

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PARTÍCULAS ELEMENTARES E INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS NO  
ENSINO MÉDIO

LISIANE ARAUJO PINHEIRO

Dissertação de mestrado realizada sob  
orientação dos profs. Drs. Marco Antonio  
Moreira e Sayonara Salvador Cabral da  
Costa.

Porto Alegre, 2011.

*Dedico este trabalho à minha  
mãe, Eunice, que sempre me  
ensinou o valor da educação.*

## Agradecimentos

À Deus pelas oportunidades concedidas até hoje.

Aos professores Marco Antonio Moreira e Sayonara Salvador Cabral da Costa pela dedicação, apoio e incentivo na orientação.

À minha mãe, pela educação que me proporcionou.

À direção e aos colegas das escolas Emílio Massot e Padre Reus, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos alunos que participaram deste trabalho, pelos momentos agradáveis ao longo da implementação da proposta.

## RESUMO

Nesta dissertação apresenta-se uma sugestão de atualização curricular para o Ensino Médio por meio da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea. O objetivo desta dissertação foi desenvolver e aplicar uma Unidade de Aprendizagem (UA) sobre Partículas Elementares, além de investigar indícios de aprendizagem significativa provenientes da UA. A abordagem metodológica da UA foi pautada na teoria da mediação de Vygotsky e complementada pela teoria da aprendizagem de Ausubel. Compõe a UA: um texto que aborda o desenvolvimento do conceito de partícula elementar, a partir do referencial histórico, e analisado segundo a epistemologia de Gaston Bachelard; atividades, dentre as quais a elaboração e apresentação de mapas conceituais em pequenos grupos. A Unidade de Aprendizagem foi aplicada em uma escola de Ensino Médio da rede estadual de ensino do Rio Grande do Sul, com uma turma de terceira série, durante seis semanas. A investigação relativa a indícios de aprendizagem significativa utilizou, como instrumentos de coleta de dados, pré e pós-testes individuais e três versões de mapas conceituais construídos sequencialmente. Para análise dos dados, foram utilizadas metodologias qualitativas e quantitativas. Apesar de terem sido identificadas algumas dificuldades no desenvolvimento da UA, a maioria dos estudantes manifestou grande satisfação pela proposta; e a análise dos dados coletados apresentou indícios de aprendizagem significativa.

Palavras-chave: partículas elementares e interações fundamentais, aprendizagem significativa, mapas conceituais.

## ABSTRACT

This dissertation presents a suggestion to upgrade the physics high school curriculum through the introduction of topics of Modern and Contemporary Physics. The main objective was to develop and implement a Learning Unit (LU) on Elementary Particles, in addition of searching for hints of meaningful learning resulting from this unit. The methodological approach of the LU was based on Vygotsky mediation theory. The LU is composed by: a text dealing with the development of the elementary particle concept from an historical framework, and analysed according to Bachelard's epistemology; instructional activities, among them the construction and presentation of concept maps in small groups. The Learning Unit was implemented in a public high school of the Rio Grande do Sul state, during six weeks, with a third year group. The research regarding evidences of meaningful learning used individual pre and posttests and three versions of concept maps, sequentially constructed, as instruments for data gathering. Quantitative and qualitative methodologies were used in data analysis. In spite of the fact that some difficulties were detected in the implementation of the LU, the majority of the students showed a high degree of satisfaction with the proposal; in the analysis of the data some evidences of meaningful learning were found.

Keywords: elementary particles and fundamental interactions, meaningful learning, concept maps.

## Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....	11
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	15
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	39
3.1. A teoria sócio-interacionista de Vygotsky .....	39
3.1.1. Instrumentos e signos.....	39
3.1.2. A formação de conceitos.....	40
3.1.3. Desenvolvimento cognitivo .....	40
3.1.3.1. A zona de desenvolvimento proximal .....	42
3.1.4. A aprendizagem e o papel de professor segundo a teoria de Vygotsky .....	42
3.2. A teoria educacional da aprendizagem significativa de Ausubel .....	43
3.2.1. O processo de assimilação.....	45
3.2.2. Tipos de aprendizagem significativa .....	46
3.2.3. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa .....	49
3.2.4. Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa .....	50
3.2.5. A origem dos primeiros subsunçores e o papel do organizador prévio na instrução .....	51
3.2.6. Evidências de aprendizagem significativa.....	52
3.2.7. A organização do ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa .....	53
3.2.7.1. O papel da linguagem na instrução baseada na teoria da aprendizagem significativa .....	53
3.2.7.2. A importância da estabilidade da estrutura cognitiva.....	54
3.2.7.3. O papel do professor .....	55
3.2.7.4. A organização do ensino .....	56
3.2.7.5. A avaliação à luz da teoria da aprendizagem significativa .....	58
3.2.8. A negociação de significados e a aprendizagem significativa .....	59
3.2.9. Mapas conceituais e a aprendizagem significativa .....	60
3.3. A epistemologia de Gaston Bachelard.....	64

3.3.1. Períodos de ruptura e descontinuidades na história do conhecimento humano...	65
3.3.1.1. A ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico na Física e a fenomenotécnica .....	67
3.3.2. A recorrência histórica .....	68
3.3.3. O papel do erro na epistemologia bachelariana e a filosofia do não .....	69
3.3.4. Obstáculos epistemológicos .....	71
3.3.4.1. A experiência primeira.....	72
3.3.4.2. O conhecimento geral .....	73
3.3.4.3. O obstáculo verbal .....	73
3.3.4.4. O obstáculo animista .....	74
3.3.4.5. O conhecimento unitário e pragmático .....	75
3.3.5. Bachelard e o ensino de ciências .....	75
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA .....	79
4.1. Elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais.....	81
4.1.1 Identificação da estrutura conceitual da Física de Partículas Elementares e Interações Fundamentais.....	81
4.1.2 Pré-teste: sondagem com alunos do Ensino Médio sobre suas concepções a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais .....	82
4.1.3. Discreto charme das partículas elementares: o organizador prévio .....	109
4.1.4 Elaboração de um texto sobre partículas elementares e interações fundamentais .....	113
4.1.5 Atividades baseadas no texto.....	121
4.1.5.1 Atividade 1: Questionário sobre o filme <i>O discreto charme das partículas elementares</i> .....	121
4.1.5.2 Atividade 2: Elaboração de uma linha do tempo sobre as ideias que conduziram ao conceito de partícula elementar.....	123
4.1.5.3 Atividade 3: Elaboração de um mapa conceitual sobre partículas elementares .....	124
4.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA UA .....	124
4.2.1 Aplicação e resultados do pré-teste .....	126

4.2.2 Desenvolvimento da atividade baseada no filme “O discreto charme das partículas elementares” .....	133
4.2.3 Elaboração de uma linha do tempo a partir da análise crítica do texto <i>Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje</i> .....	153
4.2.4 Elaboração de mapas conceituais sobre partículas elementares .....	165
4.2.5 Aplicação e resultados do pós-teste.....	237
4.2.6 Questionário de opinião sobre a UA.....	250
CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	256
5.1. Considerações finais.....	258
REFERÊNCIAS .....	259
APÊNDICES.....	268
APÊNDICE 1: Quadro-resumo com os artigos selecionados na pesquisa bibliográfica. ....	269
APÊNDICE 2: Questionário sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais .....	301
APÊNDICE 3: Roteiro de discussão sobre a primeira parte do texto “Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje.” .....	304
APÊNDICE 4: Construção de um mapa conceitual .....	306
APÊNDICE 5: Explicação apresentada sobre um mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado por um especialista. ....	308
APÊNDICE 6: O produto educacional: Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje. ....	312



## Sumário de Figuras

Figura 1: Um modelo para o mapeamento conceitual segundo a teoria da aprendizagem significativa. ....	61
Figura 2: Exemplo dos conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa abordados no texto. ....	118
Figura 3: Slide utilizado para a apresentação das partículas elementares. ....	134
Figura 4: Parte da apresentação da atividade 1 elaborada pelo grupo C. ....	140
Figura 5: Parte da apresentação da atividade 1 elaborada pelo grupo C. ....	143
Figura 6: Foto do cartaz apresentado pelo grupo E durante a atividade 1. ....	145
Figura 7: Parte da apresentação da atividade 1 do grupo H. ....	151
Figura 8: Foto do cartaz referente à linha do tempo apresentada pelo grupo A. ....	156
Figura 9: Foto do cartaz referente à linha do tempo apresentada pelo grupo B. ....	158
Figura 10: Foto do cartaz referente à linha do tempo apresentada pelo grupo E. ....	161
Figura 11: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares apresentado pelo grupo A. ....	168
Figura 12: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo B. ....	172
Figura 13: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo C. ....	176
Figura 14: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo D. ....	180
Figura 15: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo E. ....	183
Figura 16: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo F. ....	185
Figura 17: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo G. ....	187
Figura 18: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo H. ....	190
Figura 19: Um mapa conceitual sobre partículas elementares. ....	193
Figura 20: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo A. ....	196

Figura 21: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elemnetares elaborado pelo grupo B.....	199
Figura 22: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo C.....	203
Figura 23: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo D. ....	206
Figura 24: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo E.....	210
Figura 25: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo F.....	212
Figura 26: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo G. ....	215
Figura 27: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo H. ....	217
Figura 28: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo A.....	220
Figura 29: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo C.....	223
Figura 30: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo D.....	225
Figura 31: Foto da terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo E.....	228
Figura 32: Foto da terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo F.....	230
Figura 33: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo G.....	232
Figura 34: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo H.....	235

## Sumário de Quadros

Quadro 1: Classificação geral das questões no pré-teste inicial. ....	83
Quadro 2: Primeira questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	83
Quadro 3: Segunda questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	84
Quadro 4: Questões 3(I), 4(II) e 5(III) do pré-teste e respectivos resultados obtidos com cada alternativa. ....	85
Quadro 5: Alternativas corretas e mais esperadas para as questões 3, 4, e 5 do pré-teste. ....	86
Quadro 6: Oitava questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	86
Quadro 7: Nona questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	87
Quadro 8: Questões 15(I) e 18(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ...	88
Quadro 9: Questões 16(I) e 19(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ...	88
Quadro 10: Décima sétima questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	89
Quadro 11: Vigésima questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	90
Quadro 12: Vigésima primeira questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	91
Quadro 13: Vigésima segunda questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	91
Quadro 14: Questões 23(I) e 24(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. .	92
Quadro 15: Vigésima quinta questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	93
Quadro 16: Questões 26(I), 27(II), 28(III), 29(IV), 30(V), 31(VI e 32(VII) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	95
Quadro 17: Alternativas corretas para as questões 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32 do pré-teste. ....	95
Quadro 18: Questões 6(I) e 7(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa. ....	97
Quadro 19: Questões 10(I), 11(II), 12(III), 13 (IV) e 14 (V) do pré-teste e respectivos resultados obtidos com cada alternativa. ....	99
Quadro 20: Alternativas corretas e mais esperadas para as questões 10, 11 ,12, 13 e 14 do pré-teste. ....	99
Quadro 21: Descrição cronológica das atividades da UA. ....	126
Quadro 22: Questões objetivas e resultados de opções dos alunos para cada alternativa. ....	131
Quadro 23: Questões do pré e pós-teste e número de respostas em cada alternativa. ....	241

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo do Ensino Médio é apontada como uma sugestão de atualização curricular, pois grande parte dos currículos utilizados na disciplina de Física, na maioria das escolas brasileiras, estão ultrapassados (Ostermann e Moreira, 2000 e 2001; Ostermann e Cavalcanti, 2001; Moreira, 2004; Valadares e Moreira, 2004; Wolff e Mors, 2005; Cavalcante, Tavolaro e Haag, 2005; Ostermann e Ferreira, 2006; Damásio e Calloni, 2007; Oliveira, Vianna e Gerbassi, 2007; Spohr, Ostermann e Pureur, 2007). Geralmente, abordam apenas conteúdos de Física Clássica, como Cinemática, Dinâmica, Termodinâmica e Eletrostática. E em grande parte das escolas, esta abordagem é excessivamente voltada para a aplicação de fórmulas e resolução de problemas que exigem a simples aplicação das mesmas (Ostermann e Moreira, 2001).

Com a intenção de mudar o perfil do Ensino Médio, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (1999) propõe o Ensino Médio como a etapa final da Educação Básica, dessa forma o aprendizado oportunizado nesta etapa da instrução deve produzir um conhecimento efetivo e de significado próprio. Assim, os PCN têm como objetivo minimizar a característica propedêutica que o Ensino Médio apresenta, dirigindo o seu trabalho para uma formação efetiva do estudante. Em especial para a disciplina de Física, esse ensino com caráter preliminar que visa à preparação para uma nova etapa da instrução, acabou por transformar o ensino desta ciência em apenas uma longa lista de conteúdo com pouca ou nenhuma conexão entre eles. Este fato provocou a omissão dos desenvolvimentos realizados na Física durante o século XX.

Mas como os períodos de transição são, geralmente, períodos controversos, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) (2002) apresentam uma proposta de implementação dos PCN na escola média; baseado na contextualização e interdisciplinaridade dos temas abordados de modo que esses possam desenvolver competências e habilidades específicas de suas áreas de conhecimento,

capacitando o estudante a atuar e viver em um mundo tecnológico, complexo e em permanente transformação.

Para que isso ocorra de forma efetiva, o ensino de Física deve ser organizado de forma que o estudante tenha contato com a linguagem própria da Física, que envolve conceitos e terminologias bem definidos e que são expressas por meio de gráficos, tabelas ou relações matemáticas. Concomitante a esta proposta é importante apresentar ao estudante a Física como uma ciência viva, que se desenvolveu ao longo da história da humanidade, estando assim, impregnada de contribuições culturais, sociais e econômicas.

