna, textos sistematizadores, animações, imagens e simulações. Os autores relatam também o desenvolvimento do material, sua implantação, a avaliação de seu uso em sala de aula e quais os objetivos em animações, figuras estáticas e simuladores interativos. Deixam transparecer ainda que as imagens não são autoexplicativas, não possuem transparência para alunos que têm o primeiro contato com o conteúdo de óptica e há a necessidade de textos para que, com as imagens, seja possível a construção do significado. Posicionam que o professor tenta transmitir uma imagem para compreensão do fenômeno, às vezes tendo a oralidade como único recurso pedagógico. Advertem quanto à limitação de um modelo e de sua representação. Relatam o uso de multiespaços para a aprendizagem e descrevem a axiologia presente na avaliação dos alunos.

Moreira (2007) apresenta a Física dos *quarks* com a intenção de que seja utilizada como conteúdo por professores e alunos no Ensino Médio e discorre entre outros objetivos sobre a questão epistemológica. Ele enfatiza um ensino sem usar imagem para representar partículas elementares, pois se baseia em Bachelard (1938/1996) e acredita que as imagens reforçam os obstáculos representacionais.

Gomes e Oliveira (2007) relatam uma pesquisa com a finalidade de constatar a presença dos obstáculos epistemológicos: a admiração, a generalização, a substancialização e o animismo, nas concepções de átomo desenhado por alunos cursando o nono ano do Ensino Fundamental II e do primeiro ano do Ensino Médio. Para levantar os dados, foi utilizado um questionário com três perguntas. A segunda pergunta solicitava aos alunos que desenhassem o átomo. Os desenhos foram classificados dentro das várias representações descritas nos livros didáticos e as repostas das demais questões foram tabuladas quanto a erros conceituais e à presença de obstáculos epistemológicos. Nas considerações finais, Gomes e Oliveira (2007) apontam a posição de Bachelard para transpor os obstáculos epistemológicos.

Quanto à segunda questão,

foi pedido que os alunos desenhassem como estariam ‘visualizando’ o átomo, caso esse fosse visto através de um microscópio com lentes de aumento muito poderosas e como eles poderiam separá-lo se pudessem manipulá-lo com pinças igualmente sensíveis e poderosas. Optamos por fazer essa relação entre o aluno imaginar como é a constituição de um átomo se fosse possível ‘vê-lo por dentro’ com a elaboração de um modelo. (GOMES; OLIVEIRA, 2007, p. 100).

Fica aqui a observação: que átomo um aluno cursando o nono ano do Ensino Fundamental poderia desenhar, que não recorresse à presença de um obstáculo epistemológico? Não existe. A pergunta induz ao surgimento dos obstáculos. Assim, o problema deveria se aproximar mais ao que Bachelard propõe, que é: como transpor os obstáculos?

Ligozat, Nowak e Schmitt (2007) descrevem aspectos que consideram importantes quando historiadores criaram mapas a partir de documentos e relatos, utilizando os sinais *choremes*: na mente, a geração automática de uma imagem, ao se interpretar um texto; a escolha de uma representação esquemática que retrate tanto os aspectos estáticos quanto os dinâmicos; a inserção de objetos pictóricos e dos sinais *choremes* em um mapa, promovendo um enriquecimento representacional do mesmo.

Costa et al. (2007) citam pesquisas que privilegiam a análise da dimensão imagética e discursiva no ensino e aprendizagem de Ciências. Descrevem diferenças entre significados para o autor do desenho e para o intérprete. Comentam desenhos que possuem valor agregado, exemplificado com o desenho técnico. Comentam, por fim, a análise dos desenhos solicitados aos alunos, com o propósito de representar a importância da biossegurança, que poderia estar acompanhada de palavras e frases. Os desenhos foram classificados em várias categorias que representam a biossegurança: hospitalar, planetária, humana, da saúde, técnica, de vida ambiental e filosófica. Citam o lápis de cor dentre os materiais empregados na realização da atividade, mas mencionam que não houve restrição a outros materiais, e, na análise, descrevem algumas funções das palavras associadas ao desenho, entre elas a de reforçar a linguagem visual. Encerram o artigo revelando sua visão sobre o caráter axiológico da atividade: “é uma estratégia que atrai a atenção do aluno, auxilia a reflexão crítica” (p. 30).

Viana (2007), com base em seu estudo na psicologia cognitiva, analisa como são adquiridas, manipuladas e utilizadas as representações pictóricas, feitas por alunos cursando o

terceiro ano do Ensino Médio, na resolução de problemas de geometria espacial, classificando-as quanto à funcionalidade, à coerência com o problema e ao detalhamento dos processos utilizados na resolução do problema.

Pessoa Jr. (2007) explora o significado das representações pictóricas de orbitais atômicos e moleculares em textos didáticos de Química. Ele aponta que é por meio da representação pictórica que é feito o primeiro contato do aluno do Ensino Médio com a Física quântica. Relata como três livros didáticos apresentam as representações pictóricas para auxiliar as descrições dos orbitais moleculares, como são descritas essas imagens e que informações as acompanham. A partir desses dados, ele questiona: até que ponto essas representações correspondem à realidade? Ou as imagens são apenas um auxílio para memorização da teoria das ligações químicas?

Argumentando sobre o nascimento da mecânica quântica, revela que este se deu a partir de uma abordagem da mecânica matricial com ênfase nos resultados da medição, sem se preocupar com a visualização, o que pode ser chamado de positivismo ou instrumentalismo, e da mecânica ondulatória, que permitia um retrato intuitivo das medições, além de uma observação visual de uma realidade parecida com as representações e de imagens das ondas da Física clássica e, por isso, chamadas realistas. Pessoa Jr. conclui afirmando que o significado das representações pictóricas de orbitais vai depender da interpretação da teoria quântica que estamos utilizando e apresenta a possibilidade de se explorar didaticamente as ‘observações’ dos orbitais.

Barbosa-Lima e Carvalho (2008) comentam como após a narrativa de uma história infantil e o compartilhamento de ideias sobre um problema, os alunos da segunda série do Ensino Fundamental relataram, por meio de um desenho ou redação, suas experiências. Nesse trabalho também são apresentadas as fases do desenho infantil e algumas concepções sobre as funções desses desenhos no desenvolvimento cognitivo da criança. Comentam a importância da narrativa para auxílio da construção de conhecimentos abstratos, mesmo para crianças que, para alguns, são pensadores concretos. Os dados foram tomados em etapas:

1. a leitura e compreensão de um exercício de raciocínio;
2. a discussão em grupo;
3. a apresentação e a discussão das soluções encontradas nos grupos para a turma toda;

4. o relato da atividade, escrita e ou desenhada.

Ramadas (2009) descreve a importância crescente das representações visuais em Educação e Ciências, relatando trabalhos apresentados em um encontro do tema (VISSCIED, 2007²). Destaca a relevância da criação de representações na construção de significados. Apresenta algumas funções para os desenhos e relata a transição da representação para a cognição como algo fundamental para a educação em Ciências. Ele considera que existem representações metafóricas para expressar propriedades de um conceito que não é capturado através da representação pictórica direta.

1.1.1 Um quadro sistemático das leituras

Desta revisão, foram tabulados alguns aspectos que se repetiram com certa frequência e devem constituir referencial para a presente análise dos desenhos elaborados pelos alunos. Será feita a descrição dos aspectos listados em cada coluna da tabela a seguir, porém uma apresentação mais detalhada estará em seção posterior.

Na primeira coluna da Tabela 1, encontram-se os artigos da presente revisão bibliográfica em ordem cronológica anual de publicação. Na segunda coluna (se o aluno desenha), assinalaram-se os artigos em que os relatos de pesquisa se baseiam em dados retirados de sala de aula, de desenhos elaborados pelos alunos. Na terceira coluna (se o aluno lê o desenho) assinalaram-se os relatos de pesquisas em que os alunos fazem a leitura de algum desenho de autoria própria, retratado em um livro ou em computadores. Na quarta coluna (aquisição do desenho), assinalaram-se pesquisas e relatos em artigo em que há autoria do desenho ou alguma outra forma de apropriação de uma figura. Na quinta coluna (manipulação da imagem), foram assinalados os artigos em que se descreve alguma forma de inspeções das imagens, de maneira perceptual ou mental. Na sexta coluna (limites da analogia), assinalaram-se os artigos que destacam necessidades de se validar um modelo, uma representação pictórica ou um desenho, com debates que, além da análise conceitual, abordam aspectos históricos, filosóficos ou tecnológicos.

² Encontro: Visualization in science and education, 2007.

Considerou-se que a aquisição de uma figura, por parte do aluno, ocorra das mais variadas formas: pela leitura ou inspeção de uma informação visual; pelo ato de desenhar; por observação e interação em uma atividade experimental; por modificação de uma informação visual; e pelos discursos sobre o limite e a aceitação de uma representação (desenho) construída. Assim, as colunas 2, 3, 4, 5 e 6 fazem parte da ferramenta de análise do presente trabalho para se observar se há a aquisição de uma imagem por parte do aluno.

Ao extrapolar esta leitura, para além da aquisição de uma imagem, notam-se diferentes campos de pesquisa dentro do ensino de Ciências, os quais valorizam as discussões sobre as representações visuais. Sendo assim, ressaltam-se também os trabalhos que discutem obstáculos epistemológicos; o uso do computador em sala de aula; a resolução de problemas, linguagem e argumentação em aula e a análise do livro didático.

Já na sétima coluna (obstáculos epistemológicos), foram assinalados os artigos que, de alguma forma, citam qualquer resistência ou desconfiança à utilização de imagens, baseado em concepções apresentadas originalmente por Bachelard (OTERO; GRECA, 2004). Na oitava coluna (o uso do computador), assinalaram-se vários artigos em que as imagens são trabalhadas, vistas ou sofrem qualquer outra forma de manuseio utilizando o computador, como no caso das simulações, ou no caso em que se utilizou o computador para buscar imagens na internet. Na nona coluna (a resolução de problemas), destacam-se os artigos que têm como foco a utilização de imagens na resolução de problemas. Na décima coluna (linguagem e argumentação), são assinalados os artigos em que desenhos e imagens são relevantes juntamente dos relatos e das argumentações dos alunos ao construírem conceitos científicos, em sala de aula. Na coluna 11 (análise de livros didáticos), destacam-se os artigos em que as figuras são analisadas em livros didáticos.

A coluna 12 (Epist./Ontol./Axiol.) assinala os artigos que fazem alguma referência julgada relevante para a presente pesquisa sob considerações epistemológicas, ontológicas ou axiológicas. Assim, foi marcado “E” nos trabalhos em que o estudo da imagem está associado principalmente à compreensão do fenômeno; “O” para as referências em que se discute a verdade dos conhecimentos físicos e científicos; “A” nos artigos que relatam frases de atribuição de valor à utilização de desenhos e imagens; e “X” caso haja referência a mais de uma classe acima.

Na coluna 13 (EF/EM/Univ.), foi assinalado “F” para artigos em que os conceitos abordados são relativos ao que se ministram aos alunos cursando o Ensino Fundamental; “M”

para artigos em que a fonte dos desenhos ou dos conhecimentos descritos se encontram nos cursos do Ensino Médio; e “U” nos artigos que se referem ao Ensino Universitário.

Na coluna 14 (funções do desenho), foram destacados os artigos que fazem referência a uma ou mais concepções sobre as finalidades de se utilizarem figuras ou imagens no ensino. Na coluna 15 (disciplina), assinalou-se, conforme especificado no artigo, a disciplina a que se referem os conteúdos trabalhados: “F” se o conteúdo for peculiar a Física; “Q” se o conteúdo for referente a Química; “B” para Biologia; “H” quando o conteúdo for de História; “M” para Matemática; “A” em Artes; “E” se o conteúdo for referente a Ecologia; e “S” se o conteúdo for sobre Segurança.

Em seção posterior, serão abordadas mais detalhadamente cada uma das colunas descritas.

Tabela 1 – Aspectos relevantes a esta pesquisa.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Se o aluno desenha	Se o aluno lê o desenho	Aquisição do desenho	Manipulação da imagem	Limites da analogia	Obstáculos epistemológicos	O uso do computador	A resolução de problemas	Linguagem e argumentação	Análise do livro didático	Epist./ Ontol. /Axiol.	EF / EM / UNIV	Funções do desenho	Conteúdo
Holton, 1979		X	X										X	
Peduzzi, 1997		X	X		X			X				M	X	F
Sutton, 1997			X	X		X							X	
Holton, 1998		X	X										X	
Agrello e Garg, 1999		X	X	X								M		F
Peduzzi, 1999			X				X			X	A	U	X	
Meleiro e Giordan 1999		X		X			X				A	M	X	Q
Trindade e Fiolhais, 1999			X				X				X		X	Q
Pietrocola, 1999						X					X			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Se o aluno desenha	Se o aluno lê o desenho	Aquisição do desenho	Manipulação da imagem	Limites da analogia	Obstáculos epistemológicos	O uso do computador	A resolução de problemas	Linguagem e argumentação	Análise do livro didático	Epist./ Ontol. /Axiol.	EF / EM / UNIV	Funções do desenho	Conteúdo
Laburú, 2000			X										X	F
Martins, 2001									X	X			X	
Angotti, 2002			X								O			F
Covolán e Min, 2002			X		X						A	MU	X	FQ
Iavelberg, 2003	X		X						X		A	F	X	A
Barbosa-Lima e Carvalho, 2003	X		X					X	X		E	F		F
Márquez, Izquierdo e Espinet, 2003									X		E			
Núñez, Neves e Ramalho, 2003					X	X					E	U		F
Pacca et al., 2003	X		X		X	X					A	M		F
Abdalla, 2004					X							MU		F
Araujo, Veit e Moreira, 2004				X			X		X		A	M		F
Otero e Greca, 2004			X		X					X	A	T	X	
Netto, Freire e Pereira, 2004											X		X	
Costa e Almeida, 2005										X		U	X	F
Siqueira-Batista, Siqueira-Batista e Schramm, 2005											O			
Flores e Moretti, 2005			X						X			M		M
Impagliazzo, 2005	X	X	X		X				X		A	F		E
Perini, 2005									X		E		X	
Cicillini e Silveira, 2005					X	X			X		X	M		
Welti, 2005										X		U		F
Martins, Gouvêa e Piccinini, 2005		X		X					X	X			X	
Catelli e Reis, 2006						X				X		U		F
Reis, Guerra e Braga, 2006			X		X				X		X	MU	X	FQ
Souza, Justi e Ferreira, 2006	X		X		X						O	M		F

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Se o aluno desenha	Se o aluno lê o desenho	Aquisição do desenho	Manipulação da imagem	Limites da analogia	Obstáculos epistemológicos	O uso do computador	A resolução de problemas	Linguagem e argumentação	Análise do livro didático	Epist./ Ontol. /Axiol.	EF / EM / UNIV	Funções do desenho	Conteúdo
Santos, 2006											X	MU	X	F
Klug, 2006			X						X		E	F		
Costa et al., 2006	X		X						X			P		S
Moreira, 2007					X	X					X			
Gomes e Oliveira, 2007	X	X	X		X	X						FM		F
Heckler, Saraiva e Oliveira Filho, 2007		X		X			X					M		F
Viana, 2007	X	X	X	X				X				M	X	M
Costa et al., 2007	X	X	X							X	X	M		S
Pessoa Jr., 2007										X	X	M	X	FQ
Ligozat, Nowak e Schmitt, 2007		X	X	X										H
Barbosa-Lima e Carvalho, 2008	X		X					X	X			F	X	F
Ramadas, 2009			X								O		X	

A pergunta “Como os alunos do Ensino Médio adquirem uma representação pictórica de um conceito de Física moderna?, desdobrou-se: em função de características citadas por vários autores presentes na revisão bibliográfica, em “Quais as características desse processo de aquisição, via construção, de uma representação de um conceito de Física a partir de um texto didático científico?”; e em função da averiguação da aprendizagem em “As principais idéias do texto aparecem nas representações dos alunos?”, destacamos que os alunos devem possuir uma imagem, respectivo a um fenômeno, e que do Quadro 1, anteriormente apresentada, em apenas dez dos artigos consultados, os alunos construíram suas representações pictóricas; mesmo sendo pequeno esse número, é necessário fazer algumas considerações:

1. em Pacca et al. (2003), o desenho é utilizado para levantar concepções que possivelmente os alunos possuem e constituem barreiras epistemológicas;

2. em Gomes e Oliveira (2007), pede-se explicitamente para que o aluno desenhe e que seu desenho seja utilizado para classificar qual obstáculo epistemológico está presente;
3. em Iavelberg (2003), o desenho tem cunho estético;
4. em Impagliazzo (2005), ele está ligado a paisagens e a recursos naturais da comunidade;
5. Costa et al. (2006, 2007) apresentam dois artigos em que os alunos desenharam placas que representam conceitos da biossegurança em um curso técnico;
6. em Viana (2007), há consideráveis conceitos nos caminhos tomados pelos alunos na resolução de problemas, porém de geometria.

1.1.2 Outros artigos

Outra possibilidade de encontrar características sobre a utilização de desenhos no ensino e aprendizagem de Física é entre os estudos dos pesquisadores que fazem análise semiótica e multimodal do discurso. Dentre tantos, optou-se por procurar informações em dois: Lemke e Roth. O motivo de tal escolha é a inspiração encontrada em ambos para o esforço empregado nesta pesquisa.

Roth e Lawless (2002) procuram destacar a importância da manipulação de objetos e equipamentos relacionados a fenômenos estudados, permitindo a emergência da linguagem. Nesses manuseios, eles definem diferentes classes de movimentos: ergóticos (manipulações), epistêmicos (sensações e percepções) e simbólicos (gestuais), além de classificarem gestos como dêiticos, para apontar, e icônicos, para generalizar. Alguns episódios de ensino são por eles descritos para exemplificar a transição da linguagem, em que “[...] a escrita e outros modos formais de representar descrições de observações teóricas devem ser acompanhados de oportunidades abrangentes para falar (e gesticular) ciência na presença de objetos e eventos.” (p. 381).

Esses autores citam que há evidências de que os alunos veem fenômenos e os representam de maneiras diferentes e, por isso, devem também ter a oportunidade de dialogar

sobre eles. A construção dos significados deve ser uma combinação, um acordo, uma negociação estabelecida pelos alunos, personagens presentes na construção de uma experiência ou representação, buscando aferir e validar suas expressões com aquelas empregadas nos registros do ensino de Ciências ou pela comunidade científica.

Lemke (1998) discute a formação de questões, escolhas e adaptações que os pesquisadores devem fazer para copilar os dados verbais de uma pesquisa. Sugere algumas maneiras e focos para análise discutindo o contexto da mesma. Fala sobre o novo texto que surge ao se transcrever uma aula para o papel e adverte quanto à perda de dados importantes, além das entonações que geralmente não são registradas.

[...] significados contrastantes podem muitas vezes ser determinados a partir da inflexão. A transcrição em nível de palavras também apaga informações sobre o contexto, orientação de valor, grau de certeza ou dúvida, atitudes de expectativas, ironia, humor, vigor emocional, traços de identidade e dialeto. [...] Além disso, as informações sobre o tempo de fala (duração), discurso simultâneo, quebra de fluência súbita, se é uma proposição e etc. (LEMKE, 1998, p. 1.177).

Ele tece também comentários sobre a importância de se considerar o contexto em que se obtêm os dados verbais, quando os significados são compreendidos lendo todo o contexto.

[...] a linguagem é usada como parte de um sistema cultural. Dados verbais fazem sentido apenas em relação à atividade e contexto com outros eventos sociais e de textos com os quais estamos normalmente a conectá-los, os hipertextos. (LEMKE, 1998, p. 1177).

Lemke (1998) alerta, nesse trabalho, sobre a maneira de como são feitas as ligações dos dados com todas as outras informações presente no evento.

O significado de qualquer texto, discurso ou evento depende da maneira como nós os ligamos a outros eventos. Significado não é feito com a língua sozinha, o discurso é acompanhado por gestos, posturas, situações, informações paralinguísticas, por escritos, até as opções no visual, codificação das palavras e outras informações gráficas. (LEMKE, 1998, p. 1.180).

Essa maneira de ligação entre as diversas linguagens, além do contexto presente, poderá ter possíveis relações com outras informações em contextos mais mediatos. “O que o professor está dizendo agora faz sentido em parte, em relação ao que disse ontem ou há dez minutos, ao que lemos no livro, à pergunta que se perdeu no último questionário e etc.” (LEMKE, 1998, p. 1.177).

Em Lemke (2002a), ele discute como uma rede de diversas linguagens forma um sistema para a construção de significados, especificando, porém, o papel da Matemática nessa rede, que seria o de permitir a extensão dos recursos tipológicos do idioma natural e dos topológicos das representações visuais. Ele defende que a linguagem verbal não é a melhor maneira de se construir significados para eventos com ocorrências topológicas.

A linguagem verbal se especializou em dar significados na forma tipológica, já os gestos e as representações pictóricas mostram melhor as variações contínuas e, assim, são informações topológicas. Lemke defende que a linguagem verbal escrita é pobre para descrever variações contínuas ou que contenham mais que um parâmetro. A Matemática e a linguagem verbal não são estritamente tipológicas e nem topológicas; elas possuem maior ou menor teor tipológico ou topológico, pois

[...] uma representação visual deveria apresentar os significados de co-variações contínuas, mas para usar gráficos, para entender funções, os estudantes têm que aprender a sistematizar, a representar em três semióticas diferentes: a linguagem verbal, os diagramas e expressões algébricas. [...] a materialização das representações visuais podem ser parcialmente, mas nunca completamente traduzidas em declarações da linguagem verbal e vice-versa. (LEMKE, 2002a, p. 226).

E o autor continua a defender um ensino multimodal, descrevendo que, no início de suas pesquisas, trabalhava apenas com a linguagem verbal, porque desconhecia ferramentas para análise de outras linguagens empregadas pela ciência, como a visual, a do simbolismo matemático e a das operações experimentais. Ele informa que significados devem ser descritos sem acrescentar ao universo mais coisas materiais e nem se criar um outro de almas e mentes, mas investigar todos os sinais que porventura possam indicar a existência de significados.

O idioma natural de ciência é uma integração sinérgica de palavras, diagramas, desenhos, gráficos, mapas, equações, tabelas, esquemas, e outras

formas de expressão visual e matemática. [...] A meta de educação de ciência, que quero discutir, deveria ser capacitar os estudantes para usar tudo destes idiomas de modos significantes e apropriados, e, acima de tudo, poder os integrá-los funcionalmente na conduta de atividade científica. (LEMKE, 2002b, p. 166/168).

Ele define sematologia como o estudo que atribui significado a um sinal dentro do contexto de estudo e também no decorrer do tempo, tanto do desenvolvimento histórico, quanto nas necessidades escolares.

Todo conceito científico é simultaneamente um sinal em uma semântica verbal de discurso, e em um sistema operacional de significados de ação, e normalmente também em um sistema de representação visual, e freqüentemente em um sistema sematológico matemático. O significado simplesmente não surge de cada um destes somados, ou em paralelo com os outros: surge da combinação de cada um integrado com e multiplicado por cada um dos outros. (LEMKE, 1998, p. 170).

O autor defende que a maioria dos alunos não são instruídos e não aprendem a fazer conexões ou sínteses nas diversas linguagens associadas. Eles não leem muitos dos sinais presentes nas diferentes linguagens e não possuem conhecimento da semântica desses sinais para integrá-los coerentemente ao discurso.

Nós podemos em parte falar de um evento científico ou problema em condições puramente verbal-conceitual, e podemos construir significado do que está acontecendo combinando nosso discurso com o desenho e interpretação de diagramas visuais e gráficos e outras representações, e podemos integrar ambos com fórmulas matemáticas e derivações algébricas como também cálculos quantitativos, e finalmente podemos integrar tudo isto com procedimentos experimentais atuais e operações, [...] podemos obter o significado diretamente por ação e observação, depois podemos interpretar e podemos representar em palavras, imagens, e fórmulas. Mas é precisamente como realizar esta síntese milagrosa de multimídias que argumentam, que a maioria de nossos estudantes não aprende a fazer. (LEMKE, 2002b, p. 170).

Lemke (2002b) também apresenta duas características da comunicação multimodal: 1) *a incompletude* – professores integram vários canais na comunicação científica e, em cada um dos canais, há partes da informação comunicada. Às vezes com erros, outras com omissões, ou

trocando símbolos; 2) *a intercontextualidade*³ – os significados são construídos integrando informações nos diferentes canais e evocando na memória outras informações, que podem não estar no contexto da aula, do dia, ou da escola.

1.2 Conceitos relevantes

Nesta seção, serão apresentadas uma justificativa quanto aos termos utilizados em sinonímia ao desenho e uma abordagem sobre a relevância de se ter que buscar a aquisição de uma representação pictórica e de alguns conceitos listados no quadro de nossa revisão bibliográfica.

1.2.1 Definições

Essa conceituação dos termos ‘desenho’, ‘figuras’, ‘imagens’, ‘garatuja’ e ‘esquemas’ estão em diversos artigos (IAVELBERG, 2003; NETTO; FREIRE; PEREIRA, 2004; e outros). Será definido aqui como serão utilizadas essas expressões neste trabalho.

No dicionário Houaiss (2006), ‘desenho’ é a representação de seres, objetos, ideias, sensações feita sobre uma superfície, por meios gráficos, com instrumentos apropriados; é a representação de objetos executada para fins científicos, técnicos, industriais, ornamentais; planta, risco, traçado. Figura é a forma exterior, o contorno externo de um corpo; a configuração; o conjunto dos traços gráficos que reproduzem alguém ou algo (real ou imaginário); a representação gráfica, não necessariamente proporcional ou fiel, de alguém ou de algo; qualquer representação visual (esculpida, pintada, gravada etc.) de uma forma inspirada na realidade ou na imaginação; imagem que geralmente acompanha um texto; uma ilustração, uma estampa.

³ Lemke utiliza o termo ‘intertextuality’, que teria como tradução ‘intertextualidade’. No entanto, como o autor utiliza esse termo não apenas para textos, mas também na interação de todos os meios semióticos envolvidos na comunicação de uma ideia científica, utilizar-se-á no presente trabalho o termo ‘intercontextualidade’.

Já ‘imagem’, segundo o Houaiss (2006), é a representação da forma ou do aspecto de ser do objeto por meios artísticos; aquilo que apresenta uma relação de analogia, de semelhança (simbólica ou real); réplica, retrato, reflexo.

Quando iniciada a presente pesquisa, julgava-se que os termos ‘desenho’, ‘figura’, ‘imagem’, ‘representação pictórica’ ou ‘imagética’ poderiam ser utilizadas indistintamente. Considerando a palavra ‘imagem’ nos trabalhos de Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), que pesquisaram imagem em livros didáticos, nota-se grande clareza e coerência textual, na utilização de imagem em sinonímia com desenho. Já, ‘imagem’ em Viana (2007), também em um texto coerente, é imagem mental e não representada externamente. Notou-se que enquanto pesquisadores como Pessoa Jr. (2007), Otero e Greca (2004), Viana (2007) e outros destacam os termos por eles utilizados, ou escrevem com grande coerência com as bibliografias por eles citados, como Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), outros não definem bem tais termos e, às vezes, os assumem de outras obras, acreditando que os significados sejam similares. A complicação se evidencia nas associações feitas aos trabalhos de Bachelard (1938/1996), quando imagem é algumas vezes interpretada como desenho, uma representação pictórica externa de um fenômeno.

Neste trabalho, o conceito ‘imagem’ geralmente pode ser estendido a imagens mentais ou àquilo que se capta pela visão, não sendo uma representação externa. As representadas externamente serão registradas como desenhos, figuras ou representações pictóricas externas.

1.2.2 Quanto à aquisição da imagem

O grande avanço tecnológico contemporâneo tem permitido grandes oportunidades de se confeccionarem representações visuais. Os livros atuais são mais coloridos, possuem mais gráficos, fotografias e figuras associadas aos conteúdos estudados. Com uma câmera fotográfica digital, que atualmente possui custo acessível, ou mesmo aparelhos celulares, muitos contendo câmera fotográfica digital, podem ser captadas fotografias que se julgue conter algum valor. O apelo a atentar a informação visual é fortemente explorado pelos diversos meios de informações. Contudo, muitas informações visuais passam despercebidas ao público em geral e também ao estudantil. Algumas parecem não lhes pertencer, tais como os gráficos. Outras não

são traduzidas em conhecimentos significativos, e o olhar para elas é simplesmente isto, por parte do aluno. Algumas representações são dos livros, da Física, mas não do aluno, que também deveria apropriar-se delas. Porém a partir do momento que esta imagem faça parte das imagens interiorizadas pelos alunos, isto vai além de uma apropriação, passa a ser uma aquisição, pois toda referência a esta imagem, uma nova representação pictórica ou uma declaração verbal sobre ela passará a conter traços daquele que a expressa. Neste sentido vamos optar por usar a palavra aquisição semelhante ao empregado por Iavelberg (2003), ao relatar os momentos conceituais na aquisição do desenho, em dados de uma pesquisa em que os alunos desenhavam.

1.2.3 Quem considera importante ter uma imagem de um conhecimento científico

A partir das presentes leituras, procurou-se respaldo sobre a relevância que alguém ou algum grupo de profissionais, relacionados e comprometidos com o ensino de Ciências, dão à utilização de representações pictóricas e como estas são adquiridas.

Dois grupos certamente se destacam: o dos cientistas e o dos professores.

Os cientistas e os profissionais que desenvolvem trabalhos junto às áreas de pesquisas e tecnologias modernas têm, em suas grades disciplinares de formação acadêmica, várias disciplinas que abordam o desenhar: desenho geométrico, técnico, geometria analítica e muitas outras disciplinas – algumas de forma não tão direta, como Física, cálculo integral etc. Não somente porque esta é uma maneira de comunicação, de plantas, esquemas, circuitos, fluxogramas etc., mas também porque a racionalidade matemática e dos fenômenos físicos foi historicamente construída junto destes conhecimentos, dos desenhos e das artes (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006). Além disso, uma grande propulsora da economia mundial é a comunicação, o *marketing*, principalmente a comunicação visual. E, nesse desenrolar da modernidade, várias empresas e governos continuam a investir, não somente para que se compreenda, mas também para que se veja e se tenha uma imagem do que ainda não foi visto. Cada vez mais sequer olhar mais longe, mais internamente a matéria, ver com mais cores, maior nitidez outros efeitos, sob outras luzes, sob diversos focos. E para assim “ver” e se ter todas essas “imagens” e suas representações, será mantida nas formações desses profissionais das

áreas das Ciências, com suas especificidades, a forte formação nas linguagens da Matemática, das ciências e das suas tecnologias.

Outro grupo que considera relevante a utilização de representações pictóricas e imagens em ensino é o de professores e pesquisadores. Martins (2005) descreve que professores escolheram livros pelas qualidades das representações (figuras); outros pesquisadores se posicionaram considerando que imagens e figuras favorecem em alguns aspectos o ensino. E há, atualmente, vários pesquisadores individualmente ou em grupos, trabalhando com criação de simulações computacionais (MELEIRO; GIORDAN, 1999; TRINDADE; FIOLEAIS, 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004; e outros), gerando representações pictóricas tridimensionais, que se transformam e/ou se deslocam no decorrer do tempo.

1.2.3.1 Considerações atribuída por cientistas às representações pictóricas externas

Ter uma imagem de um fenômeno ou de um evento não é algo novo e próprio de um único segmento de conhecimento. Nos trabalhos de Holton (1979), Reis, Guerra e Braga (2006) e Pessoa Jr. (2007), há várias descrições de cientistas que tiveram apreço por ter uma imagem para formular seus raciocínios ou para descrevê-los a terceiros: Galileu, Einstein, Bohr, Thomson, Feynman etc. Essas imagens eram representações pictóricas, gráficos, diagramas ou esquemas etc.

Holton (1998) e Reis, Guerra e Braga (2006) descrevem em seus trabalhos que, ao observar a Lua com seu telescópio, Galileu desenvolveu uma série de desenhos emblemáticos ilustrando sua compreensão sobre as imperfeições do solo lunar. Ele foi capaz de compreender suas observações porque possuía conhecimentos artísticos do claro-escuro, adquirido em Florença. O astrônomo inglês Thomas Harriot, em 1609, também fez observações da superfície lunar, mas, na Inglaterra, o ponto mais alto de realização artística era a palavra, por exemplo, com Shakespeare. Harriot desenhou algo diferente dos desenhos de Galileu e explicitamente declarou que não sabia explicar o que havia visto e desenhado. Roth e Lawless (2002) comentam a possibilidade de que diferentes imagens mentais se formem a partir da observação de um mesmo fenômeno e, por isso, há a necessidade do diálogo.

Reis, Guerra e Braga (2006) atribuíram o fato a:

Harriot não dispôs de condições para interpretar a geografia da Lua sem o treinamento artístico que teve Galileu. [...] Aqui fica bastante evidente como os conhecimentos de Galileu sobre desenho permitiam-lhe ver na Lua o que não foi possível a Harriot. O primeiro era herdeiro de uma escola artística que já havia desenvolvido o trabalho com o claro-escuro, além do fato de a perspectiva já estar incorporada nos estudos artísticos. Já Harriot descendia de uma tradição que ainda não havia incorporado essa novidade da representação pictórica e também não possuía uma formação artística, o que dificultava a sua interpretação do que via na Lua. (p. 3).

A Itália, nos tempos de Galileu, era um importante centro de artes visuais e arquitetura. Provavelmente Galileu tenha se favorecido das técnicas de observação, de retratar o claro-escuro e do estudo das perspectivas. O primeiro emprego de Galileu foi como professor de Matemática para ensinar geometria e perspectiva. Em 1610, Harriot refez suas observações e desenhos acrescentando detalhes, depois de ler o livro de Galileu e ver as representações pictóricas externas das fases da Lua, ou seja, ele dialogou (ROTH; LAWLESS, 2002) com Galileu (com o livro) e, um ano depois, pode ‘intercontextualizar’ (LEMKE, 2002b) e construir os significados apropriados a sua observação.

Outro cientista que empregou a comunicação visual para organizar seu raciocínio e até mesmo para comunicar suas ideias foi Einstein. Descrevendo sobre o uso da imaginação pelos cientistas, Holton (1998) comenta que, em Berna, no escritório de patentes, Einstein era incumbido de estudar os documentos e desenhos que os inventores registravam e em pensamento reconstruir as máquinas para analisar se funcionaria. Essa habilidade de realizar a leitura de figuras e de operá-las, fazendo a união de partes, agrupando como em um quebra-cabeça, analisando, para isso, não somente as formas dos objetos, mas também as dimensões, as funcionalidades das partes, a funcionalidade do todo, foi vital para ele, mais tarde, obter sucesso no desenvolvimento de suas teorias, realizando experiências de pensamento.

Não se sabe se essa maneira de pensar a partir de quadros esquemáticos (desenhos) já havia ou não em Einstein. Ela se tornou uma prática constante para ele que, mesmo em questões epistêmicas, construía imagens para se expressar. Em certa ocasião, escreveu ao matemático Jaques Hadaward e explicitou parcialmente seu mecanismo de raciocínio.

As palavras ou a linguagem, tal como são escritas e faladas, não parecem desempenhar qualquer papel no meu mecanismo de pensamento. As entidades psicológicas que parecem servir como elementos do pensamento são certos

símbolos e imagens, mais ou menos nítidos, que podem ser voluntariamente criados e combinados. (HOLTON, 1998, p. 109).

Figura 1 – Esquema desenhado por Einstein em uma carta para um amigo.

A Figura 1 foi feita por Einstein em uma carta enviada a seu amigo, Maurice Solovine, escrita em 7 de maio de 1952. Abaixo encontra-se parte do conteúdo da carta, o qual permite verificar como ele pontuava seus conceitos com uma imagem e, podendo visualizá-las, passava a descrevê-las e as relações existentes, como ele as compreendia.

- 1) As E (experiências) nos são dadas (representada pela linha horizontal no pé da figura).
- 2) A são axiomas, a partir dos quais deduzimos as consequências. Psicologicamente. A baseia-se em E. Mas não existe nenhum caminho lógico de E para A, e sim apenas uma conexão intuitiva (psicológica), que está sempre sujeita a revogação.
- 3) a partir de A, pelo caminho lógico, são [...]. (HOLTON, 1979, p. 94).

Ao psicólogo Max Wertheimer, Einstein confidenciou: “muito raramente penso de todo em palavras [...] consigo-o numa espécie de mapa de modo visual.” (HOLTON, 1998, p. 109).

Outro tema rico em debates sobre a utilização de representações pictóricas é das partículas subatômicas. Ernst Mach, cientista do início do século 20, reagiu à concepção de átomo perguntando sarcasticamente se alguém já havia visto um. Em 1912, CTR Wilson exibiu um registro, o que Holton (1979) chamou de “uma fotografia”, que resolveu a questão da visão de átomo para muitas pessoas. Nela havia o rastro das partículas alfa em uma câmara de nuvens. Foi a primeira prova irrefutável dos fenômenos atômicos em um nível muito além da percepção direta. Pessoa Jr. (2007) aborda a discussão entre dois centros de pesquisas, sobre a imagem do

elétron produzida por um equipamento. “A difusão de feixes de partículas tornou-se um modo de ‘ver’ acontecimentos subatômicos.” (HOLTON, 1998, p. 99).

Em meados do século XX, as imagens passaram a ser consideradas, para alguns, obstáculos à abstração, a uma estruturação do conhecimento, à medida que o desenvolvimento científico penetrava na Física subatômica; embora na maioria das outras ciências a imaginação icônica permaneça viva até hoje, alguns cientistas quânticos passaram a utilizar novas representações: “uma nova forma de visualização, fortemente baseada em relações matemáticas, mais do que física, recorrendo a simetrias e diagramas abstratos.” (HOLTON, 1998, p. 111).

Um exemplo desses diagramas são os de Feynman. Por algum tempo, pensavam-se em dois elétrons como dois entes materiais esféricos, como cargas puntiformes, e esses eram assim representados. Até hoje, vários livros didáticos de Ensino Médio utilizam essa forma de representação. Muitos autores, quando escrevem sobre os elétrons, não os representam pictoricamente, mas o professor poderá fazê-lo no quadro-negro, sem a percepção de qual modelo está utilizando e sem justificar a seus alunos as condições de contorno que viabiliza sua representação imagética externa.

Holton (1998) comenta que a imagem de dois elétrons que se aproximam e depois sofrem repulsão é tradicional (Figura 2). Comenta ainda que é mais apropriado utilizar a “representação pictórica” de um dos diagramas de Feynman, que ilustra, no espaço-tempo, a troca de um fóton, partícula mediadora dessa interação. Góis e Giordan (2007) afirmam que o modelo de representação dos entes subatômicos são construídos durante todo o Ensino Médio e, a cada abordagem, devem ser esclarecidos os limites da analogia, da figura, do modelo empregado.

Figura 2 – Representações da interação entre elétrons.