Dessa forma, a proposta de um novo Ensino Médio, que visa à formação de jovens independentemente da sua escolaridade futura, exige uma nova Física. Este novo ensino, que deve voltar a sua formação para a vida, promovendo o raciocínio, de forma que causas e razões sejam compreendidas e que os jovens possam exercer seus direitos e participem das discussões de sua comunidade, resultando numa educação voltada para a cidadania (Kawamura e Hosoume, 2003).

A proposta apresentada neste trabalho busca suprir carências verificadas em currículos de Física do Ensino Médio, pois propõe um assunto contemporâneo, Partículas Elementares e Interações Fundamentais, que visa promover uma formação mais atual e contextualizada, voltada para a cidadania, com a inclusão de aspectos sociais, culturais e históricos da produção do conhecimento. Tem-se, por hipótese, que todos estes aspectos aumentam a compreensão dos fenômenos específicos tratados na Física.

Além disso, o tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais propicia ao estudante o contato com a Física que está sendo construída atualmente. Promovendo uma interação maior do estudante com o conhecimento e sua construção de forma que possa entrar em contato com perguntas ainda não respondidas e teorias em construção. Esta visão, muito diferente da difundida pelos livros didáticos, propicia ao estudante a proximidade com a construção da ciência. Este tema também é adequado para ilustrar a interação entre o pensar e o fazer (teoria e metodologia), proporcionando a desmistificação do método científico. Além disso, o conceito de modelagem e simetria também podem ser explorados com este tema.

Grande parte dos professores atuantes no Ensino Médio defende a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no currículo da escola média (Ostermann e Moreira, 2000 e 2001; Ostermann, 1999; Ostermann e Cavalcanti, 2001; Cavalcante e Tavolaro, 2001; Johansson, Nilsson, Engstedt e Sandqvist, 2001; Cavalcante, Tavolaro, Souza e Muzinatti, 2002; Pascolini e Pietroni, 2002; Paulo e Moreira, 2004; Abdalla, 2005; Ostermann e Ferreira, 2006; Martensson-Pendrill, 2006; Oliveira, Vianna e Gerbassi, 2007; Lozada e Araújo, 2007; Spohr, Ostermann e Pureur, 2007). Contudo, encontram dificuldades para encontrar material adequado para implementar em suas aulas. O presente trabalho pretende contribuir para minimizar esta situação.

Com o intuito de promover uma proposta que integre os aspectos recém citados, apresenta-se, a seguir os objetivos desta dissertação.

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

- Contribuir para a atualização do currículo de Física do Ensino Médio, por meio da inserção do tópico Partículas Elementares e Interações Fundamentais.

### Objetivos Específicos

- Desenvolver uma Unidade de Aprendizagem (UA), constituída de um texto de apoio ao professor e sugestões de atividades baseadas neste texto.
- Aplicar o material desenvolvido em uma turma de terceira série do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual de Porto Alegre, RS.
- Identificar indícios de aprendizagem significativa provenientes da UA.

A estrutura deste trabalho é composta de 6 capítulos, além das Referências e dos Apêndices. Neste primeiro, apresenta-se a questão de pesquisa, justificando-se a proposta e identificando os objetivos.

No segundo capítulo, apresenta-se uma revisão de literatura desta área de pesquisa. Nela estão citadas algumas das pesquisas realizadas nos últimos dez anos, aproximadamente, e publicadas em periódicos científicos a anais de congressos, reuniões e simpósios.

No terceiro capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica em que esta pesquisa foi embasada: alguns aspectos da teoria sócio-interacionista de Vygotsky, da teoria educacional da aprendizagem significativa de David Ausubel e colaboradores e da epistemologia de Gaston Bachelard.

No quarto capítulo, apresenta-se a metodologia de pesquisa utilizada nesta pesquisa. São relatados aspectos relativos à elaboração e aplicação da UA.

No quinto capítulo, são descritos e comentados os resultados encontrados nesta pesquisa.

No sexto capítulo, apresentam-se as considerações finais da pesquisa.

No sétimo capítulo, apresentam-se as referências utilizadas na pesquisa; na sequência, os apêndices.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA

As propostas que têm como objetivo uma atualização curricular, mais difundidas atualmente, são as que sugerem a inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio com o objetivo de integrar escola e sociedade, de modo que a Física da sala de aula una-se à Física do cotidiano.

Segundo Ostermann e Moreira (2000), a inserção da FMC no Ensino Médio vem sendo proposta desde o final da década de 1970. Na III Conferência Interamericana em Física o grupo de trabalho que discutiu sobre o ensino de Física Moderna selecionou algumas razões para a introdução da FMC no Ensino Médio (Barojas,1988). Dentre elas se destacaram: i) despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; ii) promover a inclusão da Física além de 1900, uma vez que os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física; esta situação é inaceitável em um século (XX) no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente; iii) atrair jovens para a carreira científica, pois eles serão os futuros pesquisadores e professores de Física; iv) contribuir para o deleite do professor ao ensinar tópicos que são novos; o entusiasmo pelo ensino é consequência do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso - é importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino; v) admitir que a FMC é considerada conceitualmente difícil e abstrata, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que com a Física Clássica não é diferente.

Além destes argumentos, Terrazan (1992 e 1994) e Paulo (1997) justificam a importância de uma atualização do currículo da escola de nível médio devido à crescente influência dos conteúdos de FMC no cotidiano da sociedade, pois, sua compreensão é fundamental para a formação de um cidadão cientificamente alfabetizado.

Também é importante considerar, como já foi dito anteriormente, que a motivação provocada por estes assuntos é um fator importante, tanto para estudantes como para professores. Isto foi relatado por Wilson (1992), Valadares e



Moreira (1998) e Stannard (1990). Segundo Stannard (1990), ao fazer um levantamento sobre a motivação de um grupo de alunos ao ingressarem em um curso de Física, constatou que a maioria relatava interesse por assuntos relacionados com FMC, tais como: Relatividade Restrita, Partículas Elementares, Teoria Quântica e Astrofísica.

Outro argumento importante para a inserção da FMC no currículo do Ensino Médio é a sua capacidade de auxiliar na desmistificação do trabalho científico. Sobre isso Gil et al. (1987) considera que os assuntos relacionados à FMC são muito apropriados para se combater a imagem linear e cumulativa da ciência, tão divulgada em assuntos tratados na Física Clássica.

Segundo Ostermann e Moreira (2000), até o ano 2000, a maioria dos trabalhos publicados apresentavam os temas de FMC como forma de divulgação ou como bibliografia de consulta para professores, poucas pesquisas relatavam propostas testadas em sala de aula com resultados de aprendizagem. Alguns destes trabalhos, publicados entre 1982 e 1997, especialmente sobre o tema Partículas Elementares, são citados a seguir.

- Allday (1997) discutiu como ocorrem as interações via troca de partículas mediadoras. Apresentou o que é uma partícula virtual e os diagramas de Feynman.
- Ryder (1992) apresentou o Modelo Padrão das Partículas Elementares e suas limitações.
- Jones (1992) relacionou a Física de Partículas à Cosmologia.
- Farmelo (1992) apresenta um curso introdutório para estudantes universitários ingleses no qual são apresentados relações de importantes desenvolvimentos nesta área com aspectos históricos e epistemológicos.
- Moreira (1989, 1990) apresentou um mapa conceitual sobre Partículas Elementares e outro sobre as Interações Fundamentais.
- Lederman (1982) apresentou o trabalho desenvolvido no *Fermilab* fornecendo um breve histórico da Física de Partículas e da pesquisa básica e aplicada realizada naquele laboratório.
- Fundamental Particles and Interactions Chart Committee - FPICC (1988) elaborou uma tabela em tamanho de pôster, na qual foram apresentados os resultados mais importantes das últimas décadas da Física de Altas Energias.

Esta tabela era acompanhada por uma apostila que explicava sua estrutura e expandia suas informações. O objetivo deste material era sua utilização em escolas ou em universidades.

Todos estes trabalhos tentavam estimular o professor de Ensino Médio a apresentar temas relacionados à FMC em suas aulas. Contudo, segundo Ostermann e Moreira (2000) alguns se apresentavam muito densos e demandavam conhecimentos prévios que a maioria dos professores de Ensino Médio não possui. Assim, mesmo suprindo a escassez de materiais instrucionais sobre FMC, não se mostraram suficientemente eficazes para expandir sua utilização em sala de aula.

Também surge como uma alternativa para apresentar a FMC aos estudantes do Ensino Médio o uso de *softwares*. Veit et al. (1997) descreve a construção de um *software* educacional na área de FMC. O “programa-aula” como foi designado aborda o tema efeito fotoelétrico. E se propõe a provocar a reflexão no estudante por meio do confronto entre a teoria clássica e a teoria corpuscular da luz e possibilitando que o estudante aprofunde seus conhecimentos sobre o efeito fotoelétrico.

Quanto a propostas de investigação em sala de aula, com resultados de aprendizagem, Ostermann e Moreira (2000), descreveram onze trabalhos, nove relacionados com temas da Mecânica Quântica, um sobre armas nucleares e outro sobre raios cósmicos. Não houve a descrição de nenhum trabalho que relatasse a discussão específica do tema Partículas Elementares e/ou resultados de aprendizagem neste campo de conhecimento.

Assim, Ostermann e Moreira (2000) descreveram um panorama da área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio” desde o final da década de 1970 até o ano 2000. Identificaram que havia um consenso sobre a necessidade de uma atualização curricular no Ensino Médio, e uma das propostas era a inserção de tópicos de FMC neste nível de ensino. Contudo, como já foi dito anteriormente, relataram a escassez de trabalhos que relatassem propostas testadas em sala de aula, e o grande número de trabalho que apresentavam bibliografias de consulta para professores.

Uma década após este trabalho, percebe-se que a motivação para a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio é maior e está amparada por legislações amplamente divulgadas como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB)

(1996), os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN) (1999) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) (2002). Principalmente porque estes documentos apresentam o novo Ensino Médio, que passou a assumir o *status* de etapa final da educação básica e não mais um nível intermediário. Segundo Ricardo (2003), essa perspectiva exige uma nova forma de atuação do professor neste nível de ensino, de promotor e incentivador na formação de cidadãos que tenham autonomia intelectual. Ou seja, é neste nível de ensino que se deve proporcionar uma formação que capacite os estudantes a se tornarem cidadãos atuantes e solidários, com instrumentos para compreender, intervir e participar de sua comunidade.

Assim, estes documentos enfatizam conceitos importantes para o aprendizado em Física, como sugere Menezes (2000): a necessidade de se apresentar a interface da Física com as demais áreas do conhecimento, assim como a importância de se contextualizar este conhecimento e de reconhecer sua linguagem específica. A importância da contextualização do conhecimento também é citada por Ricardo (2003) e enfatizada por Ricardo e Zylbersztajn (2008). Para esses últimos autores a contextualização e a interdisciplinaridade devem ser os eixos norteadores dos currículos escolares, pois representa a consolidação entre a teoria a prática. Por meio da interdisciplinaridade procura-se evitar a compartimentalização dos conhecimentos o que está de acordo com a proposta do novo Ensino Médio, de proporcionar uma educação integral. Contudo, não devemos esperar que esta grande mudança ocorra rapidamente; segundo Kawamura e Hosoume (2003) a sua implementação em sala de aula é um processo lento e longo. Essas autoras enfatizam a importância da articulação entre as competências, conhecimentos e estratégias a serem propostas e desenvolvidas. Além de lembrar a importância da discussão, das trocas de experiências e vivências, pois práticas como essas podem auxiliar a outros professores na condução de seus trabalhos.

Dessa forma, com a proposta de um novo Ensino Médio, a motivação para a inserção de tópicos de FMC aumentou. Mas devemos considerar que apenas a introdução de novos conteúdos nos currículos não fará com que o Ensino Médio adquira este caráter inovador que está proposto na legislação, o que realmente fará diferença é o tratamento que se dará aos conteúdos trabalhados. O que se sugere

com a inserção da FMC ao currículo do Ensino Médio é que estes tópicos podem favor este novo tratamento que está sendo proposto.

A discussão sobre a inserção da FMC no ensino básico já era defendida por Eric Rogers, como cita Medeiros (2007). Segundo Rogers, a inserção da FMC propicia ao cidadão uma participação ativa no mundo. Isso foi dito no discurso de abertura da Conferência Internacional sobre Ensino de Física, realizada em Copenhague, em 1969. Analisando com um olhar atual o que foi dito por Rogers, podemos dizer que ele já antecipava os PCN, pois ao tratarmos de assuntos como Física de Partículas, por exemplo, além de tratar da Física de Partículas propriamente dita, podemos abordar o tema apresentado suas relações com o contexto social em que se desenvolveu e o seu impacto na sociedade. Contudo, desenvolver uma estratégia que alcance todos estes objetivos não é simples. Isso pode ser percebido durante a pesquisa bibliográfica, na qual foram encontradas muitas sugestões. Foram selecionados cinquenta e sete artigos<sup>1</sup>, em revistas especializadas em ensino e anais de encontros e congressos. Esses artigos foram classificados em sete categorias, que são: revisão de literatura (sete artigos), bibliografia de consulta para professores (doze artigos), Diretrizes e Bases da Educação (cinco artigos), História e Filosofia da Ciência (cinco artigos), investigação didática (quatro artigos), instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea (sete artigos) e propostas didáticas testadas em sala de aula (dezessete artigos).

Quanto aos artigos que se referem à revisão de literatura, todos reconhecem a importância da FMC no currículo do Ensino Médio. Isto pode ser constatado por Lobato e Greca (2005) que analisaram currículos de Física Moderna dos seguintes países: Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá, Austrália, Itália e Finlândia. Em todos estes países a importância da FMC é notória, sua abordagem é diferente devido a suas estruturas sociopolíticas. De todo modo, os conteúdos escolhidos e as formas como se propõe serem tratados, ainda requerem muita pesquisa para saber se, de fato, conseguem contribuir para que os estudantes entendam melhor o mundo microscópico.

Monteiro e Nardi (2007) relatam o crescente número de trabalho que abordam o tema FMC e trazem a formação de professores como foco temático. Pereira e

---

<sup>1</sup> Um quadro resumo com estes artigos pode ser encontrado no Apêndice 1.

Ostermann (2007), atualizando a pesquisa sobre a produção científica, relatam que mesmo com o aumento do número de artigos sobre FMC, ainda são poucos os que descrevem propostas didáticas testadas em sala de aula. Também observou-se que a maioria dos autores apenas faz referências aos PCN, não assumindo, de forma explícita, o referencial teórico adotado. Igualmente, como poucos trabalhos apresentam fundamentação de estratégias didáticas em teorias de ensino e aprendizagem, estratégias didáticas ou epistemologias contemporâneas. E o caráter de divulgação, representado pelos textos sugeridos como bibliografia de consulta para professores, continuam sendo o maior número de artigos publicados. Este último dado é reafirmado em trabalho recente de Pereira e Ostermann (2009).

Valente, Barcellos, Salem e Kawamura (2007) apresentam uma análise de nove livros didáticos de uso frequente no Estado de São Paulo, na disciplina de Física. Os autores optaram por analisar as coleções em três volumes dos livros citados: Amaldi (1995); Bonjorno et. al. (2003); Cabral e Lago (2002); Carron e Guimarães (2003); Gaspar (2003); Ramalho et al. (2003); Sampaio e Calçada (2003); Silva (Paraná) (2003); Talavera et al. (2005). Após esta análise, relataram que as principais justificativas para a inserção de FMC no Ensino Médio não estão sendo incorporadas aos livros didáticos, pois foi constatado que os conteúdos referentes à FMC são apresentados como unidades independentes no fim dos capítulos e sua abordagem é meramente informativa. Também caracterizaram simples transposição de conteúdos dos livros-texto utilizados no Ensino Superior. Constatou-se também que este material didático não privilegia aspectos internos do conhecimento científico. Apresentam falta de interação entre o tópico tratado e sua aplicação tecnológica. Por fim, relatam-se que a maioria dos livros analisados no trabalho trata os tópicos de FMC como os demais tópicos pertencentes à Física Clássica, essencialmente formal, abstrato e com fins no conhecimento de Física em si próprio.

Para corroborar o que foi dito acima, apresentamos a pesquisa de Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007). Neste trabalho, os autores pesquisaram a opinião dos professores de Física sobre a inserção do tópico raios X no Ensino Médio. Segundo relatado no trabalho, os professores apresentaram interesse pelo tema e o consideraram apropriado para o currículo do Ensino Médio. O mesmo ocorreu no trabalho de Lozada e Araújo (2007), que identificaram o interesse de professores de

Ensino Médio em inserir em suas aulas o tema Partículas Elementares. Segundo descreveram, os professores participantes da atividade além de demonstrarem interesse pelo tema expressaram preocupação em contextualizá-lo de forma eficaz.

Dessa forma, com a divulgação e aceitação da proposta de inserir tópicos de FMC no currículo do Ensino Médio, procurou-se maneiras de proporcionar ao professor deste nível de ensino acesso a materiais de trabalho. A maioria das propostas foi apresentada por meio de textos para serem usados como bibliografia de consulta para professores. Abaixo, descrevem-se alguns destes trabalhos.

Ostermann (1999) apresentou um texto para motivar professores a inserirem em suas aulas o tópico Partículas Elementares e Interações Fundamentais. O texto foi traduzido e adaptado de materiais provenientes do curso *Topics in Modern Physics* organizado pelo *Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab)*. Este texto além de apresentar as partículas elementares e suas interações, também mostrou que é possível abordar o tópico utilizando a história e a filosofia da ciência, pois segundo a autora, esse tratamento proporciona a desmistificação do processo de produção do conhecimento científico. Durante o texto também foi ressaltada a sua aplicabilidade sempre enfatizando que o trabalho com o material deve sempre priorizar a aprendizagem significativa.

Ainda sobre o tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais, Ostermann e Cavalcante (2001) apresentaram um pôster para ser usado como material de apoio durante as aulas de Física. O material surge como uma opção mais concisa para abordagem do tema.

Outra proposta para o tema citado acima é o texto de Moreira (2004), no qual o autor procura motivar professores a ensinar o tópico Partículas Elementares e Interações Fundamentais utilizando mapas conceituais. Também questiona a validade do uso de ilustrações para representação do mundo microscópico. Argumenta que não é necessária nenhuma habilidade especial para a introdução deste tema ou de outros relacionados à FMC na escola média, pois, segundo o autor, se os estudantes são capazes de desenvolver as habilidades para trabalhar com temas como Cinemática ou Dinâmica, também são capazes de desenvolver as habilidades necessárias para compreender temas de FMC. Também relaciona a motivação como um fator importante para a aceitação de temas de FMC pelos

estudantes, pois são assuntos atuais tratados pelos meios de comunicação e podem despertar grande interesse por parte dos estudantes.

Abdalla (2005) também apresenta o mundo das partículas elementares a professores e estudantes do Ensino Médio. Sua proposta é mais lúdica e por isso é provável que possa ser utilizada inclusive no Ensino Fundamental. A autora fez uma descrição histórica de cada componente do Modelo Padrão das Partículas Elementares, além de apresentar os experimentos em que estas partículas foram identificadas e as aplicações tecnológicas geradas por estes experimentos. Ressalta que a linguagem acessível e as ilustrações chamaram a atenção dos estudantes.

Com o intuito de enriquecer o currículo do Ensino Médio e fornecer os subsídios necessários para que o professor se sinta bem informado, Williams (2005) apresenta uma breve história da antimatéria. Na qual ela é apresentada como um bom exemplo do trabalho científico desenvolvido ao longo do século XX.

Além dos textos impressos que fornecem subsídios para os professores, também surgem opções na *Internet*. Damásio e Calloni (2007) elaboram um hipertexto no qual abordam o que é o átomo e sua evolução. Apresentam cientistas envolvidos no trabalho com partículas elementares e seus resultados. Além de apresentar questões ainda não resolvidas pela ciência. Este tipo de material tem como vantagem a apresentação das simulações dos experimentos utilizados na pesquisa do tema. Os autores apresentam este hiperlink não apenas para os professores, relatam que também pode ser utilizado pelos estudantes, pois apresenta uma linguagem adequada para a educação básica.

A Física de Partículas também pode ser apresentada sob um enfoque epistemológico; é o que fez Moreira (2007). Neste trabalho o autor apresentou a física dos quarks por meio de sua evolução histórica. Os fatos que ilustram o tema são apresentados por meio de uma análise epistemológica baseada nas epistemologias de Larry Laudan e Gaston Bachelard. Como discutido anteriormente, o autor não considera adequada a representação de componentes no mundo microscópico por imagens por considerar que estas podem representar e/ou reforçar obstáculos epistemológicos que prejudicariam uma aprendizagem significativa.

Ainda enfatizando a importância de explicitar a relação entre temas de FMC e epistemologia, Moreira (2009) apresenta um texto em que são discutidas as limitações e a possível superação da teoria do Modelo Padrão. Esta discussão é

orientada pela epistemologia de Bachelard na qual encontra um suporte adequado, principalmente quando a proposta é discutir a superação de teorias científicas e a evolução da ciência. Apresentando o Modelo Padrão de uma maneira simplificada, discute as limitações desta teoria como a assimetria matéria-antimatéria, energia escura, matéria escura, campo de Higgs e a inadequação da gravidade à Teoria Quântica. Estes tópicos proporcionam uma visão mais realista do trabalho científico, apresentando a ciência como um conjunto de conhecimentos em construção, e que as teorias atuais podem ser superadas; é a apresentação de uma Física viva aos estudantes.

E como uma parte integrante deste trabalho, Pinheiro, Costa e Moreira (2009) investigaram as concepções prévias de aproximadamente 120 estudantes de Ensino Médio, da rede pública de Porto Alegre sobre o tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais, por meio de um questionário elaborado para este fim. A partir deste questionário foi elaborado um texto que faz uma análise histórica e crítica das ideias e teorias relevantes para a construção do conceito atual de partícula elementar, embasado na epistemologia de Gaston Bachelard.

Além do tema Partículas Elementares, encontrou-se outros assuntos abordados; é o caso de um texto sobre Supercondutividade, de autoria de Ostermann e Ferreira (2006), para subsidiar professores de Ensino Médio a discutirem este assunto em suas aulas.

Abordando o mesmo assunto, Spohr, Ostermann e Pureur (2007) propuseram o tema para estudantes do Ensino Médio. Os autores elaboraram e disponibilizaram o conteúdo por meio de um texto disponível na *Internet*. Para avaliar a atividade sugeriram uma avaliação qualitativa, além da participação dos alunos durante as aulas. Também foi proposta a utilização de dois testes, o primeiro com o objetivo de mapear o conhecimento dos alunos e outro ao final da atividade que tinha como objetivo avaliar a aprendizagem dos estudantes, um questionário de atitudes e entrevistas. Para elaborar a atividade foi utilizado como referencial a teoria sócio-interacionista de Vigotsky, as epistemologias de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos e Larry Laudan. Enfatizando a convergência destas teorias em relação a oposição ao empirismo-indutivismo.

Martensson-Pendril (2006) propôs um novo olhar sobre o projeto Manhattan. Nesta proposta as aplicações militares deste projeto são apresentadas. Também foi



descrito como o trabalho científico pode ser moldado por eventos sociais. O tema recebeu um tratamento histórico e assim, o texto ressalta a potencialidade deste tipo de tratamento para um trabalho interdisciplinar.

A partir de uma análise nestes trabalhos, percebe-se que o tratamento histórico, filosófico e epistemológico dos temas é apresentado como uma alternativa promissora para o tratamento de tópicos de FMC, pois propiciam o desenvolvimento de temas como a desmistificação do conhecimento científico e a transitoriedade das teorias científicas. Acreditando nesta possibilidade, González e Pérez (2000) utilizaram a História da Ciência como pano de fundo para ensinar Ciência a dois grupos de alunos espanhóis; um era composto por estudantes de nível secundário e outro por estudantes de graduação. A opção pelo tratamento histórico dos temas foi feita porque os autores acreditam que analisando a história do conhecimento de uma forma unificada podem proporcionar aos estudantes uma visão que privilegiaria as inter-relações entre as diferentes áreas da Ciência, além de enfatizar o papel da humanidade na elaboração e na utilização do conhecimento científico. Estes autores também apresentaram este tratamento histórico aos temas científicos como um meio para executar a proposta de interdisciplinaridade descrita nas diretrizes educacionais espanholas.

No Brasil, Guerra, Reis e Braga (2002) apresentaram uma atividade que tinha como objetivo introduzir no currículo do Ensino Médio discussões histórico-filosóficas sobre ciências. Segundo esta proposta, os autores iniciaram a atividade propondo a um grupo de alunos do primeira série do Ensino Médio a realização de um julgamento. Para isso foram escolhidos momentos cruciais na História da Ciência, em especial na história da Física, para serem discutidos. Após este momento o trabalho se voltou para a elaboração de estratégias de ação que levassem o aluno a ler e refletir sobre o tema, tanto em horário de aula como extraclasse. Por meio de relatórios os alunos mostravam como estavam se preparando para o julgamento. Os autores descreveram o grande envolvimento dos estudantes na realização da tarefa, o que foi percebido no desempenho dos alunos nos relatórios apresentados. Relataram também que a atividade apresentou uma nova face da Física para os estudantes, além de incentivá-los a serem mais críticos em relação aos conhecimentos adquiridos.

Assim como na Espanha e no Brasil, os professores argentinos acreditam na potencialidade do tratamento histórico para ensinar ciências. Segundo Iparraguirre (2007), ao utilizar-se da História da Ciência, foi possível desenvolver uma metodologia ativa, na qual se fez uso de problematizações e questionamentos com o objetivo de melhorar o ensino de Óptica. Sua proposta estava baseada na importância do processo de construção do conhecimento, pois assim o aluno tem a oportunidade de perceber que o conhecimento surge da tentativa de resolver um problema. O autor ainda ressalta que a História da Ciência pode ser uma proposta eficiente para aumentar o interesse dos alunos de Ensino Médio pela Ciência e consequentemente melhorar o seu aprendizado.

Contudo, para que esta estratégia de ensino seja utilizada de forma eficiente pelos educadores é importante um sólido conhecimento sobre o tema tratado. Martins (2007a) apresentou uma pesquisa que identificava as principais dificuldades e experiências de professores com o uso da História da Ciência para fins didáticos. Sua proposta era também oferecer subsídios para que, a partir da compreensão das dificuldades enfrentadas pelos professores, pudessemos refletir sobre formas de ação que venham a contribuir para a inserção de elementos da História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências. Além disso, a pesquisa tinha como objetivo trazer dados que pudessem informar e reorientar os currículos das licenciaturas no que se refere à História e Filosofia da Ciência. Deste estudo fizeram parte oitenta e dois sujeitos, entre licenciados, alunos de pós-graduação e professores da rede pública brasileira. Segundo relata o autor, o conhecimento pedagógico do conteúdo, a ser melhor considerado nos cursos de formação inicial, parece ser decisivo na superação de visões ingênuas sobre o trabalho com História e Filosofia da Ciência. Apesar da grande importância atribuída pelos entrevistados ao tema abordado, poucas foram as propostas implementadas em sala de aula, o que reforça a dificuldade da elaboração de uma proposta com qualidade para o tema.