Fonte: Holton (1998, p. 112).

Na Figura 3, demonstra-se como uma imagem auxiliou a maneira de pensar e de analisar de Murray Gell-Mann, em 1960, e Yuval Newman, que, utilizando métodos matemáticos conhecidos como teoria dos grupos independentemente, desenvolveram uma conexão entre partículas de diferentes famílias. Eles formaram grupos de oito partículas que possuíam o mesmo spin, o mesmo número bariônico e aproximadamente a mesma massa. Essa maneira de classificar as partículas foi chamada de classificação octal e é apresentada na forma de um hexágono.

Figura 3 – Diagrama utilizado para representação do caminho octal.

Fonte: Moreira (2007, p. 164).

Na Figura 3 estão relacionados os bárions e os mésons. Na representação octal dos bárions, há uma partícula em cada vértice e duas no centro; há um total de oito partículas. No octeto dos mesões, havia apenas sete, apenas uma partícula no centro. Essa maneira de representar permitiu aos cientistas levantarem a hipótese de que havia mais um méson a ser descoberto, para que estivesse estabelecida certa regularidade na quantidade de componentes em cada família. Passou a se procurar essa partícula que encontrada em 1961.

A menos do fato de que no padrão dos mésons há apenas uma partícula no centro e no dos bárions há duas, os padrões são idênticos. Para que ficassem idênticos seria necessário um méson com carga e estranheza zero. Esse méson chamado eta (η_0), com massa de 550 MeV, sem carga e sem estranheza, foi descoberto em 1961. (MOREIRA, 2007, p. 163).

Esses relatos exemplificam situações de valores ao se ter, se construir, uma imagem, uma representação visual, mais próxima a um fenômeno, uma representação que pelo menos induza a um sentimento ontológico, ou apenas uma representação mais organizacional, para auxílio à compreensão, para orientação ou para comunicação no campo da ciência.

1.2.3.2 Considerações feita por professores sobre representação pictórica externa no processo ensino-aprendizagem

Martins, Gouvêa e Piccinini (2005) realizaram uma pesquisa em que analisou uma oficina de capacitação de professores sobre considerações ligadas às imagens para a escolha do livro didático. Entre outras características, os professores apontaram como critério para escolha do livro boas ilustrações, pois, segundo eles, as figuras auxiliam na superação das dificuldades de interpretação.

Imagens são importantes recursos para a comunicação de idéias científicas. No entanto, além da indiscutível importância como recursos para a visualização, contribuindo para a inteligibilidade de diversos textos científicos, as imagens também desempenham um papel fundamental na constituição das idéias científicas e na sua conceitualização. (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005, p. 38).

É utilizada na ciência uma diversidade de linguagens (Lemke, 1998). Alguns conteúdos necessitam de ferramental matemático para auxiliar a retórica das demonstrações e, simultaneamente, possibilitar a compreensão de significados de operações que fazem parte dessa construção. Porém, no Ensino Médio e mesmo no Ensino Universitário, há ocasiões em que as ferramentas matemáticas ou conceituais, de maior grau de abstração, não fazem ainda parte do conhecimento do aluno. Nem por isso, deixa-se de discutir alguns conhecimentos avançados que circulam nos mais diferentes canais de comunicação, pois o aluno adquire informações em uma variedade de outras fontes: filmes de ficção, documentários, jogos, telejornais, revistas etc., além da sala de aula. Geralmente, nesses outros meios, há forte apelo visual e, mesmo que não haja pronto o ferramental cognitivo intelectual matemático e científico,

esses outros meios de comunicação utilizam a imagem como meio para se tornarem tangíveis aspectos que dizem respeito às informações conceituais comunicadas.

Assim, a escola também faz, e deve fazer, uso de imagens, principalmente, quando não há instrumentalização matemática pronta para as devidas abstrações. Sobre esses descompassos entre os conteúdos e a utilização de imagens, Pessoa Jr. (2007) e Santos (2006) fazem relato acerca de uma das funções das representações pictóricas nos livros didáticos para o curso de Ensino Médio, e com eles concordam Pacca et al. (2003), ao relatarem pesquisa em que utilizaram o desenho dos alunos como meio para levantamento de concepções dos alunos. “É por meio da representação pictórica que é feito o primeiro contato do aluno do Ensino Médio com a física quântica.” (PESSOA JR., 2007, p. 25).

Embora considerassem que os desenhos conteriam algumas barreiras epistemológicas para a aprendizagem, acreditaram que o desenho daria “maior oportunidade de expressão para o conteúdo, cujo formalismo é visto mais tarde na escola” (PACCA et al., 2003, p. 155).

Assim, algumas vezes, os livros expressam nas imagens informações visuais para seus leitores, antecipando a aquisição da linguagem matemática apropriada. Uma atividade em que os alunos possam desenhar, considerando essas limitações, permite aos alunos expressar-se com maior liberdade e lhes é aberto o campo para a imaginação e a representação, porque eles dificilmente responderiam apenas com a linguagem verbal (ROTH; LAWLESS, 2002). Essa insegurança é notada também na criança (BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2003). As pesquisas relatam que falta não somente a linguagem verbal, mas também os termos científicos corretos (CARVALHO, 2007).

Mesmo quando os alunos já possuem o ferramental matemático necessário para correta expressão, Trindade e Fiolhais (1999) esclarecem que as imagens tridimensionais possibilitam maior facilidade de compreensão que as representações algébricas matemáticas.

A razão principal de tal interesse é o fato de ser mais fácil compreender certos conceitos a partir de modelos tridimensionais do que a partir da leitura de números ou formulas. É muito freqüente, por exemplo, os alunos desenvolverem conceitos errados pela impossibilidade de associarem os conceitos que lhes são ministrados na sala de aula com modelos adequados. (TRINDADE; FIOLHAIS, 1999, p. 245).

Otero e Greca (2004) fazendo análise de imagens em livros didáticos consideram que um dos objetivos de se inserir imagens em livros é para diminuir as abstrações. “Em livros para universitários e em parte de livros para o Ensino Médio está contida a idéia de que para se reduzir a abstração as representações pictóricas são usadas como instrumento facilitador da compreensão.” (p. 41).

1.2.3.3 Noção de que no ensino se deseja transmitir uma imagem para o aluno

Santos (2006), discorrendo sobre o ensino de relatividade no Ensino Médio, reforça que, nesse nível, há necessidade de abstrações compreendidas com ferramentas matemáticas não apreendidas pelos alunos e apresenta alguns diagramas, acreditando que eles podem permitir a inserção de uma introdução desse conteúdo no curso Ensino Médio. Ele faz menção a certa “transparência” ao visualizar o diagrama e que o uso dos diagramas permite ao professor superar dificuldades de abstrações. “O diagrama fornece ao aluno uma visualização concreta do fenômeno.” (SANTOS, 2006, p. 242).

O posicionamento de Santos (2006) é o de que a aquisição da representação e, nesse caso, a representação gráfica, se traduz na compreensão do fenômeno. Porém, Heckler, Saraiva e Oliveira Filho (2007) salientam que muitas vezes o professor tenta transmitir uma imagem para compreensão do fenômeno, às vezes tendo a oralidade como único recurso pedagógico.

As animações e simulações são consideradas, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores de física enfrentam ao tentar explicar para seus alunos fenômenos demasiado abstratos para serem visualizados através de uma descrição em palavras, e demasiado complicados para serem representados através de uma única figura. Elas possibilitam observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar. (HECKLER; SARAIVA; OLIVEIRA FILHO, 2007, p. 268).

1.2.4 A aquisição da representação pictórica

Admite-se, com base na presente revisão, que as imagens, representações pictóricas, diagramas e gráficos atuem com variadas funções na construção do conhecimento. Porém, como, na mente, são apreendidos instrumentos que auxiliam as construções de representações pictóricas? Viana (2007) e Roth e Lawless (2002) tecem argumentos sobre a origem perceptual das representações pictóricas e também da formação de uma imagem mental.

Imagens com origem em sentidos, originam-se a partir do olfato, da audição, da visão e do tato. Quanto ao olfato, odores podem ser fontes para a imaginação de uma representação, por exemplo, de fumaça, de uma posição de onde se exala algum odor. Quanto ao tato, podem-se perceber rugosidades em superfícies, diferenças de sensações térmicas (quente e frio), diferenças de rigidez ou de elasticidade, cantos com fio de corte ou com chanfros. Quanto à audição, detalhes não percebidos por um sujeito podem ser comunicados por outro, além de a forma de bater contra um obstáculo poder indicar se esse objeto é oco ou maciço, ou pelo zunido ser possível estimar a velocidade em que se desloca um objeto, se lentamente ou se rapidamente. Porém, é pela visão que mais se originam as representações dos perceptos e os outros sentidos têm, na maioria das vezes, a participação, corroborando uma investigação sobre as características do objeto estudado. E, pela visão, é possível adquirir uma imagem e retratar, por exemplo, as experiências realizadas em laboratório ou em sala de aula, ou apreciar as imagens propagadas nas diversas mídias, à nossa disposição, nos dias atuais: internet, filmes, livros didáticos e de divulgação etc.

Os modelos para apreensão de um fenômeno são freqüentemente elaborados na mente, antes de serem transpostos para algum meio de registro. [...] Para o físico Arthur Miller (1987), modelo mental é a intuição através de imagens formadas nos olhos da mente a partir de uma visualização prévia de processos físicos no mundo das percepções. (MELEIRO; GIORDAN, 1999, p. 17).

As imagens mentais são aquelas buscadas na memória. Elas já fazem parte das nossas experiências concretas, se acumularam no decorrer de nossa vida e, usualmente, são buscadas em nossa memória, em meios às necessidades de se solucionar um problema (PEDUZZI, 1997; VIANA, 2007); de realizar uma identificação de um assunto estudado, ou para ser feita alguma

analogia permitindo a aproximação de novos conceitos (ROTH; LAWLESS, 2002). Elas são resgatadas também quando são feitas comparações e conferências às novas informações.

Certamente toda imagem mental tem correspondência em perceptos, em experiências concretas, ainda que analógicas; e as representação pictóricas externas tem correspondência em uma imagem mental.

1.2.5 A manipulação da imagem

Se há uma imagem, ela pode não permitir uma averiguação de seus detalhes por meio de uma visão superficial. Talvez a informação mais importante se esconda sob o objeto ou a imagem, ou em uma questão que envolva movimento. Objeto pode se deslocar a uma região em que a visão não seja direta. Assim, talvez seja necessário, se percepto, girar o objeto, para que se visualize alguma característica ou alguma dimensão poderá ser revelada apenas com o auxílio de alguns instrumentos para averiguação, como régua, lupa, microscópio etc.

Além da possibilidade de se mover o objeto para um correto posicionamento para compreensão e investigação, talvez se possa, durante a observação, o próprio observador se deslocar ampliando a extensão do seu campo visual, tendo novas vistas do objeto que se deseja representar ou buscando pontos de observação que permitam vislumbrar detalhes inicialmente não percebidos. É esse contexto, de manipulações, que Roth e Lawless (2002) descrevem como propício à emergência da linguagem, também na modalidade pictórica.

Nessa manipulação do percepto, podem-se utilizar meios não só de inspeção, mas também de se alterar o objeto, com a finalidade de uma melhor investigação. Pode-se cortar o objeto em estudo, para se revelar o interior do material; utilizar um revestimento ou retirar um possível revestimento; modificar a iluminação etc.

As manipulações de forma mental podem, além de imaginar igualmente o que ocorreria se aplicássemos todos os recursos perceptos listados acima, pensar sobre possibilidade de o que ocorreria se levássemos ao espaço, ou ao fundo do oceano, se torcêssemos o objeto etc. Podem ser imaginados efeitos que ocorreriam além daqueles limitados pelas condições locais e materiais.

Se houve manipulação de forma perceptual (rotação, medida etc.) ou mental, isto constitui uma etapa na consolidação da aquisição da imagem ou de uma representação pictórica (VIANA, 2007). Acredita-se que a construção, que seria também uma manipulação, mas da representação, também seja uma maneira de consolidar a compreensão de um fenômeno.

1.2.6 A reformulação da imagem

Após a aquisição de uma imagem, ela passa a estar em nosso rol de imagens, na memória. Porém, pela apreensão de novos instrumentos mediadores para investigação de um fenômeno e da natureza do ente estudado, é possível que seja necessário reformular o conceito. Tal reformulação tem importância, pois, na carreira estudantil, os alunos têm contato com conhecimentos cada vez mais abstratos. Os primeiros conhecimentos são basicamente concretos, perceptos. Os conhecimentos mais avançados sobre ciência passam por concepções da própria ciência, de sua história e de sua natureza, que revelam aspectos de uma ciência como construção humana e, portanto, limites em nossos modelos e consequentemente em nossas representações pictóricas ou matemáticas.

Nesse crescimento intelectual, a apreensão de novos instrumentos mediadores para construção e reelaboração do conhecimento, os alunos devem perceber o que mudou em suas representações mentais ou externas e compreender quando devem evocá-las, que características elas possuem; é por essas características que eles a buscarão na memória.

Para inspecionar e transformar uma imagem, sujeitos mais habilidosos acessam informações armazenadas e conseguem iniciar mecanismos para localizar propriedades mais importantes da imagem, relacioná-las, levantar e testar hipóteses, enfim, organizar as informações para poder representá-las, seja apenas mentalmente, seja externamente na forma pictórica. (VIANA, 2007, p. 5).

Um exemplo muito debatido em diversos artigos (GOMES; OLIVEIRA, 2007; MELEIRO; GIORDAN, 1999; SOUZA; JUSTI; FERREIRA, 2006), que possui uma grande diversidade de representações pictóricas, é exatamente sobre a representação do átomo. Não há

como expor toda complexidade atômica aos alunos de uma só vez. O átomo é apresentado primeiramente no Ensino Fundamental e várias características vão sendo reveladas durante o Ensino Médio. Nos primeiros contatos dos alunos com esse conteúdo, eles terão contato com modelos que, sim, induzem à visão epistêmica incompleta, porém temos que compreender que tais conhecimentos estão sendo introduzidos. Os conceitos que permitirão aos estudantes descrever corretamente o átomo e suas características e saber aplicar o modelo que mais seja adequado a uma situação-problema, dependerão da opção de carreira escolar, feita pelo aluno, visto que a algumas áreas estes conhecimentos não são primordiais. Para explicar a neutralidade do átomo, até o modelo de Thomson é suficiente. Para explicar o giro do elétron ao redor núcleo, até o modelo de Rutherford é suficiente. Para falar sobre o fato de o elétron não colapsar no núcleo, o modelo de Bohr basta.

A formação do modelo atômico teve seu amadurecimento ao longo da história humana, à medida que novos meios de pesquisa foram sendo construídos. Não se pode esperar que o aluno compreenda em duas ou três aulas o que a humanidade compreendeu em mais de uma centena de anos.

Naturalmente é encontrada, nos trabalhos dos alunos, a utilização de modelos que não são os mais atuais, porém, a negociação, para reformulação do modelo, deve ser propiciada por oportunidades de exposição verbal e/ou das representações pictóricas construídas. Essas oportunidades devem constituir-se de atividades práticas experimentais, por meio de comunicação oral e, em nosso entendimento, mesmo por trabalhos em torno de representações visuais. Roth e Lawless (2002) comentam sobre a emergência de uma nova linguagem, tendo a oportunidade de se estar presente em um ambiente experimental, na presença dos equipamentos, instrumentos de medidas e materiais. A emergência das representações pictóricas externas também pode aflorar nesses ambientes.

1.2.7 Aquisição durante a leitura dos desenhos

A aquisição da imagem, que poderia ser posteriormente representada pictóricamente, pode ocorrer durante a própria leitura de outra imagem/figura em meio a um canal de comunicação, por exemplo, um livro didático. Vale destacar que as representações pictóricas

não desempenham apenas o papel de ilustração nos livros didáticos, mas uma série de funções (OTERO; GRECA, 2004; MARTINS, 2005) e, portanto, sua inserção, condicionada à sua função, privilegia algum aspecto na comunicação, podendo ter sua descrição no texto, optando apenas por uma relação de cooperação dos modos semióticos empregados, ou podendo estar em uma relação de especificação, ampliando a construção dos significados (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003).

A aquisição será eficaz se amplos significados forem revelados, se se debulhar a densidade semiótica (MARTINS, 2005), da representação pictórica utilizada, e também das associações dos entes gráficos que integram ao sistema representacional (PERINI, 2005). Martins (2005) adverte que a leitura do desenho, nesse mesmo sentido, não é transparente, mas exige cautela e atenção. Otero e Greca (2004) relatam o maior esforço para leitura de uma imagem do que o aplicado na leitura de um texto, quando se intenta compreender os significados, pelo fato dos professores e, consequentemente, os alunos não estarem acostumados a realizar esse tipo de atividade (LEMKE, 2002b). Segundo Lemke (2002b, p. 173), “mas é precisamente como realizar esta síntese milagrosa de multimídias que se argumental que a maioria de nossos alunos não aprende a fazer.”

1.2.8 Compreendendo a linguagem gráfica: a transparência

Para pensar sobre a transparência de uma linguagem, primeiro será descrito esse conceito, na transparência de aspectos de fenômenos descritos em linguagem gráfica. Isso porque, além da abordagem feita pelos pesquisadores mais estritamente relacionado ao ensino de Ciências (ROTH, 2003; OTERO; GRECA, 2004; MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005; CARVALHO, 2007), encontram-se vários pesquisadores que unem tal conceito à utilização e à interpretação de gráficos (SANTOS, 2006; HECKLER; SARAIVA; OLIVEIRA FILHO, 2007; AGRELLO; GARG, 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004).

Santos (2006) relata que, no ensino de relatividade, há diagramas que fornecem “ao aluno uma visualização concreta do fenômeno” (p. 242). Porém comenta que, quando os alunos veem no gráfico a própria trajetória de um movimento, eles cometem erros.

Heckler, Saraiva e Oliveira Filho (2007) e Agrello e Garg (1999) apontam que gráficos e diagramas são usados naturalmente pelos professores em suas comunicações, como uma segunda linguagem: “Uma vez que os gráficos são um eficiente pacote de dados, eles são usados quase como uma segunda linguagem.” (AGRELLO; GARG, 1999, p. 103).

Nesse sentido, Araujo, Veit e Moreira (2004) apontam que

os professores de Física utilizam gráficos como uma segunda linguagem de comunicação, admitindo que seus estudantes possam obter uma descrição detalhada do sistema físico analisado, através deste tipo de representação. (p. 180).

Porém, esses mesmos autores, Agrello e Garg (1999), Heckler, Saraiva e Oliveira Filho (2007), e outros, destacam que os alunos costumam demonstrar uma incapacidade de observar relações peculiares em gráficos, de usar essa forma de expressão e de transitar entre vários modos de linguagem (LEMKE, 2002b).

Agrello e Garg (1999, p. 103) afirmam que “os professores de física freqüentemente constataam que seus estudantes não conseguem usar gráficos para representar uma realidade física.” Dessa maneira, “Para a maior parte dos alunos, a física não passa de um conjunto de códigos e fórmulas matemáticas a serem memorizadas e de estudos de situação que, na maioria das vezes, estão totalmente alheias às suas experiências cotidianas.” (HECKLER; SARAIVA; OLIVEIRA FILHO, 2007, p. 267).

Alguns autores comentam sobre a transparência na leitura de uma representação pictórica (MARTINS, 2005; MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005; CARVALHO, 2007; OTERO; GRECA, 2004; ROTH, 2003). Martins (2005) é enfática ao falar sobre a transparência; com ela concorda Otero e Greca (2004). “Em nossos estudos questionamos a ‘transparência’ da imagem, isto é; desafiamos a idéia de que as imagens comunicam de forma mais direta e objetiva do que as palavras.” (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005, p. 38). Assim Martins (2005) coloca em destaque que o acesso a uma informação em linguagem verbal é mais facilmente realizado pelo aluno, que o acesso a uma representação pictórica externa.

Certamente, tal falta de transparência, o trabalho e o esforço feito para a realização da leitura de um desenho se dão, entre outros fatores, porque os professores não estão acostumados a se deterem nas representações pictóricas externas nem em suas funções relativas ao texto.

A falta da devida atenção às representações pictóricas tem gerado falha na plataforma de imagens mentais relativas à ciência, um dos instrumentos mediadores para apreensão de conceitos, que os alunos possuem. Assim, ler imagens ou representações pictóricas externas, sem ter outras imagens de referência para aferir, sem a coerente identificação da imagem ou representação pictórica estudada, faz com que o trabalho de leitura se torne realmente árduo.

Ou seja, deve ficar claro para os estudantes que a leitura destas imagens não é uma tarefa superficial, que se realiza com pouco cuidado, pelo contrário, os alunos têm que explicitar os conteúdos descritos na imagem e derivar informações a partir dela adotar uma atitude crítica em relação ao conteúdo representado. (OTERO; GRECA, 2004, p. 56, tradução nossa).

Já Roth e Lawless (2002) comentam haver certa transparência na leitura de gráficos, em um trabalho junto ao estudo de como os cientistas interpretam gráficos. Eles comentam sobre o estudo da absorção de algumas frequências eletromagnéticas, pela retina do olho do Salmão, em um estudo feito por eles, juntamente de biólogos e matemáticos. Os autores afirmam que os cientistas, ao olharem um gráfico da pesquisa, veem nele o fenômeno; portanto, ocorreu a transparência. Porém, até chegar a esse momento, eles mencionam o envolvimento dos cientistas em todo o processo de manipulação da experiência, de tomada dos dados, no tratamento dos dados e na leitura desse gráfico. Após longo período de pesquisa, estando totalmente familiarizados com todas as etapas do processo, os cientistas passam a ler o gráfico sem a necessidade de tratar os dados. Eles falam indicando algum ponto ou traço no gráfico, não das características do gráfico, mas das características ocorridas durante a experiência. Essa transparência não é uma simples leitura de um gráfico.

Carvalho (2007) comenta que a transparência pode ocorrer, mas não uma transparência ingênua, isolada de um contexto, ou dos processos que propiciaram a tomada de dados. Essa percepção, de uma dita transparência, reforça o entendimento de que os alunos devem possuir um cabedal também de imagens, de instrumentos mediadores pictóricos, que lhes permita fazer leitura mais consciente. Eles devem ter passado por iniciações a conteúdos, explorando todas as respectivas representações que se utilizam. O aluno deveria ser capaz de identificar conteúdos também pelas representações pictóricas peculiares que nele se empregam.

1.2.9 A densidade gráfica

Trindade e Fiolhais (1999) descrevem que há conceitos erroneamente compreendidos pelo não entendimento da tridimensionalidade do ente físico, por isso, posiciona-se a favor dos *softwares* modernos que cumprem essa e outras funções, como os simuladores que, além do aspecto tridimensional, permitem uma visualização no decorrer do tempo, mostrando alterações sofridas, com mudanças de uma ou mais variáveis envolvidas no fenômeno.

Quanto mais elaborada a imagem, maior o número de detalhes e, portanto, maior a quantidade de informações. Assim, uma representação tridimensional, com todas as vantagens sugeridas por Trindade e Fiolhais (1999), ou uma fotografia podem não ser ideais para um estudo semiótico de um conceito físico. O excesso de informações pode desviar a atenção do fenômeno estudado. Otero e Greca (2004) abordam tal questão relatando que o excesso de detalhes em uma imagem pode comprometer a atenção do aluno, assim como o excesso do uso de imagens.

Otero e Greca (2004) sugerem que esquemas sejam uma das formas de ilustração que melhor auxiliem o estudante. Porque neles se aliviam traços desnecessários e se ressaltam qualidades desejáveis. Viana (2007) se posiciona a favor de, se possível, transformar uma imagem em uma representação bidimensional, deixando exposto o detalhe relevante ao estudo.

Bachelard (1938/1996), demonstrando preocupações quanto às ideias errôneas que possam se estabelecer denominadas por ele obstáculos epistemológicos, sugere que, mesmo após uma experiência, tendo se estabelecido uma imagem visual, a bancada deve ser levada para o quadro negro, com a finalidade de se lapidar as concepções fortemente ligadas às imagens e, nesse caso sim, imagens. Isso porque Bachelard trata do que é visto e do que se compreende pela visão, e não de representações pictóricas. Posteriormente, enquanto trabalhada no quadro negro, a imagem se tornará uma representação pictórica. Considerando que alunos venham a elaborar desenhos para representarem um fenômeno e que muitos deles não se julguem bons desenhistas, as representações elaboradas por eles, com poucos traços, devem ser valorizadas também por se aproximarem de um esquema com baixa densidade gráfica.

1.2.10 O uso dos gestos e as figuras

Alguns dos traços produzidos nas representações pictóricas dos alunos podem ter origem nos gestos que se fazem durante manuseios de equipamentos, atividade prática investigativa ou a comunicação de conceitos. Por isso, será considerado o uso dos gestos na aquisição de um desenho.

Roth e Lawless (2002) acompanharam algumas turmas de universitários de variadas origens (europeus, africanos e americanos que estudaram no Canadá). Eles analisaram a emergência da linguagem escrita e destacaram alguns importantes aspectos: a oportunidade de falar de ciência tendo algo concreto em mãos, o uso de linguagens que poderiam diminuir as diferenças culturais e até transpô-las (os gestos e as imagens), e a oportunidade de negociar significados e, para isso, o ambiente e a aula devem favorecer o diálogo e a argumentação.

Gestos, corpo, movimento e fala se harmonizam no momento de se construir significados. Portanto, fica clara a importância de se construir estratégias que rompam com a forma de ver e pensar a que estamos habituados no cotidiano. A integração da observação dos fenômenos a uma nova forma de pensar vai surgindo aos poucos nas crianças. Neste processo, elas se articulam inicialmente através da percepção e depois verbalmente. Narram e explicam o fenômeno inicialmente através dos gestos e depois verbalmente. (IMPAGIAZZO, 2005, p. 5).

Em aulas tradicionais a exposição do professor é a característica mais evidente. Em aulas em que os alunos são desafiados para construírem uma resposta a um problema, tendo materiais disponibilizados para manuseio, seja para reproduzir a situação problema em um experimento, ou para construírem uma representação do mesmo, a ação e a argumentação são as características privilegiadas. Assim, os gestos passam a ser um instrumento para ponderação de como o aluno está construindo seu conhecimento sobre o tema abordado. É natural que existam falas simultâneas, diálogos, movimentações, e isso é desejável e salutar para que os gestos desempenhem importante papel no desenvolvimento da linguagem científica, estando presentes na transição de manipulações para a linguagem e unindo declarações verbais aos objetos e/ou as representações.

O gesto pode ter uma função ostensiva, permitindo uma propagação da comunicação por meio de diferentes modos de expressão. O destaque é um fator crucial e operativo na definição ostensiva de objetos e eventos, apesar do contexto da linguagem ou cultura.

O gesto pode ter também uma função conectiva. Assim deve-se: ‘dar aos estudantes a oportunidade de ocuparem-se em tentativas de descrever e teorizar fenômenos na presença dos equipamentos e materiais originais; e oportunizar a transição de sensório-motor icônico a simbólico icônico, e de icônico a formas simbólicas de sinais.’ (CARVALHO, 2007, p. 30).

O uso de gestos pode auxiliar a identificar: os recursos tipológicos, que são classificações que envolvem categorias discretas, como quente e frio; longe e perto; alto e baixo; condução, convecção e irradiação etc.; ou os recursos topológicos, que são variações contínuas ou quase contínuas sobre alguma propriedade dos objetos naturais, como tamanho, forma, tempo, velocidade, temperatura etc. Qualquer tipo de representação visual faz parte do recurso topológico.

1.2.11 A função da representação pictórica

As funções a que se destina a utilização de representações pictóricas são as mais variadas. No Quadro 1, são destacadas algumas destas funções, não estritamente associado à representação pictórica, mas também a outras representações imagéticas nos variados contextos pesquisados. No contexto suporte para o ensino-aprendizagem temos as pesquisas com o livro didático como parte de seus dados (MARTINS, 2001; MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005; OTERO; GRECA, 2004; COSTA et al., 2007) e Meleiro e Giordan relatando sobre o uso do computador. Nos artigos Santos (2006) e Agrelo e Garg (1999) há estudos com referência aos gráficos, um tipo de representação visual. No contexto atividades, em que se utilizou alguma forma de representação imagética, destacamos a resolução de problema (BARBOSA-LIMA; CARVALHO, 2003; VIANA, 2007; FLORES E MORETTI, 2005; KLUG, 2006) e o uso do computador (MELEIRO; GIORDAN, 1999). No contexto dos recursos de

aprendizagem, Pacca et al. (2003) fez referência a barreiras epistemológicas reveladas a partir do uso de representações pictóricas.

Quadro 1 – Funções das representações pictóricas.

(Contexto)	Artigos	Funções
Livro didático (Suporte)	Martins (2001)	Atrair interesse, motivar, <i>signalizar</i> e organizar o conteúdo, <i>ilustrar</i> , detalhar, <i>expandir uma ideia</i> , mostrar como algo é feito, sugerir procedimentos exemplificar etc.
	Martins, Gouvêa e Piccinini (2005)	<i>Visualização</i> , inteligibilidade dos textos e <i>construção das idéias</i>
	Costa et al. (2007)	<i>Reforçar a linguagem</i>
	Otero e Greca (2004)	<i>Parte do discurso</i> , motivacional, facilita a compreensão e <i>comunicação</i>
Gráficos (Tipo de representação)	Santos (2006)	<i>Visualização</i> , tornar concreto, etapa <i>intermediária à abstração</i>
	Agrello e Garg (1999)	<i>Opção de linguagem</i> (segunda linguagem)
Resolução de problemas e linguagens (Atividade)	Barbosa-Lima e Carvalho (2003)	<i>Expressar</i> o que conhecem meio mais eficiente para exprimir pensamentos
	Viana (2007)	Organização da informação visual
	Flores e Moretti (2005)	<i>Comunicação</i> , teste de dados, objetivação e identificação
	Klug (2006)	<i>Ação mediadora das imagens concebidas no plano mental</i>
Obstáculos epistemológicos (Recurso de aprendizagem)	Pacca et al. (2003)	<i>Oportunidade maior de expressão</i>
O uso do computador (Suporte e atividade)	Meleiro e Giordan (1999)	<i>Visualização</i> , facilitador de entendimento

Na sequência destacamos cinco funções para a representação pictórica, sintetizadas a partir das funções relacionadas acima: 1) A visualização; 2) a mediação; 3) a expressão; 4) integrante do discurso da ciência; 5) a identificação.

1) Encontra-se em vários autores (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005; OTERO; GRECA, 2004; SANTOS, 2006; MELEIRO; GIORDAN, 1999) o destaque de que uma

representação pictórica possa exercer a função de *visualização* de algo ou de algum fenômeno. Porém, essa visualização não se relaciona a uma produção do aluno. Martins, Gouvêa e Piccinini (2005) relatam tal função em leitura de imagens em livros didáticos; Otero e Greca (2004) relatam essa função nos propósitos ao se inserir uma figura, junto a um texto, em livros didáticos. Tal função de visualização está associada à representação gráfica em Santos (2006); Meleiro e Giordan (1999) escreveram sobre uma visualização que têm os alunos em simulações no uso do computador para o ensino.

2) A representação pictórica como um *instrumento para mediação* das concepções sobre um fenômeno e colocada em meio ao processo de construção do conhecimento são destacados nas funções entendidas por Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), *construção das ideias*; (SANTOS, 2006), *intermediária à abstração*; e Klug (2006) *ação mediadora das imagens concebidas no plano mental*.

Bachelard (1938/1996) descreve o processo de construção do conhecimento, em que a abstração é a última etapa dessa construção. Segundo Bachelard, a imagem estaria em uma das primeiras etapas no processo para se atingir a abstração. Essa imagem destacada por ele diz respeito à imagem visual, gerada a partir da observação de um experimento. Ele diz que esse experimento deve ser levado da bancada para o quadro negro para se refinar, validar ou refutar as imagens mentais. Levar a bancada para o quadro é desenhar, é expressar a representação mental em uma representação pictórica externa.

Logo, Bachelard não propõe que não se desenhe, mas que se inspecione o desenho, com a finalidade de averiguar se barreiras epistemológicas se estabeleceram durante a construção do conhecimento abstrato.

Sobre qualquer questão, sobre qualquer fenômeno, é preciso passar primeiro da imagem para a forma geométrica e, depois, da forma geométrica para a forma abstrata [...] partiremos sempre das imagens, em geral muito pitorescas, da fenomenologia primeira; veremos como, e com que dificuldades, essas imagens são substituídas pelas formas geométricas adequadas. (BACHELARD, 1938/1996, p. 11).

A etapa do processo que Bachelard chama de abstração é exatamente a externalização do conceito, em linguagem verbal ou matemática, afastando-se da representação visual, embora

ressalte Lemke (2002a) que a linguagem verbal não é a mais adequada para expressar recursos topológicos. Assim, a linguagem matemática inevitavelmente deve estar presente para expressar esses recursos.

Figura 4 – Um processo de construção da abstração.

Na Figura 4 destacamos uma sequência da construção do conhecimento proposta por Bachelard (1938/1996). A imagem visual se estabelece conjuntamente com a experiência e, portanto, uma seta dupla representa esta coexistência temporal no momento em que se gera a imagem mental em uma experiência. A representação é posterior à imagem visual, embora certamente tenha de se retornar a experiência com a finalidade de polir as concepções respectivas a imagem. Consequentemente a abstração é a última etapa do processo de construção do conhecimento, porém, maior e envolvendo todo o processo. Os blocos da figura são abertos pois certamente há uma movimentação por estas estações, até que se chegue a abstração.

Falando sobre a emergência da linguagem, Roth e Lawless (2002) descrevem o processo de construção do conhecimento. Eles destacam a necessidade de os alunos poderem falar na presença dos objetos e o papel dos gestos em cada etapa dessa construção. Apontam ainda, no relato de uma pesquisa, alguns episódios nos quais se nota o processo de afastamento da necessidade de utilizar objetos perceptos à medida em os alunos vão se tornando mais competentes no uso da linguagem verbal. Os autores cunham o termo ‘teorização’ para o relato de um fenômeno em que se privilegia a linguagem verbal.

Quanto mais os estudantes ficam familiarizados com o fenômeno e com a fala sobre ele, o seu linguajar cada vez mais representa o fenômeno por inteiro [...] os estudantes ficam cada vez mais independentes dos objetos reais

e dos equipamentos na produção de suas descrições observacionais e teóricas. (ROTH; LAWLESS, 2002, p. 377).

3) Uma terceira função destacada seria a de *expressão* com a representação pictórica. Isso porque, no presente trabalho, os alunos devem desenhar. A utilização de uma representação pictórica é uma função destacada por Pacca et al. (2003) porque permite, segundo esses autores, maior oportunidade de expressão. Flores e Moretti (2005) e também Otero e Greca (2004) destacam que a comunicação é uma das funções dessa linguagem. Em Martins (2001), essa possibilidade de expressão é citada como: sinalizar, ilustrar e detalhar.

4) Uma quarta função na presente percepção para a utilização de uma representação pictórica é a que faz *parte do discurso da ciência*. Costa et al. (2007) entendem que a participação da representação pictórica em um discurso se dá como um reforço da linguagem; Perini (2005) destaca que a representação pictórica não é lida como algo atônico no discurso ou algo a ser esmiuçado para que se sejam obtidos significados. Ela afirma que as representações pictóricas são partes integrantes do discurso. Nesse contexto, há a necessidade de compreender as especializações (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) – uma das formas de relação entre os possíveis modos semióticos empregados. Lemke (2002b), em sintonia com essas concepções, descreve a sematologia do discurso científico com o emprego de diferentes linguagens, às vezes integradas, e afirma que a leitura e a expressão, ora em linguagem verbal, ora pictórica e ora gráfica, é o que os nossos alunos não conseguem fazer e o que deveria ser um dos objetivos do ensino de Ciências.

5) Flores e Moretti (2005) destacam a *identificação* como uma das funções da imagem, e isso parece evidente. Mas Viana (2007) comenta que uma imagem mental serve de apoio a interpretações de informações. Assim as informações via imagens e mesmo via representações pictóricas são associadas a alguma referência conceitual, que possui o intérprete. Logo, esses modelos, essa plataforma de imagens mentais de referência conceitual que um aluno possui devem cuidadosamente ser construídos no ambiente escolar, pelas várias disciplinas. Os alunos devem adquirir representações pictóricas comuns nas diversas áreas de estudo. Em Física, destacam-se as representações características dos movimentos, das forças, dos momentos, dos circuitos elétricos, da óptica geométrica, dos fenômenos atômicos e subatômicos etc.

2 Metodologia da Pesquisa

Nossa pesquisa se propõe a auxiliar a geração de conhecimentos para a solução de um problema referente à utilização da linguagem pictórica no ensino de Ciências: como os alunos do Ensino Médio adquirem uma representação pictórica de um conceito de Física moderna? Essa questão se divide em duas partes: “quais as características desse processo, de construção de uma representação de um conceito de Física a partir de um texto didático científico?”; e “os principais conceitos do texto aparecem nas representações dos alunos?”

Quanto à forma de abordagem, esta é uma pesquisa qualitativa que procura descrever relações entre as representações pictóricas produzidas pelos alunos e a construção dos significados, em observação da sala de aula (CARVALHO, 2006), ou seja, no ambiente natural de ensino. Quanto ao objetivo, esta é uma pesquisa exploratória com um caso centrado em representações e Física moderna, mas com possíveis resultados facilmente generalizáveis a outros temas e disciplinas. Esta é também uma pesquisa descritiva, pois a coleta de dados por meio dos trabalhos elaborados pelos alunos, filmagem e os materiais propostos para as atividades, assim como a análise, explorando os vários modos semióticos envolvidos no processo, exigem essa postura descritiva.

Nesta pesquisa, as comunicações utilizando as diversas linguagens e, principalmente, a linguagem pictórica, têm seu amparo no contexto escolar, com significados construídos socialmente; as considerações da análise têm amparo também nas bibliografias empregadas no referencial teórico.

2.1 Caracterização da escola

Os dados foram retirados de uma escola da rede pública do Estado de São Paulo, a Escola Estadual Heloisa Carneiro, à rua Antonio Covelo, 58, bairro Jardim Jabaquara. Essa escola funciona em três períodos: manhã, tarde e noite. Em cada período a escola atende 17 turmas. No período da manhã os alunos cursam o ensino médio e o 9º ano do ensino

fundamental II. No período da tarde, a escola atende aos alunos do ensino fundamental II. No período noturno há alunos nos cursos de Educação de Jovens e Adultos (EJA) e alunos no ensino médio regular.