A constatação do trabalho apresentado por Martins (2007a) é muito importante: o professor que se propõe a abordar historicamente qualquer tema deve ter uma boa compreensão do conteúdo escolhido. Acrescentar a História da Ciência ao planejamento não é propagar lenda e mitos a fim de chamar a atenção momentaneamente dos estudantes. Atitudes como estas podem afastar ainda mais os estudantes da Física.

Quanto a trabalhos que utilizem a História da Ciência como uma alternativa didática também encontramos aqueles que aliam História a Filosofia da Ciência à Epistemologia, como o de Staub (2007). Nesta proposta a autora pretendia analisar as possíveis contribuições deste tipo de abordagem no estudo da Óptica. Para isso foi elaborado um texto que explorou o diálogo entre conceitos da epistemologia de Gaston Bachelard e a história da Óptica. O texto foi aplicado a alunos de graduação em Física. A avaliação do texto foi feita sob forma de questionário, entrevistas semi-estruturadas e observação livre. Segundo a autora, pode-se perceber o reconhecimento por parte dos alunos sobre a importância do enfoque histórico e epistemológico para a formação de uma visão mais rica sobre o desenvolvimento da Ciência, em particular da Óptica. Especificamente sobre o texto, é comentada a pertinência do estudo histórico da Óptica à luz do referencial citado, destacando a importância de pontos importantes na epistemologia de Bachelard, como a verificação da descontinuidade da ciência, o uso equivocado de analogias, metáforas e imagens na ciência e no ensino. Este enfoque também é defendido por Martins (2007b), segundo o qual, a contribuição dada pela epistemologia de Bachelard continua atual e tem muito a oferecer ao ensino de ciências, em especial à Física.

Analisando as proposta apresentadas até este momento, elas podem parecer muito teóricas, deixando transparecer que as atividades práticas não foram consideradas. Pelo contrário, existe um grande número de artigos que apresentam boas possibilidades para a instrumentação de uma aula que aborde conteúdos de FMC. É o caso de Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001), que propuseram a utilização de um recurso educacional disponível na *Internet* que aborda o espalhamento de partículas alfa, no experimento de Rutherford, que possibilitou a identificação do núcleo atômico. Este recurso educacional foi elaborado por Ferreira, Lourenço, Marcassa e Bagnato (1999). Cavalcante, Piffer e Nakamura (2001) descreveram o aparato experimental e a análise dos resultados obtidos. Também apresentaram dicas e sugestões de como utilizar o aplicativo, além de acrescentarem novos subsídios e reforçarem o aspecto interdisciplinar, que pode ser explorado com o uso deste recurso educacional.

Cavalcante, Tavolaro, Souza e Muzinatti (2002) propuseram uma abordagem conceitual sobre o efeito fotoelétrico utilizando simulações computacionais

disponíveis na *Internet*. Os *applets* utilizados fazem parte de um curso interativo de Física elaborado pelo professor García (1998), seguidos pela realização de um debate em sala de aula sobre o comportamento dual da luz. Os autores relatam que este conjunto de atividades pode contribuir para a desmistificação do papel da Ciência por meio de uma prática contextualizada e interdisciplinar.

Ainda utilizando o computador como recurso didático, Dias, Pinheiro e Barroso (2002) apresentaram um programa desenvolvido para simular um conjunto de equipamentos (detector e contador de radiação, fontes radioativas e placas absorvedoras) usados em um laboratório básico de Física Nuclear. Este programa simula um detector de radiação do tipo Geiger-Müller, um contador de radiação semelhante em aspectos aos contadores comerciais disponíveis, três amostras radioativas e três placas absorvedoras. A proposta foi suprir a falta de laboratórios de Física Moderna, sugerindo o uso de programa elaborado, que simula, em muitos aspectos, os equipamentos reais e fornece resultados semelhantes. Com esta mesma motivação, Scott (2004), por meio de uma planilha da *Microsoft Excel*, simulou um detector de partículas e sugeriu algumas atividades utilizando este recurso educacional.

Mas as propostas que envolvem instrumentação para o ensino de FMC não envolvem apenas recursos computacionais, Valadares e Moreira (2004) apresentaram a proposta de trabalho com os temas: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Segundo os autores, estes tópicos seriam apresentados por meio de suas aplicações no cotidiano, explicitando essas aplicações por meio de experimentos de baixo custo. Seguindo esta mesma proposta, Arruda e Toginho Filho (2004) apresentam a proposta de experimentos como a produção de altas tensões com uma bobina de Tesla, montagem de redes de difração com CDs, a utilização de lâmpadas comerciais para a obtenção de espectros, o efeito fotoelétrico com lâmpadas comerciais de mercúrio. Os experimentos propostos têm caráter demonstrativo e podem ser utilizados tanto no Ensino Fundamental como no Médio ou também para divulgação científica.

Por fim, Cavalcante, Tavolaro e Haag (2005) propuseram a discussão do conceito de *quantum* de energia. Para isso, sugeriram que se utilizem experimentos que propiciem essa discussão, tais como o estudo de espectros de emissão e absorção.

As propostas de instrumentação para aulas que abordem temas de FMC passam principalmente pela informatização devido à relativa facilidade de acesso nas escolas, pois, teoricamente, elas deveriam ter uma sala de informática em condições de uso. É importante ressaltar que, assim como um texto de apoio sobre FMC não resolve os problemas apresentados no ensino, um experimento isolado também não tem esse alcance. É necessário que cada professor avalie a realidade na qual está inserido e a partir desta avaliação organize as estratégias mais adequadas para seus alunos. Pode-se, por exemplo, ilustrar o que é tratado em um texto com um experimento, seja ele real ou virtual.

Como podemos perceber existem muitas propostas para a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio, mas para que alcancem seus objetivos, é necessário conhecer o que os alunos pensam sobre o tema sugerido, para que efetivamente possamos avaliar como sugerir e trabalhar o tema com o grupo. Dessa forma, é importante considerar trabalhos como os de Gutiérrez, Capuano, Perrotta, De La Fuente e Follari (2000) que apresentaram um levantamento sobre os conhecimentos prévios sobre temas de FMC realizado com alunos de nível médio da Argentina. Os temas abordados foram radioatividade, estrutura atômica e energia nuclear. O objetivo deste estudo foi usar estes dados para implementar estratégias de ensino que melhorem a aprendizagem e aproximem seus conhecimentos do conhecimento científico. Como método de investigação foi usado um questionário com onze perguntas, três sobre radioatividade, quatro sobre estrutura atômica e quatro sobre energia nuclear. Quanto às questões relativas à radioatividade os alunos demonstraram pouco conhecimento sobre o tema, também deixaram transparecer em suas respostas o forte caráter social do uso deste tipo de energia no país. Em relação às questões que tratavam da estrutura atômica, as respostas demonstraram que os estudantes não têm conhecimento sobre o tema; e quanto à energia nuclear, relacionam-na a perigo e contaminação, além de demonstrarem desconhecimento sobre fissão nuclear e sobre as centrais nucleares do seu país.

Ainda com o intuito de conhecer as concepções dos estudantes argentinos sobre temas de FMC, De La Fuente, Perrotta, Dima, Gutiérrez, Capuano e Follari (2003) investigaram as concepções dos estudantes do Ensino Fundamental argentino sobre a estrutura atômica. Assim como o trabalho apresentado anteriormente, este também visava conhecer as ideias dos estudantes para então

implementar estratégias adequadas para a inserção de tópicos de FMC no currículo argentino. Para isso, o grupo de pesquisadores elaborou um questionário que continha quatorze perguntas sobre estrutura atômica e constituição da matéria. Também estavam presentes questões sobre a existência de alguma diferença entre os átomos, sobre o movimento de suas partes, sua massa e seu tamanho. Além das interações, e da possibilidade de fissão ou fusão. Por fim, perguntavam sobre a origem das informações fornecidas pelos estudantes. Mas antes que fosse solicitado que os estudantes respondessem ao questionário, eles receberam instruções sobre o tema tratado. Ao analisarem as respostas, os autores constataram que os alunos não tinham ideias claras sobre o tema abordado. Concluindo que isso, provavelmente, se deva a falta de uma estrutura cognitiva na qual estes conceitos tenham sentido. Estes alunos reconhecem a existência do átomo, mas o relacionam com o modelo do sistema planetário, onde o núcleo é central e estático e os elétrons giram ao seu redor, mas não sabem por que isso acontece. Não conseguiram explicar a diferença entre os átomos, nem aspectos relativos à fusão e a fissão. Quanto aos quarks os alunos demonstraram desconhecer o tema, o que era provável que ocorresse, pois durante a instrução prévia esse tema não foi tratado. E por fim, justificaram a origem de suas informações como transmitidas pela escola, minimizando a influência dos meios de comunicação na elaboração de suas ideias sobre o tema, apresentando como conclusões que as ideias aceitas cientificamente sobre a estrutura atômica não foram socializadas. Além de considerar que a falta de estímulo na natureza visível sobre o tema tenha levado os estudantes a esquecer o que viram na escola.

Como um dos objetivos desta dissertação é a elaboração de uma unidade de aprendizagem, além de analisarem-se as sugestões anteriores é importante conhecer as propostas testadas em sala de aula.

A primeira relatada neste trabalho é a de Cavalcante e Tavolaro (2001), cujo objetivo era discutir os fundamentos de FMC a partir do princípio da dualidade onda-partícula. A proposta foi realizada com professores de Ensino Médio e com alunos dos Ensinos Fundamental e Médio de escolas brasileiras. A atividade consistiu na construção de material didático de baixo custo. O equipamento construído permitia, através de uma metodologia adequada, a execução de uma série de experiências que buscavam aumentar a compreensão dos fenômenos de interferência e difração,

bem como o comportamento corpuscular da radiação, fornecendo a base para o entendimento do princípio da dualidade e, conseqüentemente, um amplo panorama da Física Moderna. Como resultado da atividade, os autores descreveram que, além dos conceitos relevantes para a formação de professores de Física, a proposta assumiu uma abordagem universal que permitiu uma melhor compreensão das formas contemporâneas de linguagem e de melhor domínio dos conceitos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania.

Não só no Brasil, mas como comentado anteriormente, a inserção da FMC nos currículos escolares está ocorrendo em vários países. Johansson, Nilsson, Engstedt e Sandqvist (2001) propuseram, para vinte e dois estudantes de Ensino Médio suecos, um curso extracurricular com a intenção de suprir a falta de conteúdos contemporâneos nas aulas de Física. O curso abordou temas sobre Astronomia e Partículas Elementares. Os estudantes estudaram a rotação da Via Láctea, colisões entre partículas de altas energias e a origem do Universo. A combinação entre fazer suas próprias medições com um pequeno rádio telescópio, o uso de dados científicos de colisões de partículas de altas energias e ter a teoria do *Big Bang* explicado pelos cientistas criou um curso atraente e fascinante sobre Ciência contemporânea. Os autores são integrantes do projeto educacional *Hands on CERN*. Uma das atividades descritas foi o trabalho em que os estudantes utilizaram dados do detector *DELPHI*, disponíveis na *Internet*, para reconstruir rastros criados durante as colisões de partículas. Os autores relataram que além de se familiarizarem com o método científico, os estudantes tiveram a chance de aprender sobre partículas elementares, assim como conheceram modernos experimentos e relacionaram a Física de Partículas com a Cosmologia. Discutiram sobre a composição da galáxia e o efeito Doppler. Fizeram suas próprias medições da rotação de nossa galáxia e aprenderam que existem muitos movimentos fora do nosso sistema solar. Dessa forma, os estudantes tiveram o privilégio de conhecer processos fundamentais da natureza que apenas os cientistas tinham acesso. Os autores descreveram que o curso despertou muito interesse por parte dos estudantes.

Com a mesma proposta, mas com um público formado por estudantes de graduação americanos, Carstens-Wickham (2001) propôs a um grupo de alunos que já haviam cursado disciplinas introdutórias de Física e Sociologia um curso que tinha

como objetivo proporcionar aos estudantes uma visão que inter-relaciona Ciências Naturais e Sociais. Neste curso foram examinadas as inter-relações entre eventos culturais, sociais, históricos e políticos, além do desenvolvimento da Física na Europa e nos Estados Unidos na primeira metade do século XX. Foram tratados os temas Física, Sociologia e língua alemã. O referencial teórico utilizado para a elaboração do curso esta baseado na abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade. As atividades didáticas consistiam em leituras, apresentações no *Power Point*, vídeo-clipes, filmes, *slides*, materiais de áudio e alguns trabalhos em grupo. O autor relatou que o curso apresentou grande aceitação por parte dos alunos, provavelmente pela oportunidade que os estudantes dos cursos de Ciências Humanas e Sociais e do curso de Física tiveram em conhecer pontos de vista tão diferentes dos normalmente apresentados em seus cursos.

Abd-El-Khalick (2002) apresentou uma proposta que tinha como objetivo promover a compreensão da ciência por meio do experimento de Rutherford. A atividade propôs analisar alguns aspectos da natureza da ciência, tais como: a natureza observacional e inferencial do conhecimento científico, a distinção entre a observação e interferência, a natureza dos modelos científicos, o papel da criatividade e da imaginação nos modelos científicos gerados. Esta proposta foi aplicada a um grupo de professores de Ensino Fundamental e Médio e alunos do Ensino Médio americano. Baseados em diferentes versões de um questionário aberto e com a análise de entrevistas individuais, o autor apresenta a atividade como eficaz, pois atingiu seus objetivos iniciais.

Pascolini e Pietroni (2002) propuseram a implementação do currículo do Ensino Médio italiano com o tema Física de Partículas. Para isso apresentaram os diagramas de Feynman, excluindo seu formalismo matemático. Com esta metodologia foi possível transmitir muitos conceitos importantes sobre Física de Partículas, tais como: antimatéria, leis de conservação, criação e destruição de partículas, partículas reais e virtuais. Para isso, foi desenvolvido um brinquedo com três elementos: elétrons, fótons e partículas mediadoras. O brinquedo foi elaborado com o objetivo de evitar o uso de imagens do mundo macroscópico para promover a compreensão do mundo microscópico, a partir do diagrama de Feynman. O trabalho se desenvolveu em pequenos grupos que montavam os esquemas a partir de questões que lhes eram propostas. Estas questões abordavam a possibilidade de



ocorrência de interações entre as partículas. Um mês após propor esta atividade, os estudantes foram solicitados a responder um questionário sobre o tema abordado anteriormente. Os autores relatam que a possibilidade de manipulação com as partículas envolvidas foi um dos aspectos que levaram ao sucesso da atividade. As respostas dadas ao questionário foram encorajadoras e o percentual de respostas corretas foi de 60%. No total, vinte e um estudantes responderam o questionário, quinze demonstraram compreensão a respeito das leis de conservação.

Com relação à experiência de Paulo e Moreira (2004), que constituiu na investigação de como ocorre a construção de importantes conceitos quânticos na mente de cem estudantes brasileiros de Ensino Médio, pertencente a duas escolas da rede particular de ensino, foi utilizado como referencial teórico a epistemologia de Gaston Bachelard, principalmente o conceito de obstáculo epistemológico, e a teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Como conceitos, foram escolhidos: conceitos fundamentais da Mecânica Quântica na interpretação de Copenhagen (não determinismo e complementaridade), sendo que numa das escolas isso ocorreu após o ensino do tópico Mecânica Ondulatória, na perspectiva do ensino da Física Clássica, e na outra escola, antes do ensino deste tópico. Os autores relataram que os alunos não apresentaram dificuldades maiores em aprender os conceitos quânticos abordados do que em aprender conceitos clássicos. Além disso, foram identificadas algumas concepções com relação aos conceitos de complementaridade e não determinismo que podem fornecer subsídios sobre como os aprendizes constroem uma aprendizagem potencialmente significativa sobre os conceitos fundamentais da Mecânica Quântica.

Observa-se no relato de Paulo e Moreira (2004) o mesmo que já foi dito por Moreira (2004), que não existe a necessidade de nenhuma habilidade especial por parte dos estudantes para a introdução de tópicos de FMC no currículo do Ensino Médio, pois se estes desenvolverem as habilidades necessárias para estudarem Cinemática ou Dinâmica, tão abstratas quanto a FMC, também serão capazes de lidar com novos temas.

Samagaia e Peduzzi (2004) apresentaram um módulo didático que foi desenvolvido, aplicado e avaliado, abrangendo a Física Moderna e voltado para o Ensino Fundamental no contexto histórico do Projeto Manhattan. O módulo didático teve como referencial teórico para sua elaboração o enfoque Ciência, Tecnologia e

Sociedade (CTS) e a aprendizagem centrada em eventos. Ele foi aplicado a um grupo de estudantes da oitava série do Ensino Fundamental brasileiro. Entre os conteúdos de ciência contemplados estão a fissão nuclear, a radiação, a pesquisa e o uso de armas químicas e biológicas e a energia a partir de uma situação problema propiciada pela técnica psicoterápica *RPG - Roleplaying Game* ou *Jogo de Papéis*. Apesar da complexidade do projeto, os autores relataram a boa aceitação do módulo didático, constatado a partir da receptividade dos estudantes frente a ela, além da importância deste trabalho para colaborar na formação de cidadãos mais familiarizados com a Ciência e suas interferências no mundo. Quanto ao conhecimento específico, pode ser constatado o aumento de seu conhecimento sobre o assunto.

A proposta de Peduzzi (2004) pretendia estabelecer uma aproximação entre a Física e a Filosofia da Ciência ao abordar tema de FMC. Para isso foi elaborado um texto “Tópicos de Física Moderna: introdução a Mecânica Quântica” dividido em sete capítulos compreendendo 167 páginas. O material foi desenvolvido com um enfoque histórico e epistemológico. Este texto foi aplicado a alunos que cursavam a disciplina Estrutura da Matéria I, pertencente ao curso de Física, da Universidade Federal de Santa Catarina. A avaliação do texto por parte dos alunos foi positiva, sugeriram algumas modificações com o intuito de melhorá-lo. Os alunos não relataram dificuldades relativas a questões de compreensão sobre Filosofia da Ciência, o que ocorreu, provavelmente, devido às discussões teóricas promovidas pelo professor em sala de aula. Isso indica que o texto não é autônomo, é necessária a interferência de um professor na sua utilização.

Esta última afirmação é muito importante principalmente porque estamos discutindo estratégias didáticas para atualizar o ensino de Física. Como relatado anteriormente, em trabalhos que relataram revisões de literatura, os textos propostos como bibliografia de consulta para professores eram maioria. Contudo, ao utilizarmos estes textos temos que ter muito clara a sua proposta, não podemos pensar que apenas ao reproduzirmos este material em aula teremos realizado nosso trabalho, ou então recomendar a leitura para os estudantes e esperar que se tornem experts no tema. Bem pelo contrário, o material foi elaborado como um apoio, um suporte teórico para o professor, logo deve ser utilizado desse modo. Ele é o ponto

de partida para que o professor, após analisar sua realidade escolar, elabore suas estratégias de ensino.

Wolff e Mors (2005) apresentaram uma proposta de inserção do tema Relatividade Especial no Ensino Médio. Segundo a proposta descrita, foi investigada a compreensão de conceitos referentes à Teoria da Relatividade Especial, tais como: simultaneidade, dilatação temporal, contração do comprimento, energia relativística, como consequência dos dois postulados desta teoria. Estes temas foram apresentados por meio de um texto, desenvolvido para alunos de Ensino Médio, com um enfoque histórico. Foi estimulada a discussão durante as aulas, que assim como os questionários aplicados antes e depois da implementação da proposta e as avaliações escritas foram utilizadas na avaliação da proposta. Para desenvolver esta atividade os autores usaram como referencial teórico a teoria sócio-interacionista de Vigotsky e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak. A atividade foi realizada com um grupo de oitenta e sete alunos da terceira série do Ensino Médio brasileiro. Os resultados sugeriram uma mudança significativa nos subsunçores dos alunos no que diz respeito às questões de conhecimento geral da Física, assim como na mudança de paradigma quanto à existência de método científico como nos conceitos relativos à Teoria da Relatividade Especial.

Marques e Silva (2005) sugeriram que a introdução de tópicos de FMC poderia ser feita por meio de projetos paralelos na escola de nível médio. Inicialmente, a proposta era dar subsídios para os alunos que se interessaram em participar da Olimpíada Brasileira de Astronomia; então, a partir deste tema, foi feito um aprofundamento conceitual da FMC. Para isso, os alunos tiveram disponível e oferecido extracurricular, aulas sobre Astronomia. Nessas aulas, também foram abordados temas referentes à FMC, tais como: Relatividade Especial e Geral, Mecânica Quântica e Física Nuclear. Este projeto foi desenvolvido com estudantes da primeira e segunda série do Ensino Médio brasileiro. Os autores relataram a boa aceitação por parte dos alunos o que fez com que o projeto extracurricular continuasse mesmo após a Olimpíada Brasileira de Astronomia. Os temas sobre FMC foram abordados com mais profundidade, mas sempre buscando a contextualização por meio da Astronomia.

Van der Berg e Hoekzema (2006) sugeriram que o ensino de Física de Partículas, para estudantes do ensino secundário holandês, deveria dar mais sentido

a este tema, para que não se torne somente mais uma lista cronológica de partículas elementares sem sentido. Dessa forma, apresentaram uma abordagem centrada nas leis de conservação, nas relações de simetria e na utilização de diagramas de Feynman simplificados para aumentar a compreensão dos alunos sobre o tema tratado. Para avaliar a aprendizagem, foi proposta uma série de pequenas atividades que o aluno realizava individualmente e em seguida discutia com o professor. Mesmo descrevendo o andamento das aulas o artigo não apresenta os resultados da pesquisa.

Massoni e Moreira (2007) descreveram o processo de construção de uma compreensão descritiva contextualizada da cultura da sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física, que faz parte da formação de futuros professores. A pesquisa foi realizada por meio de observação participante, enculturação e imersão no cenário natural dos eventos. O curso foi dividido em duas partes: a primeira apresentou às teorias dos epistemólogos contemporâneos, e a segunda a História da Ciência. Esta organização procurou identificar uma visão contemporânea da natureza da ciência. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes de graduação em Física. Ao final da pesquisa, os estudantes reconheceram a importância desta disciplina para sua formação. Mesmo assim, estavam mais preocupados em descobrir uma maneira de passar estas ideias para seus alunos ou futuros alunos, do que em questionar suas próprias visões. É importante que os professores adotem posições mais críticas e visões mais contemporâneas. Isto propiciará aos alunos uma visão muito mais crítica e reflexiva. Para isso, constatou-se que apenas uma disciplina no final da graduação em Física talvez não seja suficiente para provocar a mudança necessária. Talvez fossem necessárias mais oportunidades ao longo do curso, em especial nos currículos de formação de professores. Além de reconhecerem a importância de estarem bem preparados, com sólidos conhecimentos da Física e sobre a Física, também reconheceram que a Física ensinada no Ensino Médio deve ir além da Mecânica Newtoniana, e que os alunos desse nível de ensino devem ter uma educação voltada para a cidadania, para isso, é necessário que sejam capazes de compreender o mundo atual. Dessa forma, o ensino de uma Física mais atual se faz urgente.

Moreira, Massoni e Ostermann (2007) descreveram a implementação da disciplina de História e Epistemologia da Física no currículo de formação de

professores de Física. Também foi apresentada uma análise quantitativa das mudanças ocorridas nas concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Este trabalho é a terceira etapa da análise de dados de um estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de Física. Nesta etapa foi realizada uma análise quantitativa de pré e pós-teste através dos resultados da aplicação de um questionário contendo vinte e cinco perguntas/afirmações sobre a natureza da ciência. O objetivo desta análise foi verificar se houve evolução das visões do grupo de estudantes, e se foi estatisticamente significativa, por influência das estratégias de ensino da disciplina História e Epistemologia da Física. Quanto aos testes, observou-se um aumento significativo em seus escores no pós-teste. A análise do trabalho desenvolvido atribuiu este desempenho às dimensões e à estratégia de ensino desenvolvida na disciplina. Foi utilizada uma análise quantitativa como complementar a análise qualitativa desenvolvida em outras etapas do estudo.

Moreira e Massoni (2009) descreveram a aplicação de um módulo didático sobre Física de Partículas em uma disciplina de Física Moderna e Contemporânea, em um curso de pós-graduação brasileiro, da qual participavam professores de Física. Também comentaram sobre a influência provocada por uma disciplina de Epistemologia anteriormente cursada pelos participantes, nas suas concepções sobre o objeto de estudo e sobre suas visões sobre a natureza da ciência. O estudo foi dividido em duas etapas, na primeira foi realizada uma observação participativa na disciplina de Epistemologia e Ensino de Física, na qual foram discutidos os seguintes epistemólogos: Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Gaston Bachelard, Larry Laudan, Stephen Toulmin, Humberto Maturana, Paul Feyerabend e Mario Bunge. Após alguns meses, o objetivo foi tentar identificar indícios de visões epistemológicas presentes nas discussões, formas de raciocínio, palavras e atitudes diante dos novos conceitos estudados. Por meio da análise das opiniões dos professores não foi possível concluir se houve uma transformação acabada nas concepções epistemológicas e nos conceitos e princípios da Física de Partículas, ou seja, mesmo reconhecendo a importância para sua prática do tema abordado, alguns professores não conseguiram incorporar estas novas ideias aos seus conhecimentos prévios de modo a modificá-los. Mas observou-se que as questões histórico-epistemológicas podem ser uma opção para que os professores passem a

discutir estas ideias e conceitos com seus alunos, e, conseqüentemente, é possível que comecem a desenvolver um processo de reflexão sobre sua prática pedagógica. Também ressalta que estas transformações são processos lentos, que pressupõem mudança de postura, de crenças e cultura.

Pinheiro e Costa (2009) relataram a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Este relato é parte integrante desta dissertação, mas o enfoque do artigo mencionado são as atividades propostas, especialmente a construção, apresentação e avaliação de mapas conceituais construídos pelos alunos em pequenos grupos. Os referenciais teóricos utilizados para a elaboração da unidade de aprendizagem foram a teoria sócio-interacionista de Vygostky, a teoria educacional da aprendizagem significativa de Ausubel e foi dado um tratamento histórico e epistemológico baseado em Gaston Bachelard. Da unidade de aprendizagem faziam parte: um pré-teste que tinha como objetivo identificar as concepções prévias dos alunos sobre o tema abordado. A realização de um seminário motivado pelo filme “O discreto charme das partículas elementares”, produzido pela TV Cultura de São Paulo (2008), baseado no livro homônimo de Maria Cristina Batoni Abdalla (2006). E atividades relacionadas ao texto apresentado em Pinheiro, Costa e Moreira (2009) para a unidade de aprendizagem. Constatou-se a potencialidade do uso dos mapas conceituais como forma de avaliação, contudo é importante reservar um período de tempo significativo para a atividade, pois se identificou dificuldades na elaboração dos mapas durante a atividade, alguns problemas relacionavam-se a dificuldade de compreensão de alguns conceitos fundamentais para a elaboração de um mapa conceitual, por exemplo, os alunos tiveram problemas quanto ao uso de palavras de ligação entre os conceitos.