Em sua estrutura, além das 17 salas de aula, há uma sala para laboratório, uma cozinha, um refeitório, uma quadra, um espaço para estacionamento de veículos dos professores, algumas árvores, uma sala com instrumentos musicais, uma sala onde funciona uma biblioteca, mas com poucos exemplares de livros de Física. Há uma sala de vídeo, uma sala de informática, hoje com 24 computadores (a qual, em 2008, esteve em reforma por alguns meses), uma sala com dois computadores para o uso dos professores, uma sala para a diretora da escola, uma para os vice-diretores, uma para a coordenação, uma para o almoxarifado, uma para os materiais da disciplina de Educação Física, dois banheiros grandes para os alunos, dois banheiros menores para os professores, uma cantina e uma plataforma no pátio, onde são feitas apresentações à comunidade escolar.

A localização da escola traduz a clientela que a frequenta: de um lado fica o Morro do Macaco; do outro, a favela da Alfaia, ao lado do campo da Ferradura, nome dado devido ao formato da rua que o circunda e que é limítrofe da escola. A maioria dos alunos da escola faz parte dessas comunidades, ou de outras um pouco mais distantes, sendo aqueles que não conseguiram vagas em escolas mais próximas às suas residências.

A escola funciona bem com trabalhos nos moldes de projetos encabeçados pelos professores mais velhos, muito respeitados pelos alunos. Porém, esses mesmos professores mantêm a cultura da reprovação para garantir a disciplina e o respeito. Há um número grande de professores em final de carreira docente, já prestes a se aposentar. A preferência por essa escola ocorreu, para eles, devido ao ALE - Adicional Local de Exercício. Essa gratificação se dá não somente por conta da localização, mas também pelo grau de periculosidade da região em que se encontra a escola. Esta fez jus à tal gratificação até 2007, quando os critérios do governo foram alterados e os funcionários que trabalhavam nessa escola a perderam. Um dos critérios utilizados pelo Governo do estado de São Paulo, em 2008, foi o IDH. O IDH do Jardim Jabaquara é 0858, da Cidade Ademar, 0800, e a escola situa-se no limite destes bairros. Durante o ano de 2008 ocorreram vários eventos de violência deixando claro que realmente havia risco em se trabalhar nesse local. Diversos veículos foram roubados, aconteceram alguns assaltos a alunos e professores e, mesmo no interior da escola, alguns alunos sistematicamente produziam conflitos com agressões. Houve um grande esforço por parte da direção, coordenação e demais trabalhadores da escola para amenizar essas agressões em 2008. No início de 2009, a direção e a

coordenação foram trabalhar em outro local, e a escola quase se tornou manchete de noticiário pelos eventos ocorridos: bombas, agressões a professores, ausência de funcionários da direção etc. Aos poucos, a situação começou a se normalizar.

Não se sabe quem pratica os crimes externos, pois a comunidade os apoia. De vez em quando, pais de alunos oferecem proteção e ações contra agressores, por se tratar de homens de não pouca periculosidade. Não é raro a escola ter de tratar de casos de alunos cujos pais ou a mães estejam em cárcere privado. Algumas vezes apareceram, em 2008, pais com posturas exponencialmente piores que as de seus filhos. Uma mãe quebrou a porta da escola por ser chamada para auxiliar a disciplinar o filho, e disse que faria pior da próxima vez. Um aluno foi encaminhado ao conselho tutelar e foi transferido após ocorrência policial por ameaçar a vida dos funcionários da direção. Uma mãe veio à escola porque seu filho tinha batido em uma professora. A professora, que o conhecia há muito tempo, ao avistá-lo em sua sala de nono ano, e sabendo que ele era do segundo ano do ensino médio, pediu para que se retirasse, por isso ele a surrou. A mãe atribuiu a culpa à professora, por tentar fazer com que ele saísse da sala.

Uma das situações conflitantes entre docentes e discentes em 2008 foi a utilização do material do programa São Paulo faz Escola, do Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas (CENP), uma vez que os projetos mais voltados às necessidades específicas da escola foram, em parte, abandonados para que houvesse maior dedicação em implantar o programa sugerido.

Uma característica que ilustra o nível financeiro dos educandos é a merenda escolar, prestigiada por grande parte dos alunos, que praticamente fazem uma refeição semelhante a um almoço às 9h40 da manhã. Um evento sobre esse mesmo perfil é a tentativa fracassada de se padronizar um uniforme na escola, uma camiseta para fácil identificação dos alunos. Isso se tornou ponto culminante de reclamações e desavenças, pela rejeição de pais e alunos a essa posição preestabelecida no conselho de escola.

2.2 Caracterização do professor

Optei por tomar dados em minhas aulas. Sou professor licenciado pela Universidade de São Paulo (USP), leciono desde 1993, ou seja, há mais de 16 anos, em escolas públicas da rede

de educação do Estado de São Paulo e em escolas particulares. Participei do projeto FAPESP “Melhoria da qualidade de ensino de termodinâmica”, desenvolvendo materiais e textos e aplicando-os junto aos alunos por um período de quatro anos, sob orientação da professora dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, e também do projeto “Atualização dos currículos de Física no Ensino Médio de escolas estaduais: a transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula”, sob orientação do professor Dr. Maurício Pietrocola, desenvolvendo as mesmas funções. Nesse período, em minhas aulas, recebi vários estagiários e alunos de pós-graduação, que as utilizaram para tomar dados para suas pesquisas sobre ensino: Nascimento (2003), para a dissertação de mestrado “Visões de ciência e ensino por investigação”; Silva (2009), para o trabalho “Apropriação da linguagem científica por parte dos alunos em uma sequência de ensino de física moderna”; Azevedo (2008), para “Situações de ensino-aprendizagem: análise de uma sequência didática de física a partir da teoria das situações.”; e Souza (2009), para “Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio”.

2.3 Caracterização dos alunos

A baixa autoestima arraigada nos alunos se mostrou em um evento em sala de aula em que travamos um discurso sobre a possibilidade dos alunos cursarem uma universidade pública. Uma aluna, em risos, retrucou dizendo que os alunos daquela comunidade jamais poderiam cursar universidades públicas, e toda a classe se posicionou e engrossou os risos e as falas da aluna, contra as posições do professor.

Há, sim, boas características também. Em 2008, a escola organizou um coral de alunos que se apresentou em eventos na diretoria de ensino da região. Havia uma baixa expectativa de que os alunos atingissem os índices estipulados pelo governo para o Sistema de Avaliação e Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (Saresp) e para outras avaliações externas. Foi elaborada uma avaliação chamada Provão, aplicada uma vez a cada bimestre com várias questões de diversas disciplinas, com três horas para realização. Acreditamos que esse costume de ler a prova e preencher o gabarito foi um dos motivos que propiciou aos alunos dessa escola a oportunidade de superar as expectativas estabelecidas pelo governo para o ano de 2008.

2.4 Tomada de dados

Como o foco principal são os desenhos elaborados pelos alunos, recolhemos as atividades e avaliações que os alunos desenharam e escreveram, na sequência de aulas preestabelecida. Esses dados foram escaneados e constam no Anexo 1 – Desenhos e atividades elaboradas pelos alunos.

Além desses dados, como nossa pesquisa trata da sala de aula, as interações que ocorreram durante as aulas foram bastante esclarecedoras e contêm dados relevantes à nossa pesquisa. Assim, as aulas foram filmadas e as transcrições constam no Anexo 2 – Transcrição das aulas filmadas.

Para a realização da filmagem contamos com dois equipamentos: duas câmeras fotográficas portáteis que continham filmadoras agrupadas. O produto das duas máquinas, os filmes, possui boa qualidade de áudio e de imagem. Ambas com capacidade para filme de tamanho 640x480, numa taxa de enquadramento de 30 fps, zoom óptico de 3 vezes e com edição embutida do filme. O filme produzido tem formato AVI (MJPEG) e o áudio formato WAV.

A filmagem foi feita por um estagiário que se encontrava ocioso na escola, já que sua seção, a sala de informática, estava em reforma, impossibilitando-o de trabalhar. Assim, solicitamos seu auxílio nas gravações e ele nos atendeu. Uma das vantagens dessa ação foi que os alunos já estavam familiarizados com sua presença na escola, e houve pouca estranheza sobre sua participação na sala de aula.

Foi solicitada permissão à diretora da escola para, caso os responsáveis pelos alunos autorizassem, tomássemos dados com filmagens em aula, e ela nos autorizou. Após a apresentação da necessidade de filmagem de um conjunto de aulas para fins de pesquisa aos alunos, foi solicitada a permissão para retirada de dados por materiais escritos, falas e imagens. Após todos terem concordarem, foi enviada aos pais e responsáveis uma solicitação formal e, com a autorização de todos, realizamos as filmagens.

A princípio, os alunos estranharam as câmeras. Alguns queriam estar produzidos, as alunas maquiadas, penteadas e mais bem vestidas para saírem nas filmagens. Aos poucos, foram se descontraindo e se inibiram menos frente às câmeras.

Os dados foram tomados na minha própria aula. Considerei-me capaz de orientar as filmagens, tendo planejado as atividades para esta pesquisa e com base nas tantas vezes em que fui filmado em aula. Também auxiliei no posicionamento das câmeras. É verdade que nem sempre isso ocorreu como gostaria. Em uma aula, o estagiário que operava a máquina descobriu que ela tinha a função *zoom*. Porém, ao acionar o *zoom*, a máquina não grava o áudio, fato apenas percebido ao assistir a filmagem. O estagiário passou a aula toda aproximando e afastando a câmera e perdeu muitas falas. Felizmente, essa é uma das aulas que não foram analisadas. Durante as aulas analisadas, nota-se momento em que o estagiário pergunta sobre o que filmar, e outros em que o direciono sobre o que focar.

A metodologia da aula foi também por mim elaborada, adaptando os textos produzidos por Siqueira (2006). Por isso, tinha em mente quais discussões gostaria de promover. Certamente outro professor poderia ser orientado sobre essas discussões, porém, além de possíveis desvios do planejado, haveria a necessidade de um acompanhamento e orientação, e gostaria de estar presente nessas aulas. Presenciei e transportei vários materiais para dar conta da filmagem nas pesquisas de meus colegas. Filmando a minha aula com máquinas comuns produzi com maior facilidade as condições mais próximas do que esperava, superando toda a dificuldade inerentes deste trabalho.

2.5 A análise dos dados

A primeira parte da análise dos dados é uma comparação entre as ideias presentes no texto e na figura inicialmente proposta pelo autor. É apresentada uma classificação quanto às relações de *especialização* ou de *cooperação* existentes entre a linguagem verbal escrita e a linguagem pictórica. Na segunda parte da análise, descreve-se como se mostram os desenhos feitos pelos alunos, quais ideias por eles retratados estão presentes no texto e que relações existem entre as linguagens, se são de *cooperação* ou de *especialização* (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003). A terceira parte, a análise da figura, leva em conta as falas dos alunos nos momentos em que fizeram as figuras, e como eles retratam essas imagens.

A análise abrange também considerações que os alunos fizeram quando julgaram se suas figuras auxiliam na compreensão do fenômeno.

Analisaremos a aquisição dos desenhos, em uma correlação com a aquisição da compreensão do fenômeno estudado. Na aquisição da figura procuraremos notar: O uso de pronomes pessoais possessivos; traços pessoais nos desenhos; alterações; manipulações e inspeções do desenho; a transparência; e outros indícios de interação aluno e desenho.

2.6 Sequência das aulas filmadas

Nosso objetivo é investigar as relações entre as representações pictóricas externas criadas pelos alunos, as falas e as ideias citadas no texto, se haverá contribuições na aprendizagem ao focar os questionamentos no desenvolvimento da representação pictórica.

Para isso, iremos retirar os dados de uma sequência de aulas que está inserida no curso de Física de Partículas, cujos textos foram elaborados por Siqueira (2006). Participamos dessa elaboração como colaboradores⁴, aplicando e sugerindo adequações para sua utilização, como material didático, junto a alunos cursando o Ensino Médio em escolas da rede pública estadual de São Paulo. Cada texto, com uma ou duas páginas, contém um sucinto fundo histórico no qual se desenvolveram a construção dos conceitos, os novos desafios que surgiram a cada descoberta e algumas questões sobre a compreensão do texto. O curso está dividido em 11 blocos:

- I. Raios-X e outras radiações.
- II. O desenvolvimento dos modelos atômicos para o átomo; Experiência de Rutherford.
- III. A estabilidade do núcleo: descoberta do nêutron; força forte e radiação α .
- IV. *Lattes* e os mésons: Brasil na FP; raios cósmicos e aceleradores; detectores.
- V. Modelo de *quarks*: estrutura das partículas; os *quarks*; carga cor.
- VI. Neutrino e radiação β : conservação de momento e energia; a descoberta do neutrino; força fraca e o decaimento β .

⁴ O autor da presente pesquisa e Wellington Souza, professores da rede de pública de Ensino Médio, componentes da equipe do LaPEF.

- VII. Leis de conservação: partículas estranhas; antipartículas e antimatéria.
- VIII. Pósitron, criação e aniquilação de partículas.
- IX. Nova concepção de campo EM: campo EM como troca de partículas; o papel do fóton.
- X. Diagramas de Feynman.
- XI. As famílias das partículas: bósons e férmions.

Antes de descrevermos o conjunto de aulas do bloco II, de onde retiraremos os dados, apresentaremos uma relação das aulas e das atividades que as precedem (o bloco I), pois julgamos que os conteúdos estudados serão notados nas falas dos alunos, e talvez até nas representações pictóricas.

2.6.1 Aulas do bloco I

No bloco I, “Raios-X e outras radiações”, na primeira e segunda aula – com a atividade “Analisando radiografias”, formamos grupos com quatro ou cinco alunos. Eles receberam uma chapa radiográfica e discutiram o que conseguiam distinguir em cada uma delas, em que situação se solicita uma radiografia, como é o equipamento utilizado para se fazer radiografias, como é a sala em que ocorre o exame e que medidas de segurança são tomadas durante o exame.

Na terceira aula, “A atividade com papel fotográfico”, foi dado um pedaço de papel fotográfico aos alunos. Eles posicionaram objetos sobre o papel e os deixaram expostos à luz por um período de 5 a 8 minutos. Após esse tempo, retiraram os objetos que se encontravam sobre a folha e notaram que o papel fotográfico, sensível a luz, estava “queimado” nas regiões nas quais incidiu a luz, ao mesmo tempo que estava branco nas regiões em que a luz não o atingiu. Portanto, essas regiões claras possuíam a forma do objeto. Quanto aos objetos transparentes, como uma régua, colocados sobre o papel fotográfico, foi formada uma imagem com tonalidade diferente no papel. A região protegida pela régua não estava totalmente “queimada”, porém, também não estava totalmente clara. Essa atividade propiciou a discussão

de como se obtém uma chapa radiográfica. Nessa aula foi realizada a leitura do texto “A descoberta dos raios-X”, que descreve a ocasião em que Roentgen os descobriu, os trabalhos com os quais ele estava envolvido, como publicou sua descoberta e sua rápida utilização pela medicina.

Na quarta aula, “A descoberta da radioatividade”, um pequeno vídeo da TV Ontário, com 10 minutos de duração, foi apresentado aos alunos, comentando os trabalhos desenvolvidos por Roentgen, Becquerel e os Curie. Em seguida, os alunos leram e responderam questões referentes ao texto de mesmo título que a aula. Esse texto reforçou as informações apresentadas no vídeo, porém, com forte enfoque na ordem cronológica, destacando alguns importantes fenômenos também estudados no final do século 19.

Na quinta aula, “Uma aula de revisão”, foi realizado um panorama dos conceitos trabalhados e foram feitas considerações sobre as questões discutidas e respondidas até então, utilizando uma apresentação em PowerPoint.

Na sequência original, a quinta e a sexta aula são utilizadas para as discussões sobre os campos e as ondas eletromagnéticas. Um conjunto de três pêndulos é apresentado aos alunos. No interior da esfera de um deles há um ímã; no de outro, há um pedaço de ferro; e no de outro, a esfera é totalmente de isopor. Utilizando um ímã, os alunos realizam testes para desvendar em qual pêndulo há um ímã e em qual há um metal. A outra atividade desse tópico é realizada com um rádio à pilha, com uma bateria de nove volts e uma moeda. Em algumas frequências é possível perceber um ruído quando os terminais da pilha são conectados e desconectados com a moeda. Essa atividade permite realizar uma discussão sobre ondas eletromagnéticas.

Procurando equalizar os assuntos desta pesquisa e os conteúdos habitualmente sugeridos pelas propostas curriculares elaboradas pelo CENP, os assuntos referentes à eletrização, campos e eletromagnetismo foram trabalhados antes de se iniciar a aplicação do material do projeto “A transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula: Física de Partículas”, e também antes desta pesquisa. Foram empregadas as seguintes atividades: uma demonstração sobre como se pode eletrizar um canudo por atrito, uma discussão sobre outros processos de eletrização, outros materiais que podem ser eletrizados e a detecção da carga elétrica. Na segunda atividade, utilizando uma barra de ímã, os alunos procuraram materiais que são ou não atraídos por ela. Na terceira atividade discutiu-se como uma esfera de isopor de um pêndulo eletrostático percebe se o canudo colocado próximo a ela está ou não eletrizado, e o que fornece essa e outras informações à esfera sobre o canudo. A quarta atividade foi sobre a representação

do vetor campo magnético obtido com uma bússola ao passar ao redor de um ímã com a forma de uma barra.

Dando continuidade, a quinta atividade foi sobre a configuração das limalhas de ferro, ao serem polvilhadas sobre uma folha posicionada sobre um ímã. A sexta atividade foi sobre a experiência de Oersted, a observação e a constatação da deflexão sofrida por uma agulha imantada, quando próxima a um condutor por onde circula uma corrente elétrica. A sétima atividade experimental foi sobre o motor elétrico. Os alunos construíram um motor elétrico didático e discutiram seu funcionamento, com o objetivo de compreender uma aplicação prática tecnológica promovida pela experiência de Oersted e uma mudança do mundo promovida pelo desenvolvimento da ciência. A oitava atividade foi uma demonstração investigativa sobre a indução de Faraday. Os alunos viram a variação na indicação de um multímetro, ligado aos terminais de uma bobina, quando um ímã era movimentado pelo seu interior. A nona atividade tratou dos ruídos produzidos na recepção de um rádio, quando próximo a ele se conecta e se desconecta uma fonte de tensão (uma bateria com uma moeda), permitindo a compreensão de que cargas aceleradas geram ondas eletromagnéticas.

Essas atividades tiveram como material de apoio e de sistematização três textos: O primeiro com o título “Uma introdução ao estudo dos campos”, abordando os campos elétrico, magnético e gravitacional, suas similaridades e diferenças; o segundo, “A indução eletromagnética”, que relata as experiências de Oersted, de Faraday e traz um roteiro para elaboração do motor elétrico didático; e o terceiro, “Uma introdução ao estudo das ondas”, com uma síntese de como são produzidas as ondas eletromagnéticas, como elas podem ser classificadas e os significados das grandezas relevantes ao seu estudo. Esses textos fazem parte do material elaborado pelo grupo de professores, que participaram do projeto com apoio da FAPESP, “A transposição das teorias modernas e contemporâneas para a sala de aula: a dualidade onda-partícula”.

Assim a quinta, sexta e sétima aulas foram utilizadas para revisar como uma carga se comporta na presença de um campo elétrico e na presença de um campo magnético e como, pela frequência, pode-se distinguir as diferentes radiações. Aqui terminamos a sequência do bloco I e passamos a registrar as aulas, a partir da sétima, que fazem parte do bloco II.

2.6.2 Aulas do bloco II

Na oitava aula, os alunos receberam o texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”, de autoria de Siqueira (2006), cujo objetivo era compreender o comportamento das radiações α , β , ϵ γ , das explicações que damos à ocorrência dos fenômenos naturais e do desenvolvimento da ciência como construção humana. Com a última finalidade, o pano de fundo dos relatos do texto possui um caráter histórico-cronológico, mostrando que a construção desse conhecimento foi árdua e paulatina.

As imagens originalmente presentes no texto do autor trazem informações que não estão explicitadas, porém, são imprescindíveis para atingir os objetivos propostos em cada atividade. Por outro lado, outros aspectos que estão no texto podem permitir aos alunos a imaginação e a criação de uma representação pictórica de sua própria autoria.

Os alunos realizaram a leitura do texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford” com lacunas onde originalmente havia figuras. Fizeram representações pictóricas sobre a penetração de diferentes radiações na matéria, e outras sobre como as radiações alfa, beta e gama se desviam ao atravessarem um campo magnético. Também grifaram no texto as citações que continham informações importantes para a realização dos desenhos.

Na nona aula foram apresentados aos alunos alguns vídeos sobre os assuntos estudados, mas principalmente um recorte de um vídeo da série “Universo mecânico”, que mostra um feixe de elétrons em um tubo de raios catódicos sendo desviado ao se colocar um ímã próximo ao tubo. Esse filme tem 10 segundos. Essa aula foi atípica, com presença reduzida de alunos – aproximadamente 25% dos matriculados.

Na décima aula foram apresentadas aos alunos duas figuras que se encontram originalmente no texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”. O professor declarou, restritamente, o que estava escrito na legenda da figura. Depois, os alunos fizeram as leituras, segundo suas percepções, dos traços da figura para toda a sala. Essa aula, assim como a nona, ocorreu no laboratório. Enquanto alguns liam as figuras para a turma e discutíamos os significados dos traços, questionávamos os detalhes e peculiaridades dos desenhos, outros reformulavam seus desenhos.

Na 11ª aula, o texto trabalhado foi “A queda do *status* elementar do átomo: a descoberta do elétron”, com o objetivo de permitir a compreensão de como o olhar sobre a natureza se

alterou com a descoberta do elétron, descrevendo importantes experimentos históricos que demarcaram o desenvolvimento do conhecimento de variáveis que permitiram a ampliação do entendimento da Física de Partículas.

Na 12ª aula foi realizada a leitura do texto “A busca pelo constituinte da matéria: a evolução do conceito de átomo” e solicitado aos alunos que fizessem uma pesquisa sobre as figuras de qualquer ordem: equipamentos, retratos ou diagramas que correspondessem às épocas no texto para confecção de um painel, uma linha do tempo, sobre a evolução dos modelos atômicos desde a Grécia antiga até o início do século XX.

Na 13ª aula foi elaborado o painel. Algumas imagens não se ajustavam a ele, às vezes pelas dimensões, outras porque não eram nítidas, ou obtidas de fontes duvidosas etc. Durante a confecção do painel, alguns alunos ficaram encarregados de ir à sala de informática, procurar e imprimir figuras para substituir aquelas que a turma julgasse inconvenientes. O painel ficou muito bom e foi exposto em uma feira cultural na escola.

Na 14ª aula, com base em uma seção do texto “Uma nova visão do átomo com a descoberta do elétron: o modelo atômico de Thomson”, os alunos desenharam o átomo segundo o modelo atômico de Thomson.

Na 15ª aula, os alunos realizam a atividade intitulada “O descobrimento de Rutherford”. Eles receberam uma placa de madeira com uma forma geométrica colada em uma das faces e um conjunto de bolinhas. Com a forma geométrica voltada para a face de uma mesa, os alunos lançaram bolinhas e, analisando as trajetórias descritas por elas, com os respectivos desvios, desenharam a forma geométrica escondida sob as placas.

O objetivo dessa experiência foi permitir aos alunos compreender que é possível investigar algumas características de objetos, mesmo que estes não possam ser vistos diretamente, fornecendo, assim, subsídios para compreender como Marsden e Geiger realizaram o experimento de bombardeamento de partículas alfa a uma folha metálica, que propiciou a Rutherford elaborar seu modelo atômico.

Na 16ª aula foi discutido o texto “A descoberta de Rutherford: um novo modelo atômico”, que apresenta os métodos utilizados por Marsden e Geiger no espalhamento das partículas alfa, a descrição do modelo de Rutherford e o problema que esse modelo não conseguiu resolver, o colapso. No texto também há uma pequena seção que aborda o modelo atômico de Bohr. Após a leitura, os alunos descreveram o espalhamento das partículas alfa.

Nesse momento, foi retomada a experiência da aula anterior e eles fizeram um desenho correspondente ao átomo de Rutherford.

Na 17ª aula, as discussões se basearam no texto “A solução de um problema: a descoberta do nêutron”. O objetivo é descrever as ideias e formulações de modelos que respondessem às questões estabelecidas a partir de observações experimentais que indicavam raios beta emitidos por núcleos radioativos. O terceiro parágrafo do texto descreve um modelo de átomo com elétrons no núcleo. A descrição é tão completa que permite a elaboração de uma figura desse átomo, e isso foi solicitado aos alunos. Nos últimos parágrafos há a descrição de um átomo de nitrogênio com nêutrons compondo o núcleo, além dos prótons. Também foi solicitado que desenhassem, para esse conceito, uma figura correspondente.

Na 18ª aula, foi trabalhado o texto “Entendendo a estabilidade do núcleo: a força forte”, que tem o objetivo de elucidar a questão sobre a coesão nuclear: Se no núcleo se concentram as cargas positivas, como o átomo permanece estável? Os alunos realizaram a leitura e responderam as questões correspondentes. Com essa atividade terminamos o bloco II e a sequência das aulas filmadas, de onde retiramos os dados para esta pesquisa.

3 Análise dos Dados

3.1 Como os grupos elaboraram os desenhos

Ao iniciarmos este trabalho para desvendar o processo de aquisição de uma representação pictórica para um conceito de Física moderna por alunos do Ensino Médio, e saber se essa representação, criada pelos alunos, englobava todos os aspectos envolvidos no entendimento do conceito estudado; nesse caso, um entendimento parcial das radiações: beta, alfa e gama. Entendimento parcial porque há outros estudos sobre essas radiações no decorrer do curso ministrado aos alunos. Nesta pesquisa, o foco de discussão é um texto conciso que descreve o comportamento de dois aspectos dessas radiações; em determinado momento, foi possível diferenciá-las: as diferentes penetrações dessas radiações na matéria e os desvios ocorridos, quando as radiações passam por uma região em que há um campo magnético.

A aquisição de uma representação pictórica do contexto da ciência implica não somente no ato de desenhar uma representação para o fenômeno, mas também na compreensão de como ocorre a construção da ciência com o juízo, referente à participação das obras dos alunos e ao bojo das construções da ciência; e na reivindicação da autoria de um desenho, dos traços, dos marcos da individualidade e outros indicativos que liguem de modo singular o autor e o desenho criado.

O conjunto de duas aulas, a oitava e a décima, de onde foram retirados os dados, possui algumas seções: a oitava aula começa com a exposição do professor orientando os alunos sobre a atividade a ser desenvolvida; em seguida, os materiais foram distribuídos aos grupos e as orientações foram reforçadas. Depois, o professor passou a interagir com os grupos auxiliando-os quanto às dúvidas. No final da oitava aula, os alunos fizeram uma exposição ao professor sobre o que tinham desenhado. Na nona aula foi apresentado um pequeno recorte de um filme, menos de um minuto, sobre as deflexões dos raios beta em um tubo de raios catódicos. Na décima aula, os alunos, dispostos em grupos maiores, sentados junto às bancadas no laboratório, observaram a apresentação dos desenhos utilizados pelo autor (SIQUEIRA, 2006) e, na sequência da aula, descreveram e julgaram os desenhos por eles elaborados.

A sequência de tópicos em nossa análise será semelhante à sequência das secções ocorridas durante as aulas. Analisaremos: I) o texto e a atividade proposta; II) a construção das representações pictóricas dos alunos na oitava aula; III) as figuras utilizadas pelo autor na décima aula; IV) e a apresentação e o julgamento realizados pelos alunos das representações pictóricas por eles elaboradas.

3.2 Análise do texto e da atividade proposta

A análise do texto se justifica pelo fato do mesmo ser a fonte inicial das informações para o desenvolvimento da atividade. Retiramos citações de ideias do texto e utilizamos em nossa análise da representação pictórica dos alunos: quantas, quais e como estas ideias de entes físicos estão representados pictoricamente.

3.2.1 Análise do texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”

Este texto se desenrola descrevendo uma síntese cronológica das descobertas das partículas elementares. Assim, apresenta alguns detalhes dos momentos da construção de conhecimentos referentes ao início do desenvolvimento da Física de partículas e das radiações, momentos em que foram necessários perspicácia e muito trabalho por parte dos pesquisadores para realizarem experiências e tecerem explicações ao analisarem os dados de suas observações.

O texto tem como objetivo permitir ao aluno a construção de conceitos referentes às radiações alfa, beta e gama por meio do estudo de dois comportamentos: as diferentes penetrações que cada uma dessas possui na matéria e os desvios ocorridos quando passam por uma região com campo magnético mais intenso. Contudo, o caráter contextual histórico desse texto e de toda a sequência de textos utilizados nas aulas (Anexo 3) coloca essas ideias centrais junto a outras mais periféricas, para os objetivos de cada aula. Algumas das ideias

periféricas são introduções a assuntos abordados posteriormente no curso, e outras são contextualizações às pesquisas da época.

O texto tem início com um desses conceitos periféricos: a ionização nos gases provocada pelas radiações emitidas pelo urânio e pelos raios-X. É nesse momento que Rutherford observa a existência de diferentes radiações, percebidas primeiro pela capacidade de penetração de cada uma delas na matéria, o que fez com que ele denominasse os raios menos penetrantes de raios alfa, e os mais penetrantes, raios beta.

Em longo trabalho no laboratório Cavendish, Rutherford percebeu, em 1898, a existência de dois tipos diferentes de radiações emitidas pelo urânio, devido à penetração que tinham na matéria. Os raios que são menos penetrantes ele designou por raios alfa (α) e, os raios que penetravam mais de raios beta (β). (SIQUEIRA, 2006, p. 192).

Embora o texto não declare porque os raios β declinavam, apresenta que a declinação foi o fator que resultou no conhecimento de que os raios alfa e beta possuíam cargas elétricas.

Os alunos já tinham essa informação, de que partículas carregadas eletricamente sofrem desvios quando lançadas em um campo magnético. No primeiro semestre, eles aprenderam a realizar os cálculos referentes ao vetor campo magnético e a aplicação do curso Física de Partículas foi realizado no segundo semestre. Portanto, em qual momento eles fizeram a conexão entre esses assuntos, uma intercontextualidade (LEMKE, 2002b); se fizeram, provavelmente não poderemos responder.

O terceiro e quarto parágrafos do texto trazem mais detalhes sobre a descoberta e a distinção dos raios gama frente às radiações alfa e beta e sobre a natureza dos raios beta, que são raios de elétrons.

Os três últimos parágrafos do texto discorrem sobre as emissões de radiações alfa e beta por um átomo instável, levando à ocorrência de transmutação. É apresentada nessa seção do texto outra característica importante dos raios alfa: que estes são núcleos de hélio ionizado.

Assim, encontramos no texto as seguintes ideias:

1. A natureza das substâncias radioativas e de suas radiações.
2. A medida de ionização dos gases.

3. Os raios-X.
4. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.
5. Diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria.
6. Os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta.
7. Os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa.
8. Os raios alfa e beta sendo defletidos para lados opostos ao passarem por um campo magnético.
9. Os raios alfa e beta tendo cargas opostas.
10. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).
11. Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.
12. Os raios gama não se desviam ao passarem por um campo magnético.
13. Sal de urânio.
14. Transmutação.
15. Alquimistas.
16. Razão entre massa e carga elétrica das partículas alfa.
17. Partículas alfa são na verdade átomos de hélio ionizado.

As ideias relacionadas nos números 2, 3, 14, 15 e 16 são apenas citados sem especificar quaisquer outros detalhes sobre eles; estão citados em uma frase, em meio a um parágrafo, para dar sentido ao enredo, em que se pretende discutir os conceitos 1, 4 ao 13 e 17. Estes são explanados de modo conciso, já que fazem parte da descoberta das primeiras radiações e, no texto, foram apresentados na introdução ao estudo da Física de Partículas. A ideia 1 é abrangente e, embora citado dessa forma, em uma única linha, seu entendimento é a total compreensão das radiações, como explicitada neste texto.

Logo, nossa ferramenta de análise quanto à averiguação, se a representação dos alunos está ou não *completa* (VIANA, 2007), terá por base o Quadro 2 a seguir, extraído das ideias listadas no texto, excluindo os conceitos anteriormente listados nos números 1, 2, 3, 14, 15 e 16.

Quadro 2 – Ideias citadas no texto.

	Desenho 1	Desenho 2
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.		
2. Diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria.		
3. Os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta.		
4. Os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa.		
5. Os raios alfa e beta sendo defletidos para lados opostos ao passarem por um campo magnético.		
6. Os raios alfa e beta tendo cargas opostas.		
7. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).		
8. Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.		
9. Os raios gama não se desviam ao passarem por um campo magnético.		
10. Sal de urânio.		
11. Partículas alfa são na verdade átomos de hélio ionizado.		

Nesse novo quadro estão listados os conceitos que podem ser representados nos desenhos dos alunos. A coluna “desenho 1” se refere ao desenho elaborado para a penetração das radiações da matéria, e a coluna “desenho 2” se refere aos desvios das radiações ao passarem por um campo magnético. Na coluna “desenho 1”, os itens 5 e 9 se encontram pintados pois são representações coerentes apenas com o desenho 2. Os desvios das radiações, ao passarem por um campo magnético, e as linhas 2, 3, 4 e 8 do quadro se encontram pintadas na coluna “desenho 2”, pois se referem à penetração das radiações na matéria e, portanto, não devem ser representados no desenho sobre os desvios das radiações ao passarem pelo campo magnético.

3.2.2 Análise das proposições para a realização da atividade

Os alunos receberam o texto sem as figuras e orientação para, em grupos, construírem duas representações para os conceitos centrais do texto: a penetração das radiações na matéria

(1) e os desvios das radiações ao passarem por um campo magnético (2). Abaixo estão as orientações fornecidas a eles:

(1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria conter uma figura que auxilia a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

(2) Na posição referente ao segundo quadro deveria conter uma figura que auxilia a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

Elaboramos essa orientação com o objetivo de auxiliar os alunos a compreenderem o texto e de fornecer dados à nossa questão de pesquisa: como os alunos do ensino médio adquirem uma representação pictórica de um conceito de Física moderna? Observando as características desse processo de construção de uma representação de um conceito de Física a partir de um texto didático científico, e se os principais conceitos do texto aparecem nas representações dos alunos? Porém, notamos durante a análise dos dados que as orientações propostas eram restritivas a uma função para o desenho criado pelos alunos: a de auxiliar a compreensão do texto. Porém, vale notar as novas funções, que se revelaram à medida que ocorreu a compreensão da atividade científica – neste caso, a criação de um desenho, uma representação adequada ao fenômeno estudado.

As restrições, ou condições limites à realização da atividade, se devem ao fato de o texto constituir a única fonte de informações para a construção do desenho. Não havia nenhuma outra fonte perceptual: o manuseio de algum equipamento ou uma demonstração experimental etc.

A proposição da atividade também se limita aos diferentes comportamentos das radiações na penetração da matéria e ao passar por um campo magnético, mas não é proposto aos alunos que as diferentes radiações devam possuir diferentes representações de acordo com a natureza de cada uma delas. Assim, um desenho dos alunos que ignore a diferença entre a natureza das radiações poderá atender exatamente o que lhes fora proposto.

3.3 A análise das construções das representações pictóricas externas realizada pelos alunos

Na oitava aula, os alunos construíram seus desenhos. Destacamos dessa aula quatro episódios para a nossa análise: 1) o receio de iniciar a atividade; 2) o surgimento de um obstáculo epistemológico; 3) a inspeção do conjunto de informações extraídas do texto; e 4) a trajetória de interações realizadas pelo aluno: do texto ao desenho.

Na sala de aula havia sete grupos realizando a atividade, porém selecionamos o grupo 6 para nossa análise, pois os alunos tiveram maior número de registros na filmagem da aula. Eventualmente, quando for necessário apontar as falas e a participação de alguém de outro grupo, faremos o devido registro. Por enquanto, sempre que nos referirmos aos alunos de modo geral, estaremos falando dos que participaram do grupo 6.

3.3.1 O receio de iniciar a atividade

Nos turnos 62 e 63, os alunos solicitaram auxílio ao professor. Eles apresentaram dois elementos de suas dificuldades: dúvida e desentendimento.

T62 A16: Professor, nós estamos em dúvida.

T63 A15: A gente não está entendendo.

Não lhes foi questionado se essas dificuldades eram sobre a orientação para a realização da atividade ou quanto ao conteúdo do texto. Porém, foram direcionadas aos alunos algumas questões para auxiliá-los no levantamento das informações presentes no texto sobre os conceitos, os desvios das radiações ao atravessarem uma região com um intenso campo magnético e a penetração das radiações na matéria.

A pergunta inicial dirigida ao grupo foi se, seguindo a orientação proposta na atividade, eles tinham grifado as informações relevantes para o desenvolvimento da atividade (T64 ao

T66). Após a afirmação desses alunos, no turno 67 foram direcionados a fazerem uma inspeção das informações grifadas (T68).

T64 P: Você conseguiu?

Você conseguiu grifar tudo o que o texto fala sobre os desvios das radiações alfa, beta e gama?

T65 A16: Oi?

T66 P: Você conseguiu grifar tudo o que o texto diz sobre os desvios das radiações?

T67 A16: Sim.

T68 P: E o que o texto diz?

A *inspeção* (VIANA, 2007) das informações retiradas do texto tem relevância, pois os alunos possuem apenas o texto para iniciar a atividade de construção do desenho. Essa é uma inspeção prévia dos elementos que poderão vir a estar na representação pictórica que eles irão criar (SUTTON, 1997; VIANA, 2007).

No turno 64, questionados sobre as informações selecionadas sobre os desvios das radiações, as respostas dos alunos faziam referência às diferentes penetrações das radiações na matéria no turno 69. Foi apontado aos alunos que as informações lidas pela aluna 16 estavam relacionadas à penetração dos raios na matéria. Essa distinção das duas modalidades de eventos sobre as radiações, a penetração das radiações na matéria e os desvios das radiações ao passarem por um campo magnético, possuem uma ordem de apresentação no texto: primeiro, o texto apresenta algumas ideias ligadas à penetração das radiações na matéria e, em segundo lugar, sobre os desvios das radiações na matéria. Por fim, o texto apresenta também alguns indicativos do que seriam as radiações alfa, beta e gama. O questionamento feito aos alunos teve ordem inversa à apresentada no texto. Foi perguntado sobre os desvios das radiações ao passarem por um campo magnético. No turno 70, os alunos receberam o aval de que as informações selecionadas atendiam ao que iria compor o primeiro desenho, na primeira questão, sobre a penetração das radiações na matéria.

T69 A16: Os beta, deixa eu pegar aqui.

Os raios menos penetrantes são os alfa, os que penetravam mais são o beta e os que, não eram. O que é muito mais penetrante que estes dois é o raio gama.

T70 P: Então esta é uma afirmação sobre a penetração de raios na matéria. Se você leu, é esta questão que está aqui.

(O professor apontou a solicitação de que se fizesse o primeiro desenho).

Como você faria uma figura que te ajudasse a visualizar estas três informações?

Qual é o mais penetrante, qual é o menos e o muito mais penetrante?