Podemos perceber que são numerosas as sugestões de implementação do currículo de Física utilizando tópicos de FMC. Como já foi dito anteriormente, ao escolher um tema contemporâneo para estudo no nível médio, é provável que o assunto tenha uma boa aceitação por parte dos estudantes, pois são estes os assuntos científicos tratados por diversas mídias e despertar a curiosidade dos estudantes, pode resgatar o interesse do aluno pela Ciência.

Mas, ao propormos a inserção destes temas é importante fazer uma avaliação de como isso deve ser feito. O caminho escolhido por este trabalho foi a elaboração

de uma unidade de aprendizagem que abordou o tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais, como dito anteriormente. A discussão mais detalhada desta unidade de aprendizagem será feita no capítulo 4, referente à Metodologia.

## **CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Apresenta-se, neste capítulo, os aspectos considerados mais importantes das teorias psicológicas e educacionais que embasaram a presente dissertação. São elas: a teoria sócio-interacionista de Vygotsky e a teoria educacional da aprendizagem significativa de Ausubel, com comentários que serão destacados em itálico.

### **3.1. A teoria sócio-interacionista de Vygotsky**

Segundo Lev Vygotsky (1896-1934), a interação entre o indivíduo e o seu contexto social e cultural é um dos fatores mais importantes para o seu desenvolvimento cognitivo, uma vez que os processos mentais superiores (pensamento e linguagem, por exemplo) teriam sua origem em processos sociais (Moreira, 1999). Além de destacar o papel relevante do meio social no qual o indivíduo está inserido, Vygotsky também considera a importância dos momentos históricos e culturais pelos quais cada indivíduo passa durante sua vida, como influências no seu desenvolvimento cognitivo. Para ele os períodos de mudanças, protagonizados pelo indivíduo, representam momentos de participação efetiva da própria existência, demonstrando que, a cada estágio de desenvolvimento, o indivíduo adquire meios para intervir de forma competente no mundo e em si mesmo (Vygotsky, 2002a).

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é a conversão das relações sociais em funções mentais. Essa conversão se dá por meio de mediação. A mediação é o processo responsável pela internalização de atividades e comportamentos sócio-culturais típicos do homem. A mediação não é um processo direto, ela é feita por meio de instrumentos e signos (Moreira, 1999).

#### **3.1.1. Instrumentos e signos**

Segundo Moreira (1999), um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa e um signo é algo que significa alguma coisa. Para exemplificar, usamos as palavras como símbolos linguísticos e os números como símbolos matemáticos. Contudo não podemos esquecer que tanto os instrumentos como os signos podem ter seus significados alterados. Por exemplo, uma palavra pode ter significados completamente diferentes para dois grupos de indivíduos. É o caso da



palavra “tirar”, que em português significa subtrair e em espanhol significar jogar. Além disso, ambos podem ser alterados ao longo da história, modificando o desenvolvimento social e cultural de uma sociedade. É o caso do conceito de universo ou de partícula elementar, objeto deste trabalho.

Ao analisarmos o aprendizado, sob o ponto de vista de Vygotsky, percebe-se que a palavra é um signo fundamental para a formação de conceitos. O signo passa a ser a parte central do processo de formação de um conceito; após esse processo, o signo torna-se o seu símbolo (Vygotsky, 2002b).

### 3.1.2. A formação de conceitos

A formação de conceitos, segundo Vygotsky, é uma atividade complexa. Este processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou a tendências determinantes. Todos são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo como meio para conduzir as operações mentais, controlar o seu curso e canalizar em direção à solução do problema que um indivíduo enfrenta. A simples existência de um problema, que exige a formação de conceitos não pode ser considerada a razão deste processo. Se o meio ambiente não apresenta nenhuma destas tarefas ao adolescente, não lhe faz novas exigências e não estimula o intelecto, proporcionando-lhe uma série de novos objetos, o seu raciocínio não conseguirá atingir os estágios mais elevados, ou só os alcançará com atraso. O uso do signo, portanto, é imprescindível para o crescimento global do aprendiz; ele afeta não apenas o conteúdo, mas também o método de raciocínio do indivíduo (Vygotsky, 2002b).

*Ao escolher-se um tema para abordar em sala de aula, deve-se levar em consideração o uso de instrumentos e signos para formação de conceitos. Principalmente quando o público alvo são os adolescentes. Propor um tema atual, como Física Moderna e Contemporânea, por exemplo, é apresentar aos jovens um novo desafio de construir novos conceitos.*

### 3.1.3. Desenvolvimento cognitivo

Como já foi antecipado, o desenvolvimento cognitivo, segundo Vygotsky, acontece por meio da internalização de instrumentos e signos, via interação social.

Assim, a interação entre o indivíduo e seu meio social é fundamental, pois é por meio desta relação que se dará o compartilhamento do conhecimento social, histórico e cultural construído por uma sociedade (Moreira, 1999). Para que ocorra a internalização dos signos é necessário que o indivíduo se aproprie dos significados aceitos socialmente para os mesmos. Por isso, a interação social é tão importante, pois é por meio dela que o indivíduo tem a oportunidade de conhecer e compartilhar os significados dos signos; após internalizá-los, compartilha com os demais indivíduos, certificando-se de que a sua construção interna é compatível com a difundida socialmente (Moreira, 1999).

O comportamento humano que tem especial importância para a interação social é a fala. Ela também é um exemplo do uso de signos, pois quando internalizada, torna-se parte profunda e constante dos processos psicológicos superiores; a fala atua na organização, unificação e integração de aspectos variados do comportamento humano, tais como a percepção, memória e solução de problemas. Além disso, é por meio da fala que o indivíduo expressa suas experiências, também é por meio da fala que se dá a interação social que possibilita o aprendizado (Vygotsky, 2002a).

Aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados, desde a infância. Mas só o aprendizado escolar, por meio dos seus conteúdos específicos, produz algo fundamentalmente novo no indivíduo. O ensino formal propicia um tipo de aprendizagem que só pode ser experimentada na escola. Mesmo que a escola trate de assuntos discutidos pelos meios de comunicação, é apenas ela que proporcionará uma formação com a devida profundidade ao tema. A mídia, por mais presente que se faça nos dias de hoje, não tem como objetivo formar cidadãos, mas sim informá-los. Dessa forma, a mídia e escola se complementam, o que favorece a interdisciplinaridade, pois os temas não são tratados individualmente, estão interligados (Vygotsky, 2002a).

*Um exemplo do que foi dito, relativo a esta dissertação, são as inúmeras reportagens apresentadas pela mídia, no ano de 2009, sobre o acelerador de partículas Large Hadron Collider (LHC), localizado no European Organization for Nuclear Research (CERN). Esse acelerador, que há alguns anos vem suscitando o interesse da população em geral, é apresentado pela mídia de forma superficial. Uma compreensão mais aprofundada de seu funcionamento e principalmente, os*

*objetivos de sua operação deveriam ser objeto de discussão nas escolas. O que evitaria a propagação de notícias, em sua maioria alarmante, como a que dizia que com a ativação do LHC seria produzido um buraco negro que poderia “engolir” a Terra.*

#### 3.1.3.1. A zona de desenvolvimento proximal

Como foi destacado até aqui, a interação social, é, para Vygotsky, o processo mais importante para o desenvolvimento de um indivíduo. Sua importância é retomada no conceito de *zona de desenvolvimento proximal (ZDP)*, que, segundo a definição de Vygotsky, é a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, medido por meio da solução de problemas sob orientações ou em colaboração com companheiros mais capazes. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente (Vygotsky, 2002a). É nesta região que o desenvolvimento cognitivo ocorre, o que faz com que esteja constantemente mudando. Estas mudanças são causadas pela aprendizagem, que tem como um de seus pontos de partida a interação social. A importância atribuída à interação social está na possibilidade que aprendizes e educadores têm em partilhar suas experiências. Este momento facilita a aprendizagem, pois, além de aproximar os envolvidos no processo, também ajuda aprendizes a identificar métodos desenvolvidos por seus educadores que facilitam a aprendizagem (Vygotsky, 2002a).

#### 3.1.4. A aprendizagem e o papel de professor segundo a teoria de Vygotsky

Segundo Vygotsky, a aprendizagem é fundamental para o desenvolvimento, assim como o bom ensino é aquele que promove o desenvolvimento cognitivo e o dirige. Dessa forma, deve-se ensinar algo que esteja um pouco acima deste nível para o estudante (Vygotsky, 2002a).

Na teoria de Vygotsky, o papel do professor é atuar como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos. Este processo deve ocorrer

dentro da ZDP do estudante. Assim, utilizando como exemplo o tema abordado neste trabalho, o professor é o responsável por apresentar aos estudantes os conceitos aceitos cientificamente referentes à estrutura da matéria; por exemplo, o que é um quark. Por sua vez, os estudantes devem “devolver” ao professor os significados captados. A partir deste momento, o papel do professor é verificar se os conceitos externalizados pelos estudantes sobre os quarks estão de acordo com os significados que inicialmente pretendia compartilhar e se estes estão de acordo com o contexto científico tratado, no caso em Física de Partículas. Quando professor e o estudante compartilharem significados, podemos dizer que houve aprendizado.

Este modelo de intercâmbio de significados pouco ou nada diz sobre como se dá a internalização, mas deixa claro que esse processo é fundamental para a aprendizagem e, conseqüentemente, na ótica de Vygotsky, para o desenvolvimento cognitivo. Sem interação social, ou sem intercâmbio de significados dentro da ZDP do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem devam falar e, portanto, o estudante deve ter a oportunidade de falar (Moreira, 1999, p. 121).

A mudança conceitual é claramente interpretável nessa perspectiva: implica internalização (reconstrução interna) de novos significados, delimitação do foco de conveniência de outros, talvez abandono de alguns e possível existência de significados incompatíveis. Enfim, um processo complexo, evolutivo, com muitas matizes contextuais, que dependem, vitalmente, de interação social e intenso intercâmbio de significados (Moreira, 1999).

### 3.2. A teoria educacional da aprendizagem significativa de Ausubel

Condizente com a interpretação de Vygotsky quanto ao desenvolvimento cognitivo de um indivíduo, incorpora-se à fundamentação desta dissertação, a teoria educacional da aprendizagem significativa, desenvolvida por David Ausubel e continuada, interpretada e complementada por Joseph D. Novak e D. Bob Gowin (Moreira, 2006).

Segundo Ausubel, a conduta mais importante do mediador do processo de instrução de um grupo de aprendizes (o professor) é identificar os conhecimentos prévios destes indivíduos. Este mapeamento inicial da estrutura cognitiva do

aprendiz é fundamental para orientar o planejamento das aulas (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

O processo de aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação, substantiva (não literal) e não arbitrária, entre uma informação nova e um aspecto relevante da estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Ausubel, a nova informação liga-se a uma estrutura de conhecimento específica do aprendiz, denominada “subsunçor”. Um subsunçor pode ser um conceito, uma ideia ou uma proposição preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse subsunçor tem como função servir de “ancoradouro” para a nova informação de modo que essa adquira significado para o aprendiz (Moreira, 2006).

Podemos dizer que a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação “ancora-se” nos subsunçores pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e os modifica. Essa “ancoragem” promove a interação entre a nova informação e os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva, ao mesmo tempo em que os modifica.

A interação entre a estrutura cognitiva do aprendiz e as novas informações, propiciam a aquisição de novos significado por essas últimas que são integrados a estrutura cognitiva do aprendiz, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores e conseqüentemente da própria estrutura cognitiva (Moreira, 2006).

Segundo Ausubel, estes processos de diferenciação, elaboração e estabilidade das informações na mente humana propicia uma organização que pode ser caracterizada como uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais e inclusivos. Essa organização decorre, em parte, da interação que caracteriza a aprendizagem significativa.

Todos estes processos envolvidos na aprendizagem significativa se opõem à aprendizagem mecânica; pois, esta é caracterizada pela retenção de conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz de forma arbitrária e literal, ou seja, sem que as novas informações interajam com as informações já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 2006).

### 3.2.1. O processo de assimilação

O processo de assimilação ocorre por meio da interação entre novas informações e a estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Ausubel, a nova informação é relacionada e assimilada por um subsunçor específico e preexistente na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa interação provoca a modificação de ambos. Assim, o processo de aprendizagem significativa não envolve apenas a assimilação de um novo significado, mas também a modificação do subsunçor envolvido no processo. E essas modificações poderão ocorrer durante toda a vida do aprendiz (Moreira, 2006). Para exemplificar o que foi dito acima, será apresentado um exemplo por Moreira (2006, p. 29).

*“Se o conceito de força nuclear deve ser aprendido por um aluno que já possui o conceito de força bem estabelecido, em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já adquirido. Entretanto, considerando que esse tipo de força é de curto alcance (em contraposição aos outros que são de longo alcance), não somente o conceito de força nuclear adquirirá significado, para o aluno, mas também o conceito geral de força que ele já possuía será modificado e tornar-se-á mais inclusivo (isto é, seu conceito de força incluirá agora também forças de curto alcance).”*

*Para complementar esse exemplo, será apresentado outro relacionado especificamente ao tema deste trabalho. Ao apresentar o conceito de partícula, apresenta-se uma série de características responsáveis por esta definição, dentre elas, a massa. Mas, ao deparar-se com o conceito de fóton, que é uma partícula que tem massa nula, o aprendiz reconhecerá que existem tipos de partículas diferentes. Em sua estrutura cognitiva, o conceito aprendido anteriormente (partícula) será modificado (se tornará mais inclusivo, pois será capaz de identificar que existem partículas com massa e partículas sem massa) e o novo conceito (fóton) será assimilado.*

O processo de assimilação é fundamental para a aquisição e retenção de novos conceitos, mas constitui-se só na primeira etapa. Após a assimilação, a nova informação torna-se cada vez menos dissociável do subsunçor no qual se ancorou, processo esse denominado de *assimilação obliteradora* (obliterar significa apagar, destruir, obstruir). Ao concluir a etapa de assimilação obliteradora a nova informação

e o subsunçor já não são mais dissociáveis, e o resultado é um subsunçor modificado (Moreira, 2006).

Ao mesmo tempo em que o processo de assimilação é muito importante para a retenção e assimilação de um conceito, ele também acaba promovendo uma tendência reducionista na estrutura cognitiva do aprendiz, pois acaba promovendo a retenção de ideias mais gerais e estáveis (Moreira, 2006). Os exemplos, recém citados, corroboram este processo.

### 3.2.2. Tipos de aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa pode ser classificada em duas tipologias não excludentes, pois uma se refere ao que se aprende (representações, conceitos ou proposições) e a outra como se aprende (por subordinação, superordenação ou combinação) (Moreira e Veit, 2010).

Referindo-se ao que se aprende, a *aprendizagem representacional* (de representações), é o tipo mais básico de aprendizagem significativa, do qual os demais dependem. Esse tipo de aprendizagem envolve a atribuição de significado a um determinado símbolo (uma palavra, por exemplo). O símbolo passa a significar para o aprendiz aquilo que seus referentes (objetos, eventos, conceitos) significam. Para exemplificar este processo de aprendizagem, Moreira (2006, p. 25), apresenta o exemplo abaixo:

*“A aprendizagem representacional da palavra “bola” ocorre, para uma criança pequena, quando o som desta palavra (que é potencialmente significativo, mas ainda não possui significado para a criança) passa a representar, ou torna-se equivalente, a uma determinada bola que a criança está percebendo naquele momento e, portanto, significa a mesma coisa que o objeto (bola), em si, significa para ela. Não se trata, contudo, de mera associação entre o símbolo e o objeto, pois, na medida em que a aprendizagem for significativa, a criança relaciona, de maneira substantiva e não arbitrária, essa proposta de equivalência representacional a conteúdos relevantes existentes em sua estrutura cognitiva.”*

A *aprendizagem conceitual* (de conceitos) também pode ser considerada uma aprendizagem representacional, pois conceitos também são representados por símbolos. Porém, os conceitos são genéricos, representam abstrações dos atributos essenciais do referente que representam regularidade em eventos ou objetos.

Assim, Moreira (2006, p. 25-26) apresenta um exemplo sobre o desenvolvimento da aprendizagem conceitual:

*“Considerando o exemplo anterior, quando a criança adquire o significado mais genérico da palavra “bola”, esse símbolo serve, também, como significante para o conceito cultural “bola”. Enquanto na aprendizagem representacional é estabelecida uma equivalência, em significado, entre um símbolo (o som “bola”) e o referente (o objeto “bola”), na aprendizagem de conceitos a equivalência é estabelecida entre símbolo e os atributos criteriosais comuns a múltiplos exemplos do referente.”*

Na *aprendizagem proposicional* (de proposições), o objetivo é captar o significado de ideias em forma de proposição. Ou seja, a aprendizagem proposicional caracteriza-se pela compreensão do significado que está além da soma dos significados das palavras expressas em uma sentença. Ela se constitui na compreensão dos conceitos que compõe a sentença. Dessa forma, percebe-se que inicialmente o aprendiz deve conhecer o significado de cada termo, ou seja, conhecer o que eles representam (aprendizagem representacional) para que posteriormente possa compreender o conjunto de conceitos (aprendizagem conceitual) que a forma. Assim, é possível perceber que o papel da aprendizagem representacional é fundamental para a aprendizagem conceitual (Moreira, 2006).

*Como exemplo da aprendizagem conceitual apresenta-se a frase: “Os fins justificam os meios.” Para uma criança, essa frase terá um significado diferente do significado atribuído por um jovem ou por um indivíduo adulto.*

Agora, referindo-se a como se aprende, a aprendizagem significativa pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação.

No processo de *aprendizagem subordinada* (por subordinação), a nova informação adquire significado por meio da interação com os subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, refletindo uma relação de subordinação entre a nova informação e o subsunçor. Se a nova informação é compreendida como uma exemplificação, corroboração ou apoio à ideia subsunçora, denomina-se este tipo de aprendizagem de *aprendizagem subordinativa derivativa*. No entanto, se a nova informação for uma extensão, elaboração ou modificação do subsunçor, denomina-se esse tipo de aprendizagem de *aprendizagem subordinativa correlativa* (Moreira e Veit, 2010).



*Como um exemplo, recupera-se uma situação vivida neste trabalho: durante o desenvolvimento da investigação, foi apresentado aos estudantes um mapa conceitual sobre partículas elementares, elaborado por um especialista. Antes, havia sido objeto de discussão o significado e a maneira de se construir um mapa conceitual. Percebeu-se a influência advinda deste material sobre os mapas conceituais reelaborados pelos estudantes.*

Nos dois tipos de aprendizagem significativa citados, aprendizagem subordinativa derivativa e aprendizagem subordinativa correlativa, o significado do novo material emerge rapidamente, pois é diretamente relacionável a conceitos mais inclusivos da estrutura cognitiva (Moreira, 2006).

A *aprendizagem superordenada* (superordenação) ocorre quando um novo conceito emerge do relacionamento de conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, e então esta passa a assimilá-lo.

Este tipo de aprendizagem ocorre no curso de raciocínio indutivo, ou quando o material é organizado indutivamente ou envolve síntese de ideias (Moreira, 2006, p. 34).

Tanto a aprendizagem superordenada como a subordinada representam o processo dinâmico que ocorre continuamente com a estrutura cognitiva. Ao mesmo tempo em que o aprendiz pode estar aprendendo novos conceitos por subordinação, ele também pode estar fazendo superordenações.

Na *aprendizagem combinatória* (por combinação), a nova informação não se relaciona especificamente a ideias subordinadas, ou superordenadas, mas ela se relaciona de maneira geral, com um conteúdo amplo e relevante existente na estrutura cognitiva (Moreira, 2006).

Nesta situação a nova informação não é capaz de se relacionar com os conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva do aprendiz, o que faz com que significados combinatórios sejam gerados (Moreira, 2006).

Considerando o que foi dito anteriormente, podemos interpretar que este tipo de aprendizagem apresente maiores dificuldades do que a subordinada ou a superordenada. Mas as informações adquiridas pela aprendizagem combinatória podem adquirir o mesmo grau de estabilidade na estrutura cognitiva, principalmente se forem elaboradas e diferenciadas em função de aprendizagens derivativas ou correlativas subsequentes.

*O processo de aprendizagem significativa pode levar o aluno a concluir que ele não pode ver a partícula elementar, mas apenas os indícios da sua existência. A frase “ver para crer”, no caso deste trabalho, poderia ser dita: “crer para ver”. O aluno tem que acreditar na existência da partícula elementar para compreender suas evidências. Muito diferente do que lhe foi transmitido durante sua formação escolar, pois o mais comum na escola é apresentar algo concreto para que o aluno possa elaborar um novo conceito. Por exemplo, o modelo atômico de Thomson, na maioria das instruções é apresentado como o “modelo do pudim de passas”. O mesmo ocorre com o modelo atômico de Rutherford, que recebe a denominação de “modelo planetário do átomo”. Assim, concluir que uma partícula elementar nem sempre pode ter uma representação concreta não é uma tarefa fácil para um aluno de Ensino Médio.*

### 3.2.3. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

No desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, destacam-se dois processos que caracterizam a dinamicidade deste tipo de aprendizagem: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

A diferenciação progressiva se caracteriza pelo processo de diferenciação que o subsunçor sofre constantemente. Isso ocorre quando um novo conceito é aprendido por subordinação, ou seja, a nova informação ancore-se em um subsunçor e o modifica. Como este processo ocorre muitas vezes na vida de um indivíduo ele leva a uma diferenciação progressiva do conceito subsunçor (Moreira, 2006), assim:

*“Na verdade, este é um processo, quase sempre, presente na aprendizagem subordinada (especialmente, na correlativa, pois os conceitos subsunçores estão sendo constantemente elaborados, modificados, adquirindo novos significados, ou seja, progressivamente diferenciados) (Moreira, 2006, p. 37).”*

*Para exemplificar o processo da diferenciação progressiva, utilizando o tema deste trabalho, foi apresentado, inicialmente, o conceito de partícula elementar, o mais importante para o estudo do tema. Posteriormente, os estudantes receberam uma nova informação sobre esse conceito; foi acrescentado que as partículas elementares poderiam ser de dois tipos: os férmions e os bósons. Esta classificação*

*se justifica pela obediência ou não do Princípio de Exclusão de Pauli. Com esta informação sobre o que é uma partícula elementar e seus critérios de classificação, o estudante apropria-se do conceito mais geral (partícula elementar) e com o progresso da instrução ele vai diferenciando este conceito (uma partícula elementar pode ser de dois tipos: ou é um férmion, ou um bóson). Essa nova informação acaba por modificar o primeiro conceito e isso acontecerá muitas vezes, conforme a instrução progride.*

Nos processos de aprendizagem significativa superordenada ou combinatória descreve-se um processo de reorganização da estrutura cognitiva. Este processo é denominado de reconciliação integrativa. Ele consiste na recombinação de conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, que no curso de novas aprendizagens, se reorganizam e adquirem novos significados.

*Também utilizando um exemplo relacionado ao tema deste trabalho, espera-se que os estudantes sejam capazes de compreender que os seis quarks, que lhes foram apresentados, fazem parte de um conceito mais inclusivo: o de férmions. E que este por sua vez faz parte do conceito de partícula elementar, que é um conceito ainda mais inclusivo.*

Conforme Moreira (2006, p.37-38) destaca:

*“...toda a aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará igualmente em diferenciação progressiva adicional de conceitos ou proposições. A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva que ocorre na aprendizagem significativa (Ausubel, Novak e Hanesian, 1978, p. 125). Assim como a aprendizagem significativa pode ser ora subordinada ora superordenada (ou combinatória), a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos dinâmicos que ocorrem no curso da aquisição de significados. A estrutura cognitiva caracteriza-se, portanto, por uma dinamicidade que leva a uma organização do conteúdo aprendido.”*

#### 3.2.4. Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa

Para que a aprendizagem significativa possa se concretizar é necessário: que o material a ser utilizado pelos aprendizes seja potencialmente significativo; e que em sua estrutura cognitiva, estejam disponíveis conceitos subsunçores específicos, com as quais o material possa ser relacionado. Para isso, este material deve ter um significado lógico de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não

arbitrária, às ideias correspondentemente relevantes que se situem no domínio da capacidade humana de aprender.

Contribuindo com o mesmo grau de importância para o processo, o aprendiz deve demonstrar interesse em aprender, relacionando os novos conceitos presentes no material potencialmente significativo a sua estrutura cognitiva. Considerando que esta relação deverá ser substantiva e não arbitrária, dela emergirá o significado psicológico, que terá componentes idiossincráticos. O significado psicológico emerge do relacionamento substantivo e não arbitrário, entre o material potencialmente significativo, que deve apresentar o significado lógico, à estrutura cognitiva do aprendiz. É a partir desta interação que o significado lógico poderá se transformar em significado psicológico. Contudo, é importante considerar que o significado psicológico é sempre idiossincrático, isso não exclui a existência de significados sociais ou denotativos os quais são compartilhados por diferentes indivíduos (Moreira, 2006).

### 3.2.5. A origem dos primeiros subsunçores e o papel do organizador prévio na instrução

Considerando a relevância dos subsunçores para a aprendizagem significativa, é importante saber sua origem e o que fazer se estes não existirem. A formação dos subsunçores é um processo que ocorre de maneira gradual e idiossincrática em cada pessoa. Em crianças pequenas, a formação de conceitos se dá principalmente pela aprendizagem por descoberta, envolvendo geração e testagem de hipóteses bem como generalizações, a partir de instâncias específicas. Nas crianças em idade escolar, a maioria delas já possui um conjunto adequado de conceitos que permite que a aquisição de novos conceitos ocorra por assimilação, o que possibilita a ocorrência da aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

Contudo, mesmo quando se lida com estudantes em etapas mais avançadas do ensino, encontramos situações em que os estudantes não têm os subsunçores necessários para o desenvolvimento do tema proposto. Neste caso, Ausubel propõe o uso de organizadores prévios. Os organizadores prévios são materiais instrucionais introdutórios elaborados com um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Estes materiais devem ser apresentados antes do material a ser aprendido, pois seu objetivo é servir como facilitador da aprendizagem. Segundo Ausubel (Moreira, 2006, p. 23), “a principal função do

organizador prévio é servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente a tarefa com que se depara.”

Os organizadores prévios podem fornecer as ideias-âncora importantes para a aprendizagem significativa do novo material, como também podem estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz com aqueles contidos no material de aprendizagem. Eles podem ser de diversos tipos: um texto, uma discussão, uma frase, um filme ou uma dramatização.

*Nesta pesquisa o organizador prévio foi utilizado para estabelecer relações entre conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos aprendizes. Para esse fim, foi escolhido um filme sobre o tema da unidade de aprendizagem.*

Ao se organizar um material com o objetivo de utilizá-lo como organizador prévio, é importante identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicitar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material. O organizador prévio também deve dar uma visão geral do tema, mas em um nível mais alto de abstração, sem esquecer-se de estabelecer relações importantes para a sua compreensão. Além, de prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração e destaquem o conteúdo específico do novo material.