Imagina uma figura para ilustrar isso daí.

As informações destacadas pelos alunos são corretas, essenciais para atender a primeira questão, mas poderiam conter algumas especificações a mais, apresentadas no texto: que as radiações beta são raios de elétrons; que os raios alfa são raios de núcleo de hélio ionizado; e que as radiações gama são ondas eletromagnéticas. Assim, o conjunto de informações é coerente, sendo satisfatória a solicitação da atividade, mas *não completa* (VIANA, 2007).

Nesse turno, 70, também aparece uma das concepções sobre a função do desenho junto a um texto: “ajudam a *visualizar* essas três informações”. Dentre as várias funções que poderiam ser destacadas para a função do desenho, a visualização é uma das apontadas por Martins (2005), Santos (2006) e Moleiro e Giordan (1999).

Nesse momento, o aluno A17, despertado pelo diálogo dos outros componentes do grupo com o professor (T70: “Imagine uma figura para ilustrar isso aí.”), percebe que a atividade proposta deve ser de sua própria autoria.

T71 A17: Da nossa cabeça.

T72 P: Da sua cabeça.

T73 A17: Ah, então, não vai dar errado, não é?

T74 P: Não

No turno 74 houve a confirmação de que os alunos poderiam desenhar com liberdade e, embora as expressões utilizadas no turno 73 fossem ambíguas e com a possibilidade de gerar um caminho de descompromisso com a atividade, os alunos poderiam ter entendido que qualquer desenho estaria certo, mesmo aquele que em nada descrevesse os aspectos dos fenômenos estudados. Porém, nessa aula e nas duas que se seguiram, os alunos se mantiveram envolvidos em suas construções de representações pictóricas que atendessem ao solicitado, e compreenderam que não se tratava de um exercício para retratar algo já estudado, de suas lembranças, mas de uma atividade de criação (SUTTON, 1997) que poderia conter traços únicos por eles elaborados.

[...] surgem formas de expressão durante o esforço criativo que vão sendo reformuladas, com a utilização de metáforas contemporâneas para o desvelo de uma imagem mental, e a exploração destas imagens é mais do que um simples apoio didático. (SUTTON, 1997, p. 25).

3.3.2 O surgimento de um obstáculo epistemológico

Uma das oposições ao uso de desenhos no ensino se baseia em um embasamento errôneo nos obstáculos epistemológicos de Bachelard (1938/1996). Otero e Greca (2004) afirmam que a desconfiança no uso do desenho no ensino se originou no estudo dos trabalhos de Bachelard. Notamos como surgiu o que poderia ser enquadrado como um obstáculo epistemológico por algum adepto desse viés da concepção sobre o uso de representações pictóricas.

Na sequência do diálogo no turno 75, a aluna 15 fez uma afirmação sobre os desvios dos raios gama. No turno 76, foi dirigida a ela uma questão com a finalidade de auxiliá-la a completar a descrição apresentada sobre a penetração das radiações gama. A aluna diz que o texto não contém essa afirmação e o professor corrige, fornecendo a resposta, à sua própria questão (T78). Nesse momento foi citado “o campo magnético”.

T75 A15: Os raios gama não eram desviados por serem mais energéticos.

T76 P? Não eram desviados do quê?

T77 A15: Aqui não está falando!

T78 P: Do campo magnético. Não eram sensíveis ao campo magnético. Então ele passava pelo campo magnético e não eram desviados.

Com a pergunta no turno 75, o grupo voltou a trabalhar com os desvios das radiações ao atravessarem um campo magnético, que seria a resposta à segunda parte da atividade. O diálogo prossegue e, no turno 79, a aluna 15 pergunta se o campo magnético também deveria ser desenhado.

T79 A15: Então eu tenho que desenhar o campo magnético dele?

T80 P: O que tem um campo magnético?

T81 A16: Um ímã.

- T82 P:** Um ímã.
Um ímã tem um campo magnético.
Então os raios gama passam por um campo magnético que está perto de um ímã e não é desviado.
O que vocês desenhariam?
- T83 A17:** Os elétrons. (gesticulando)
- T84 P:** Não.
O que vocês colocariam em seu desenho?
- T85 A16:** Um ímã.
- T86 P:** Um ímã.
O que mais?
- T87 A17:** uma coisa (fazendo gesto com um lápis na mão – como um raio), que seria o raio gama, não sei, um risquinho.
- T88 P:** um risquinho, que é o raio gama, e o que mais?
- T89 P:** o campo magnético. Não é.
Desenha o ímã, e o campo magnético do ímã.
Aí o raio passando pelo campo.
E o que acontece quando ele passa pelo campo?
- T90 A:** eeeee. (A aluna passa a desenhar)

Esse grupo se encontra em franco processo de construção, auxiliado pelos questionamentos do professor para uma simultânea inspeção (VIANA, 2007) do que viria a ser externalizado em uma representação pictórica. Eles não apenas estão somando os elementos que estariam representados, mas já inspecionam se há representação possível e adequada para o ente físico por eles pensado. No turno 79, a aluna 15 apresentou a seguinte questão:

- T79 A15:** então eu tenho que desenhar o campo magnético dele?

A questão da aluna é central no estudo dos desenhos empregados junto a conceitos da Física, principalmente nos conceitos relacionados à Física moderna. Foi aproximadamente na época das descobertas das diferentes radiações que alguns cientistas elaboraram representações matemáticas para alguns fenômenos físicos. Desassociadas de desenhos, algumas adotaram posições mais realistas, que se baseiam no que veem, e outros em resultados de medições: os instrumentalistas (PESSOA JR., 2007). Dentre os estudiosos que enveredaram por analisar essa problemática, Bachelard foi um ícone, mas muitos enxergaram em seus trabalhos a possibilidade de se manifestarem contra o uso de desenhos no ensino de Física (OTERO; GRECA, 2004).

Embora Bachelard (1938/1996) tenha levantado concepções de ensino para obstáculos epistemológicos serem transpostos, ele pontuou alguns fortemente associados a imagens, sobretudo visuais e mentais. Gomes e Oliveira (2007) utilizaram desenhos para diagnosticar a existência dos obstáculos epistemológicos de Bachelard. Moreira (2007) e Abdalla (2004) fizeram críticas à utilização de desenhos, os quais eles chamaram de coisas, para vários entes físicos, cujas dimensões são subatômicas. Contudo, essas críticas geralmente se associam aos desenhos que representam coisas do mundo subatômico. Para um ímã, simplesmente um ímã, não podemos ter o desenho classificado como contendo um dos obstáculos epistemológicos de Bachelard, semelhante a aplicação feita por Gomes e Oliveira (2007). Porém, se um campo magnético for representado com um desenho, certamente haverá alguém que aponte os inconvenientes, por melhor que seja a representação pictórica.

Então como elaborar uma representação pictórica para o campo magnético? O professor questiona que objeto ou material tem um campo magnético (T80) e a aluna prontamente responde.

T80 P: O que tem um campo magnético?

T81 A16: Um ímã.

Um ímã tem um campo magnético.

A maneira de se evitar um desenho que revele a presença de um possível obstáculo epistemológico seria auxiliar a aluna a utilizar em sua representação pictórica algo mais tangível, concreto: um ímã (T80).

Logo, o desenho de um ímã é também uma representação pictórica para um campo magnético. Nesse caso, o desenho do ímã faz parte do argumento, como salientou Perini (2005), e exclui de uma possível rotulação pejorativa, de indicativo da presença de um obstáculo epistemológico, como Sutton (1997) destaca que, às vezes, e em certas etapas no processo ensino-aprendizagem, deve-se deliberadamente utilizar algumas maneiras de expressões animistas e antropomórficas, o que não é o caso, neste episódio, mas queremos destacar a utilização consciente de elementos em uma representação pictórica que possivelmente possa ser indicativo da presença de um obstáculo epistemológico de Bachelard (1938/1996) como uma possível opção na trajetória de construção do conhecimento.

Duas considerações devem ser feitas sobre esse episódio: O professor conhecia as figuras originalmente proposto pelo autor, utilizado também em muitas mídias (livros didáticos

e páginas na internet), ao apresentar o assunto. Seu auxílio aos alunos se baseou em conduzi-los a construir uma representação pictórica com alguma semelhança a figura originalmente proposta por Siqueira (2006), o autor do texto. O professor conhecia a possibilidade dos alunos criarem uma representação pictórica que poderia ser enquadrada, de alguma maneira, como contendo algum indicativo da presença de algum obstáculo epistemológico nas concepções dos estudantes.

A primeira dessas considerações se evidencia nos relatos da terceira aula, quando o professor diz à sala que a figura apresentada, proposta originalmente pelo autor, é uma das mais utilizadas em livros didáticos no turno 5, na décima aula.

T5 ...
 Olha eu vou entregar o texto novamente a vocês.
 Vocês dão uma olhada novamente no texto.
 E nesse novo texto, pessoal,
 Ou nesse velho texto, você tem a figura, as que mais são usadas nos
 livros didáticos, no local exato, para descrever cada situação.
 Esta é a figura mais utilizada, quando se fala da penetração da radiação
 na matéria. Quando se fala dos desvios das radiações alfa e beta, esse é
 o desenho que você mais encontra nos livros.
 ...

A segunda consideração também é verdadeira. Um dos primeiros artigos encontrados e estudados sobre as representações pictóricas no ensino de ciências foi exatamente o de Gomes e Oliveira (2007), relatando a presença dos obstáculos epistemológicos, extraídos da obra “A formação do espírito científico”, de Bachelard (1938/1996), nas concepções que os alunos expressam quando desenhavam um modelo de átomo.

3.3.3 A inspeção do conjunto de informações extraídas do texto

Sintetizando a discussão e averiguando se foram somadas todas as informações para a construção do desenho, os alunos foram questionados, no turno 82, sobre os entes que deveriam fazer parte do desenho. Esse episódio se estendeu até o turno 91, em que a aluna 17 passou a desenhar.

- T82 P:** ...*O que vocês desenhariam?*
T83 A17: *Os elétrons. (gesticulando)*
T84 P: *Não.*
O que vocês colocariam em seu desenho?
T85 A16: *Um ímã.*
T86 P: *Um ímã.*
T87 *O que mais?*
T88 A17: *Uma coisa (fazendo gesto com um lápis na mão – como um raio), que seria o raio gama, não sei, um risquinho.*
T89 P: *um risquinho, que é o raio gama, o que mais?*

Para a questão proposta no turno 82, a aluna 17 forneceu uma importante resposta. Ela disse que os elétrons deveriam ser desenhados. Embora essa resposta não tenha sido explorada, uma vez que os raios catódicos são raios de elétrons, deveria ter se dado mais importância a essa fala da aluna. Na verdade, ela vai além da proposta da atividade, soma mais informações que as solicitadas e passa a fazer a devida distinção do que compõe as radiações: Ela destaca inicialmente os elétrons (T83) e diz que deveriam também representar os raios gama (T88). Na linguagem verbal ela diz “uma coisa”, “um risquinho”, mas em seus gestos traduz-se que esses risquinhos possuem uma continuidade e sinuosidade se assemelhando a uma onda.

Essa aluna já fez a distinção das radiações beta e gama e de que as representações para cada uma delas merecem diferenciações de acordo com suas naturezas: as radiações beta, como uma representação de elétrons, e as radiações gama, como representação de ondas eletromagnéticas. Além disso, em sua construção, ela utiliza expressões em gestos, de tal forma que esse modo semiótico realiza a função de *cooperação* com a linguagem verbal (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003).

O questionamento sobre a organização das informações para a construção do desenho teve seu fechamento no turno 90, quando o professor repetiu todos os itens anteriormente listados pelos alunos. O grupo já havia discutido e expressado que a presença de um ímã implicaria a presença de um campo magnético, porém, além dos elementos citados pelos alunos, o professor acrescenta que o campo magnético também deveria ser desenhado.

- T90 P:** O campo magnético. Não é.
 Desenha o ímã, e o campo magnético do ímã.
 Aí o raio passando pelo campo.
 E o que acontece quando ele passa pelo campo?
T91 A: eleeee. (A aluna passa a desenhar)

Quando Bachelard (1938/1996) questiona a imagem, ele interroga exatamente o parar, o se “deter” na imagem visual. Ele questiona não o desenho, a representação pictórica externa do fenômeno, mas o que se viu em uma experiência, pois o encanto pelo fenômeno pode constituir um obstáculo epistemológico, impedindo que o aluno persiga o porquê, a abstração conceitual relativa ao fenômeno. Logo, o questionamento sobre uma representação para o campo magnético deverá possuir considerações posteriores a esses turnos.

Ainda no turno 90, na síntese das coisas elencadas pelos alunos para estarem no desenho, ao dizer que o raio passa pelo campo magnético o professor apresenta mais uma questão. A aluna começa a responder, mas interrompe a fala e passa a desenhar.

Desde o turno 70, quando a expressão utilizada sobre a atividade foi para que os alunos “*imaginassem uma figura para ilustrar*”, isso nos pareceu um gatilho para que eles percebessem que o imaginar seria algo que poderia conter um toque pessoal, de sua criatividade e de sua personalidade, além da coerência com as informações do texto. Essa distinção de imagem como algo da imaginação, mais associada à imagem mental, está discutida nos trabalhos de alguns pesquisadores em ensino de Ciências. Para representações no papel, é mais adequado utilizar as palavras: figuras, desenhos ou representações pictóricas externas, como fizeram Viana (2007) e Otero e Greca (2004).

Foi a partir desse instante, desse turno (70), que os alunos se sentiram livres para criar, para rascunhar suas ideias, colocar toques pessoais em seus desenhos. Embora haja estudos que mostrem que o ter os materiais necessários, tais como lápis, borracha, papel e outros materiais, seja facilitador para criar uma representação (IMPAGLIAZZO, 2005), vemos que há outras características que inibem a ação para a solução do problema, e que para esse grupo foi rompido com a confirmação do professor de que o desenho deveria ser da autoria dos alunos, algo de sua cabeça, da imaginação. Porém, a completa discussão que permitiu somar as ideias e compor o que viria a compor a representação pictórica se estendeu até o turno 90.

Evidentemente o aluno precisa encontrar-se imerso em um ambiente no qual o lápis e o papel, por exemplo, sejam parte do “kit de ferramentas” culturalmente disponibilizado a ele – e em efetivo uso por parte dos membros mais experientes do seu meio social. Esses objetos e seus significados culturais (lápis, papel etc.) convidam explicitamente o sujeito a usá-los de um modo muito preciso. (IMPAGLIAZZO, 2005, p. 2).

No ato da aquisição do desenho, alguns bloqueios iniciais tiveram de ser rompidos: a ansiedade de se conseguir elaborar a resposta correta e esperada pelo professor; a montagem do conjunto de informações sobre as diversas partes que iriam compor o desenho final; e a segurança de se ter um desenho que não fosse exageradamente depreciado pelos colegas.

Somente no turno 91 a aluna 17 começou a desenhar. Ela já estava segura de sua compreensão sobre as radiações e já não precisava continuar no diálogo. Estavam ali, postas a ela, todas as informações das quais precisava, todos os materiais que julgava necessário para construir sua representação pictórica e pôde, então, se dedicar a traçar seu desenho.

3.4 As interações entre o professor e os alunos sobre as orientações para a construção da representação pictórica

O texto foi a fonte original das informações sobre as radiações alfa, beta e gama para o conjunto de alunos que participaram da atividade. Não foi uma atividade prática, didática ou experimental; também não foi um filme sobre o tema. Foi apenas o texto com o contexto histórico, quando foram verificadas as distinções entre as três radiações e sua natureza.

O texto não possui uma estrutura sequencial, como um roteiro, para a construção do desenho. Se fôssemos definir um aspecto à ordem das ideias comentadas no texto, esta se assemelha mais a um espiral. O texto sempre retorna as radiações alfa, beta e gama, acrescentadas novas informações. A compreensão dos dados apresentados no texto exigiu uma sistematização, agrupando corretamente as diferentes informações, cuja ordem demandou uma leitura crítica. A complexidade de agrupamento das informações exigiu a presença de alguém com mais conhecimentos sobre o assunto do texto e sobre a proposta da atividade, formulando questões para o direcionamento do trabalho. Esse foi o professor com questões que auxiliaram os alunos a somarem as informações presentes no texto. Assim, as interações com o professor ocorreram quase simultaneamente com a soma das informações retiradas do texto.

Logo a construção do desenho final passou pela elaboração de um desenho mental, a partir da interação com os diferentes pares: os demais alunos do grupo, o professor, o texto e outros grupos para, posteriormente, a externalização desse desenho em papel. Na Figura 4

destacamos a trajetória percorrida pelos alunos do grupo em destaque, até chegarem a representação pictórica final: o desenho representado.

Figura 5 – Do texto à representação pictórica.

Nessa Figura 5, as setas mostram apenas algumas interações que ocorreram, mas não quantas vezes, por exemplo, o grupo retornou ao texto, ou que elementos eles associaram de outros grupos. Os dados não dão conta de nos auxiliar a pontuar todas as interações. Podemos apenas esboçar algumas das interações.

3.5 Quais informações os alunos extraíram do texto para a construção do desenho referente a penetração das radiações na matéria?

Nesse grupo, como nos demais, havia quatro componentes. Porém, nesse, eles se dividiram e cada dupla se responsabilizou por um desenho. Não sabemos em que momento negociaram essa divisão, porém, notamos que a aluna 18 passou a desenhar no turno 91. Ela desenhou uma representação para o conceito: desvios das radiações α , β e γ ao passarem por um campo magnético. Quando fizeram as apresentações, a aluna 18 descreveu um desenho e o

aluno A17 descreveu outro. Embora tenha ocorrido essa divisão, no decorrer das interações com o professor eles participaram como um grupo coeso.

Esse episódio se divide em duas partes: na primeira, os alunos realizaram leituras das informações consideradas importantes para eles no texto, sob orientações do professor, do turno 109 ao 115; e na segunda seção houve uma sistematização das informações lida.

Consideremos os turnos 109 ao 115:

T109 P: A penetração, não está falando disto.

T110 A17: Aqui ó (lendo no texto)

“os raios que são menos penetrantes são os raios alfa”. “E os raios que penetram mais, os raios beta. Além da diferença na penetração na matéria, ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos”.

T111 P: Penetração, vocês já sabem o que é. E mais para baixo?
E o gama?

T112 A17: “Com o resultado das experiências realizadas por Rutherford, bem como a de outros cientistas como Becquerel, conclui-se em poucos anos que os raios beta (β) são raios catódicos (elétrons).”

T113 A16: Procura aqui no meio. Por aqui.

T114 A17: “Entretanto, P. V. Villard, na França, descobriu uma terceira forma de radiação que era muito mais penetrante que as duas anteriores, que designou por raios gama (γ).
Os raios betas são raios catódicos elétrons”.

Descobriu uma terceira forma de radiação: os raios gama.

T115 P: Os raios gama.
Então qual é a menos penetrante?

A câmera acompanhou o professor em suas interações com os grupos e com toda a sala. No turno 109, quando a câmera se aproximou do grupo 6, um debate já havia sido iniciado, e a situação, questão ou observação de um desenho não foram registradas, o que desencadeou a seguinte afirmativa do professor aos alunos.

T109 P: A penetração, não está falando disto.

A aluna 17 justifica lendo o parágrafo sobre a penetração das radiações na matéria.

T110 A17: Aqui ó (lendo no texto)

“Os raios que são menos penetrantes são os raios alfa. E os raios que penetram mais, os raios beta. Além da diferença na penetração na matéria, ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos”

“Aqui ó” é o apontamento, juntamente com a entonação captada na gravação (LEMKE, 1998), de que o aluno A17 possui respaldo. Há uma evidência textual, e o que ele estava propondo estava certo, ou em conformidade com a informação do texto. Porém, ao ler as informações, ele também fala sobre a penetração das radiações na matéria e as deflexões sofridas quando as radiações alfa e beta passam por um campo magnético. Além disso, a referência lida pelo aluno A17 contém dois raios dos três citados no texto. Se o desenho tivesse como base apenas essas informações, certamente estaria incompleto (VIANA, 2007). Em auxílio à coleta de informações dos alunos, eles recebem orientações para realizarem a leitura de outros trechos do texto.

T111 P: Penetração, vocês já sabem o que é. E mais para baixo?
E o gama?

T113 A16: Procura aqui no meio. Por aqui.

Durante esses apontamentos sobre o que fazer, existem outras habilidades envolvidas, de competência da regência da aula (CARVALHO, 2007). Os alunos são ouvidos em suas leituras (turnos 110, 112, e 114); há o reforço do que é lido, ou seja, a confirmação dos conhecimentos adquiridos (turno 111) e um apontamento do que se deve buscar (T111). Essas competências dão o respaldo necessário para a segurança de que os conhecimentos que estão se estruturando estão corretos.

Nos turnos que se seguiram, os alunos foram auxiliados a sistematizar as informações relatadas durante as leituras e com questões que limitavam os dados solicitados na construção do desenho para a penetração das radiações na matéria, com algum detalhe sobre a natureza destas radiações.

T115 P: Os raios gama.

Então qual é a menos penetrante?

T116 A17: A menos penetrante é a alfa.

T117 P: Alfa.

Qual é a muito penetrante?

T118 A17: Gama.

T119 A16: Qual é?

T120 P: E a (radiação) beta é a intermediária.

Você tem que fazer uma figura que quando você olha você consegue ver. O raio que penetra menos, que é o beta, e o gama que penetra muito mais. O raio beta é o quê? Raio de?

T121 A17: de elétrons

No Quadro 3 destacamos uma sistematização das informações levantadas nesses turnos. Nos turnos 115, 117 e 120, estão os questionamentos do professor e auxílio a uma organização das informações apreendidas e nos turnos 116, 118 e 121, as respectivas respostas dos alunos.

Quadro 3 – Ideias apreendidas após a leitura.

T115 P: ...Qual é a menos penetrante	T116 A17: ... A menos penetrante é a alfa.
T117 P: Qual é muito penetrante?	T118 A17: Gama.
T120 P: E a (radiação) beta é a intermediária.	
T120 P: O raio beta é o quê? Raio de?	T121 A17: de elétrons

Nesse momento as informações já não são lidas – são a demonstração de que esses alunos assimilaram as ideias apresentadas no texto, ou seja, as informações em linguagem verbal. Porém como imaginam uma representação pictórica para compor estas informações (SUTTON, 1997; VIANA, 2007) somente pode ser avaliado após a representação externa: um desenho em papel. Assim, não apenas a oralidade ou a linguagem verbal escrita nos balizará de que ocorreu a correta apreensão das informações descritas no texto.

No Quadro 4 a seguir apresentamos nossa ferramenta para averiguar se as informações presentes no texto estariam representadas nos desenhos que viriam ser elaborados pelos alunos. Grifamos que ideias eles já adquiriram nas várias interações em sala de aula.

Quadro 4 – Ideias do texto a serem representadas no desenho 1 (sobre a penetração das radiações na matéria).

	Desenho 1
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.	
2. Diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria.	✓
3. Os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta.	✓
4. Os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa.	✓
5. Os raios alfa e beta sendo defletidos para lados opostos ao passarem por um campo magnético.	
6. Os raios alfa e beta tendo cargas opostas.	
7. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).	✓
8. Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.	✓
9. Os raios gama não se desviam ao passarem por um campo magnético.	
10. Sal de urânio.	
11. Partículas alfa são na verdade átomos de hélio ionizado.	

Os itens 5, 6 e 9 referem-se às informações que devem ser retratadas no desenho sobre o campo magnético. A fonte radioativa, indicada nos itens 1 e 11, não foram exploradas na interação dos alunos com o professor nesse episódio, e nem mesmo em outro momento da aula. Nas orientações sobre a atividade também não constava qualquer indicativo sobre esse detalhe; logo, esses alunos consideraram esses itens periféricos no texto.

Sobre a natureza das partículas, os itens 6, 7 e 11, nos quais se informa que os raios alfa e beta são raios de partículas (os raios beta são de elétrons e os raios alfa são de núcleos de hélio) e que estas possuem cargas diferentes, as orientações sobre a atividade também não faziam qualquer citação sobre a necessidade de distingui-los; porém, mesmo assim não passaram totalmente despercebidos. No turno 112, eles leem no texto a frase que informa o que são os raios catódicos. No turno 114, o aluno A17, após a leitura referente aos raios gama, afirma: “*Os raios betas são raios catódicos, elétrons.*”. E nos turnos 115 a 121 eles voltam a fazer essa afirmação, como resposta a um questionamento do professor, que os raios beta são raios de elétrons.

A comparação feita pelo professor e pelos alunos foi entre as três radiações, e, portanto, se alfa é menos penetrante (turno 116) e gama é muito penetrante (turno 118), que termo

poderia ser usado para referir-se aos raios beta? O texto compara as radiações alfa e beta, respectivamente, como menos e mais penetrante e, depois, a radiação gama como “ *muito mais penetrante*”. Uma vez que o texto utiliza frases com grande similaridade ao comparar as radiações beta e gama, a colocação do professor no turno 120 foi oportuna para a organização das informações junto aos alunos.

Os dados analisados nessa seção foram verbais, em sua maioria, com indicativos até de entonação de voz, quando notamos relevante. Essa consideração e outras foram levantadas por Lemke (1998), e também Carvalho (2006) afirma que o transitar entre as diversas linguagens da ciência é o que os nossos alunos não sabem fazer (LEMKE, 2002b). Notamos que do início da atividade, com declarações de dúvidas e questionamentos, até esse momento, os alunos: realizaram leituras do texto; debateram; argumentaram; possivelmente tenham imaginado uma representação pictórica; e fizeram uma inspeção com o auxílio do professor nos itens que devem constar nesta representação pictórica, ainda não externalizada em um desenho. Em suas falas deixaram claro como identificamos na o quadro acima, nos itens 2, 3, 4 e 8, que já possuem as principais características do fenômeno para expressarem em um desenho a penetração das radiações, alfa, beta e gama na matéria, acrescentando ainda o item 7, não solicitado nas orientações sobre a atividade, mas relevante ao pleno entendimento do conceito estudado. Vamos agora olhar como os alunos transformaram as informações adquiridas, a possível representação pictórica imaginada em uma representação pictórica externa.

3.6 A análise da exposição da representação pictórica externa parcial dos alunos

Próximo ao final da oitava aula, em que os alunos construíram suas representações pictóricas externas com base no texto estudado, eles passaram a apresentá-las e comentá-las. A representação pictórica externa sobre a penetração das radiações na matéria possuía mais informações que a representação pictórica externa sobre os desvios das radiações ao passarem por um campo magnético. Porém, na oitava aula, o desenho, a representação pictórica externa sobre os desvios das radiações, que ainda não estava completa, foi a escolhida pelo grupo para ser apresentada.

Figura 6 – Representação pictórica parcial sobre a trajetória das radiações ao atravessar um campo magnético.

T125 - 01

Esse desenho foi capturado da aula filmada, e ocorreu exatamente no turno 125, em que a aluna 17 o descreveu apontando os traços com um lápis.

T125 A16: Esse é o campo magnético, esse é o ímã e esse é o raio gama, e mostra que os raios gama não sofrem ação do campo magnético. Eles ultrapassam.

3.6.1 Que desenho essa aluna poderia representar até esse turno?

Analisando o texto e o debate travado durante a aula, notamos que a representação pictórica externa elaborada pela aluna 16, até o turno 125, possui limitações. Não está completa, mas não estava completa desde as declarações das informações por ela assimiladas. No Quadro

5 a seguir destacamos o que esperaríamos estar representado nesse desenho, com base nas informações presentes no texto, na primeira coluna. Na segunda coluna, que ideias foram assimiladas, declaradas pelos alunos na interação entre os membros do grupo e o professor. Na terceira coluna, identificamos que ideias estão representadas no desenho parcial apresentado no turno 125. E na quarta coluna, assinalamos o que a aluna 16 identificou em sua representação pictórica externa ao fazer uma exposição sobre ele, no turno 125.

Quadro 5 – Intercontextualidade na representação da trajetória das radiações ao atravessarem um campo magnético.

Coluna 1	2	3	4
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.			
2. Os raios alfa e beta sendo defletidos para lados opostos ao passarem por um campo magnético.			
3. Os raios alfa e beta tendo cargas opostas.			
4. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).	X		
5. Os raios gama não se desviam ao passarem por um campo magnético.	X	X	X
6. Sal de urânio.			
7. Partículas alfa são na verdade átomos de hélio ionizado.			

Eliminamos do Quadro 5 os itens referentes à penetração das radiações na matéria: diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria; os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta; os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa; e os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.

Notamos que a aluna, até esse momento, não fez nenhuma consideração sobre a fonte radioativa (itens 1 e 6) e sobre os desvios dos raios alfa e beta, embora tenha declarado que os raios beta são raios de elétrons. A informação sobre as radiações gama é a que se mostra satisfatoriamente compreendida. Foi declarada no debate sobre o texto, representada no desenho e declarada na leitura do desenho.

3.6.2 As relações entre os vários modos semióticos empregados

A citação de que há algo no desenho, uma linha que possa estar representando o campo magnético, na fala da aluna: “esse é o campo magnético” sugere a necessidade de uma posterior discussão sobre essa representação, para que não incorra a um obstáculo epistemológico, um materialismo exacerbado (BACHELARD, 1938/1996). A indicação do que seria o ímã não é necessária, pois faz parte da plataforma de imagens (VIANA, 2007) comuns a jovens e adultos. A presença de uma representação para o campo é como um pleonasmo na linguagem pictórica, uma vez que, associado ao ímã, inevitavelmente existe o campo magnético. A expressão “os raios gama não sofrem ação do campo magnético” mereceria consideração posterior por parte do professor quanto à linguagem empregada (CARVALHO, 2007). A melhor expressão no lugar de ‘ação’ seria ‘interação’. E a expressão “eles ultrapassam” também exprime uma limitação ao campo, indicando que as propriedades do campo magnético não foram abordadas convenientemente.

A linguagem verbal no turno 88 e o desenho feito pela aluna exercem a função de cooperação (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) ao indicar que os raios gama são linhas sinuosas, mas também de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003), ao indicar os raios gama desenhados como ondas, traços sinuosos, já que as radiações gama são ondas eletromagnéticas.

Após a realização do desenho até essa etapa, no turno 125, a aluna 17 utiliza o desenho para descrever o comportamento dos raios gama ao atravessarem uma região onde há um campo magnético, semelhante à prática descrita por Holton (1979) e empregada por Einstein. Embora não encontremos a citação explícita dessa função, de “âncora”, nos trabalhos dos diversos pesquisadores vistos em nossa revisão bibliográfica, essa prática de alternar modos semióticos para exposição e para compreensão de um fenômeno é essencial aos iniciados em uma enculturação científica e tecnológica, e é esta uma das deficiências que possuem nossos alunos apontadas por Lemke (2002b). Ele disse:

[...] podemos obter o significado diretamente por ação e observação, depois podemos interpretar e podemos representar em palavras, imagens, e fórmulas. Mas é precisamente como realizar esta síntese milagrosa de multimídias que

argumentam, que a maioria de nossos estudantes não aprende a fazer. (LEMKE, 2002b, p. 222).

Outra especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) que se apresenta no desenho da aluna 16 em relação às informações do texto e às suas falas são as indicações das polaridades do ímã. Em nenhum momento foi feito esse destaque, de que os polos ficam nas extremidades do ímã. Este ímã, como desenhado pela aluna, com polos na extremidade, é comum em desenhos em livros, mas não é comum em material didático experimental. Geralmente, os ímãs utilizados em aula possuem polos nas faces, pois são confeccionados com materiais sinterizados cujo custo é menor.

3.6.2.1 A representação pictórica externa sobre os desvios das radiações ao atravessarem uma região com a presença de um campo magnético

Nesta seção apresentamos o desenho finalizado desenvolvido pelo grupo 6 sobre os desvios das radiações na matéria ao atravessarem um campo magnético (Figura 7), a o quadro de análise das ideias representadas (Quadro 5), criada a partir das informações apresentadas no texto aos alunos, e nossas considerações sobre este desenho.

Figura 7 – Desenho do grupo 6 retratando trajetórias das radiações ao passarem por um campo magnético.

No Quadro 6 abaixo apresentamos as ideias presentes no texto que, se compreendido pelos alunos, poderiam estar presentes nas representações pictóricas. Se todas ou a maioria das informações descritas no texto estiverem representadas, então algo importante foi realizado pelos alunos; como ressalta Lemke (1998, p. 1.179):

A meta da educação científica, gostaria de dizer, devia ser para capacitar os alunos à utilização de todas estas línguas no significado e formas adequadas, e, acima de tudo, para ser capaz de integrá-los funcionalmente na condução da atividade científica.

Na coluna 1 estão listadas as ideias apresentadas no texto; na coluna 2, as ideias que identificamos nas falas dos alunos durante a construção do desenho; e na coluna 3, o que está representado no desenho dos alunos sobre os desvios das radiações ao atravessarem uma região em que há um intenso campo magnético.

Das ideias do texto, duas fazem referência direta aos desvios das radiações (itens 2 e 5 da o quadro abaixo), outras mais propriamente à natureza das radiações (itens 3,4 e 7) e à fonte radioativa (os itens 1 e 6).

Quadro 6 – Ideias citadas no texto e representadas pictoricamente sobre a trajetória das radiações ao atravessarem um campo magnético.

1	2	3
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.		
2. Os raios alfa e beta são defletidos para lados opostos ao passarem por um campo magnético.		✓
3. Os raios alfa e beta tendo cargas opostas.		
4. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).	✓	
5. Os raios gama não se desviam ao passarem por um campo magnético.	✓	✓
6. Sal de urânio.		
7. Partículas alfa são átomos de hélio ionizado.		

Em nossa leitura da representação construída pelos alunos, identificamos o ímã, suas polaridades bem definidas e uma linha limitando ou simplesmente fazendo referência à existência do campo magnético associado ao ímã. São claras também as três radiações, alfa,

beta e gama: alfa e beta, como raios de partículas, estão representadas como bolinhas, e as radiações gama como linhas em zigue-zague, se assemelhando às representações que utilizamos para ondas. Vemos também que os raios gama receberam dois traços para os representarem. Quando no texto lemos os raios beta, como são raios de partículas, uma sequência com várias bolinhas foi o suficiente. Mas os raios gama mereceram mais do que uma única linha, para estarem de acordo com o texto, “os raios”. Essa foi a maneira que a aluna encontrou para escapar de uma possibilidade de errar devido à epistemologia dessas complexas linguagens empregadas em radiações.

No desenho das alunas notamos ainda que as partículas alfa e beta atingiram posições diferentes em relação ao traço que delimita o campo magnético. Além disso, os desvios das radiações pareciam mais um ricocheteado, para lados opostos. Essas alunas empregaram características estéticas peculiares em seus desenhos. O desenho está centralizado no meio da página, o ímã possui uma certa simetria, coincidindo essa posição de simetria com a dos raios gama, e os raios beta e alfa também estão posicionados de maneira simétrica. Além disso, várias cores fazem distinções do desenho: o ímã é vermelho, com as polaridades pretas; as partículas que caracterizam os raios alfa estão pintadas de azul; as partículas do raio beta estão pintadas de vermelho; e os raios gama estão pintados de violeta.

Ouro detalhe sobre o desenho desses alunos são as legendas: a primeira flutuante, junto a cada ente representado, nomeando-os, e a segunda fixa, abaixo do desenho, composta apenas por palavras.

A proposta da atividade relacionada à segunda figura era a de criação de um desenho para auxiliar a compreensão do texto sobre os desvios das radiações:

- (2) Na posição referente ao segundo quadro deveria conter uma figura que auxilia a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .
 Desenhe uma figura com esta finalidade.
 Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

A principal fonte de informações para a construção da representação pictórica para o fenômeno de desvio das radiações era o texto. A principal, pois era ponto de partida para a construção, mas não única, os alunos possuíam informações dos textos já estudados, principalmente sobre os raios X, o que possibilitou intertextualidade, e também informações de

outros contextos, tal como, suas aptidões para o desenhar possibilitando a intercontextualidade (LEMKE, 1998). A coleta do conjunto de informações que necessitavam ser somadas à representação é parte intrínseca da questão proposta. Os alunos se mantiveram rígidos à orientação e, por isso, parcialmente representaram a natureza das radiações, ao desenharem bolinhas para os raios alfa e beta e ondas para os raios gama, sem fazer nenhuma menção à fonte radioativa.

Quando os alunos comentaram a construção, citaram um detalhe sobre a natureza dos raios beta, que são raios de elétrons. Mas na representação pictórica esse detalhe não ficou claro. Não há uma referência a essa informação. Roth e Lawless (2002) descrevem que mesmo nas representações, à medida que se trabalha mais com um determinado assunto, há mais independência dos objetos materiais, ou das representações, optando por uma teorização dos conceitos e/ou uma narração dos elementos materiais. Bachelard (1938/1996) chama de afastar-se de uma imagem visual em direção à compreensão do fenômeno de abstração. No trabalho desses alunos eles simplesmente deixam de utilizar a informação sobre a natureza da radiação. A orientação para a atividade poderia ter solicitado a representação tanto da natureza das radiações quanto detalhes sobre a fonte radioativa. Na ausência desses apontamentos, o desenho dos alunos atendeu ao solicitado.

3.7 Informações sobre a nona aula

Na nona aula, o professor apresentou e comentou a sequência das atividades até essa aula e apresentou um recorte de um filme, com menos de um minuto, sobre o desvio dos raios beta em um tubo de raios catódicos. A figura 8, a seguir, é uma foto extraída desse filme.

Figura 8 – Tubo de raios catódicos.

Nessa aula havia uma pequena quantidade de alunos – foi uma aula atípica, com um tempo bastante reduzido. O filme tem duração de alguns segundos. Ele mostra as deflexões sofridas pelo feixe de raios catódicos quando um ímã é colocado próximo ao tubo. A pessoa que segurava o ímã o aproxima e o afasta. Nota-se claramente que as deflexões se alteram em razão da aproximação e afastamento do ímã. Em seguida, o ímã foi invertido, mudando a polaridade e, conseqüentemente, a orientação do campo magnético. Logo o feixe passou a ser defletido para cima. O professor passou algumas vezes o filme e relatou o ocorrido para os alunos, utilizando a regra da mão direita para descrever a razão do desvio da radiação. Comentou também o que são os raios beta, alfa e gama. Essa aula não foi filmada.

3.8 Partições ocorridas na décima aula

A décima aula sobre as radiações alfa, beta e gama, com base no texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”, ocorreu em 31 de outubro de 2008, no laboratório da escola.

As atividades desenvolvidas na aula tiveram as seguintes partições: I) Introdução à décima aula; II) A leitura dos desenhos originalmente propostos pelo autor Siqueira (2006); III) A apresentação dos desenhos dos grupos; e IV) A leitura e análise dos detalhes de um desenho feito pelos colegas (Desenho do grupo 3).

Os episódios selecionados em nossa análise são: signos e significados representados na figura sobre as penetrações das radiações na matéria; signos e significados representados na figura sobre a trajetória das radiações ao passar por um campo magnético; as relações entre os modos semióticos nas representações da matéria; as relações entre os modos semióticos nas representações das radiações; três relações de especialização na segunda figura, a qual retrata as trajetórias das radiações; as dúvidas quanto à identificação dos raios representados; o desenho sobre a penetração das radiações na matéria feito pelo grupo 66; considerações parciais sobre a apresentação do desenho: a penetração das radiações na matéria; e o desenho sobre os desvios das radiações ao atravessarem uma região com a presença de um campo magnético.

3.9 Na introdução à décima aula

A décima aula teve início com o professor comentando o que havia sido realizado nos últimos dias: a atividade de construção dos desenhos para o texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford” e as apresentações da última aula, quando se assistiu o filme com imagens dos raios catódicos em um tubo apropriado. Durante essas falas iniciais, foram propostas algumas questões. Abaixo estão alguns recortes de turnos em que se apresentaram essas questões iniciais.

*T2 ... Lembram que cor era o raio dentro do tubo?*⁵

T5 ... O que são os raios beta?

T5 ... O gama, alguém lembra o que é?

Os alunos pouco se pronunciaram inicialmente, e logo no turno 5 foi proposta a atividade para a segunda seção da aula: fazer uma comparação entre os desenhos elaborados pelos alunos e o desenho proposto pelo autor. Para isso, aos alunos foram apresentados aos desenhos propostos no texto, pelo autor, Siqueira (2006).

⁵ Os dados foram retirados da oitava e da décima aula. Os turnos estão escritos em Times New Roman, 11. Porém, para os turnos da 10ª aula, foi utilizado o *itálico*.

3.10 Análise das figuras propostas para o texto, por Siqueira (2006)

Nesta análise listaremos significados representados nas figuras propostas pelo autor, Siqueira (2006), para o texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”; ou seja, faremos uma leitura do que está representado nos dois desenhos que retratam a penetração das radiações na matéria e a trajetória que possuem as diferentes radiações, alfa, beta e gama, ao passarem por um campo magnético.

A importância desta análise é ter mais um referencial para o estudo dos desenhos elaborados pelos alunos. Em nossa avaliação, descreveremos ainda quais signos foram utilizados nos desenhos e se poderiam ser classificados como indicadores da presença de alguma concepção descrita como obstáculo epistemológico: a admiração, a generalização, a substancialização e o animismo (BACHELARD, 1938/1996) e as relações entre os modos semióticos empregados.

3.10.1 Signos e significados representados na figura sobre as penetrações das radiações na matéria

Figura 9 – Representação das penetrações das radiações na matéria.

1. Uma fonte radioativa, de onde se originam as três radiações: alfa, beta e gama.

2. Diferenças nos traços correspondentes às três radiações:

Raios alfa como bolinhas maiores;

Raios beta como bolinhas menores;

Raios gama como onda.

3. Três materiais diferentes: papel, alumínio e chumbo.

4. O raio alfa é bloqueado pelo papel.

5. O raio beta atravessa a folha de papel, porém, é bloqueado pelo alumínio.

6. O raio gama atravessa o papel e o alumínio, mas é bloqueado pelo chumbo.

7. O papel é sinuoso – indicando que é uma folha de papel.

8. O alumínio é rígido – assemelha-se a uma chapa.

9. O chumbo é muito espesso em relação ao alumínio e ao papel. Trata-se de um bloco.

3.10.2 Signos e significados representados na figura sobre a trajetória das radiações ao passar por um campo magnético

Figura 10 – Representação da trajetória das radiações ao passarem por um campo magnético.

1. Amostra de rádio dentro do bloco de chumbo, com uma única abertura na direção da linha que passa entre os polos de um ímã, cuja forma é de uma ferradura.

2. Três feixes de raios emitidos pelo rádio: alfa, beta e gama, representados por linhas contínuas.
3. Os raios alfa e beta se declinam para lados opostos, e os raios gama não sofrem alteração em sua trajetória.
4. Os raios beta sofrem uma deflexão maior que os raios alfa.
5. Um ímã indica a presença de um campo magnético.

3.10.3 As relações entre os modos semióticos nas representações da matéria

Na primeira figura⁶, que retrata a penetração das radiações na matéria, há três materiais: o papel, o alumínio e o chumbo. Esses diferentes materiais possuem espessuras diversas. A figura nos mostra uma blindagem aos raios alfa, beta e gama, ou seja, mostra quais materiais e espessuras cada um deles deve ter para blindar os diferentes tipos de radiação. Basta uma folha de papel para blindar o raio alfa; porém, as radiações beta e gama ultrapassam o papel. Basta uma lâmina de alumínio para blindar os raios beta; porém, essa chapa de alumínio é incapaz de interromper a propagação dos raios gama, bloqueados apenas por um bloco espesso de chumbo.

Lembre-mos que o texto relata a penetração das radiações como mais ou menos penetrantes na matéria. Em nenhuma seção do texto é feita alusão a diferentes materiais.

Portanto, há uma relação de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) nas linguagens empregadas, verbal escrita e pictórica, para compor os significados, ou seja: “se considera que a relação é de especialização quando os modos semióticos que contribuem para dar significado em um mesmo processo realizam funções distintas.” (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003, p. 378).

A relação de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) é bilateral. Há informações na figura que não estão no texto, porém há informações no texto que não estão na figura. Logo, fazer a leitura do texto, e não da figura, implica em obter uma informação incompleta sobre o tema. Ao mesmo tempo, a leitura da figura não se traduz em

⁶ Esta figura encontra-se no Anexo 4 deste trabalho e corresponde à Figura 8, no item 3.10.1.

uma transparência dos conceitos do texto, até mesmo devido ao caráter histórico. Outro ponto não relatado no texto é a emissão das três radiações, α , β e γ , de uma única fonte radioativa.

Se as informações existentes na figura possuem tamanha relevância, sua utilização é imprescindível. Porém, o que define essa relação figura e texto é exatamente a função para que se emprega o uso da figura. E claramente se nota o objetivo do texto e a função da figura nas propostas de atividades associadas a essas linguagens.

Uma experiência em leitura de imagens aponta diferentes formas de leitura, e, portanto, diferentes funções. Isso destaca a necessidade de se estabelecer formas de trabalho que prestigiem habilidades e competências que devem ser desenvolvidas na utilização de imagens, ou seja, ao se projetar uma atividade também estas habilidades e competências, que estão associadas ao uso de imagens, devem estar presentes.

3.10.4 As relações entre os modos semióticos nas representações das radiações

Outro detalhe na figura que retrata a penetração das radiações na matéria é a distinção de traços para as diferentes radiações, alfa, beta e gama. As radiações alfa e beta como pequenas bolinhas, sendo as da radiação alfa maiores que as da radiação beta; e os raios gama como linhas sinuosas, comumente utilizadas nas representações de entes físicos compreendidos com o modelo de ondas.

Do início ao final do texto, apresenta-se uma evolução na compreensão da natureza dos raios alfa e beta. Inicialmente, parecem ser formas de radiação, mas no terceiro parágrafo é elucidado que o raio beta é, na verdade, um raio de partículas, de elétrons, e no sexto parágrafo há a indicação de que os raios alfa são raios de átomos de hélio ionizado. Essas informações sobre o que são os raios se encontram de certa forma no texto e na primeira figura, sobre a penetração das radiações na matéria. Porém, a figura está localizada ao lado do segundo parágrafo. Assim, ela deve ser lida após o segundo parágrafo, relida após o terceiro parágrafo e relida após o sexto parágrafo.

Esse trabalho de leitura e releitura dão clareza sobre os signos empregados e revelam: como a ciência utiliza variadas linguagens (LEMKE, 2002a), com figuras sendo elementos

integrantes nos argumentos (PERINI, 2005); que a leitura de uma figura da ciência é um trabalho árduo, principalmente enquanto os alunos não adquirem esta habilidade de transitar entre as várias linguagens empregadas pela ciência (LEMKE, 2002b).

Os raios alfa, átomos de hélio ionizados, são representados por bolinhas maiores que os raios beta, que são de elétrons. A figura não possui uma correspondência de proporcionalidade, mas a alusão às dimensões maiores das partículas alfa pode despertar questionamentos e debates sobre essas dimensões.

As duas linguagens, verbal e pictórica, na análise das dimensões das radiações alfa e beta realizam uma relação de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003), já que no texto não há informação do fato do átomo de hélio ter dimensões maiores que os de elétron. Mas também, uma relação de cooperação (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) evidencia que as radiações alfa e beta são raios de partículas, e os raios gama são ondas eletromagnéticas, pois

se considera que a relação é de cooperação quando os modos comunicativos que contribuem para dar significado possuem um mesmo tipo, em um mesmo processo em um espaço semiótico e realizam uma mesma função [...] os modos comunicam o mesmo significado e fazem a mesma função. (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003, p. 378).

O uso de bolinhas para representar partículas de dimensões subatômicas é uma analogia a objetos de dimensões macroscópicas, que se iniciou com a teoria cinética molecular, procurando a aplicabilidade das equações do movimento para estudo dos gases. Remete ao auge e limite da física clássica e determinista, em que as representações pictóricas de elementos macroscópicos, ou em analogia a elementos macroscópicos, servem muito bem.

Portanto, a utilização de bolinhas para descrever entes subatômicos deve ser arraigada de esclarecimentos dos limites dessa analogia, tornando claro seu real valor na utilização dessa representação, para que não se propague a partir das representações uma visão de coisa, como advertem Moreira (2007) e Abdalla (2004).

3.10.5 Três relações de especialização na segunda figura⁷, que retrata as trajetórias das radiações

Na figura 9, que retrata as trajetórias das radiações ao atravessarem uma região onde há um campo magnético, há uma relação de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) entre as linguagens verbal escrita e pictórica na representação da fonte radioativa, que se encontra protegida em um bloco de chumbo, permitindo que as radiações alfa, beta e gama sejam liberadas em uma única direção. Além disso, o elemento radioativo é o rádio na segunda figura, e no texto é o sal de urânio, embora no texto anterior (“A descoberta da radioatividade” – Anexo 4) tenha sido discutido que o rádio é um dos elementos componentes do sal de urânio.

Na figura 9, que seria a segunda figura originalmente proposta pelo autor, os raios alfa, beta e gama são linhas contínuas, todas iguais, e os raios beta sofrem mais deflexão que os raios alfa. Também esta é uma relação de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) com as informações do texto, que não relatam qual deflete mais. Outra importante consideração sobre a forma de representação utilizada na linguagem pictórica empregada para os raios alfa e beta, que são raios de partículas, e os raios gama, que são ondas eletromagnéticas, está nas trajetórias. Considerando que em ambos os casos as trajetórias são contínuas, portanto, uma ocorrência topológica (LEMKE, 1999), a utilização do desenho para descrevê-las é mais apropriada que a linguagem verbal escrita.

Os raios alfa, beta e gama passam pelo espaço entre os polos de um ímã. Não há linhas ou qualquer outro meio que represente o campo magnético. A presença do ímã implica na presença de um campo magnético. Esta é a terceira informação que tem relação de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) entre os modos semióticos empregados.

3.11 Apresentação aos alunos das figuras propostas pelo autor, Siqueira (2006)

Após a introdução da décima aula, foi relatada a sequência das duas últimas aulas e os alunos foram instigados sobre o pequeno filme apresentado na última aula, com algumas

⁷ Esta figura encontra-se no Anexo 4 deste trabalho e corresponde à Figura 9, no item 3.10.2.

questões. No turno 5 foi proposta uma nova atividade: a comparação entre os desenhos propostos por Siqueira (2006) para o texto, e os desenhos elaborados pelos alunos.

T5 *E nesse novo texto, pessoal,
Ou nesse velho texto, você tem a figura, as que mais são usadas nos
livros didáticos, no local exato.
Para descrever cada situação:
Esta é a figura mais utilizada, quando se fala da penetração da
radiação na matéria.
Quando se fala dos desvios das radiações alfa e beta, esse é o desenho
que você mais encontra nos livros.
E agora vocês vão me dizer o significado dos desenhos de vocês e
tentar olhar e comparar e dizer: não, nosso desenho tem tudo que aqui
tem. Ou: nosso desenho faltou algum detalhe. Faltou isso, mas está
perfeito. Ou não está perfeito?
Vocês vão ter que comparar o desenho de vocês com o desenho que é
mais usado para explicar este fenômeno.
E depois cada grupo tem que falar o significado de seu desenho.
(O professor passa a distribuir as folhas)*

Para a atividade proposta, os alunos receberam os desenhos por eles elaborados na oitava aula e o texto utilizado como fonte de informações para a construção de seus desenhos. Em seguida apresentou-se, na tela da televisão, o desenho suprimido do texto sobre os desvios das radiações em um campo magnético.

Figura 11 – Professor questionando a identificação dos traços do desenho.

Na sequência, os alunos foram questionados sobre a identificação dos termos da figura, dos traços do desenho e seus respectivos significados.

Os alunos não conseguiam realizar a leitura das legendas da figura por estarem distantes, pela má resolução do vídeo e porque as letras eram muito pequenas. O questionamento inicial foi sobre o traço que representa a radiação gama, o que os alunos prontamente responderam. Eles não apresentaram dúvidas de que as linhas apontadas pelo professor tratavam dos raios gama. Mas quando foi solicitada uma justificativa (T10), a aluna 16 mostrou-se convicta (LEMKE, 1998), no turno 11, de que estava certa.

- T7 P: O raio que passa direto, que raio é este?*
T8 A16: É o gama
T9 A2: O raio gama.
T10 P: Por que é o gama?
T11 A16: É lógico. Porque ele é o mais penetrante de todos.

O mesmo questionamento foi levantado e a aluna 2 justifica corretamente, uma vez que o desenho tratava dos desvios das radiações ao passar por um campo magnético.

- T12 P: Pega o pessoal.*
Por que é o raio gama, pessoal?
T13 A2: Porque ele não é sensível ao campo magnético.

Ao serem questionados a respeito do primeiro raio, os raios gama, eles fazem a correta identificação e apresentam duas justificativas para suas respostas.

- T11 A16: É lógico. Porque ele é o mais penetrante de todos.*
T13 A2: Porque ele não é sensível ao campo magnético.

A dificuldade apresentada pela aluna 16 em responder a questão vem sendo apresentada desde a aula anterior. A apresentação da atividade obedecia a uma ordem: o desenho 1, referente à penetração das radiações na matéria; e o desenho 2, referente aos desvios das radiações ao atravessarem um campo magnético. Nas discussões com o grupo, algumas vezes os questionamentos direcionados aos alunos estavam em ordem inversa. Assim como no início dessa aula, apresentou-se a figura referente aos desvios das radiações, a segunda figura proposta na atividade e na ordem do texto, e a resposta apresentada pela aluna

16 fez referência ao desenho sobre penetração das radiações na matéria, mas não sobre os desvios das radiações. Caso conscientemente esta fosse a justificativa da aluna 16, no turno 11, em que ela fala sobre a penetração, isso poderia ser considerado uma substancialização do campo, um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1938/1996). Mas o campo não possui um signo que o retrate. A presença do campo se deduz pela presença do ímã. Assim, o obstáculo epistemológico não pode ser considerado existente pela expressão da aluna 16. Portanto, a justificativa da aluna se baseia apenas no fato de os raios gama serem representados com linhas que vão além das que representam as radiações alfa e beta.

Logo, a frase justificando a identificação dos raios gama: “ele é o mais penetrante de todos”, no turno 11, é uma razoável leitura do desenho, mas não correta. A aluna não foi capaz de, nesse momento *contextualizar* (LEMKE, 2002b) as palavras características a cada fenômeno: a penetração das radiações na matéria e os desvios ao passar por um campo magnético.

3.11.1 Análise das considerações feitas pelos alunos

No turno 14 há um reforço das falas corretas dos alunos e é proposta uma nova questão sobre uma das radiações apresentadas no desenho.

T14 *P: Isso, ele não sofre ação do campo magnético, eles não são sensíveis ao campo magnético.
Eles passam direto
Está passando, lá, direto no quadro, na lousa, na TV, são os raios gama.
Depois você tem, logo ao lado esquerdo do gama, um que sofre pouco desvio.*

Os alunos imediatamente completaram a fala do professor, identificando o raio ao qual ele se referia. Alguns alunos (18, 16, 8 e 17) travaram uma disputa sobre a identificação do raio em pauta. Alguns repetiram seu posicionamento para que prevalecesse contra as diferentes respostas ao seu entendimento, e alguns deles falaram ao mesmo tempo.

Ao ouvirmos o áudio gravado da aula, por vezes percebe-se que se tratava das radiações beta e, por vezes, das radiações alfa (Figura 10).

- T15** *A18: Beta*
T16 *A16: É o beta*
T17 *P: É o alfa ou é o beta?*
T18 *A16: Alfa*
T19 *A8: Beta*
T20 *A16: Alfa*
T21 *A16: Alfa*
T22 *A16: Alfa*
 [...]

T23 *A17: É o Beta*
T24 *A17: Beta.*
Beta
Beta
T25 *A16: Não. É o alfa.*
É o alfa.
T26 *P: Mas esta figura, esta figura não é a figura sobre penetração na matéria. Esta figura é sobre desvios das radiações.*

Figura 12 – Identificação dos desenhos.

Depois de acirrada disputa ocorreu uma intervenção do professor, advertindo que o desenho era uma representação dos desvios das radiações, e não uma representação da penetração das radiações na matéria, mas logo alternou o desenho (T26). Os alunos persistiram em conseguir identificar as radiações e o bate-rebate persistiu até o turno 50.

- T44** *A17: É o beta e acabou.*
T45 *A16: Eu acho que é o alfa.*
T46 *A17: É o beta.*
T47 *A8: É o gama. (com ironia)*
T48 *A3: Tenho certeza absoluta que é o alfa. Tenho certeza*

Os alunos estavam tão convictos de suas respostas que uma aluna, A8, ironicamente (e isso é possível se distinguir no áudio gravado da aula) (LEMKE, 1998; CARVALHO, 2006) propôs que o traço tão debatido se referia ao raio gama, o que seria impossível. O raio gama já havia sido identificado e sua presença na figura já havia sido satisfatoriamente justificada. A proposta dessa aluna é uma defesa à sua posição, defendida tantas vezes, e que encontrava ainda alguma resistência.

3.11.2 As dúvidas quanto à identificação dos raios representados

Figura 13 – Retrato das penetrações das radiações na matéria.

Figura 14 – Retrato da trajetória das radiações ao passarem por um campo magnético.

Inicialmente foi apresentado apenas o desenho sobre os desvios das radiações. Os alunos confundiram o fato de as radiações alfa e beta se desviarem ao atravessarem uma região em que há campo magnético com a penetração das radiações na matéria. Para eles, o desvio significava que as radiações não conseguiam se manter na trajetória retilínea; assim, se desviaram porque eram menos penetrantes.

Nesse momento da aula a figura no monitor foi trocada, porém, devido à baixa nitidez do monitor, o professor citou o que estava escrito na legenda. Essa legenda exerce uma relação

de cooperação dos modos semióticos (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003), o modo verbal e o pictórico, dentro de um mesmo espaço gráfico.

T51 P: *Aqui no alto tem a fonte radioativa.
Depois você vê um papel.
O papel é atravessado por uma radiação.
Depois, esta segunda figura aqui é alumínio. E ele consegue ser atravessado por outra radiação.
E no final aqui é o chumbo.
Então você tem três, tem três materiais, papel é o primeiro, alumínio é o segundo e chumbo é o terceiro.
Então você tem uma radiação que é bloqueada até por papel.
Depois você tem uma radiação que ela atravessa papel, mas no alumínio já segura ela.
Depois você tem outra, que para deter ela, só se for uma chapa bem maior que as outras e bem espessa de chumbo.
Esta é a figura sobre penetração das radiações na matéria.
Embora não de para,
Até que dá para.
Qual é a radiação ai menos penetrante?*

Na fala do professor há a identificação dos diferentes materiais da fonte radioativa. Os raios que são blindados pelos materiais não foram identificados, e a última frase é um questionamento exatamente para que os alunos façam essas identificações: qual é a radiação menos penetrante?

T52 A: *é o alfa. (nesse momento vários alunos falam juntos, quase que em coro)*
T53 A: *é o alfa.*
T54 P: *A segunda radiação menos penetrante:*
T55 A: *beta.*
T56 A: *beta.*
T57 T52 P: *e a mais penetrante?*
T58 A: *alfa,*
T59 T52 A: *ah, que alfa? É o gama.*
T60 P: *é o gama.*
Agora eu quero ver... o que vocês... o desenho de vocês sobre penetração da radiação na matéria.

Nota-se que os alunos compreenderam bem as informações que se encontravam no desenho. Por várias ocasiões já haviam demonstrado isso, que assimilaram as informações em

linguagem verbal, porém, desassociadas à leitura do desenho. À linguagem pictórica ainda faltavam significados claros. Nesse momento são alinhadas as linguagens verbal e pictórica. Esse episódio é a evidência do árduo trabalho que descreve Otero e Greca (2004) para a realização da leitura de uma figura.

A dificuldade de leitura do desenho mostra lacunas na educação desses jovens. Mostra que o estudo dos desenhos necessita ser mais trabalhado. O referencial das declarações está sendo movido da linguagem verbal escrita no texto para a representação pictórica. Os relatos e identificações dos raios quanto às penetrações passam a ter, na representação pictórica, uma opção de expressão e de referência para descrição na linguagem verbal. Essa possibilidade de alternar diferentes modos semióticos de expressão é defendida por Lemke (2002b) como algo que deveria ser um dos objetivos da ciência.

3.12 Análise das representações pictóricas elaboradas pelos alunos

A partir desse momento, com essa postura já assimilada, de ler os detalhes dos desenhos, a aula foi direcionada à leitura dos desenhos dos alunos (T58).

O grupo 6 foi o primeiro a ser convidado a apresentar seu desenho a sala. O aluno 16 se destaca dos grupos, que estão sentados nas bancadas, e relata seu desenho. Logo após a breve descrição, algumas questões foram direcionadas ao aluno sobre seu desenho, e ele as respondeu. Nota-se também que alguns desenhos parciais foram completados ou modificados, enquanto se travavam os debates até este momento da aula.

3.12.1 A representação pictórica sobre a penetração das radiações na matéria feita pelo grupo 6

Consideraremos nessa análise os entes físicos representados, se contêm as informações fornecidas pelo texto, isto é, se o desenho é uma representação completa ou não (VIANA, 2007), se há possibilidade de que algum detalhe possa ser classificado como obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1938/1996), ainda que, em nossa visão, com respaldo na

exposição de Sutton (1997), o ensino possa utilizar de artifícios em seu processo de construção dos conceitos, e se as relações entre os modos semióticos empregados são todas de cooperação, ou se alguma delas é de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003).

Logo nesta seção de nossa análise vamos apresentar o desenho desenvolvido pelo grupo 6 em sua última versão, o quadro 7 de análise das ideias representadas, que criamos a partir do próprio texto utilizado pelos alunos, e nossa consideração sobre este desenho.

Figura 15 – Representação pictórica do grupo 6 retratando as penetrações das radiações na matéria.

No Quadro 7 apresentamos as ideias extraídas do texto que poderiam estar presentes na representação dos alunos. “Poderiam”, porque alguns detalhes podem não estar expressos no desenho. Na coluna 1, estão listadas as ideias extraídas do texto; na coluna 2, estão assinaladas as ideias que identificamos presentes nas falas dos alunos na oitava aula, quando foram inicialmente construídos os desenhos; e na coluna 3, assinalamos o que notamos representado neste desenho. Utilizamos o símbolo e com a letra E indicamos informações que foram escritas pelos alunos em seus desenhos.

Quadro 7 – Ideias citadas no texto a serem representadas pictoricamente sobre a penetração das radiações na matéria.

1	2	3
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.		
2. Diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria.	✓	✓
3. Os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta.	✓	✓ E
4. Os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa.	✓	✓ E
5. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).	✓	
6. Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.	✓	✓ E
7. Sal de urânio.		
8. Partículas alfa são, na verdade, átomos de hélio ionizado.		

O texto utilizado, de onde os alunos obtiveram as informações, indica que os raios alfa e beta são emitidos pela mesma fonte radioativa. Nas duas figuras propostas para o texto, as radiações alfa, beta e gama partem de uma mesma fonte radioativa. Os alunos observaram esses desenhos, o professor fez a leitura da legenda desses desenhos e a leitura do desenho. Contudo, esse detalhe de que as radiações procedem de uma fonte radioativa não foi representado no desenho e nem mesmo no escrito. Alguns alunos realizaram pequenas reformulações (VIANA, 2007) em seus desenhos à medida que novas informações eram agregadas no decorrer da aula. Porém, o desenho desse grupo permaneceu inalterado.

Podemos apenas tecer suposições sobre o fato da falta de representação de uma fonte radioativa: os nomes dessas fontes as tornaram algo novo, mas também inacessível aos alunos, uraninita ou sal de urânio; os nomes da fonte estavam relacionados ao urânio, e que essa substância é radioativa é um conhecimento comum, não necessitando de maiores detalhes; esse detalhe não possuía uma orientação específica na proposta da atividade sobre sua representação; ou os alunos desconheciam uma possível representação para o urânio e, por isso, resolveram não representá-lo. Uma dessas suposições pode ser a razão da falta de representação da fonte radioativa, ou mais de uma delas, associadas.

Outra suposição bastante razoável seria a resistência em considerar esta uma representação parcial, que carecia de outros detalhes, e não final, uma vez que os alunos estavam **orgulhosos** de sua criação. Esse orgulho se nota na fala do aluno, na entonação da voz (LEMKE, 1998) ao relatar e esclarecer detalhes de seu desenho.

As diferenças entre as radiações, devido à penetração que tinham na matéria, foram expostas na linguagem verbal, e também representadas nos desenhos dos alunos. Eles estabeleceram o limite à radiação alfa, a pele do elefante. Como se a pele fosse suficiente para blindar essa radiação. As radiações beta foram representadas com um traço que penetra um ou dois centímetros no corpo do elefante, e a radiação gama vai muito além das outras radiações. Esses alunos reforçam os detalhes de seu desenho com uma legenda, colocada no canto inferior esquerdo, que classifica a penetração com cada traço específico. Esta legenda que, em si, é uma associação das linguagens verbal escrita e pictórica, realiza função de cooperação (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) com o desenho.

Figura 16 – Legenda construída pelo grupo 6, no desenho referente à penetração das radiações na matéria.

Os itens 6,7 e 11: os raios alfa e beta têm cargas opostas; os raios beta são catódicos (elétrons); e partículas alfa são, na verdade, átomos de hélio ionizado, fazem parte das distinções dos três tipos de radiações. Os alunos haviam relatado que os raios beta são raios de elétrons (coluna 2), porém, essas distinções da natureza das radiações não foram representadas no desenho. Nos traços das radiações, os alunos as diferenciaram, mas com traços característicos à representação de ondas, e escreveram quais se referiam a cada radiação, mas esse detalhe se associa às características dessas radiações quanto à penetração das radiações na matéria, e não quanto à natureza das radiações.

Mesmo com a ausência de alguns detalhes na representação, podemos considerá-la **completa** (VIANA, 2007), pois o desenho solicitado na atividade era restrito ao que se trata da penetração das radiações. Veja a orientação proposta na atividade abaixo.

(1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria conter uma figura que auxilia a compreensão do texto quanto à penetração das radiações. Desenhe uma figura com esta finalidade.

Além de atender especificamente à proposta da atividade, criar um desenho com a finalidade de auxiliar a compreensão do texto quanto à penetração das radiações na matéria, a ausência de outros detalhes no desenho constitui um alívio na *densidade gráfica*, mas um aumento da densidade semiótica (MARTINS, 2005).

3.12.2 A apresentação da representação pictórica sobre a penetração das radiações na matéria, feito pelo grupo 6

Tendo já analisado o desenho sobre a penetração das radiações na matéria, serão analisadas as considerações desses alunos em relação à representação elaborada por eles.

São apresentados, a seguir, o recorte da aula a ser analisado; o quadro com as ideias citadas ressonantes às ideias do texto; e um comentário sobre como as ideias do texto foram notadas em cada etapa dos presentes dados.

T66 *P: Mostra o desenho.*

T67 *A16: O desenho é da traseira de um elefante
E eu representei oooo*

Figura 17 – Aluno A16 descrevendo seu desenho.

T68 *P: Cadê? Isto aqui é a traseira de um elefante?*

T69 A16: *É. Aqui o rabo dele.*

Figura 18 – Aluno A16 destacando as peculiaridades de seu desenho.

T70 P: *Tá bom.*

T71 A16: *E aqui eu representei o alfa, né. Que ele é menos penetrante. O beta que ultrapassou, mas não foi muito, e o gama que atravessou.*

T72 P: *Deixe-me ver o desenho.*

Figura 19 – Inspeção realizada pelo professor.

Diga-me uma coisa, por que a diferença nos traços do desenho? Do alfa, do beta e do gama? Têm diferentes...

A16: *É só para ficar bonitinho.*

T73 P: *É, e o grupo?*

T74 A18: *É para diferenciar, né professor.*

T75 A16: *Eu ia pintar colorido o meu desenho.*

T76 A18: *Já quem olha dá para saber a diferença de cada raio.*

Já foram analisadas as ideias extraídas do texto e que fazem parte da presente ferramenta de análise, que se encontra na coluna 1, no Quadro 8; os entes que estavam presentes nas falas dos alunos durante a construção do desenho, na oitava aula, estão grifados na coluna 2; os entes identificados no desenho dos alunos estão grifados na coluna 3;

acrescenta-se agora uma nova coluna com as identificações feita pelo aluno 16 e seu grupo, ao descreverem seu desenho, na coluna 4.

Quadro 8 – A presença das ideias citadas no texto nas diferentes etapas do processo de construção da representação pictórica.

1	2	3	4
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.			
2. Diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria.	✓	✓	✓
3. Os raios alfa sendo menos penetrante na matéria que os raios beta.	✓	✓ E	✓
4. Os raios beta sendo mais penetrante na matéria que os raios alfa.	✓	✓ E	✓
5. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).	✓		
6. Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.	✓	✓ E	✓
7. Sal de urânio.			
8. Partículas alfa são na verdade átomos de hélio ionizado.			

Uma primeira consideração sobre esse episódio, da leitura e apresentação que faz o aluno 16, é que os entes por ele compreendidos, a partir do texto, como principais para compor o desenho, que atendessem a proposta da atividade sugerida aos alunos, estavam também no desenho, segundo a leitura realizada do desenho por ele elaborado, com exceção do esclarecimento da natureza dos raios beta, como raios de elétrons; este mesmo conjunto de ideias faz parte das declarações do aluno, ao apresentar à turma seu desenho.

As declarações do aluno 16 não são as mesmas. Da oitava aula para essa (a décima), sofreram algumas variações, mas foi mantida a essência. A expectativa era a de que houvesse acréscimo e ou negligências a algumas das considerações iniciais. Nota-se que a natureza dos raios beta foi negligenciada ou considerada de menor importância para a atividade; e os acréscimos não se enquadraram em novas informações do texto, inicialmente despercebidas, mas foram acréscimos de caráter estético e pessoal.

O primeiro destaque apresentado no desenho do aluno A16 é o **traço pessoal** empregado na representação da matéria. Dois grupos fizeram uma matéria, como um retângulo, uma caixa de madeira; dois grupos fizeram um traço e indicaram como o limite da

suposta matéria; um dos grupos, que questionou sobre o que poderia ser a matéria (T94) representou a matéria com o corpo humano.

Figura 20 – Uma panorâmica das representações pictóricas, sobre penetração das radiações na matéria, criada por diversos grupos na sala de aula.

O grupo selecionado para esta análise criou algo bastante singular para representar a matéria, “a traseira de um elefante”, descrito pelo aluno no turno 67. A “traseira de um elefante” é uma ideia bastante diferente uma *marca pessoal* (grifo nosso) e, portanto, também uma identificação de autoria. O professor inicialmente teve dificuldade em identificar o que era aquilo que estava desenhado (T68), e o aluno com um *gesto* (ROTH; LAWLESS, 2002) associado a sua fala desvendou o que estava representado. Ele é capaz de pormenorizar os significados daquela representação porque é *o autor* (grifo nosso).

Na linguagem empregada pelo aluno, nota-se certa alteração das falas iniciais ocorridas na oitava aula, que eram mais próximas da linguagem empregada no texto. No turno 71, o aluno expressa a diferença entre as radiações alfa, beta e gama.

T71 A16: *E aqui eu representei o alfa, né. Que ele é menos penetrante
O beta que ultrapassou, mas não foi muito, e o gama que atravessou.*

Se analisássemos apenas o modo verbal da comunicação notaríamos inúmeras *incompletudes* (LEMKE, 2002,b): As radiações ultrapassaram o quê? Atravessaram o quê? O aluno afirma o “beta que ultrapassou”, “eu representei o alfa”. Que beta? Que alfa? Que gama?

A primeira radiação apontada pelo aluno foi os raios alfa. Inicialmente ele não informa em linguagem verbal a característica desta radiação. Apenas aponta no modo verbal e com gesto, que a radiação alfa estava representado no espaço gráfico: “*aqui eu representei o alfa*”. Em seguida ele destaca a característica desta radiação “*Que ele é menos penetrante*”. Ele está usando sua própria representação como elemento psicológico para estruturar sua fala, semelhante a função empregada por Einstein, descrita em Holton (1998).

Na declaração seguinte “*O beta que ultrapassou, mas não foi muito*”, o aluno continuou a com um gesto a apontar (ROTH; LAWLESS, 2002) o traço correspondente a respectiva radiação em sua representação pictórica externa. No modo verbal declarou as propriedades desta radiação: Que ela “*ultrapassou, mas não foi muito*”. O “*ultrapassou*” refere-se a comparação feita aos raios alfa, isto é, foi além da posição atingida pela radiação alfa. E a expressão “*mas não foi muito*” é uma referência para a radiação gama, mais penetrante que os raios beta e a matéria. E pela necessidade de referência a matéria uma outra palavra seria mais apropriado elucidando que esta radiação tem sua trajetória pelo interior da matéria.

Falando sobre os raios gama, o aluno declara simplesmente que “*o gama que atravessou*”. Ele não propõe um limite para esta radiação, quanto ao alcance a sua penetração na matéria. A palavra “*atravessou*” é apropriada, pois faz menção que esta radiação passa pelo interior da matéria.

Esses relatos, inseridos no contexto do curso de física de partículas, no contexto de uma simulação de uma atividade científica, a construção de uma representação pictórica para um evento científico, no contexto de uma atividade de ensino-aprendizagem em sala de aula, esta

intercontextualidade (grifo nosso) permitiram aos alunos superarem as *incompletudes*, no relato oral (LEMKE, 2002b).

As expressões empregadas pelo aluno, nessa ocasião, não podem ser consideradas desassociadas do seu desenho. A fala, no turno 71, foi produzida e utilizada na presença do desenho, e dele faz referência. Além disso, há os *gestos dêiticos* (ROTH; LAWLESS, 2002) que ligam as frases a determinadas posições, a que fazem referência, as falas.

Quadro 9 – Várias linguagens na comunicação de um ente científico.

<p><i>E aqui eu</i></p>
<p><i>Representei o alfa, né. Que ele é menos penetrante</i></p>
<p><i>O beta que ultrapassou, mas não foi muito,</i></p>
<p><i>e o gama que atravessou.</i></p>

Logo identifica-se cada ente físico descrito e representado pelo aluno e, nessa associação dos vários modos semióticos empregados, a fala do aluno ganha significado coerente e, no conjunto desses desenhos, significados mais específicos, uma vez que, se as radiações alfa são menos penetrante, necessitam de uma referência. Menos penetrante em relação ao quê? Logo, uma leitura correta e completa desse desenho necessita de uma observação de seus detalhes, mas também do conjunto, mostrando a complexidade dessa atividade, a leitura de um desenho (MARTINS, 2005; OTERO; GRECA, 2004).

No turno 72, o aluno foi questionado sobre as diferentes formas de representar as radiações alfa, beta e gama. A princípio, o aluno 16, justifica, por razões estéticas, nos turnos 72b e 75. A estética é um dos aspectos destacados por Iavelberg (2003) presente na proposição, um dos momentos conceituais por ela descrito na aquisição de um desenho, quando comparecem “o sentimento, o desejo, o estado de espírito do desenhista”, e isto, aponta para indícios das concepções de cultura científica, de desenhos e de desenhos no âmbito escolar, que possuem estes alunos.

T72b A16: *É só para ficar bonitinho.*

T73 P: *É, e o grupo?*

T74 A18: *É para diferenciar, né professor.*

T75 A16: *Eu ia pintar colorido o meu desenho.*

A questão é redirecionada para que o grupo auxilie na resposta, mas as respostas apenas reforçam a questão de que há a distinção no desenho. A aluna 18 procura destacar que a leitura do desenho, e não da linguagem verbal escrita, permite a distinção. Na sequência da aula, a aluna 8 fez a exposição de seu desenho e, em seu relato, disse que seus traços relativos às radiações eram ondas. O aluno 16, do grupo 6, fez uma intervenção questionando se os desenhos dos raios não possuíam distinções (turno 82). Novamente, o aluno 16, do grupo 6, foi questionado, agora sobre o que são as radiações, e ele assume a fala dizendo, no turno 92, que seus traços, sobre as radiações, também eram ondas.

T92 A17: *o meu é uma onda também.*

Embora a associação de que as radiações são ondas inicialmente pudesse ser correta, o texto elucida que as radiações alfa e beta são raios de partículas e, ao assumir a posição exposta do outro grupo, esse aluno se afastou mais da compreensão da natureza das radiações apresentada no texto, mas esteve mais próximo ao conceito, na ocasião histórica de seus descobrimentos. Esse aspecto transitório dos conceitos, que se aprimoram no decorrer da história humana, também revela a complexidade dos assuntos estudados. A complexidade não se dá apenas pelo fato de se tratar de conceitos além das percepções dos sentidos humanos, envolvendo elevada abstração, mas também por serem conceitos que evoluíram muito, desde

os primeiros tratados da ciência em que são relatados, sendo elaborados modelos cada vez mais complexos para descrevê-los.

Devido à divisão que ocorreu nesse grupo, notam-se duas concepções em fazer traços distintos aos raios: a do autor do desenho sobre a penetração das radiações na matéria, o aluno 16, que a distinção teria apenas caráter estético; e a distinção feita pela aluna 18, responsável pelo desenho sobre os desvios da radiação ao passarem por um campo magnético, que cita a necessidade de distinção para identificação dos três diferentes raios. Essa mesma distinção é apresentada por ela em seu desenho e citada no debate com o professor, ao dizer que o elétron também deveria ser representado (T83). Ela representa a radiação gama com traços semelhantes a ondas, e as radiações alfa e beta com bolinhas.

Figura 21 – Representação Pictórica referente ao desvio das radiações ao passarem por um campo magnético.

Outras considerações e análise desse desenho estão em seções posteriores deste trabalho.

3.12.2.1 Considerações sobre a apresentação das representações pictóricas construídas pelos alunos – a penetração das radiações na matéria

Um importante aspecto na exposição do aluno, referente à representação pictórica correspondente à penetração das radiações na matéria, é sua *reindicação pessoal* (grifo

nosso) de autoria, nos turnos 67 e 71 ele cita: “eu representei [...]” e no turno 75, “[...] eu ia pintar [...]”. Em primeiro, a obra é dele porque o ato de desenhar foi dele. A construção é dele, foi ele que fez. O aluno se mostra como participante da construção da ciência, da construção de uma representação para um fenômeno científico. Portanto, o aluno está envolvido na construção da Ciência Escolar.

Nessa descrição, o aluno 16 continua a utilizar os gestos dêiticos (ROTH; LAWLESS, 2002) descrevendo suas ações e os significados por eles representados no desenho.

Logo, a autoria pela ação, a reivindicação da autoria, o uso de traços únicos, como assinaturas em uma obra; a associação do autor com a obra por gestos; e os pronomes pessoais empregados assumindo a autoria indicam a aquisição de uma representação pictórica, de uma representação do contexto da Ciência.

3.12.2.2 Considerações sobre a apresentação das representações pictóricas construídas pelos alunos – os desvios das radiações em um campo magnético

No final da décima aula, duas alunas do grupo 6 foram convidadas a relatar os significados representados em seu desenho sobre os desvios da radiação, ao passar por um campo magnético. A seguir estão a figura e a fotografia associadas aos turnos 161 e 162.

T161

P: Este desenho (mostrando o desenho do grupo 6 - Rafaela). Explica este desenho aí para gente.

Figura 22 – Alunas do grupo 06 apresentando a representação pictórica sobre a trajetória das radiações na matéria.

T162 A16: *Aqui, neste desenho a gente quer mostrar a primeira parte do texto, a gente está falando sobre os raios beta, e os raios alfa, eles vão para lados opostos. Por causa da... aqui ó. Por que eles além de ter uma penetração diferente, por que o beta ele penetra mais do que o alfa, além disto, eles vão ter direções opostas. Diferente do alfa (GAMA) que e consegue atravessar.*

Logo se nota, no início do turno 162, a associação dos desvios da radiação com a penetração na matéria. A descrição da aluna cabe bem, caso o campo magnético fosse algo material. A fala da aluna é uma leitura de seu desenho, que mostra que os raios alfa se deslocam menos que os beta, a partir da linha que alude ao campo magnético. Se essa associação foi ponderada pela aluna 16, então ocorreu uma substancialização do campo magnético, um obstáculo epistemológico, segundo Bachelard (1938/1996), como também havíamos previsto na seção 3.3.2 deste trabalho.

Nesse momento, a aula é detida e, por alguns turnos, a concepção de campo magnético é retomada, seguindo a proposta de Bachelard (1938/1996), a experiência é levada ao quadro negro a fim de expurgar os errôneos significados que poderiam vir a se estabelecer. Nesse caso, a representação pictórica é debatida para elucidar alguns significados e, no turno 170, o professor expressa como faz a leitura desse desenho.

T171 A17: *alguns raios.*

Não é isto que diz o texto?

O raio gama, ele, gama e beta ao passar pelo campo magnético. Eles são jogados um para um lado

E para o outro (gesticulando com a mão)

Figura 23 – Gestos da aluna representando a trajetória das partículas.

E o raio gama não, ele passa direto. Ele passa pelo campo magnético.

Na sequência a aluna 17 torna a justificar seu desenho procurando reforçar seus argumentos: 1º ela questiona que está assim no texto (utilizado em aula); 2º ela reconstrói seus argumentos com suas palavras; 3º ela utiliza gestos icônicos (ROTH; LAWLESS, 2002), que descrevem a trajetória das partículas alfa e beta, para, em função de cooperação dos modos semióticos empregados (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003), a visualização do desenho, sua fala e o gesto, criar um reforço de seu argumento.

3.13 Considerações finais

3.13.1 O julgamento do desenho dos demais alunos

A partir do turno T143, o professor aproveitou então o desenho do grupo 3 e abriu uma nova seção da aula, de julgamento das imagens para preencher a lacuna no texto, com o objetivo de validar a representação pictórica construída pelos alunos desse grupo. Inicialmente, a questão desta seção foi “se a figura do grupo 3 satisfazia a questão inicial, e se poderia estar na lacuna correspondente no texto”, e os alunos passaram a se manifestar dos próprios locais em que se encontravam nas bancadas.

T143 P: Pessoal olha o desenho do grupo

Bom sobre a penetração na matéria. Mostra o primeiro desenho sobre a penetração na matéria.

(O aluno mostra o desenho para a classe)

Figura 24 – Apresentação dos desenhos do grupo 3.

T144 P: Pessoal, vocês acham que este desenho, ele satisfaz aqui o primeiro espaço?

Figura 25 – Desenho apresentado no turno 144.

T145 P: Tem alguma pergunta?

Este desenho poderia ser colocado no primeiro espaço?

Ele se diferencia um pouquinho do desenho inicial do texto, para o primeiro espaço, que é aquele.

Os raios alfa são bloqueados pelo papel, os raios beta, pelo alumínio e os raios gama só por uma espessa parede de chumbo.

Este desenho está diferente, mas ele satisfaz o primeiro espaço?

T146 A4: Não.

T147 A8: Eu acho que sim.

T148 P: Mas por quê?

T149 A8: Para quem não tem ideia de como é, este é mais ou menos uma ideia.

T150 P: Então espera aí. Você está dizendo que ele só serve porque a gente não sabe o que é.

T151 A8: No meu ponto de vista sim.

T152 A4: Dá para entender o que está texto

T153 P: Ele ajuda a compreender o texto, este desenho?

T154 A18: Sim (balançando a cabeça).

Nota-se, na fala da aluna A8, que responde e justifica sua resposta, mas, como a resposta foi ambígua (T149), o problema foi retornado à aluna, com referência à resposta por ela dada. Ao esclarecer a questão, no turno 151, a aluna salienta melhor suas concepções sobre a que se destina o desenho junto ao texto.

As expressões da aluna 8 sugerem que o desenho elaborado pelo grupo é uma representação satisfatória para o entendimento do texto, “para quem não tem ideia de como é” (turno 149), ou seja, para quem não participou de uma experiência sobre o fenômeno. Nisso ela tem clareza. De que há uma realidade e uma representação (PIETROCOLA, 1999). A

representação não é o fenômeno, mas sim serve ao intérprete do texto, exercendo algumas funções. Ela percebe que o desenho é uma forma de representação, e não a única, é um esquema e não um retrato fiel ou a fotografia da realidade. Ela retorna à discussão no turno 160, afirmando que o desenho simplifica a interpretação do texto, uma das funções de uma representação pictórica citada por Otero e Greca (2004).

No turno 164, foi levantada a questão sobre a possível visualização dos raios. A aluna 8 diz que tais raios não são visíveis. Porém, eles haviam assistido ao vídeo em que viram os raios catódicos descreverem uma curva em sua trajetória, devido à presença de um ímã. A aluna apresentou o argumento de que só foi possível a observação direta por causa do aparato experimental empregado, que ocorreu a intervenção humana para se fazer aquela visualização ou aquela leitura do fenômeno, e que, na natureza, provavelmente, esses raios não sejam visíveis. Os relatos dessa aluna demonstram uma compreensão da ciência, como intervenções e construções para ler e desvendar o mundo. A compreensão dela é a de que o homem faz ciência não apenas em descrever ao mundo com suas representações, os “desenhos”, mas com intervenções, o que ela chamou de “reações”, que possibilitou detectar um fenômeno a partir dos sentidos.

Nos turnos 155 e 156, a discussão na aula se direciona às funções do desenho junto ao texto. As alunas 17 e 18 passaram a participar e, no turno 159, a aluna 18 descreveu seu entendimento sobre o papel da legenda junto ao desenho, uma cooperação aos significados já apresentados no desenho (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003).

T155 P: fica mais fácil entender o texto com este desenho ou não precisava de desenho. A gente entenderia sem ter feito desenho?

T156 Dá para entender muito bem.

T157 A8: A gente entendeu bem o texto, mas com o desenho fica mais fácil.

T158 P: O..., por favor. Sente-se num banco (o professor chamou a atenção de alguns alunos que estavam em pé e esperou um minuto até que todos se sentaram).

T159 A15: Fica mais fácil?

T160 A16: Ajuda as informações.

Oh por exemplo se ele não colocasse o nome: o alfa, o beta e o gama. A gente saberia só pelas informações que tem no texto, a gente saberia identificar, qual é o mais o menos.

Figura 26 – Fala, gestos e desenho na descrição de um fenômeno científico.

T161 A8: Com a imagem fica mais simplificado.

T162 P: vocês acham que vale a pena colocar aí, as informações aí no desenho? Os nomes dos raios? ...

T163 A: Sim a: vale.

(uma aluna balança a cabeça, gesticulando sim).

No turno 157, a aluna 8 relata que com o desenho é mais fácil entender o texto. No turno 160, a aluna 16 relata que o desenho ajuda a entender as informações e elabora um exemplo. A aluna 8 reforça, no turno 161, que com o desenho o trabalho de entendimento é simplificado. Essas posições relatadas pelos alunos ocorrem depois da atividade de construção do desenho, depois de um estudo cuidadoso do texto para extrair os possíveis significados para representações. Eles desenvolveram uma atividade que lhes propiciou criar uma imagem (VIANA, 2007) e também um desenho, uma representação pictórica externa (VIANA, 2007) passando por algumas etapas até atingir o resultado final, da coleta de dados do texto, da discussão, do desenhar, do julgamento do desenho, da reelaboração e da análise do desenho de alguns de seus companheiros. Possivelmente eles se posicionariam de outra maneira, caso não participassem desse processo de construção. O posicionamento desses alunos favorável a utilização de uma representação pictórica é de quem experimentou o processo de construção do entendimento e de uma representação de um fenômeno e, por isso, seu valor deve ser destacado.

4 Conclusão

Quando iniciamos este trabalho tínhamos como objetivo resolver a seguinte questão: “como os alunos do ensino médio adquirem uma representação pictórica de um conceito de física moderna?” Dividimos essa questão em duas partes: “quais as características desse processo de aquisição, via construção, de uma representação de um conceito de física a partir de um texto didático científico?” e “os principais conceitos do texto aparecem nas representações dos alunos?”

No final deste trabalho notamos nos dados e em nossa revisão bibliográfica que realmente se trata de um processo; intrínsecas ao processo estão: a abordagem das linguagens empregadas até que se obtenha uma representação pictórica (uma aquisição de uma imagem); as funções a que se destina a representação pictórica; e seu valor ao se utilizar no ensino.

1. A aquisição de uma representação como processo e suas etapas

Roth (2003), ao descrever o processo de como cientistas leem gráficos referentes à experiência sobre a absorção das luzes pela retina do salmão, usou o termo ‘transparência’. O termo de Roth (2003) não ocorre em uma simples leitura; como bem salientou Martins, Gouvêa e Piccinini (2005). A leitura de uma representação gráfica é árdua, assim como de uma representação pictórica (OTERO; GRECA, 2004). Roth (2003), após meses de trabalho, utilizou vários métodos para análise de gráficos e recorreu às etapas do experimento que gerou os dados, quando os cientistas passaram a realizar a leitura de detalhes da experiência em algum sinal presente no gráfico, e sem a necessidade de recorrer a auxílio computacional. Tanto o termo de Roth (2003), ‘transparência’, quanto ‘teorização’ são etapas finais do processo de construção do conhecimento, quando já ocorreu aquisição de representações mentais, estas já foram inspecionadas e houve um afastamento natural, pois já existem na memória.

Figura 27 – Um processo de leitura de uma informação gráfica.

Na figura 27 destacamos etapas no processo de construção do conhecimento em que a etapa de competência distinguida por Roth (2003) como transparência foi assimilada. A transparência é a referência feita por um cientista a uma ocorrência experimental ao realizar a leitura do correspondente ícone na representação visual gráfica, após profundo envolvimento no processo experimental de obtenção e análise dos dados.

O processo de apreensão de meios mediadores para a compreensão de uma representação pictórica dos alunos têm em comum com o trabalho de Roth (2003) apenas o fato de se tratar de um processo. O trabalho de Roth (2003) envolve cientistas, trabalho de campo, de laboratório e especialidades de diversas áreas e o nosso diz respeito ao contexto escolar.

A construção de nossos alunos se desenvolveu em várias etapas. Começou no estudo do texto e na orientação para a realização da atividade: fazer um desenho para representar as duas principais características que, historicamente, permitiu aos pesquisadores da época distinguir as radiações alfa, beta e gama. Os limites das concepções devido ao fator histórico (SOUZA; JUSTI; FERREIRA, 2006; REIS; GERRA; BRAGA, 2006) fazem parte da própria concepção de ciência, que é construção humana e histórica (NASCIMENTO, 2003).

Desenhar não foi uma realização espontânea e imediata. Ela dispensou, para o seu início, uma parcial compreensão do texto, a compreensão da atividade proposta, uma formulação inicial de uma representação mental, uma disposição para se empregar os primeiros traços. Na oitava aula, que contém um total de 143 turnos, vemos que apenas após o turno 90 a aluna passou a desenhar. Os alunos tiveram primeiro de vencer algumas resistências até de cunho educacional: não é comum fazer desenho como atividade de ensino na terceira série do ensino médio. Em segundo lugar, os conteúdos descritos no texto não fazem parte dos materiais tangíveis aos nossos sentidos: radiações alfa, beta e gama. O texto possuía um razoável grau de complexidade e exigia uma cuidadosa leitura. Os alunos seguiram as orientações da atividade, mas buscaram respaldos nas expressões do professor de que estavam seguindo corretamente o processo para a construção das representações pretendidas.

A confirmação dada pelo professor à fala do aluno, no turno 71 (“da nossa cabeça?”), foi um dos momentos de libertação das concepções que os alunos têm de que há uma resposta correta na cabeça do professor, ou em algum manual de ciência, e que eles devem reproduzi-los para atingirem a resposta correta, ou para atingirem a expectativa do professor. Somente então, após longo período da aula, iniciou-se a etapa do processo envolvendo a confecção da representação, quando os alunos assumiram que teriam a autoria de um desenho.

Na sequência desse processo de criação de uma representação pictórica para características de um fenômeno físico, os alunos passaram a destacar quais elementos do texto deveriam ter representação característica no desenho, e foi proposta pelo professor uma inspeção (VIANA, 2007) do que eles desenhariam. Nessa inspeção foi averiguado se a representação mental (MELEIRO; GIORDAM, 1999; VIANA, 2007) estava ou não completa (VIANA, 2007), quase que simultaneamente à leitura do texto. Não é uma teorização (ROTH; LAWLESS, 2002) ou abstração (BACHELARD, 1938/1996), pois nesses conceitos há um afastamento dos perceptos ou das representações pictóricas. Essa inspeção tem a função apenas sematológica (LEMKE, 2002b) de constatar como os elementos estavam relacionados e como os alunos imaginavam os entes que iriam representar pictoricamente no papel.

Ainda que não classifiquemos as falas dos alunos quanto à argumentação científica, categorizando com os indicadores de Sasseron (2008), nesse episódio da inspeção os alunos passaram a tecer argumentos que justificavam suas posições quanto aos entes por eles representados.

O processo ainda não está em sua etapa final. A interpretação da representação ou a externalização via outra linguagem permite que se abalize o que foi elaborado e, se algum traço ficou ambíguo, pode ser reformulado; se há algum inconveniente sobre algum detalhe, no sentido conceitual, isso pode ser corrigido. Não é somente a representação mental (MELEIRO; GIORDAM, 1999; VIANA, 2004) que esconde algum detalhe inconveniente; a representação pictórica externa, o desenho no papel, também pode conter desvios conceituais, como as declaradas pela aluna 16, no turno 162, que acreditava que os raios alfa e beta atingem diferentes alcances ao passarem por um campo magnético, pois cada raio possui uma penetração específica na matéria.

T162 A16: Aqui neste desenho a gente quer mostrar a primeira parte do texto sobre os raios beta e os raios alfa, eles vão para lados opostos. Por causa da... aqui ó. Por que eles além de terem uma penetração

diferente, porque o beta penetra mais do que o alfa, além disso eles vão ter direções opostas. Diferente do alfa (GAMA) que consegue atravessar.

Neste desvendar da compreensão dos dados houve a oportunidade de negociar os significados (MELEIRO; GIORDAM, 1999; KLUG, 2006) com a finalidade de aferir a representação pictórica e torná-la coerente com uma representação da ciência (ROTH; LAWLESS, 2002).

Assim, a produção de uma representação pictórica é, para nós, um processo, e também para Roth e Lawless (2002), Roth (2003) e Bachelard (1938/1996), envolvendo toda a complexidade semiótica das várias linguagens da ciência (LEMKE, 1998, 2002a, 2002b). E para vários outros pesquisadores de ciências, Sutton (1997) e Meleiro e Giordan (1999), com similaridades, mesmo para pesquisadores de outras áreas, como Iavelberg (2003), que descreve o processo de desenhar contendo: ação-imaginação-apropriação e proposição.

O nosso processo de construção proposto para esses alunos a partir de um texto continha as seguintes etapas: leitura do texto; inspeção; ação de desenhar; exposição e leitura de alguns desenhos; exposição e leitura parcial de alguns desenhos de referência, que se apresentam no contexto da ciência; e a exposição final.

2. A aquisição

Destacamos neste trabalho a construção, a intercontextualidade, a inspeção, a reformulação, a associação a uma função para a representação pictórica construída e a reivindicação da autoria como vias pelas quais um aluno pode chegar à aquisição de uma representação.

Que a construção é uma via para a aquisição, é evidente. Os alunos dedicaram tempo e trabalho no desenvolvimento de seu produto, uma representação pictórica para o espalhamento das radiações ao atravessarem um campo magnético e outra para a penetração das radiações na matéria. Além disso, os alunos apresentaram várias assinaturas de sua propriedade nos desenhos sobre a penetração das radiações na matéria.

No desenho do grupo 6, parte de um elefante; e, no do grupo 7, o corpo humano, indicam a exclusividade de sua representação. Esses traços são únicos e, ao mesmo tempo, elos entre os alunos autores e o campo da física estudado.

Viana (2007) cita a inspeção e a reformulação como aspectos e parte do processo de aquisição de uma representação pictórica. Os alunos do grupo 3 apresentaram seu desenho no final da oitava aula, mas no decorrer do processo, após a realização da inspeção, realizaram também uma pequena reformulação. Um detalhe sematológico (LEMKE, 2002b) na representação. Inicialmente, na representação desses alunos, os raios alfa eram tão pouco penetrantes que a caixa de madeira era suficiente para blindá-los, mas, no decorrer dos trabalhos em aula, eles reformularam e passaram a representar os raios alfa penetrando a matéria, porém menos que os demais raios.

Figura 28 – As representações pictóricas, inicial e reformulada, pelo grupo 3, sobre a penetração das radiações na matéria.

O grupo 5 também reformulou seu desenho e apresentou na etapa final do trabalho, na décima aula, um totalmente diferente do apresentado na oitava aula (T134). Notamos que eles assimilaram partes da representação de outros grupos. Nessa reformulação (VIANA, 2007), eles negociaram significados (KLUG, 2006), mas optaram pela troca, pois atribuíram maior valor ou o correto significado às representações dos colegas.

Figura 29 – As representações pictóricas, inicial e reformulada, pelo grupo 5, sobre a penetração das radiações na matéria.

Destacamos também no processo de aquisição de uma representação pictórica a reivindicação de autoria. Em diversos turnos, os alunos relataram que os detalhes ali representados foram uma opção deles, um ato efetivo deles (turnos: 71, 75, 92, 62 etc.).

3. Os vários meios semióticos envolvidos no processo de aquisição de uma representação pictórica

Segundo Lemke (2002b), um dos objetivos da ciência seria dar condições aos alunos de se expressar nas diversas linguagens da ciência, seja na verbal oral ou escrita, seja na dos códigos matemáticos, ou por meio de diagramas ou figuras pictóricas. Ele afirma que os alunos devem alternar suas expressões utilizando as diversas linguagens. O nosso trabalho trilhou exatamente o que Lemke (2002b) considerou necessário na educação em ciências. O significado foi construído, mas no decorrer do processo de construção da representação pictórica não se excluiu outros modos semióticos. Pelo contrário, alternar os debates utilizando e observando os vários modos semióticos possibilitou o lapidar da representação pictórica construída, e também do conceito. A expressão humana utiliza várias linguagens, e nesse processo de construção da representação as notamos algumas vezes em *relações de cooperação*, e outras em *relações de especialização* dos modos semióticos empregados (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003), propiciando destaques a alguns focos, tornando átonas algumas expressões, tal como no turno 171. A aluna 18, relatando um detalhe da figura e, portanto, empregando a linguagem verbal, a pictórica e também gestos, simultaneamente, procurou intensificar a veracidade de seus argumentos.

Na análise dos desenhos propostos pelo autor vimos também o grande número de relações de especialização (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003), e por isso a justificativa de se enveredar a construir outras questões para o texto, ou outras atividades com os alunos para explorar as imagens, semelhantes ao que realizou Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), de explorar representações pictóricas em livros didáticos, visto que Perini (2005) destaca que na ciência as representações pictóricas são parte integrante do argumento.

Quando realizadas as inspeções (VIANA, 2007) das representações mentais, antecipando o que os alunos representariam, notamos que alguns entes citados nos textos não estavam presentes nos relatos dos alunos, e também não foram posteriormente representados. Às inspeções associamos nossa questão inicial: “os principais conceitos do texto aparecem nas

representações dos alunos?” Lemke (2002b) destaca que na comunicação em sala de aula, e extrapolamos que, em toda comunicação, há *incompletudes*. E alguns argumentos têm sentido apenas se associados ao contexto da situação peculiar a cada aula, o que Lemke (2002b) chama de *intercontextualidade*. Alguns detalhes ocorridos em sala têm claros significados se associados às diversas linguagens e expressões que a acompanharam. Um caso ocorrido em sala de aula em que claramente isso se notou foram os desenhos elaborados pelo grupo 4, que sobrevalorizaram um discurso do professor exemplificando as radiações eletromagnéticas emitidas pelo sol, e retrataram algo que mais se aproximava desse discurso, no turno 126, do que das ideias apresentadas no texto sobre as radiações alfa, beta e gama.

Considerando ainda os vários meios semióticos envolvidos no processo de aquisição de uma representação pictórica, destacamos os gestos como um importante aspecto. Roth e Lawless (2002), em sua revisão, apresentaram algumas classificações sobre a utilização dos gestos (ergóticos, epistêmicos e simbólicos) e o afastamento de objetos e de outras representações associado ao desenvolvimento de linguagens mais coerentes.

Em nossa análise constatamos que os gestos por vezes uniam os autores e suas obras, Por exemplo, no turno 71, quando o aluno aponta e afirma: “eu representei...”, *os gestos permitiram aos alunos um livre transitar pela representação* que construíram, Os alunos apontaram vários entes de suas representações, eles se dirigiam diretamente a apontar o ente que queriam comentar. Outras vezes os gestos permitiram a eles relações de cooperação e especialização com a representação. Uma importante *especialização* (MÁRQUEZ; IZQUIERDO; ESPINET, 2003) empregada na utilização dos gestos, associada à representação pictórica dos alunos, foi a de que a representação não descrevia a temporalidade dos eventos. Os raios possuíam uma posição de saída da fonte radioativa e se deslocavam pelo espaço e no decorrer do tempo (T172).

4. Por que o aluno deve desenhar?

Por uma por uma consciência pragmática de ensino. Fazer para aprender, mesmo que seja fazer representações pictóricas. Para estabelecer significados coerentes: para se desvelar os traços, as informações menos tangíveis, que provavelmente passariam despercebidas. A cada traço o aluno terá de compreender o porquê daquela linha, o porquê daquele tamanho, por que ligar aquele ponto, e, naturalmente, tecerá significados para o seu desenho.

Para negociação e análise do modelo mental. A representação pictórica despertará a possibilidade de comparações, de leitura do desenho do próximo e de argumentar a favor ou contra, sob vários focos e aspectos: de significados, de dimensões, de estética (cores, espessuras, fidelidade visual ou esquematismo etc.).

Para estabelecimento de uma plataforma de representações peculiares à ciência, de tal forma que possa sempre se buscar na memória uma identificação a elas. Algumas dessas representações terão grande semelhança e lhe proporcionarão o conforto e a segurança de já ter visto e estudado tal assunto.

Para se ter autoria, uma via de aquisição de uma representação pictórica. O que é visto no livro, no encarte, no folder e até no filme poderá não vir a ser propriedade do aluno. Nas diversas mídias, essas representações podem estar a exercer funções alheias à ciência ou ao ensino de ciência, tais como as funções comerciais ou editoriais. A propriedade intelectual das representações pictóricas é uma possibilidade de introdução dos alunos ao mundo das construções da ciência.

Referências

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. São Paulo: Editora UNESP, 2004.

AGRELLO, D. A.; GARG, R. Compreensão de gráficos de cinemática em física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, 1999.

ANGOTTI, J. A. P. Física e epistemologia heterodoxas: David Bohm e o ensino de ciências. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 19, n. especial, p. 126-156, 2002.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, São Paulo, v. 26, n. 2, 2004.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Situações de ensino-aprendizagem**: análise de uma sequência didática de física a partir das teorias das situações de Brousseau. 2008. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BACHELARD, G. (1938). **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBOSA-LIMA, M. C.; CARVALHO, A. M. P. Linguagem e o ensino de física na escola fundamental II. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, v. 20, n. 1, p. 86-97, 2003.

_____. O desenho infantil como instrumento de avaliação da construção do conhecimento físico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 337-348, 2008.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em sala de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Orgs.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2006. p. 13-48.

_____. Habilidades de professores para promover a enculturação científica. **Revista Contexto e Educação**, v. 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

CATELLI, F.; REIS, C. Demonstre em aula imagens dentro de lâmpadas. **CBEF**, 2006.

CICILLINI, G. A.; SILVEIRA, H. E. Modelos atômicos e representações no ensino de química. **Enseñanza de las ciencias**, 2005. n. Extra, VII Congresso.

COSTA, E. V.; ALMEIDA, L. C. Imagens tridimensionais: formação e análise. **Rev. Bras. Ens. Fis.** (on-line), v. 27, n. 2, p. 231-235, 2005.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B.; LEITE, S. Q. M.; BARBOSA-LIMA, M. C. A. O desenho como construção pedagógica no ensino de ciências: o caso da biossegurança. **Rev. Eletrônica Ensenanza de las Ciencias**, v. 5, n. 1, 2006.

_____. A construção da biossegurança através de imagens: contribuições para o ensino de ciências. **Rev. Eletrônica Ensenanza de las Ciencias**, v. 6, n. 1, 2007.

COVOLAN, R. J. M.; MIN, L. L. Átomo de Bohr, ratos de laboratório e Gisele Bündchen: o que é que eles têm em comum? **Revista eletrônica Com Ciência**, 2002. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/samojeden/noticia73.html>>. Acesso em: 25 out. 2009.

FLORES, C. R.; MORETTI, M. T. O funcionamento cognitivo e semiótico das representações gráficas: ponto de análise para a aprendizagem matemática. In: Reunião da Amped, 28., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Amped, 2005.

GÓIS, J.; GIORDAN, M. Semiótica na Química: a teoria dos signos de Pierce para compreender a representação. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**, n. 7, p. 34-42, 2007.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**, ano 4, v. 12, p. 96-109, 2007.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; OLIVEIRA FILHO, K. S. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2007.

HOLTON, G. **A imaginação científica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.

_____. **A cultura científica e seus inimigos: o legado de Einstein**. Lisboa: Gradiva, 1998.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. Versão 2.0. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva, 2006.

IAVELBERG, R. **Para gostar de aprender arte**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2003.

IMPAGLIAZZO, M. A ciência do desenho e o desenho no ensino de ciência. **Ensenanza de Las Ciencias**, n. extra, 2005. (VII Congreso). Disponível em: http://ensciencias.uab.es/congres2005/material/comuni_orales/2_Proyectos_Curri/2_2/impgliazzo_747.pdf. Acesso em: 25 set. 2009.

KLUG, A. Percorrendo caminhos: desenho infantil, memória e significação. In: Ciclo de Investigações, 1., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CEART/UDESC, 2006.

LABURÚ, C. E.; OTA, M. I. N.; BASSO, R. L. O.; ALMEIDA, C. J. Visualizando ondas eletromagnéticas estacionárias: um experimento na cozinha de casa. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 17, n. 3, p. 328-335, 2000.

LEMKE, J. L. Analysing verbal data: principles, methods, and problems. In: TOBIN, K.; FRASER, B. (Eds.). **International handbook of science education**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1998. p. 1175-1189.

_____. Typological and topological meaning in diagnostic discourse. **Discourse processes**, Philadelphia, v. 27, n. 2, p. 173-85, 1999.

_____. Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: ANDERSON, M.; SAENZ-LUDLOW, A.; ZELLWEGGER, S.; CIFARELLI, V. (Eds.). **Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing**. Ottawa: Legas Publishing, 2002a. p. 215-234.

_____. Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. In: BENLLOCH, M. (Ed.). **La educación en ciencias**. Barcelona: Paidós, 2002b. p. 159-186.

LIGOZAT, G.; NOWAK, J.; SCHMITT, D. From language to pictorial representations. In: POZNANSKIE, W. (Ed.). **Proc. of the Language and Technology Conference**. Poznan, Poland: [s.n.], 2007.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 3, p. 371-386, 2003.

MARTINS, I. **Explicação, representações visuais e retórica na sala de aula de ciências. Em linguagem, cultura e cognição:** reflexões para o ensino e a sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

_____. Comunicação e cultura no ensino de ciências: reflexões a partir de análises de livros didáticos. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16., 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CEFET-RJ/Snef, 2005.

MARTINS, I.; GOUVÊA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. **Cienc. Cult.**, v. 57, n. 4, p. 38-40, 2005.

MELEIRO, A.; GIORDAN, M. Hipermídia e modelos atômicos. **Química Nova na escola**, n. 10, 1999.

MOREIRA, M. A. A física dos quarks e a epistemologia. **Rev. Bras. Ens. Fis.**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 161-173, 2007.

NASCIMENTO, V. B. **Visões de ciência e ensino por investigação.** 2003. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NETTO, C. X. A.; FREIRE, B. M. J.; PEREIRA, P. A representação de imagens no acervo da Biblioteca Digital Paulo Freire: proposta e percursos. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 3, 2004.

NÚÑEZ, I. B.; NEVES, L. S.; RAMALHO, B. L. Uma reflexão em relação ao estudo da mecânica quântica: O caso do princípio da incerteza. **OEI - Revista Iberoamericana de Educación**, Espanha, 2003.

OTERO, M. R.; GRECA, I. M. Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudencia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 37-67, 2004.

PACCA, J. L. A.; FUKUI, A.; BUENO, M. C. F.; COSTA, R. H. P.; VALÉRIO, R. M.; MANCINI, S. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 20, n. 2, p. 151-167, 2003.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino de física. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 14, n. 3, p. 229-253, dez. 1997.

_____. Imagens complementares a um texto de mecânica: a perspectiva de seu potencial para o aprendizado do aluno. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 21, n. 1, 1999.

PERINI, L. Visual representations and confirmation. **Philosophy of Science**, v. 71, p. 913-926, 2005.

PESSOA JR., O. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 7, 2007.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino de Ciências através de modelos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

RAMADAS, J. Visual and spatial modes in science learning. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 3, p. 301-318, Feb. 2009.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciência, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13, suppl. 0, out. 2006.

ROTH, W.-M. Competent workplace mathematics: how signs become transparent in use. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, v. 8, n. 3, p. 161-189, 2003.

ROTH, W.-M.; LAWLESS, D. Science, culture and the emergence of language. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 368-385, 2002.

SANTOS, R. P. B. Relatividade restrita com o auxílio de diagramas. **Cad. Bras. Ens. Fis.**, v. 23, n. 2, p. 238-246, 2006.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental**: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SILVA, J. F. **Apropriação da linguagem científica por parte dos alunos em uma sequência de ensino de física moderna**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SIQUEIRA, M. **Do visível ao indivisível**: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SIQUEIRA-BATISTA, R., SIQUEIRA-BATISTA, R., SCHRAMM, F. R. A ciência, a verdade e o real: variações sobre o anarquismo epistemológico de Paul Feyrabend. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 22, n. 2, p. 240-262. 2005.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Investigações em ensino de ciências**, v. 11, n. 1, 2006.

SOUZA, W. B. **Física das radiações**: uma proposta para o ensino médio. 2009. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SUTTON, C. Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. **Alambique**, Barcelona, ano IV, n. 12, p. 8-32, 1997.

TRINDADE, J.; FIOLHAIS, C. Aplicação da realidade virtual para visualizar conceitos de mecânica quântica. In: KIRNER, C.; KIRNER, T. (Eds.). **Actas II Workshop de Realidade Virtual**. Marília, SP: [s.n.], 1999. p. 245-247.

VIANA, O. A. As representações pictóricas de alunos do ensino médio na resolução de problemas de geometria: uma análise qualitativa. In: Encontro Nacional de Educação Matemática, 9., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBEM, 2007. Disponível em: <http://www.sbem.com.br/files/ix_enem/Comunicacao_Cientifica/Trabalhos/CC00596629800T.doc>. Acesso em: 10 jan. 2010.

WELTI, R. Obstáculos conceptuales en el aprendizaje de la energía de las ondas. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (on-line), v. 27, n. 3, p. 487-190, 2005.

Anexos

Anexo 1 – Representações elaboradas pelos alunos

nº 12 , nº 37

LaPEF
fe usp

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física
Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas

Questões:
1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.
Desenhe uma figura com esta finalidade.
Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

The diagram shows a human figure in profile, facing right. Three horizontal lines represent different types of radiation passing through the body:

- Raios alfa (α)**: Represented by a line with a zigzag pattern, labeled 'Raios alfa (α)' on the left. It is shown being stopped by the skin, with a small 'X' mark indicating the point of penetration.
- Raios gama (γ)**: Represented by a dashed line, labeled 'Raios gama (γ)' on the left. It is shown passing through the entire body.
- Raios Beta (β)**: Represented by a line with small circles, labeled 'Raios Beta (β)' on the left. It is shown passing through the body and exiting on the right side.

* versão preliminar

7

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física

Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

TRAVEIRA
de
um
ELEFANTE
+

ALFA

BETA

GAMA

~ = MENOS PENETRANTES
 M = MAIS PENETRANTES
 W = FORTAMENTE PENETRANTES

Nº 16

045,

6,

38

7

-versão preliminar

- 2) Na posição referente ao segundo quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

names:

n° : 11, 32, 40 e 44

Série 30 B

Penetração das radiações

* versão preliminar

34, 41, 43

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física

Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

O significado do desenho é que os raios infra-vermelhos, estão penetrando no corpo humano.

Os raios sempre penetram alguma matéria. Há raios que penetram menos, e outros que penetram mais e o muito mais penetrante (gamma).

* versão preliminar

7

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

N^{os}: 04, 22, 30 e 46

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

- Os raios menos penetrantes se designam por raios alfa (a)
- Os raios que penetram mais raios beta (B)
- na prática descobriu uma 3ª forma de radiação que se muito mais penetrante que os raios anteriores que designam por raios gama (Y)

nº 47

nº 27

nº 28

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

- Os raios menos penetrantes ele designou por raios alfa (α).
- Os raios que penetravam mais de raios beta (β).
- Na França, descobriu uma terceira forma de radiação que era muito mais penetrante que as anteriores, que designou por raios gama (γ).

nº 13
21
42
26 ♥

3ºB

emporâneas

Rutherford*

atividade, Ernest Rutherford (1871-1937), cujas contribuições decisivas para a compreensão das radiações. Rutherford e seu colaborador Hans Geiger se a mediram a ionização nos gases provocada pelo urânio.

Em 1901, Rutherford descobriu dois tipos diferentes de radiação que ele designou por raios alfa (α) e raios beta (β). Ele percebeu que os raios alfa tinham uma penetração muito menor que os beta quando passaram por materiais como papel e alumínio. Disso ele pode

concluir que as radiações realizadas por Becquerel, que ele chamou de raios

gamma (γ) são raios de alta energia. Em 1903, Rutherford, na França, descobriu uma terceira forma de radiação, que ele designou por raios gamma (γ), que não eram desviados por um campo magnético. O esclarecimento da natureza dos raios gamma ocorreu alguns anos depois.

Rutherford descobriu a parte alfa da radiação com o uso de um contador de radiação.

Rutherford descobriu entre os elementos radioativos a telúria ao estudar os produtos da

transmutação dos elementos, Rutherford teve sucesso. Entre 1900 e 1903, através das medidas das radiações alfa (α), ele pode concluir que estas são, na verdade, átomos de hélio. Assim o problema da transmutação dos elementos estava resolvido. Os átomos estáveis (radioativos) mudam suas propriedades químicas, através da transmutação. Estava assim desvendada a natureza dos elementos radioativos. Mas ainda não compreendiam a natureza da transmutação em aberto para a ciência.

M^a Cristiana e Valdir

no de Física

nas e Contemporâneas

04, 22, 30 e 46

Ernest Rutherford*

da radioatividade, Ernest Rutherford (1871-1937), cujas contribuições decisivas para a compreensão das suas radiações. Rutherford e seu colaborador Hans Geiger se a mediram a ionização nos gases provocada pelo o urânio.

Em 1901, Rutherford descobriu dois tipos diferentes de radiação que ele designou por raios alfa (α) e raios beta (β). Ele percebeu que os raios alfa tinham uma penetração muito menor que os beta quando passaram por materiais como papel e alumínio. Disso ele pode

concluir que as radiações realizadas por Becquerel, que ele chamou de raios gamma (γ) são raios de alta energia. Em 1903, Rutherford, na França, descobriu uma terceira forma de radiação, que ele designou por raios gamma (γ), que não eram desviados por um campo magnético. O esclarecimento da natureza dos raios gamma ocorreu alguns anos depois.

Em 1903, Rutherford descobriu a parte alfa da radiação com o uso de um contador de radiação.

Rutherford descobriu entre os elementos radioativos a telúria ao estudar os produtos da

transmutação dos elementos, Rutherford teve sucesso. Entre 1900 e 1903, através das medidas das radiações alfa (α), ele pode concluir que estas são, na verdade, átomos de hélio. Assim o problema da transmutação dos elementos estava resolvido. Os átomos estáveis (radioativos) mudam suas propriedades químicas, através da transmutação. Estava assim desvendada a natureza dos elementos radioativos. Mas ainda não compreendiam a natureza da transmutação em aberto para a ciência.

2) Na posição referente ao segundo quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

• Os raios que são menos penetrantes ele (Cavendish, Rutherford) designou por raios alfa (α) e, os raios que penetravam mais de raios beta (β). Além da penetração na matéria, ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos quando passavam por uma região com campo magnético. ~~Disso ele pode concluir que eles tinham carga elétrica oposta.~~

*versão preliminar

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física

Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à ~~penetração das radiações~~.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

nomes:

nº: 11, 32, 40 e 44

Série: 3º-B

Desvia das radiação (2ª figura)

Os raios alfa e beta passam pela campo magnético mas se desviam pois ambos tem cargas elétricas opostas.

Os raios gama por não ser sensível ao campo magnético se torna mais penetrantes que os raios alfa e beta e como esse não é desviado.

* versão preliminar

7

24, 43 u 43 3º B

O significado do dente é ^{que} as raia infra-~~vermelha~~ - vermelha.
~~penetram~~ - sim que penetram em alguma matéria,
 no ~~teste~~ ^{as raia}, dentado, penetrando no corpo humano.

Os raia ^{que} penetram mais no corpo
 são as raia beta (β)

raia infra-vermelha - P

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física

Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas

2) Na posição referente ao segundo quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .
Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

N^{os} : 04, 22, 30 e 46

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física

Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas

2) Na posição referente ao segundo quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

- ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos quando passaram por um campo magnético.
- [...] raios gama (γ). Estes não eram sensíveis ao campo magnético, ou seja não eram desviados.

nº 42
21
26
13

3º B
♡

2) Na posição referente ao segundo quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

- Os raios menos penetrantes ele designou por RAIOS ALFA (α)
- Os raios que penetram mais, de RAIOS BETA (β)
- Foi descoberta uma 3ª forma de radiação que era muito mais penetrante que as duas anteriores, que foi designada por raios gama (γ)

06, 38, 16, 45
3ºB

Anexo 2 – Transcrições das aulas

DADOS: AULA EM 07 OUT 2008

RADIAÇÕES ALFA BETA E GAMA.

DESENHANDO A PARTIR DO TEXTO.

1. P: Pessoal, por favor.

Amanda, Vinicius, parem.

Pessoal, Vocês receberam um texto que fala sobre as primeiras radiações que nos descobrimos.

Neste texto tem dois quadros, que estão em branco.

No primeiro quadro deveria conter uma figura, [Renan, por favor] deveria conter uma figura e no segundo também.

A primeira figura deveria ilustrar a penetração das três diferentes radiações e no segundo, o desvio destas radiações.

Eu vou distribuir também uma folha para que você leia o texto,

Grife as informações que lhes permitem desenhar a figura sobre a penetração das radiações na matéria.

Depois grife novamente, as informações, frases, que lhe ajudem a fazer um desenho sobre o desvio das radiações na matéria.

E uma folha para que vocês façam o desenho.

Ta bom?

Então façam à leitura e você pode grifar o seu próprio texto.

Põe o nome ai e faça a discussão, grife.

Você pode grifar o seu próprio texto.

Grupo 1

2. A1: Professor

3. A1: Professor

[O professor distribui o material.].

[...]

Grupo 2

4. **A2:** eeee.

5. **P:** Aqui deveria ter uma figura, sobre a penetração de alfa, beta e gama

Dentro da matéria.

Você vai ler. Você vai ler.

Tenta grifar no próprio texto as informações que você precisa para fazer um desenho sobre a penetração da radiação na matéria.

6. **A3:** Fazer um aqui [apontando o espaço abaixo da questão]

7. **P:** Aqui.

8. **P:** E o outro aqui.

Tenta grifar as informações sobre os desvios das radiações.

E ai faz o desenho aqui. Ta?

Aqui tem uma folha de rascunho e outra para que você faça o desenho.

9. **A2:** Obrigada, tchau profe,

10. **A4:** Professor

11. **A4:** Professor

Grupo 3

12. **A5:** não entendi o que é para fazer.

13. **A5** você pode explicar?

P: explico.

Na posição do primeiro quadro deveria ter uma figura que te ajudasse a compreender como ocorre a penetração das radiações na matéria.

14. **A5:** Hum

P: Então você vai desenhar esta figura. Que ajude a compreender a penetração das radiações na matéria.

Para te ajudar a fazer o desenho, você tem que ler o texto. Então, algumas informações que estão no texto, você deve grifar, as que vão te ajudar a fazer o desenho.

15. **A6:** Então depois [...]

16. **A6:** Pra terminar de fazer o desenho que mostra, no caso.

17. **P:** A penetração das radiações na matéria.

Você grifa as frases que te ajudam e ai faz o desenho

Ai dois: segundo desenho.

Grife as frases que te ajudam a compreender os desvios das radiações e ai faça o desenho.

Eu vou dar uma folha para rascunho e uma folha para o desenho

18. T: Professor, pode filmar quem está trabalhando já?

[O professor orienta o estagiário que realizou as gravações]

19. P: Só anotam lá que elas... [...]

Grupo 4

20. A: Risos.

21. P: Olha. Pessoal,

Na posição do primeiro quadro deveria ter uma figura que auxiliasse a compreender a penetração das radiações na matéria.

Então você vai fazer este desenho, que lhe ajude a, a compreender isto.

Pra fazer o desenho, você vai ler o texto e vai grifar,

O que te ajuda a fazer o desenho.

Esta figura, relativa a este quadro, sobre penetração na matéria.

22. A8: então a gente vai ler esta parte do texto,

vai encontrar um termo que esta aqui e fazer a figura.

23. P: Ai o segundo: sobre os desvios das radiações.

Há informações aqui que falam sobre os desvios das radiações. [apontando o texto]

Você vai grifar, o que lhe ajuda a fazer a figura, e fazer a figura, tá?

24. A8: Tem mais, [ao olhar o professor separando as folhas de rascunho].

25. P: Não você vai fazer aqui, a figura 1 e a figura 2.

Vai grifar aqui [apontando o texto] e fazer a figura 1 e a figura 2.

Esta folha é para rascunho.

26. A8: Obrigado.

27. A9: Obrigado.

28. A9: Dá mais duas folha para mim fazer um trabalho.

29. P: É Renan. Ta bom Renan, ta bom Renan.

30. A9: obrigado.

31. P: Olha, uma dica. No caderno, tem os desvios sofridos por uma carga. Então um destes raios ai, é uma carga elétrica que sofre desvios. Então olhar no caderno como é feito o desenho de uma carga quando passa por um campo magnético, pode ajudar.

Ta bom?

[Uma aluna passa a folhear o caderno]

32. T: Vai filmar agora aqui?

33. [alunos discutindo por alguns minutos].

34. **P:** Pessoal, caso vocês julguem necessário escrever alguma coisa em seu o desenho, fiquem a vontade.

Grupo 3

35. **A10:** Já fez alguma coisa ai, Pastor.

Em pastor, já fez alguma coisa ai?

Já fez alguma coisa ai.

36. **A11:** já fez alguma coisa, burro.

37. **A10** já fez alguma coisa que de para falar?

38. **A12:** Não.

39. **A11:** Olhe para a câmera, lá.

Grupo 5

40. **A13:** Isso aqui está muito difícil.

41. **A14:** a gente tem que tentar fazer alguma coisa.

42. **P:** E ai, o que o texto fala sobre penetração na matéria, das radiações?

A 13: Os raios são menos penetrante.

43. **P:** Quais são menos penetrantes?

44. **A13:** Os raios gama.

45. **P:** Qual penetra mais?

46. **A13:** O que mais penetra é o raio gama.

Aqui o, o raio que penetra mais é o B.

O menos penetrante é o alfa.

47. **P:** E o gama, pessoal, não tem nada ai?

48. **A13:** Gama.

49. **P:** não acharam?

50. **A13:** Achei. Entretanto... [fazendo a leitura]

51. **P:** Muito mais penetrante.

Então, sobre as radiações alfa, beta e gama.

O raio gama é muito mais penetrante.

E agora, que desenho vou fazer sobre isto?

52. **A13:** Dos raios.

- 53. P:** O desenho tem que ser que, quando alguém ler o texto, quando olhar o desenho ajude a entender o que está escrito no texto. [a aluna balança a cabeça, concordando - ou afirmando que já entendeu].
- 54. A13:** Não é de uns raios penetrando? Uma mais e outro menos?
Penetrando o quê?
- 55. A13:** Na matéria.
Aqui ó, [olha para o texto, aponta com o lápis], penetra na matéria, não é?
- 56. A13:** E matéria o que é?
- 57. P:** O que é matéria!
- 58. A13:** Qualquer coisa?
- 59. P:** Madeira é matéria, metal, areia é matéria. O corpo humano é matéria.
- 60. T:** continua filmando aqui?
- 61. P:** Renan, Renan, você está fazendo?
Por favor.

Grupo 6

- 62. A16:** Professor nós estamos em dúvida?
- 63. A15:** A gente não está entendendo.
- 64. P:** você conseguiu?
Você conseguiu grifar, tudo o que o texto fala sobre os desvios das radiações, alfa, beta e gama?
- 65. A16:** Oi?
- 66. P:** Você conseguiu grifar tudo o que o texto diz sobre os desvios das radiações?
- 67. A16:** sim.
- 68. P:** E o que o texto diz?
- 69. A16:** Os beta, deixa eu pegar aqui.
Os raios menos penetrantes são os alfa, os que penetravam mais são o beta e os que, não eram. Que é muito mais penetrante que estes dois é o raio gama.
- 70. P:** então esta é uma afirmação sobre a penetração de raios na matéria
Se você leu, é esta questão que está aqui.
[primeira figura].
Como você faria uma figura que te ajudasse a visualizar estas três informações?
Qual é o mais penetrante, qual é o menos e o muito mais penetrante?
Imagina uma figura para ilustrar isto daí.

71. A17: Da nossa cabeça.

72. P: Da sua cabeça.

73. A17: Ah, então, não vai dar errado, não é?

74. P: Não

[Sobre a segunda figura]

75. A15: Os raios gama não eram desviados por serem mais energéticos.

76. P? Não eram desviados do quê?

77. A15: Aqui não está falando!

78. P: Do campo magnético. Não eram sensíveis ao campo magnético.

Então ele passava pelo campo magnético e não eram desviados.

79. A15: então eu tenho que desenhar o campo magnético dele?

80. P: O que tem um campo magnético?

81. A16: Um ímã.

82. P: Um ímã.

Um ímã tem um campo magnético.

Então os raios gama passam por um campo magnético que está perto de um ímã e não é desviado.

O que vocês desenhariam?

83. A17: Os elétrons. [gesticulando]

84. P: Não.

O que vocês colocariam em seu desenho?

85. A16: Um ímã.

86. P: Um ímã.

87. O que mais.

88. A17: uma coisa [fazendo gesto com um lápis na mão – como um raio], que seria o raio gama, não sei, um risquinho.

89. P: um risquinho, que é o raio gama, o que mais?

90. P: o campo magnético. Não é.

Desenha o ímã, e o campo magnético do ímã.

Ai o raio passando pelo campo.

E o que acontece quando ele passa pelo campo?

91. A: eleeee. [A aluna passa a desenhar]

92. A: O professor. Posso ir ali fora rapidinho?

93. A18: Professor vem cá.

Meninos, por favor?

Grupo 7

94. A18: O que poderia ser essa a matéria aqui?

O que é matéria, fala para mim.

95. A18: Poderia ser um gato?

96. P: Gato é matéria. Madeira é meteria, metal é matéria.

Agora me diga uma coisa. O raio que é mais penetrante. Entre sua carne a madeira e o metal? [apontando estes materiais, na carteira do aluno].

O que é menos penetrante, ele não vai. Não vamos mudar.

Papel, madeira e metal. O que menos é penetrante, o que ele não atravessa?

97. A18: Os três?

98. P: O raio menos penetrante, vai atravessar o metal?

99. A18: Não

100. P: Não. Vai atravessar a madeira?

101. A18: Não.

102. P: Vai atravessar o papel?

Talvez. O papel é mais fácil de atravessar.

O mais penetrante atravessa papel?

[O aluno balança a cabeça indicando que sim.]

Atravessa madeira?

Atravessa o ferro?

103. A18: e aqui também colocar alguns elementos que têm campo magnético. Fora o ímã.

104. P: Não. Usa o ímã.

105. P: Cada um vai fazer um ímã, ou melhor, dois ímãs.

Entre dois ímãs, vai ter um campo magnético.

106. A: professor

A: professor

Grupo 5

107. T: Deixa eu ver rapidinho. [mostra o desenho]

108. A13: Não terminou ainda. Tem que acabar.

109. P: a penetração, não está falando disto.

110. A17: Aqui ó [lendo no texto]

“os raios que são menos penetrantes são os raios alfa”. E os raios que penetram mais, os raios beta. “Além da diferença na penetração na matéria, ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos”

111. P: penetração, vocês já sabem o que é. E mais para baixo.

E o gama.

112. A17: “Com o resultado das experiências realizadas por Rutherford, bem como a de outros cientistas como Becquerel, conclui-se em poucos anos que os raios beta [β] são raios catódicos [elétrons].”

113. A16: procura aqui no meio. Por aqui.

114. A17: “Entretanto, P. V. Villard, na França, descobriu uma terceira forma de radiação que era muito mais penetrante que as duas anteriores, que designou por raios gama [γ].

Os raios betas são raios catódicos elétrons.”

Descobriu uma terceira forma de radiação os raios gama.

115. P: Os raios gama.

Então qual é a menos penetrante.

116. A17: a menos penetrante é a alfa.

117. P: Alfa.

Qual é a muito penetrante?

118. A17: Gama.

119. A16: qual é?

120. P: e a [radiação] beta é a intermediária.

Você tem que fazer uma figura que quando você olha você consegue ver.

O raio que penetra menos, que é o beta, e o gama que penetra muito mais.

O raio beta é o quê?

Raio de?

121. A17: de elétrons

122. A: O professor

123. T: A Rafaela, você pode dizer que [...] é esta?

124. [Apontando o desenho].

125. A16: Esse é o campo magnético, esse é o ímã e essa é o raio gama e mostra que os raios gama não sofrem ação do campo magnético. Eles ultrapassam.

126. P: pessoal, olha aqui.

Há uma dúvida levantada e precisamos retomar as aulas passadas

Vocês leram um texto sobre radiações, leram um texto sobre raios X.

Elétrons quando passam perto de um campo magnético eles se espalham

Na televisão, sai lá de trás do tubo e bate lá na frente um raio. Raio beta.

[...] é um raio. Quando a gente coloca a mão perto do rosto é um tipo de radiação, Raios infravermelhos. A luz são raios. Raios luminosos.

Como você faria um desenho do raio?

E aí não tem certo e errado?

127. T: Eduardo, diga o que você está fazendo.

Mostra o desenho.

128. A19: Raios menos penetrantes são os raios alfa. Aí esses ponto aqui, são os raios mais penetrantes, são os beta.

E a terceira radiação, são os raios gama. Aqui como uma figura extra. Certo?

129. T: só isto?

130. A20: tem as cargas opostas, também.

Põe aí

131. T: O quê?

132. A20: cargas opostas.

Põe Eduardo.

133. T: explique o seu desenho aí.

134. A8: Aqui seria o campo magnético, os raios alfa, que passam pelo campo magnético, mas se desviam.

Aqui os raios gama, passam pelo campo magnético e se concentram o campo,

E esse é o raio beta, que ficam pelo campo, mas não chegam a entrar dentro do campo magnético.

135. T: Então explica o seu desenho pra gente.

136. A6: Ó a gente fez mais ou menos um modelo, uma caixa de madeira, como se fosse à matéria.

Aqui está o sal de urânio [apontando o desenho], aqui ele indica os raios betas que são os raios que conseguem atravessar o campo de força, mas no meio do caminho ele para, por que existe uma barreira que não deixa ele passar.

Os raios alfa, que chegam até a madeira, mas não conseguem atravessar, devido ao campo de força. E aqui os raios gama que conseguem passar direto, que são imunes ao campo de força e a gente fez no modelinho de uma caixa de madeira que seria a matéria.

137. T: professor.

138. P: oi.

139. T: explica o seu desenho ai.

140. A6: como a gente estava falando.

A gente fez uma caixa de madeira que seria o modelo de matéria.

Certo?

141. P: certo.

142. A6: Aqui tem o exemplo de sal de urânio.

O primeiro raio. Raios alfa, que são raios que conseguem chegar até a matéria, mas são desviados, devido ao campo de força, que protege. Né?

Então ele é um raio mais fraco.

Os raios beta, que conseguem atravessar, mas como eles são imunes ao campo de força, a metade, eles não conseguem atravessar.

E os raios gama, que são imunes ao campo de força e passam direto.

E é mais ou menos o modelo que a gente fez.

143. P: estou gostando de ver e estou gostando de ouvir.

DADOS: AULA EM 31 OUT 2008

RADIAÇÕES ALFA BETA E GAMA.

DESENHANDO A PARTIR DO TEXTO.

1. **A:** esta gravando.

2. **P:** pega lá no fundo.

Bom pessoal nos pegamos o texto, grifamos algumas frases que deveriam ajudar a entender o desenho que estaria aqui.

Ou melhor, aqui deveria ter um desenho que ajudaria a compreender o texto.

Só que nós fizemos o caminho inverso.

Fizemos o desenho sem conhecê-lo.

Na aula passada, nos demos continuação a matéria, e nos verificamos o que são os raios alfa, os raios beta. Certo?

O que são os raios beta? Alguém se lembra?

No vídeo da aula passada, lembram que cor que era o raio dentro do tubo?

3. **A:** verde.

4. **A:** verde.

5. **P:** verde clarinho, não é?

Era verde. E lá é. São os raios beta e esse tubo é chamado tubo de raios catódicos.

O que são os raios beta? Alguém se lembra?

[...]

Que tipo de raio ele é, além disso.

São os raios, chamados raios catódicos, por que?

[...]

O gama. Alguém lembra o que é?

O alfa. Não?

Olha eu vou entregar o texto, novamente a vocês,

Vocês. Dá uma olhada novamente no texto

E nesse novo texto, pessoal,

Ou nesse velho texto, você tem a figura, as que mais são usadas nos livros didáticos, no local exato.

Para descrever cada situação:

esta é a figura mais utilizada, quando se fala da penetração da radiação na matéria.

Quando se fala dos desvios das radiações alfa e beta, esse é o desenho que você mais encontra nos livros.

E agora vocês vão dizer o significado dos desenhos de vocês

e tentar olhar e comparar, e dizer não nosso desenho tem tudo que aqui tem, ou nosso desenho faltou algum detalhe. Faltou isso, mas está perfeito. Ou não está perfeito?

Vocês vão ter que comparar o desenho de vocês com o desenho que é mais usado para explicar este fenômeno.

E depois cada grupo tem que falar o significado de seu desenho.

6. A: tô ferrada.

7. P: Bom, Esta figura. [segurando o texto com as figuras suprimidas do texto, na última aula].

Pessoal, presta atenção.

Esta figura que esta, ali na TV, é a segunda figura. Tá?

Ela fala sobre os desvios das radiações

Então no alto,

O raio que passa direto, o que raio é este?

8. A16: É o gama

9. A2: O raio gama.

10. P: Por que é o gama?

11. A16: É lógico. Porque ele é o mais penetrante de todos.

[...]

12. P: Pega o pessoal.

Por que, que é o raio gama, pessoal?

13. A2: Porque ele não é sensível ao campo magnético.

14. P: Isso, ele não sofre ação do campo magnético, não é sensível ao campo magnético.

Eles passam direto

Esta passando, lá, direto no quadro na lousa, na TV, são os raios gama.

Depois você tem, logo ao lado esquerdo do gama, um que sofre pouco desvio.

15. A18: Beta

16. A16: É o beta

17. P: É o alfa ou é o beta?

18. A16: Alfa

19. A8: Beta

20. **A16:** Alfa

21. **A16:** Alfa

22. **A16:** Alfa

23. **A17:** É o Beta

24. **A17:** Beta

25. **A16:** Não é o beta?

26. **P:** Mas esta figura, esta figura não e á figura sobre penetração na matéria. Esta figura é sobre desvios das radiações.

27. **A17:** É o beta

28. **A17:** É o beta

29. **P:** Senhorita, vire-se para cá.

30. **A8:** Eu coloquei que é o beta.

31. **A:** É o beta

32. **P:** Esta lá na lousa, na TV, a imagem.

É o alfa ou é o beta, aquele raio que esta ao lado do raio gama? [este. [o prof. aponta na TV o raio do qual ele esta falando.]

É o alfa ou o beta?

33. **A17:** É o beta

34. **A8:** É o beta

35. **A16:** É o alfa.

36. **A17:** É o beta

37. **P:** Olha esta figura não fala sobre a penetração da radiação na matéria, ela fala sobre o desvio das radiações.

38. **A17:** É o beta

39. **A17:** É o beta

40. **A16:** É o alfa.

41. **P:** Vamos para a primeira figura, depois a gente retorna.

[Discussão entre os grupos]

42. **A17:** É o beta e acabou.

43. **A16:** Eu acho que é o alfa.

44. **A17:** É o beta.

45. **A8:** É o gama. [com ironia]

46. **A3:** Tenho certeza absoluta que é o alfa. Tenho certeza

47. P: Bom, a figura que esta lá na TV, esta não ficou muito nítida,

Mas eu vou

48. A17: Professor é o beta ou o alfa?

[O professor faz a leitura da nomenclatura da figura, que não está nítido na tela da TV].

49. P: Aqui no alto tem a fonte radioativa.

Depois você vê um papel.

O papel é atravessado por uma radiação.

Depois esta segunda figura aqui é alumínio e é atravessado por outra radiação.

E no final aqui é o chumbo.

Então você tem, tem três materiais, papel é o primeiro, alumínio é o segundo e chumbo é o terceiro.

Então você tem uma radiação que é bloqueada até por papel.

Depois você tem uma radiação que ela atravessa papel, mas no alumínio ela para.

Depois você tem outra, que para deter ela tem uma chapa bem maior que as outras e bem espessa de chumbo.

Esta é a figura sobre penetração das radiações na matéria.

Embora não de para,

Até que dá para.

Qual é a radiação ai menos penetrante?

50. A: é o alfa. [nestes momentos vários alunos fala juntos, quase que em coro]

51. A: é o alfa.

52. P: A segunda radiação menos penetrante:

53. A: beta.

54. A: beta.

55. P: e a mais penetrante?

56. A: alfa,

57. A: ah que alfa? É o gama.

58. P: é o gama.

Agora eu quero ver..., o que vocês..., o desenho de vocês sobre penetração da radiação na matéria.

59. A17: começa comigo?

60. P: começa. Vem aqui.

61. A17: ir ai?

62. P: É,

63. A17: a não.

64. P: mostra o desenho.

65. A17: O desenho é da traseira de um elefante

E eu representei oooo

66. P: Cadê? Isto aqui é a traseira de um elefante?

67. A17: É. Aqui o rabo dele.

68. P: Tá bom.

69. A17: E Aqui eu representei o alfa, né. Que ele é menos penetrante

O beta que ultrapassou, mas não foi muito, e o gama que atravessou.

70. P: Deixe eu ver o desenho.

Me diga uma coisa, por que tem diferença nos traços do desenho, do alfa, do beta e do gama?

É só para ficar bonitinho.

71. P: e o grupo?

72. A18: È para diferenciar, né professor, já quem olha dá para saber a diferença de cada raio.

E olha que está colorido também.

73. P: mostra o seu desenho.

Levante-se.

74. A17: Posso sentar professor?

75. P: Não.

Mostra o desenho para o pessoal.

Pessoal, dá uma olhada no desenho da Taissa [A8].

Acertei o seu nome?

76. A8: A: acertou.

77. A8: então eu fiz para representar uma peça de madeira,

Os raios alfa, são os que menos penetram na matéria, [No desenho estes raios sequer penetram na matéria],

Os raios beta é que penetra um pouco e os raios gama e o que penetra mais.

E aqui é sal de urânio.

Bom o desenho eu fiz como se fosse uma onda, assim oh, mais ou menos.

[gesticulando sinuosamente com a mão]

78. A17: mas ela fez tudo igual professor, oh.

79. A8: é. Porque eu não sei como, se há diferenciação ou não.

Do meu ponto de vista, o olhar humano não tem como acompanhar isto.

80. P: O seu desenho é como se fosse uma onda?

81. A8: é. Mais ou menos.

82. P: eu não entendi. Por que, que o raio alfa esta saindo ai pelo lado? [apontando o raio no desenho]

83. A8: por que ele é o menos penetrante, na matéria.

Os raios gama são os que penetram um pouco [parou um segundo]

Não os raios beta. [apontando o desenho]

E os raios gama são os mais penetrante

84. P: Então isso ai é uma onda?

85. A8: é.

86. P: pode sentar.

87. P: E o seu, é o que?

88. A17: o meu é uma onda, também.

89. Só que eu coloquei só para diferenciar, mas é uma onda.

Certo?

90. P: ok, vai lá.

91. A17: obrigado.

92. P: pessoal, outro desenho.

93. A: nós estamos acabando.

Aqui mesmo.

O, desculpa.

94. P: Mostra o seu desenho,

95. A20: Aqui tem o campo magnético, o raio alfa que é o menos penetrante, ele não consegue passar.

96. P: Vire um pouquinho, para o pessoal ver.

Pessoal olha o desenho dela.

97. A20: Os raios alfa é menos penetrantes e não consegue passar totalmente

98. O raio gama, que é o mais penetrante, ele passa totalmente, [...] campo magnético.

E o raio beta ele passa mais ou menos

99. P: aproxime mais o desenho, me deixe ver.

100. A20: o meu desenho está péssimo.

101. P: Este aqui é o de penetração na matéria?

E cadê a matéria?

[...]

102. **P:** não é a matéria. [apontando a legenda em que estava escrito campo magnético]
103. **A20:** Não.
104. **P:** E os riquinhos também não mostram se é mais ou menos penetrante, por que os três estão passando.
105. **A20:** Não esse aqui não passa, esse.
106. **P:** A esta passando para baixo.
Esse não passa.
107. **A20:** esse aqui passa a metade e não passa muito, porque é mais ou menos penetrante.
108. **P:** isso aqui então não pode ser matéria. Isto aqui tem que ser matéria e não é? E não campo.
109. **A20:** é é é verdade.
110. **P:**Esse, o dois é para fazer o desvio das radiações. Então não era este o desenho. É o outro desenho.
111. **A20:** Eu vou buscar o outro.
[a aluna se dirige ao seu grupo, e observa seu desenho]
112. **A20:** o outro está igualzinho.
113. **P:** André. Seu desenho.
114. **A21:** Estou terminando.
115. **P:** Vem cá explicar rapaz.
116. **A21:** Estamos terminando
117. **P:** Querem explicar, já o de vocês?
Pessoal, falta dez minutos.
Mostre o desenho para o pessoal.
118. **A18:** Ah, espera aí,
É que eu quero tirar uma dúvida.
[o aluno tenta convencer o professor a olhar o desenho antes de mostrado ao grupo].
119. **A18:** aqui é a matéria que seria o corpo humano.
Aqui os raios alfa, eles têm é. Como é que eu posso dizer?
Ele tem uma velocidade constante, né? Ao atravessar o corpo ele perde um pouco da ...como é que eu posso falar? Da intensidade. Sei lá.
Aqui os raios gama que atravessam diretamente sem sofrer nenhuma alteração naaa velocidade
E os raios beta, também que são menos penetrante.
Entendeu?

120. P: porque a distinção, dos três tipos aqui [apontando para os três raios]

121. A18: distinção? Como assim distinção?

122. P: Do formato do desenho? Aqui zig zag, bolinha, aqui é só bolinha?

123. A18: é mais por causa qui...

Não tem porque diferenciar. Eu imagino que seja assim.

Sei lá. Não é assim, mas é como ... entendeu, uma variação para não ficar tudo igual.

... daí ta meio...

Mas dá para entender.

124. P: sobre a penetração na matéria.

[...]

Pessoal olha o desenho do grupo

Bom sobre a penetração na matéria. Mostra o primeiro desenho sobre a penetração na matéria.

[O aluno mostra o desenho para a classe]

125. P: Pessoal, vocês acham que este desenho ele satisfaz aqui o primeiro espaço?

126. P: Tem alguma pergunta?

Este desenho poderia ser colocado no primeiro espaço?

Ele se diferencia um pouquinho do desenho inicial do texto, para o primeiro espaço, que é aquele.

Os raios alfa são bloqueados pelo papel, os raios beta, pelo alumínio e os raios gama só por uma espessa parede de chumbo.

Este desenho está diferente, mas ele satisfaz o primeiro espaço?

127. A: não.

128. A8: eu acho que sim.

129. P: mas por quê?

130. A8: para quem não tem idéia de como é, este é mais ou menos uma idéia.

131. P: então espera aí. Você está dizendo que ele só serve porque a gente não sabe o que é.

132. A8: no meu ponto de vista sim.

133. A: dá para entender o que esta texto

134. P: ele ajuda a compreender o texto, este desenho?

135. A8: sim

136. P: fica mais fácil entender o texto com este desenho ou não precisava de desenho a gente entenderia sem ter feito desenho. Dá para entender muito bem.

137. A8: A gente entendeu bem o texto, mas com o desenho fica mais fácil.

- 138. P:** O..., por favor. Sente-se num banco. [o professor chamou a atenção de alguns alunos que estavam em pé e esperou um minuto até que todos se sentaram].
- 139. A15:** Fica mais fácil?
- 140. A16:** Ajuda as informações.
Oh por exemplo se ele não colocasse o nome: o alfa, o beta e o gama. A gente saberia só pelas informações que a gente tem no texto, a gente saberia identificar, qual é o mais o menos.
- 141. A8:** Com a imagem fica mais simplificado.
- 142. P:** vocês acham que vale a pena colocar ai, as informações ai no desenho? Os nomes dos raios? ...
- 143. A:** Sim a: vale.
[uma aluna balança a cabeça, com gesticulando sim]
- 144. P:** o que vocês entendem agora por raios alfa, beta e gama.
Dá para ver os raios alfa, beta e gama? São possíveis de se visualizar?
- 145. A:** não
- 146. P:** sim ou não?
A sala: Não.
- 147. P:** E o vídeo da última aula.
O beta.
- 148. A8:** A mas tem que ter uma reação para fazer. A olho nu, eu acho que não. Ele fez uma reação
- 149. P:** Bom no vídeo da última aula nos tínhamos os raios beta.
Não dá para ver os demais.
- 150. P:** Pelo menos o beta a gente já sabe que é possível.
Mas os outros pode ser que não dá para ver.
Mas isto é uma história para um outro por do sol.
Infelizmente o sinal bateu,
Nosso segundo.
Pessoal só mais um detalhezinho
- 151. P:** Olha o segundo desenho. [Do André]
- 152. A8:** está maravilhoso.
- 153. A16:** está maravilhoso.
- 154. P:** Por que um ímã. Porque tem que ter um ímã na figura?

155. **A15:** Por causa do campo magnético,
156. **A21:** Para atrair.
157. **A17:** Por que os raios são afetados pelo campo magnético
158. **P:** os raios são afetados pelo campo magnético?
E, o que é que tem um campo magnético?
159. **A15:** um ímã.
160. **A8:** um ímã.
161. **P:** então tem que ter este elemento aí, um ímã, para mostrar que ali está presente um campo magnético.
Este desenho. [mostrando o desenho do grupo 6 - Rafaela]
Explica este desenho aí, para gente.
162. **A16:** Aqui, neste desenho a gente quer mostrar a primeira parte do texto sobre os raios beta, e os raios alfa, eles vão para lados opostos. Por causa da... aqui ó. Por que eles além de ter uma penetração diferente, por que o beta ele penetra mais do que o alfa, além disto eles vão ter direções opostas. Diferente do alfa [GAMA] que consegue atravessar.
163. **P:** mas eles penetram na matéria.
O campo magnético é uma matéria?
164. **A15:** não professor, mas ele está falando.
165. **P:** Calma. Vamos ter calma.
166. **P:** campo magnético é uma matéria? Não. Não é.
Ele é um... É algo que afeta o espaço perto do ímã. Ele não é uma matéria.
Agora mais uma questão.
O da Taissa, o raio passa e desvia. Ele está atravessando o ímã ou o campo magnético?
167. **A8:** o campo magnético
168. **P:** Dá uma olhada.
Ele esta atravessando o ímã ou o campo magnético?
169. **A15:** o ímã.
170. **P:** E o de vocês ele está atravessando ou..?
171. **A17:** ele está atravessando.
172. **P:** parece mais que ele bate e volta. Ele ricocheteia.
173. **A17:** alguns raios.
Não é isto que diz o texto?
O raio gama, ele, gama e beta ao passar pelo campo magnético. Eles são jogados um para um lado

E para o outro [gesticulando com a mão]

E o raio gama não, ele passa direto. Ele passa pelo campo magnético.

174. A8: Então tem que ter um ímã, teria que ter uma matéria e o raio gama [gesticulando as direções]

175. P: O ímã é uma matéria. Talvez colocar um ímã aqui outro aqui

E mostrar que só tem campo. E ele desvia no campo, desviam pelo campo.
[Gesticulando as posições dos ímãs e por onde passariam os raios, pelo campo magnético]

[O professor agradece aos alunos, faz algum elogio, eles batem palmas e a aula é finalizada].

Anexo 3 – Sequência de textos

Vendo através da pele: a descoberta dos Raios-X*

Há pouco mais de 100 anos atrás, não era possível o médico visualizar o interior do corpo humano sem ter que abrí-lo e isso dificultava muito o diagnóstico de doenças e fraturas nos pacientes. Mas em 1895 uma grande descoberta revolucionou a humanidade, principalmente a física e a medicina, nesse ano eram descobertos os **raios X**. Mas como isso ocorreu?

Na noite de 8 de novembro de 1895 o físico holandês Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), seguindo as tendências de sua época, estava fazendo mais uma experiência com descargas elétricas nos tubos de raios catódicos (figura 1), estudando o fenômeno da luminescência produzida pelos raios no tubo. Quando notou que algo de diferente acontecia. Em sua sala de experiências totalmente às escuras, ele viu a folha de papel, usada como tela e tratada com uma substância química fluorescente (platinocianeto de bário), colocada a uma certa distância do tubo brilhar emitindo luz..Röntgen espantado, pode imaginar que alguma coisa devia ter atingido a tela para que ela reagisse dessa forma. Mas o tubo de raios catódicos estava coberto por uma cartolina negra e nenhuma luz ou nenhum raio catódico poderia ter escapado dali.

Figura 1

Surpreso e perplexo com o fenômeno, ele decidiu pesquisá-lo mais a fundo. Virou a tela, de modo a que o lado sem a substância fluorescente ficasse voltado para o tubo; mesmo assim, a tela continuava a brilhar. Ele então afastou a tela para mais longe e o brilho persistiu. Depois, colocou diversos objetos (uma camada de papelão, pedaços de madeira, um livro de 1000 páginas e até finas placas metálicas) entre o tubo e a tela e todos pareceram transparentes. Quando sua mão escorregou em frente à válvula ele viu os ossos na tela (figura 2). Descobriria “um novo tipo de raio”, conforme ele mesmo explicou em sua primeira publicação.

Röntgen havia ficado tão perplexo com sua descoberta, que teve que se convencer primeiro antes de falar com qualquer pessoa sobre sua descoberta do novo tipo de raio. Trabalhou sozinho durante sete semanas nessa tentativa, quando finalmente estava convencido, registrou sua descoberta (imagem da mão) em chapas fotográficas, e só então passou a ter certeza.

Figura 2

Em 1º de janeiro de 1896, ele distribuiu o relatório preliminar de sua descoberta, o que causou grande agitação, mas sua descoberta não podia ser refutada facilmente, pois havia fotografias dos raios X de suas mãos anexadas nele. No decorrer do mês, a notícia havia se espalhado por todo o mundo. Pode-se imaginar o deslumbramento em relação a esses raios aos quais tudo se tornava transparente e por meio dos quais todos podiam ver seus próprios ossos. Pode-se ver praticamente os dedos sem os músculos, mas com anéis, como se podia ver também uma bala alojada no corpo. As consequências para a medicina foram imediatamente percebidas. Imagine você nessa época, podendo ver os seus ossos, sem qualquer corte ou perfuração. Somente assim terá idéia da revolução causada com essa descoberta.

O trabalho de Röntgen sobre os raios X foi perfeito à luz do conhecimento existente em sua época. Mas ele, não conseguiu entender a natureza dos raios X, ou seja, ele não conseguiu comprovar que se tratava de uma radiação eletromagnética. No entanto, ele conseguiu mostrar que os raios podiam atravessar materiais sólidos, podiam ionizar o ar, não sofriam reflexão no

vidro e não eram desviados por campos magnéticos, mas não conseguiu observar os fenômenos da refração e da interferência normalmente associados a ondas (ondas eletromagnéticas, neste caso) por isso ficou o nome enigmático de raios X (X é o símbolo pra nomear o desconhecido)

Mais tarde sua natureza foi desvendada, mostrando que eles eram consequência da colisão dos raios catódicos com a parede do tubo e, por terem comprimento de onda muito pequeno, Röntgen não podia observar os fenômenos necessários para comprovar que os raios-X são ondas eletromagnéticas (radiação eletromagnética) de alta frequência.

Uma ilustração do equipamento de Röntgen é mostrado ao lado. Entre os catodos do tubo de vidro, os raios catódicos são inicialmente acelerados, com voltagem de até 100 KV (100.000 V) e, em seguida, são bruscamente freados (há uma colisão dos raios e o alvo). Por causa disso, ocorre uma emissão de radiação eletromagnética com um comprimento de onda muito pequeno (da ordem de 10^{-12} m), que corresponde a radiações de alta frequência. É assim que são produzidos os raios X.

As aplicações dos raios X são as mais diversas possíveis. Elas vão desde “simples” obtenção de chapas fotográficas (radiografias) para detectar uma fratura, uma inflamação e uma cárie até a determinação de uma certa porcentagem de uma substância em um composto, através da difração dos raios X, como é o caso da quantidade de carbono existente no aço. Essa determinação é importante, pois permite que o aço fique mais maleável e conseqüentemente consegue-se produzir chapas mais finas.

Atualmente, os raios X também são utilizados na área de segurança, como é o caso dos aeroportos. Com eles, é possível “ver” dentro das malas e constatar se existem objetos metálicos e até mesmo se as pessoas carregam algum tipo de arma (figura 3). Sua utilização também pode ser vista na fronteira dos E.U.A com o México, onde a polícia o utiliza para vasculhar o interior dos veículos (figura 4).

Figura 3

Figura 4

Questões:

1) Sabemos que os raios X são invisíveis a olho nu. Com base nisto, discuta com seus colegas, outras formas de se detectar os raios X, que não usem chapas radiográficas (lembre que os raios X podem ionizar o ar, ou seja, retirar elétrons dos átomos).

2) Nas radiografias, os contornos dos ossos aparecem bastante claros, sobre o fundo escuro, bem como o contorno de objetos e pessoas (Fig. 3 e 4). Analisando o processo de absorção dos raios X, estas regiões mais claras, recebem mais ou menos raios X do que as outras? Explique sua resposta.

3) Que semelhanças e diferenças têm os raios X e a luz visível?

4) Como você imagina os diagnósticos médicos se os raios X não tivessem sido descobertos? O que os médicos fariam para perceber se você tem uma infecção ou um osso rachado?

A descoberta da radioatividade*

No dia 20 de janeiro de 1896, Antoine Henri Becquerel (1852-1908) tomou conhecimento da descoberta dos raios-X por Röntgen. Físico francês da terceira geração da família Becquerel, tinha muito interesse na fosforescência e na fluorescência dos materiais. Ele imaginou se havia uma relação entre raios X e a fluorescência, ou seja, se algumas substâncias fluorescentes poderiam emitir raios X espontaneamente. No dia seguinte começou a fazer testes para verificar se substâncias fluorescentes emitiam raios X.

Depois de descobrir que muitos elementos não produziam qualquer efeito, Becquerel utilizou sulfato de potássio e urânio (sal de urânio conhecido por suas propriedades fosforescente). Cobriu uma chapa fotográfica com duas folhas de papel negro grosso, tão grosso que a chapa não ficou manchada ao ser exposta ao Sol durante um dia inteiro. Colocou sobre o papel uma camada da substância fosforescente e para ativar a fosforescência do sal de urânio, ele expôs tudo ao sol por várias horas. Quando revelou a chapa fotográfica, percebeu a silhueta da substância fosforescente em negro sobre o negativo. Concluiu que a substância emite radiações capazes de atravessar a folha de papel opaca à luz. Tudo se passava como se o sal de urânio emitisse raios-X.

Em 24 de fevereiro de 1896, Henri Becquerel fez um relatório de sua experiência e apresentou a Academia de ciências em Paris. No entanto, em 2 de março, Becquerel anunciava aos seus pares da academia algo mais extraordinário. Durante a semana havia tentado repetir a experiência, preparando uma nova placa fotográfica enrolada no papel e no sal de urânio. Aconteceu que o tempo havia piorado e ele ficou impossibilitado de realizar a exposição ao Sol. Então guardou o conjunto numa gaveta à espera de melhores dias. Na véspera da seção da academia, como o tempo permaneceu encoberto, decidiu, mesmo assim, revelar as placas, esperando encontrar o negativo em branco. Para sua surpresa os negativos mostravam uma mancha de grande intensidade. Conclui que o sal de urânio emitia raios capazes de atravessar o papel preto, quer tivesse sido exposto ou não ao Sol. Sem dúvida, alguma emissão desconhecida estava saindo do sal, atravessando o papel e chegando até a chapa fotográfica. Essas emissões foram chamadas de **raios de Becquerel**.

Pouco tempo depois, em 9 de março de 1896 já descobrira que a radiação emitida pelo sal de urânio não apenas escurecia as chapas fotográficas protegidas, como também ionizava gases (provocam a libertação de elétrons dos átomos, que por esse motivo ficam carregados positivamente), transformando-os em condutores. A partir daí, era possível medir a “atividade” de uma amostra simplesmente medindo a ionização que ela produzia. O instrumento usado para essa medição foi um rústico eletroscópio de lâminas de ouro.

A essa altura, um casal de cientistas iniciava suas investigações sobre a radioatividade em Paris de vários minérios, uma vez que Henri Becquerel focalizou suas pesquisas somente no urânio. Ela, Marya Sklodowska Curie (1867-1934), polonesa e seu marido francês, Pierre Curie (1859-1906).

Após analisar vários compostos de urânio, Marie Curie pôde verificar a constatação de Becquerel, confirmando que a emissão de raios é uma propriedade do elemento urânio e assim, decidiu examinar todos os elementos conhecidos. Descobriu que somente o **tório** emitia raios semelhantes aos do urânio. Nesse ponto, depois de descobrir que o urânio não era o único elemento a emitir radiação espontaneamente, Marie propôs a palavra **radioatividade** para esse fenômeno.

Decidiu, então, analisar todos os minérios naturais, mas para sua surpresa um mineral de urânio (uraninita) era três ou quatro vezes mais radioativo do que se esperava. Conclui que um elemento extremamente radioativo deveria existir enquanto impureza nesse minério. Depois de um longo e exaustivo trabalho, em julho de 1898, Marie com a ajuda de seu marido Pierre, conseguiram isolar a impureza e perceberam que se tratava de um novo elemento, que designaram de **polônio**, em homenagem ao país de origem de Marie, a Polônia. Ao aprimorar mais os seus métodos de purificação da uraninita, o casal Curie, acabou por encontrar, em setembro desse mesmo ano, um elemento altamente radioativo que recebeu o nome de **rádio**.

Mas apesar de conseguir descobrir mais elementos radioativos, permaneciam dois grandes problemas a serem resolvidos, segundo os Curie. Qual era a origem da energia emitida por esses elementos radioativos? Qual é a natureza das radiações emitidas?

Questões:

- 1) Qual foi a principal contribuição que os Curie deram para a radioatividade?
- 2) Você sabe qual é a diferença entre um material fluorescente de um fosforescente?

3) Se na experiência de Becquerel, ele tivesse colocado entre o filme revelador e o sal de urânio uma placa de chumbo, conseguiria ver alguma mancha? Por quê?

Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford*

Após a descoberta dos raios X e da radioatividade, Ernest Rutherford (1871-1937), cientista nascido na Nova Zelândia, deu contribuições decisivas para a compreensão da natureza das substâncias radioativas e das suas radiações. Rutherford e seu colaborador Joseph John Thomson (1856-1940) dedicavam-se a medir a ionização nos gases provocada pelos raios X e pelas radiações emitidas pelo o urânio.

Em longo trabalho no laboratório Cavendish, Rutherford percebeu, em 1898, a existência de dois tipos diferentes de radiações emitidas pelo urânio, devido a penetração que tinham na matéria. Os raios que são menos penetrantes ele designou por raios alfa (α) e, os raios que penetravam mais de raios beta (β). Além da diferença na penetração na matéria, ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos quando passavam por uma região com campo magnético. Disso ele pode concluir que eles tinham carga elétrica oposta.

Com o resultado das experiências realizadas por Rutherford, bem como a de outros cientistas como Becquerel, conclui-se em poucos anos que os raios beta (β) são raios catódicos (elétrons). Entretanto, P. V. Villard, na França, descobriu uma terceira forma de radiação que era muito mais penetrante que as duas anteriores, que designou por raios gama (γ). Estes não eram sensíveis ao campo magnético, ou seja, não eram desviados e surgiram como uma espécie de raios X mais energéticos. O esclarecimento da natureza dos raios α continuou um mistério durante alguns anos.

Ao se mudar para Toronto, no Canadá, Rutherford pode observar outro fenômeno misterioso. Ao isolar a parte radioativa do sal de urânio, ele pode perceber, que com o passar do tempo, ela perdia a sua radiação, em contra partida a solução que havia retirado o elemento radioativo recuperava a radioatividade inicial.

Trabalhando com o químico F. Saddy, Rutherford chegou a solução que implicava na transmutação entre os elementos, algo que foi anunciado com muito cautela ao anunciar, pois lembrava fortemente o antigo sonho dos alquimistas.

Para fundamentar sua conclusão sobre a transmutação dos elementos, Rutherford teve que investigar mais a natureza das radiações alfa (α). Entre 1900 e 1903, através das medidas da razão entre a massa e carga elétrica das partículas α , ele pode concluir que estas são, na verdade, átomos de hélio ionizado. Resolvendo assim o problema da transmutação dos elementos que pode ser explicado da seguinte maneira. Os átomos estáveis (radioativos) emitem as radiações α e β , ao fazerem isso eles mudam suas propriedades químicas, transformando-se em outro tipo de elemento (transmutação). Estava assim desvendada a natureza das radiações α e da transmutação dos elementos. Mas ainda não compreendiam como que essas radiações eram produzidas, deixando essa questão em aberto para a ciência.

Questões:

1) Qual foi a principal contribuição que Rutherford deu para a radioatividade? Como ele fez isso?

2) Quais são as principais diferenças entre as radiações α e β ?

3) Por que a radiação γ não sofre desvio ao passar por uma região de campo eletromagnético?

A queda do status elementar do átomo: a descoberta do elétron*

Na segunda metade do século XIX, o eletromagnetismo já estava praticamente todo formulado com as equações de Maxwell e com a experiência de Hertz que a confirmavam. Na década de 1870, os experimentos com descargas elétricas em gases eram muito realizados e para isso, os cientistas utilizavam tubos de vidro lacrados que se podia retirar o ar de dentro deles.

Um desses cientistas, William Crookes, um inglês não muito ortodoxo que acreditava poder se comunicar com os mortos e é mais lembrado hoje pela sua invenção do que veio a ser chamado de “tubo de Crookes”, um tubo de vidro lacrado, contendo um gás com densidade muito baixa e dotado de eletrodos em seu interior, próximos a cada uma das extremidades do tubo (pioneiro dos anúncios de néon). O gás brilhava quando os eletrodos eram conectados a uma fonte de voltagem. Gases diferentes brilhavam com cores diferentes. Experimentos realizados com tubos contendo placas metálicas e fendas mostraram que o gás brilhava por causa de algum tipo de “raio” que vinha do terminal negativo (cátodo). As fendas usadas podiam tornar os raios mais estreitos e as placas podiam impedir os raios de atingirem as placas positivas (ânodo). O dispositivo foi chamadas de tubo de raios catódicos (figura 1). Esses raios podiam ser desviados na presença de campos elétricos ou magnéticos. Essa descoberta deu indicação que os raios poderiam ser formados por partículas negativas.

Figura 1

Em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson, influenciado pelos trabalhos de Maxwell e o descobrimento dos raios X, mostrou que os raios catódicos eram de fato formado por partículas, menores e mais leves do que os átomos, que denominou de *corpúsculos* e todas, aparentemente, eram idênticas. Ele conseguiu criar feixes de raios catódicos bem estreitos, e mediu seu desvio na presença dos campos elétrico e magnético. Thomson

raciocinou que o valor do desvio dependia de três coisas: da massa das partículas, da rapidez delas e de suas cargas. Mas como o ângulo de desvio dependeria dessas coisas?

Quanto maior fosse a massa das partículas, maior seria a inércia e menor o desvio sofrido. Quanto maior a rapidez delas, menor seria o desvio. Além disso, a partir dos experimentos, Thomson conseguiu estabelecer que as partículas tinham massa muito menores do que qualquer átomo. A partícula presente nos raios catódicos recebeu o nome de **elétron** (que significa *âmbar* em grego). Ele também conseguiu calcular a razão entre a massa e a carga da nova partícula. Devido a esse trabalho recebeu o prêmio Nobel de 1906.

Em 1907, através de suas experiências, o físico americano Robert Millikan, conseguiu determinar a carga elétrica do elétron. Ele borrifou gotículas de óleo no interior de uma câmara com um campo elétrico que podia ser ajustado. Inicialmente ele notou que algumas gotas moviam-se para cima. Desta forma, ele pode concluir que estas gotículas tinham cargas negativas e sofriam a ação de uma força de natureza elétrica que superava a gravitacional e por isso elas subiam. Ajustando, então, o campo elétrico dentro da câmara, ele pode manter as gotículas em equilíbrio (flutuando imóveis). Sabendo que a gravidade atuando para baixo era anulada pela força elétrica que atuava para cima, ele percebeu que a carga elétrica de cada gotícula era um múltiplo inteiro de um único valor. Esse valor, ele propôs que fosse uma unidade fundamental para todas as cargas elétricas encontradas na natureza, que era a carga do elétron. Junto com determinação da razão entre a carga e massa feita por Thomson, Millikan obteve pela primeira vez a massa do elétron, que era cerca de 2000 vezes menor que a massa do átomo mais leve (hidrogênio).

Toda essa investigação e descoberta do elétron levaram a uma nova maneira de olhar os constituintes da matéria. Até então, pensava-se que a matéria era constituída de **átomos** (algo que não poderia ser dividido, ou seja, algo elementar), com a descoberta do elétron, o átomo perdeu seu status elementar e passou a ser visto de outra forma, o que instigou ainda mais a curiosidade humana na busca do elementar. Fazendo com que novas investigações sobre os constituintes da matéria fossem feitas.

Desta forma, entre 1895 e 1904 a ciência havia descoberto e desvendado a natureza dos raios X, da radioatividade, dos raios catódicos e da transmutação dos elementos. Passando por uma grande revolução na maneira de interpretar e ver a natureza.

A busca pelo constituinte da matéria: a evolução do conceito de átomo

Depois da descoberta do elétron por Thomson, em 1897, a ciência passou por uma grande mudança. Pela primeira vez, estava comprovado que o átomo era composto e não elementar como se pensava antes. Mas como foi a evolução da idéia do átomo?

Tudo começou, há aproximadamente 2500 anos, quando o homem iniciou o seu questionamento sobre a estrutura da matéria, ou seja, qual era a matéria prima ou substância primordial que compunha o Universo. No início das investigações, as concepções filosóficas se dividiam em dois grupos. De um lado, os filósofos que acreditavam que o Universo era formado por um único elemento – monista; por outro, aqueles que acreditavam nos vários elementos que formam o Universo – pluralista.

Dentro da corrente monista, podemos destacar os seguintes filósofos: Tales de Mileto (624 – 546 a.C.), que acreditava que o elemento primordial era a *água*; Anaxímenes de Mileto (570-500 a.C.) seria o *ar*, uma vez que o mesmo se reduziria a água por compressão. Para Xenófenes da Jônia (570-460 a.C.) era a *terra*. Porém, Heráclito de Éfeso (540-480 a.C.) era o *fogo*, o elemento primordial.

Em meados do século V a.C., surge um novo movimento que tenta explicar a matéria prima sendo uma porção única, subdividida em diminutas partes. Essa era a forma como Anaxágoras de Clazômena (500-428 a.C.) imaginava o Universo. Para ele, a matéria prima seria uma espécie de semente (*homeomerias*) contendo outras sementes em seu interior e, essas, por sua vez teriam outras e assim infinitamente, semente dentro de semente.

Ao contrário da visão de Anaxágoras, Leucipo de Mileto (460-370 a.C.) e seu discípulo Demócrito de Abdera (470-380 a.C.) acreditavam que todas as coisas eram formadas por um único tipo de partícula: o *átomo* (indivisível, em grego), eterno e imperecível, que se movimentava no vazio. Propunham também, uma explicação para as diversas propriedades das substâncias, através das diferenças geométricas na forma e na posição do átomo.

Paralelamente a essa idéia atomista, tinha-se a corrente pluralista, destacado-se Empédocles de Akragas (490-431 a.C.) que acreditava no Universo formado por quatro elementos: *água*, *terra*, *fogo* e *ar*, podendo combinar-se para formar as diversas substâncias.

Esses elementos estariam em constante movimento que seria intermediado pelo *amor* ou *amizade* que os uniam, e do *ódio* ou *inimizade* que os separavam.

Mais tarde, Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.), propunha outros elementos: *frio*, *quente*, *úmido* e *seco*, que agrupados de dois a dois, formavam os elementos de Empédocles da seguinte forma: seco e frio daria a terra; seco e quente, o fogo; úmido e quente, o ar e úmido e frio, a água.

Depois de algum tempo, a idéia atomista foi retomada por Epícuro de Samos (341-270 a.C.) e levada as últimas conseqüências por Titocaro de Lucrécio (96-55 a.C.) que acreditava que todos os objetos da natureza eram constituídos de átomos, inclusive o corpo e a alma.

Mas não eram somente os gregos que buscavam a matéria prima do Universo. Na China, Tsou Yen (360-260 a.C.) tinha uma concepção pluralista, tendo como elementos básicos a *água*, a *madeira*, o *fogo*, o *metal* e a *terra*. Porém, não eram meras substâncias, já que eram governados pelo dualismo básico dos princípios cósmicos *YIN* e *YANG*.

Na Índia, os hindus também tinham sua própria concepção, onde os elementos primordiais se ligavam aos sentidos: *éter-audição*, *ar-tato*, *fogo-visão*, *água-paladar* e *terra-olfato*. Além disso, acreditavam que os quatro elementos de Empédocles eram constituídos de átomos (indivisíveis e indestrutíveis). Por outro lado, devido ao caráter religioso dessa filosofia, havia uma crença que a *alma* também seria um elemento primordial do Universo.

Já nos primeiros séculos da era cristã, houve uma ascensão do Império árabe. Assim, entre os séculos X e XI, a ciência árabe teve seu período áureo, podendo formular sua própria concepção dos elementos primordiais. Para eles, estes elementos deveriam ser encontrados nos princípios ou nas qualidades das substâncias e, não na substância em si. Desta forma, o *enxofre* seria o princípio da *combustão* (fogo) e o *mercúrio* está ligado ao elemento *líquido* (água).

Depois da queda dos árabes, no final do século XI, as idéias gregas voltaram à tona. Desta forma, as concepções monistas e pluralistas continuaram a ser discutidas e defendidas pelos cientistas da Idade Média e Renascimento.

Entretanto, em 1647, o filósofo e matemático francês Pierre Gassendi (1592-1655) publicou um livro distinguindo pela primeira vez *átomo* de *molécula* (distinção estabelecida oficialmente no 1º Congresso Internacional de Química, em 4 de setembro 1860) e, parecia propor, que o átomo seria uma parte *real* da substância, porém invisível e indivisível.

Já em 1789, foi editada a primeira tabela periódica contendo 30 elementos, elaborada pelo químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794). Ele se baseava no princípio de que “cada elemento de um composto pesa menos do que o composto como todo”.

Alguns anos depois, em 1814, o físico químico Jöns Jakob Berzelius (1779-1848) introduziu a nomenclatura atual dos elementos químicos.

Vários outros cientistas, como o inglês John Dalton (1766-1844), o francês Joseph-Louis Gay-Lussac (1778-1850) e o italiano Amadeo Avogadro (1776-1856), começaram a investigar melhor as substâncias com a finalidade de determinar as massas dos átomos e seus volumes. Desta forma, foram formuladas algumas leis que ajudaram a classificar melhor as substâncias na tabela periódica.

Foi então, que em 1869 o russo Dimitri Ivanovich Mendeleiev (1834-1907) e em 1870 o alemão Julius Lothar Meyer (1830-1895) chegaram, independentemente, a tabela periódica dos 63 elementos, relacionando o peso atômico com suas propriedades, seguindo a seqüência 2, 8, 8, 18, 18, 36 indicando cada período, o número de elementos que apresentavam as mesmas propriedades e assim, Mendeleiev previu a existência de mais alguns elementos que foram detectados posteriormente.

Mas, foi devido às experiências relacionadas ao eletromagnetismo, que o caráter indivisível do átomo foi posto em dúvida. Para o físico francês André Marie Ampère (1775-1836) e o dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), era uma questão de tempo mostrar que o átomo tinha constituintes de carga elétrica. Em 1828, o físico alemão Gustav Theodor Fechner (1801-1887), propôs o modelo de que o átomo consistia de uma parte central massiva que atraía gravitacionalmente uma nuvem de partículas quase imponderáveis. Esse modelo foi melhorando por seu conterrâneo Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), colocando a força elétrica no lugar da gravitacional.

A primeira evidência experimental sobre a estrutura do átomo foi verificada pelo físico e químico Michael Faraday (1791-1867) ao descobrir, em 1833, o fenômeno da *eletrólise* (ação química da eletricidade). Ele observou que a passagem da corrente elétrica através de soluções químicas fazia com que os metais de tais soluções se depositassem nas barras metálicas introduzidas nessas soluções. Essa evidência foi corroborada com a teoria iônica desenvolvida pelo químico Svante August Arrhenius (1859-1927) em 1884, segundo a qual os íons que constituíam a corrente através da solução, nada mais eram do que átomos carregados de eletricidade.

Uma nova visão do átomo com a descoberta do elétron: o modelo atômico de Thomson

Com a descoberta do elétron por J. J. Thomson, o átomo não era visto mais como constituinte elementar do Universo. Com isso, Thomson pode propor, em 1903, uma nova visão do átomo.

Seu modelo era descrito da seguinte maneira: o átomo era composto de uma carga positiva uniformemente distribuída em uma esfera de raio da ordem 10^{-10} m, “embebida” de elétrons que vibravam em seu interior. Essa forma garantia a neutralidade do átomo, evitando o colapso do átomo.

O modelo atômico de Thomson também ficou conhecido como o “Modelo do Pudim de Passas”, no qual as passas representavam os elétrons e a pasta do pudim, a carga elétrica positiva.

TRABALHO

A compreensão do conceito de átomo teve participação de vários personagens ao longo da história.

Monte um painel destacando a linha do tempo, colocando os personagens e dados pessoais, figuras, frases, datas, épocas e contribuições do desenvolvimento do átomo até o modelo atômico de Thomson.

A descoberta de Rutherford: Um novo modelo atômico

As experiências com descargas elétricas em gases, também evidenciaram a existência de partículas positivas. Em 1886, Eugen Goldstein (1850-1931), observou que quando o catodo de um tubo era perfurado em forma de canais, certos “raios” atravessavam o próprio catodo em sentido contrário aos raios catódicos e, por isso receberam o nome de **raios canais**. Nove anos mais tarde, Jean Baptista Perrin (1870-1942), conclui que esses raios eram constituídos de partículas positivas, chegando a ser determinada a razão entre a carga (**q**) e a massa (**m**) por Thomson em 1907. Basicamente esses “raios” eram íons de Hidrogênio (H^+).

No começo do século XX, dois modelos atômicos disputavam à atenção da comunidade científica. Um era o modelo de Thomson de 1903 e o outro, o modelo do japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950) de 1904. Para Nagaoka, o átomo era formado por um caroço central positivo rodeado de anéis de elétrons girando com a mesma velocidade angular, semelhante ao planeta Saturno (por isso, ficou conhecido como modelo saturniano).

Esse impasse foi resolvido com as experiências realizadas por Rutherford, o inglês Ernest Marsden (1889-1970) e o alemão Hans Geiger (1882-1945), em 1908 sobre o espalhamento de partículas α pela matéria.

Rutherford e seus colaboradores, perceberam que as partículas α , emitidas por substâncias radioativas, possuíam uma alta energia e uma massa elevada, sendo assim um bom instrumento para sondar o interior de outros átomos.

Baseado nessas evidências, Rutherford montou uma experiência com o intuito de bombardear uma fina folha de ouro com essas partículas α . Ele percebeu, através de cintilações luminosas produzidas em uma anteparo tratado com sulfeto de zinco (ZnS) que, a maioria das partículas atravessavam a folha sem sofrer desvios e outras sofriam pequenos desvios, mas para espanto dele, pouquíssimas partículas eram desviadas em ângulos superiores a 90° .

Para os pequenos desvios, o modelo de Thomson dava conta de explicar, mas como explicar os grandes desvios?

Rutherford pensou que se a carga positiva do átomo estivesse concentrada em uma única região, a força de repulsão seria muito grande para “impactos” frontais. Concluiu então, que os grandes desvios observados só poderiam resultar do encontro de uma partícula α com uma carga positiva concentrada em uma região menor do que o átomo.

Em 1911, Rutherford propôs que o átomo se comportava como um sistema planetário em miniatura, formado de uma parte central positiva, à qual denominou *núcleo*, onde se concentrava praticamente toda a massa do átomo e, ao redor do núcleo, teria uma nuvem de elétrons girando, conhecida como *eletrosfera*. Com isso, o modelo atômico de Thomson foi derrubado.

Utilizando experiências parecidas com aquelas que levaram a confirmação de modelo planetário, só que agora utilizando cilindro contendo hidrogênio (gás) ao invés de uma folha de ouro, Rutherford acreditava que as partículas α seriam capazes de expulsar o núcleo de hidrogênio, pois possuem maior massa e são emitidas com energias elevadas. Realizando esta experiência, ele conseguiu detectar os núcleos em um anteparo fluorescente. Com isso, comprovou a existência de partículas positivas no núcleo, e propôs o nome **próton** (que significa primeiro, em grego) em 1920 ao núcleo de hidrogênio (núcleo mais leve).

Porém, surgiram outras questões devido a este modelo. Ao propor seu modelo, ele admitia que os elétrons giravam em torno do núcleo, porque se estivessem parados seriam atraídos eletricamente pelo núcleo. Mas ao sugerir essa saída, ele caiu em outro problema.

A eletrodinâmica clássica prevê que toda partícula carregada em movimento deve emitir energia. Desta forma, o elétron, deveria ir perdendo energia, diminuindo sua velocidade e indo em direção ao núcleo, em um movimento espiralado, como mostra a figura ao lado. Mas isso não foi “observado”. Então como resolver essa questão?

Colapso do átomo

O Modelo atômico de Bohr.

Para resolver os problemas enfrentados pelo atômico de Rutherford, o físico dinamarquês Niels Bohr (1852-1962), em 1913, propôs um modelo um pouco diferente. Baseando-se na teoria quântica de Max Planck (1885-1957), Bohr sugere alguns postulados para o movimento do elétron, aperfeiçoando o modelo de Rutherford.

Postulado de Bohr:

- ✓ Os elétrons se movem ao redor do núcleo em números limitados de órbitas bem definidas chamadas órbitas estacionárias;
- ✓ Movendo-se nessas órbitas, os elétrons não emitem e nem absorvem energia;
- ✓ Ao saltar de uma órbita estacionária para outra, o elétron absorve ou emite uma quantidade de energia bem definida, chamada de quantum de energia.

Estava assim proposto mais um novo modelo atômico, que é o modelo atual.

O modelo atômico de Bohr além de resolver o problema da estabilidade das órbitas dos elétrons, permite ainda explicar as diferentes cores observadas nas descargas em gases do tubo de raios catódicos. Quando pequenas quantidades de gás são injetadas nos tubos, os elétrons ao passarem pelo gás causam descargas, sendo observadas cores características, conforme descritas anteriormente.

Cada gás é constituído de átomos compostos de um certo número de elétrons, que ocupam órbitas cujos raios são bem determinados. Dependendo do número de elétrons, há uma certa distribuição desses elétrons nas diferentes órbitas possíveis. A cada configuração assim obtida, com a distribuição de elétrons, corresponde uma determinada energia. Enquanto os elétrons ocupam os níveis mais baixos de energia eles estarão no estado estável, isto é, não mudam, ficam indefinidamente neste estado. Se entretanto, uma colisão ocorre (por exemplo entre o átomo e um outro elétron externo), e faz um elétron do átomo ocupar um outro estado de energia, isto é, outra órbita possível, o átomo vai ficar no estado que não é estável e logo decai. Na desexcitação a sobra de energia é emitida como um fóton de luz visível. Cada átomo pode emitir fótons de uma determinada energia, correspondente a distribuição dos elétrons existentes.

A passagem do feixe de elétrons pelo tubo de raios catódicos causa a excitação de átomos do gás presente, e na desexcitação que ocorre logo em seguida, há emissão de luz correspondente à diferença de energia entre os níveis. Podemos citar como exemplo, uma lâmpada de néon emite luz na cor vermelha.

Questões:

- 1) Algumas pessoas afirmam que todas as coisas são possíveis. É possível que o núcleo de Hidrogênio emita uma partícula α ? Justifique sua resposta.
- 2) Destaque as principais diferenças entre os modelos de Rutherford e de Bohr.
- 3) Por que na experiência de Rutherford a maioria das partículas α atravessam a folha sem sobre nenhum desvio?

A solução de um problema: a descoberta de nêutron*

A experiência de Rutherford havia mostrado que os núcleos atômicos não eram maciços e sim constituído por partes (prótons), descrevendo um novo modelo atômico. Mas ao ser determinado isso, uma questão foi levantada, ficando sem resposta. Além dos prótons, existiriam elétrons também no núcleo? Muitos pensavam que sim.

A idéia da existência de elétrons no núcleo era muito bem elaborado. Uma vez que, sabia-se que a radiação β que tem carga negativa, ou seja, que são elétrons emitidos por núcleos radioativos.

Além disso, para que a relação carga-massa fosse correta para o núcleo, necessitaria de uma carga negativa nele. Isso porque a massa do núcleo era aproximadamente igual ao dobro de sua carga. Então para o núcleo de Nitrogênio, por exemplo, sendo sua carga (número atômico) igual a 7, sua massa atômica deve ser 14. Essa relação já havia sido constatada e como a massa do elétron é, cerca de 2000 vezes menor do que a do próton. Desta forma, sua massa, praticamente não afetaria a massa do núcleo. Então, era razoável pensar que existissem elétrons no núcleo. Sendo isso, um outro bom argumento favorável à existência de elétrons no núcleo.

Assim, a imagem de átomo que se tinha era que existiam números iguais de elétrons e prótons, para garantir a neutralidade do átomo. Sendo que estes últimos estariam concentrados no núcleo com a metade dos números de elétrons juntos a eles que garantiria a estabilidade do núcleo. A outra metade dos elétrons, estariam em movimento em torno do núcleo, como previa Bohr.

Então era plausível pensar que no núcleo existem elétrons! Mas como essa idéia foi por água abaixo?

Outras medidas mostraram que esse modelo não era consistente. Como os prótons e elétrons têm momento angular (spin) fracionário ($1/2$), era de se esperar que núcleos como do Hidrogênio (H) ou do Nitrogênio (N) também tivessem esse mesmo valor, mas as medidas mostravam que não. Os núcleos tinham momento angular inteiro. Ora, se o novo modelo do núcleo supunha que existiam elétrons que correspondiam a metade do número de prótons (por isso o núcleo é positivo e a massa dele é o dobro do número dos prótons), como explicar essa diferença do modelo pra as medidas?

Essas questões levaram a Rutherford a suspeitar que no núcleo não existiam elétrons mas sim, uma outra partícula que teria massa igual ao próton, mas sem carga elétrica e supunha ser um estado fortemente ligado de um próton com um elétron.

Nessa época, muitas experiências eram feitas bombardeando radiação α em alvos, com o intuito de investigar as reações nucleares. Em uma dessas, Walther Bothe (1891-1957) e Herbert Becker (1887-1955), dois físicos alemães, bombardearam radiação α numa amostra de Berílio (Be) e perceberam que era produzido uma radiação com grande poder de penetração na matéria. Eles acharam que poderia se tratar de raios X mais energéticos.

Mas, Frederic Joliot Curie (1900-1958) e Irène Curie (1897-1956), observaram dois fenômenos surpreendentes. Essa radiação atravessava facilmente folhas metálicas (algo que não ocorria com os raios X) e, ao atravessar um bloco composto de Carbono e Hidrogênio (parafina), ela provocava a ejeção de prótons com uma energia razoável. Achavam que se tratava de um novo tipo de radiação.

Entretanto, eles não tiveram a inspiração para uma conclusão sobre uma nova partícula. Isso foi feito em 1932 por James Chadwick (1891-1974), um físico inglês que trabalhava com Rutherford e se interessava por questões do núcleo.

Conhecedor das idéias de Rutherford, Chadwick percebeu que essa nova radiação constituía, ou melhor, tinha fortes indícios de ser a partícula procurada por seu colega, pois ela deveria ter carga nula, por atravessar facilmente as folhas de metais, indicando que não

interagia. Também teria massa elevada e assim energia suficiente para arrancar os núcleos de hidrogênio (prótons) do bloco de parafina.

Assim, Chadwick, realizou mais algumas experiências, utilizando a nova radiação, ejetando núcleos de Helio (He) e também prótons. Com base em alguns cálculos simples, conclui que era, de fato, uma partícula de carga nula e massa próxima ao do próton. Estava assim descoberto o NÊUTRON, o mais novo constituinte da matéria.

Mais uma vez a física passava por uma nova revolução e a natureza era vista de outra maneira. Agora, o átomo que há menos de 40 anos era algo indivisível, passava a ser constituído por três partículas: elétron, próton e nêutron.

Também estava desvendada a constituição da radiação α , que já se sabia ser o núcleo do átomo de He, passava a ser composto por dois prótons e dois nêutrons e, compreendendo ainda melhor a transmutação dos elementos. Porém, ainda não se sabia porque somente algumas substâncias irradiavam naturalmente.

Estava resolvida mais uma questão. No entanto, algo ainda não estava soando bem. Com a descoberta do nêutron, a estabilidade do núcleo estava comprometida, já que a teoria eletromagnética descreve que partículas de mesmo sinal de carga elétrica devem se repelir. Então ficava a questão no ar: como o núcleo constituído de prótons (positivos) e nêutrons (sem carga) poderiam ser estáveis?

Entendendo a estabilidade do núcleo: a força Forte*

A descoberta que o núcleo atômico era constituído de prótons e nêutrons, colocou em cheque a sua estabilidade, pois prótons repelem um ao outro por terem cargas positivas. Para contornar essa dificuldade, os físicos, o russo Dimitri Iwanenko, o alemão Werner Heisenberg (1901-1976) e o italiano Ettore Majorana (1906-1938) propuseram, independentemente, ainda em 1932, a hipótese de que os prótons e os nêutrons, como componentes do núcleo, se comportavam como partículas únicas – nucleons, que se interagiam por intermédio de uma força atrativa capaz de superar a força repulsiva eletromagnética entre os prótons.

Mas, foi em 1935, que o japonês Hideki Yukawa (1907-1981) propôs a idéia de que a força nuclear (depois conhecida como força forte) entre os nucleons era decorrente da troca de partículas entre si. Baseado no princípio da incerteza, ele previu que essa partícula teria uma massa, aproximadamente, 200 vezes maior do que o elétron (uma massa entre o próton e o elétron e, por esse motivo ficou conhecida inicialmente por mesótron¹) e, seu raio de ação seria da ordem de 10^{-15} m (1 fm), restringindo-se assim ao núcleo. Desta forma, explicava porque não se observava essa interação fora do núcleo.

Feito isso, Yukawa pôde determinar o tempo da interação. Sabendo que as partículas subatômicas se deslocam na velocidade próxima a da luz (c), chegou ao valor de 10^{-23} s para ela.

Mas, somente em 1947 que a partícula proposta por Yukawa foi detectada. Essa detecção envolveu um grupo de físicos, dentre os quais estava o brasileiro César Lattes (1924-2005). Nessa ocasião, a partícula foi denominada de méson pi ou pión (π).

Nessa interação é importante notar que a troca desses píons faz com que um próton que emite um π^+ (píon mais) transforma-se em um nêutron, e o nêutron que emite um π^- (píon menos) transforma-se em próton. Os nêutrons podem trocar píons entre si, o mesmo ocorrendo entre os prótons, nesse caso a partícula tem carga nula π^0 (píon zero). Vemos então que temos três versões para essa nova partícula (π^+ , π^- , π^0).

Existe uma pequena diferença da massa dos píons que pode estar relacionado com a carga, π^+ (140 MeV/c²); π^- (140 MeV/c²) e π^0 (135 MeV/c²).

Algo que deve ser enfatizado na interação forte é que, apesar do próton e do nêutron trocarem, em alguns casos, píons carregados, sempre será válida a conservação das cargas elétricas.

Estava assim, consolidada a interação forte!

Desta forma, com a força forte, a questão levantada na época do descobrimento da radiação $\square$ pode agora ser entendida.

Entretanto, essa nova troca de partículas, trouxe consigo duas novas questões. A primeira abalava o status de elementar do próton e do nêutron, pois como eles trocavam partículas e se modificavam, parecia que eles eram

constituídos de mais de um objeto. A segunda estava ligada a fonte dos píons. A troca de píons está ligada a qual propriedade das partículas?

Questões

1) Um par de prótons de um núcleo atômico se repelem, mas também se atraem. Explique isso.

2) É razoável pensar, que em um intervalo de tempo muito pequeno existam somente prótons ou somente nêutrons dentro do núcleo? Explique sua resposta.

Anexo 4 – Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford*

Após a descoberta dos raios X e da radioatividade, Ernest Rutherford (1871-1937), cientista nascido na Nova Zelândia, deu contribuições decisivas para a compreensão da natureza das substâncias radioativas e das suas radiações. Rutherford e seu colaborador Joseph John Thomson (1856-1940) dedicavam-se a medir a ionização nos gases provocada pelos raios X e pelas radiações emitidas pelo o urânio.

Em longo trabalho no laboratório Cavendish, Rutherford percebeu, em 1898, a existência de dois tipos diferentes de radiações emitidas pelo urânio, devido a penetração que tinham na matéria. Os raios que são menos penetrantes ele designou por raios alfa (α) e, os raios que penetravam mais de raios beta (β). Além da diferença na penetração na matéria, ele percebeu que os raios alfa e beta eram defletidos para lados opostos quando passavam por uma região com campo magnético. Disso ele pode concluir que eles tinham carga elétrica oposta.

Com o resultado das experiências realizadas por Rutherford, bem como a de outros cientistas como Becquerel, conclui-se em poucos anos que os raios beta (β) são raios catódicos (elétrons). Entretanto, P. V. Villard, na França, descobriu uma terceira forma de radiação que era muito mais penetrante que as duas anteriores, que designou por raios gama (γ). Estes não eram sensíveis ao campo magnético, ou seja, não eram desviados e surgiram como uma espécie de raios X mais energéticos. O esclarecimento da natureza dos raios α continuou um mistério durante alguns anos.

Ao se mudar para Toronto, no Canadá, Rutherford pode observar outro fenômeno misterioso. Ao isolar a parte radioativa do sal de urânio, ele pode perceber, que com o passar do tempo, ela perdia a sua radiação, em contra partida a solução que havia retirado o elemento radioativo recuperava a radioatividade inicial.

Trabalhando com o químico F. Saddy, Rutherford chegou a solução que implicava na transmutação entre os elementos, algo que foi anunciado com muito cautela ao anunciar, pois lembrava fortemente o antigo sonho dos alquimistas.

Para fundamentar sua conclusão sobre a transmutação dos elementos, Rutherford teve que investigar mais a natureza das radiações alfa (α). Entre 1900 e 1903, através das medidas da razão entre a massa e carga elétrica das partículas α , ele pode concluir que estas são, na verdade, átomos de hélio ionizado. Resolvendo assim o problema da transmutação dos elementos que pode ser explicado da seguinte maneira. Os átomos estáveis (radioativos) emitem as radiações α e β , ao fazerem isso eles mudam suas propriedades químicas, transformando-se em outro tipo de elemento (transmutação). Estava assim desvendada a natureza das radiações α e da transmutação dos elementos. Mas ainda não compreendiam como que essas radiações eram produzidas, deixando essa questão em aberto para a ciência.

Questões:

1) Na posição referente ao primeiro quadro deveria haver uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto à penetração das radiações.

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

2) Na posição referente ao segundo quadro deveria estar uma figura que auxiliasse a compreensão do texto quanto aos desvios das radiações α , β e γ .

Desenhe uma figura com esta finalidade.

Cite as frases no texto que fornecem informações que justifiquem o seu desenho.

3) Qual foi a principal contribuição que Rutherford deu para a radioatividade? Como ele fez isso?

4) Quais são as principais diferenças entre as radiações α e β ?

5) Por que a radiação γ não sofre desvio ao passar por uma região de campo eletromagnético?