Assim, segundo Moreira (2006), os organizadores prévios têm um papel importante no processo de aprendizagem, pois são os responsáveis por estabelecer relações explícitas entre o novo conteúdo que o professor propõe e o conhecimento prévio do aluno.

### 3.2.6. Evidências de aprendizagem significativa

Após considerarmos todas as condições necessárias para a ocorrência da aprendizagem significativa e seus tipos, é necessário saber reconhecer as evidências deste processo. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a compreensão de conceitos ou proposições implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. E para verificar se o aprendiz os possui, é necessário formular atividades que exijam a transformação do conhecimento adquirido.

Segundo Moreira (2006) estas atividades devem ser elaboradas e apresentadas num contexto diferente daquele apresentado no material instrucional

proposto. Dentre as possibilidades de atividades a solução de problemas é um método válido. Entretanto, segundo Ausubel, se um aprendiz não for capaz de resolvê-lo isso não significa que não houve aprendizagem, pois a resolução de um problema envolve várias habilidades, além de sua compreensão. Outra possibilidade para procurar evidências de aprendizagem significativa é proporcionar ao aprendiz a oportunidade de falar sobre o tema que ele recebeu a instrução. Neste momento é importante solicitar ao aprendiz que diferencie ideias relacionadas, mas não idênticas, ou que identifique os elementos de um conceito ou proposição de uma lista contendo, também, elementos de outros conceitos e proposições similares.

*Nesta pesquisa, isto foi feito durante a apresentação dos mapas conceituais confeccionados pelos estudantes. Neste momento, os estudantes deveriam explicar seus mapas para os demais colegas. Durante esta explanação também deveriam responder a eventuais perguntas que poderiam surgir feitas tanto pelos demais colegas como pela professora-pesquisadora.*

Moreira (2006, p. 28) propõe: “..outra alternativa para verificar a ocorrência de aprendizagem significativa é a de propor ao aprendiz uma tarefa de aprendizagem, seqüencialmente, dependente da outra, a qual não possa ser executada sem uma genuína compreensão da precedente.”

### 3.2.7. A organização do ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa

A teoria de Ausubel está voltada para a aprendizagem tal como ela ocorre na sala de aula, mais precisamente, para a aprendizagem verbal significativa receptiva.

#### 3.2.7.1. O papel da linguagem na instrução baseada na teoria da aprendizagem significativa

A linguagem é um importante facilitador do processo de aprendizagem, pois a linguagem e o uso de símbolos tornam possíveis formas mais complexas de funcionamento cognitivo. Assim, como a manipulação de conceitos é aumentada pelas propriedades representacionais das palavras, o que aumenta a compreensão dos significados tornando-os mais precisos (Moreira, 2006).

Quando falamos em aprendizagem significativa receptiva pode parecer que estamos destoando de tudo o que foi dito até agora, mas segundo Ausubel o termo receptiva justifica-se, pois, não é necessário uma vida escolar de constantes

descobertas para que um indivíduo aprenda um conteúdo significativamente. Segundo ele, a aprendizagem receptiva também pode ser significativa, pois uma nova informação aprendida por recepção também é capaz de se ancorar nos subsunçores da estrutura cognitiva do aprendiz e gerar sua modificação, promovendo assim, a aprendizagem significativa. Não é necessário que os aprendizes “descubram” as leis já consolidadas da Física para que as apliquem significativamente.

Além disso, a interação pessoal e social, por meio da linguagem, é um fator fundamental para a aprendizagem significativa. Sua importância é maior do que a de alguns recursos educacionais como a disponibilidade de uma sala de multimídia ou até mesmo de um laboratório. O indispensável para a promoção de uma aprendizagem significativa é a discussão que o professor e os estudantes devem ter sobre o tema abordado. É por meio da negociação de significados que se facilitará o processo de aprendizagem significativa (Moreira, 2008a).

#### 3.2.7.2. A importância da estabilidade da estrutura cognitiva

Novamente, tem-se que considerar que um bom ensino, à luz da teoria educacional de Ausubel, deve considerar os conhecimentos prévios armazenados na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira, 2006).

A estrutura cognitiva do aprendiz, tanto em termos de conteúdo como na sua organização, é fundamental para uma instrução adequada. A estabilidade das informações armazenadas e seu nível de organização poderá facilitar a instrução. Quanto mais claros e organizados forem os conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz, mais facilitada será a instrução (Moreira, 2006).

Dessa forma, para uma instrução mais eficiente é necessário que existam subsunçores disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, e que estes sejam estáveis, assim como também é necessário que eles sejam capazes de diferenciar conceitos similares. Estes fatores são fundamentais para que o aprendiz adquira um corpo de conhecimento claro, estável e organizado (Moreira, 2006).

Mas quando a estrutura cognitiva não corresponde ao descrito acima é possível influenciarmos sua estrutura cognitiva substantivamente ou programaticamente. Substantivamente apresenta-se conceitos unificadores inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras; e

programaticamente, usando-se métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial da matéria de ensino (Moreira, 2006).

#### 3.2.7.3. O papel do professor

Ao se propor organizar a instrução à luz da teoria educacional de Ausubel, o professor deve inicialmente identificar os conceitos mais unificadores do tema escolhido e organizá-los hierarquicamente, de modo que os mais inclusivos abranjam os menos inclusivos.

Após esse trabalho deve-se identificar quais os subsunçores que o aprendiz deveria ter disponível em sua estrutura cognitiva para aprender significativamente o tema abordado.

É muito importante identificar o que o aprendiz já sabe sobre o tema a ser trabalhado. Para isso é necessário que se mapeie a sua estrutura cognitiva, assim, o professor poderá saber se será necessário o uso de organizadores prévios no ensino.

Após fazer as considerações acima, o professor deve ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a passagem da estrutura conceitual da matéria de ensino para a estrutura cognitiva do aluno de maneira significativa. O professor deve auxiliar o aprendiz a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nesta área de conhecimento, pela aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis.

*Neste trabalho, devido à escolha do tema, inicialmente foi feito um levantamento sobre as concepções prévias dos alunos sobre o tema abordado. Em seguida, a instrução foi preparada com bases nos dados levantados. Como organizador prévio foi utilizado um filme, produzido pela TV Cultura da São Paulo (2008) baseado no livro “O discreto charme das partículas elementares”, escrito por Maria Cristina Batoni Abdalla (2006). A instrução teve como base um texto “Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje” (Pinheiro, Costa e Moreira, 2009), escrito pela primeira autora e que por meio de sua evolução histórica, trata sobre a evolução do conceito de partícula elementar. Aproveitou-se para introduzir aspectos ligados à Filosofia da Ciência e ao seu caráter social, mediados pelo*



*epistemólogo Gaston Bachelard, que será apresentado na próxima seção deste capítulo.*

*Quanto às atividades desenvolvidas, os alunos realizaram um seminário, cujo objetivo foi promover uma discussão sobre os novos conceitos apresentados. Além disso, essa proposta buscava motivar a participação compulsória dos alunos no ambiente de sala de aula e o fomento da interação entre eles. Também construíram uma “linha do tempo” a partir de um texto que lhes foi entregue, na qual deveriam relacionar os eventos mais importantes para a evolução do conceito de partícula elementar; mas, a atividade principal foi a elaboração de mapas conceituais que refletissem a compreensão dos estudantes sobre as partículas elementares. Os mapas conceituais foram analisados não apenas pelo mapa em si, mas pela explicação que era dada pelos alunos durante a sua apresentação. Também se levou em conta as conversas que a professora teve com os alunos nos momentos em que foram solicitados a refazer seus mapas conceituais. A oportunidade para a discussão dos mapas conceituais foi priorizada, pois se entende este momento como fundamental para a interação entre professor e aluno. Todos estes aspectos serão retomados, com mais detalhes, no capítulo 4, referente à Metodologia.*

#### 3.2.7.4. A organização do ensino

Como dito anteriormente, o primeiro passo para a organização do ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa é identificar os conceitos básicos da matéria de ensino. Após, é necessário organizar a instrução, que deve ser baseada em princípios que incluem e refletem a influência da estrutura cognitiva. Estes princípios são a diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa, a organização sequencial e a consolidação (Moreira, 2006).

Ao organizar o ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa, a diferenciação progressiva deve ser interpretada como um princípio programático da matéria de ensino. Dessa forma, os conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentados no início da instrução e, progressivamente, diferenciados em termos de detalhes e especificidade. Esta proposta é apresentada por Ausubel por acreditar que é mais fácil para um indivíduo diferenciar aspectos específicos de um todo mais inclusivo do que o contrário. Ausubel também justifica este tipo de organização para o ensino, pois argumenta que a organização de certo conteúdo na estrutura

cognitiva de um indivíduo é uma estrutura hierárquica, na qual os conceitos mais inclusivos estão no topo da estrutura e são progressivamente diferenciados (Moreira, 2006).

Dessa forma, elaborar a instrução baseando-se na diferenciação progressiva é uma forma de promover um ensino compatível com a estrutura cognitiva do aprendiz. O que aumentará a possibilidade de sucesso da instrução.

Mas ao mesmo tempo em que Ausubel propõe o princípio da diferenciação progressiva, ele também alerta sobre a importância da reconciliação integrativa. Segundo o princípio da reconciliação integrativa é fundamental que o professor explore a relação, diferenças e similaridades entre estes conceitos que foram progressivamente diferenciados (Moreira, 2006).

Se considerarmos apenas o processo de diferenciação progressiva, o aprendiz teria disponível em sua estrutura cognitiva vários conceitos que foram progressivamente diferenciados. Contudo, o que promoverá a efetivação de uma aprendizagem significativa é o processo de reconciliação integrativa, relacionando diversos conceitos, apontando similaridades e diferenças importantes, além de reconciliar as discrepâncias reais ou aparentes. Este processo é fundamental para a aprendizagem significativa, pois o processo de aprendizagem se consolida quando o aprendiz é capaz de diferenciar conceitos de um todo mais inclusivo e relacioná-los adequadamente.

Com relação a este tema, Novak complementa a proposta de Ausubel, ao sugerir que a aprendizagem significativa ocorre quando o aprendiz é capaz de percorrer a sua estrutura cognitiva nos dois sentidos, “de cima para baixo”, considerando o princípio da diferenciação progressiva, e “de baixo para cima”, considerando o princípio da reconciliação integrativa. Com isso, Novak propôs que o processo de aprendizagem deveria partir de um conceito geral, e progressivamente chegar a conceitos particulares, mas que quando estes estivessem sendo discutidos, fossem feitas constantes referências ao conceito geral. Segundo esta proposta, a diferenciação progressiva e reconciliação integradora estariam sendo estimuladas simultaneamente (Moreira, 2006).

Segundo Moreira (2006), começar com o “geral” não significa que se deva esperar que o aluno aprenda de maneira significativa esse “geral” na primeira vez que lhe é apresentado. Significa começar com o “geral” para que ele sirva de

ancoradouro ou organizador para o material detalhado e diferenciado subsequente (isto é, o particular), mas, ao mesmo tempo, à medida que este material vai sendo introduzido e adquirindo significados pela interação com o “geral”, este vai se modificando, adquirindo novos significados e sendo, de fato, aprendido significativamente. Isso significa que desde o início do processo de instrução as ideias gerais, inclusivas e unificadoras da matéria de ensino e progressivamente diferenciá-las de modo que, nesse processo, não só as ideias menos gerais e inclusivas sejam aprendidas significativamente, mas também que as primeiras adquiram clareza e estabilidade.

Ainda sobre os princípios sugeridos por Ausubel para a organização do ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa, devemos levar em conta a organização sequencial do ensino. Este princípio diz que devemos organizar tópicos ou unidades de estudos de maneira tão coerente quanto possível; isto deve ser feito levando-se em conta os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Ausubel sugere que se observe e sejam usadas as dependências naturais do tema abordado. O objetivo desta organização sequencial é o de facilitar a aprendizagem, disponibilizando os subsunçores necessários para uma aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

E quanto à consolidação, Ausubel argumenta a importância da consolidação do que está sendo estudado na estrutura cognitiva do aluno antes de se propor um novo tema de estudo. Considerando o que já foi dito anteriormente, é importante que o aprendiz tenha ideias claras e estáveis para que o processo de aprendizagem significativa tenha êxito. Serão estes conceitos consolidados que servirão de subsunçores para o próximo tema de estudo (Moreira, 2006).

*Assim, percebe-se que como dito no início deste capítulo, para Ausubel o fator mais importante para o sucesso do processo de aprendizagem significativa são os conhecimentos prévios do aprendiz. Uma estrutura cognitiva estável e bem organizada é fundamental para o processo de aprendizagem.*

#### 3.2.7.5. A avaliação à luz da teoria da aprendizagem significativa

Como dito desde o início deste capítulo, antes de iniciarmos a instrução é fundamental que se verifique o que o aprendiz já sabe sobre o tema a ser

trabalhado. Isto pode ser feito, segundo Moreira (2006), com um pré-teste, por exemplo.

Durante a instrução o professor deve acompanhar a aprendizagem continuamente, a fim de corrigí-la, clarificá-la e consolidá-la. Também é durante a instrução que o professor poderá determinar a eficácia das estratégias de ensino utilizadas e da organização e sequência do conteúdo, ou seja, é durante o período de instrução que o professor poderá avaliar o seu trabalho na elaboração da instrução proposta. E assim poderá avaliar se seus objetivos iniciais estão sendo alcançados (Moreira, 2006).

*A avaliação à luz da teoria da aprendizagem significativa difere principalmente do modelo imediatista que o atual sistema de ensino do nosso país nos impõe. A maioria dos professores está submetida a processos de avaliação que privilegiam a nota final em detrimento do processo em si. A avaliação embasada nos critérios da aprendizagem significativa pressupõe que é necessário tempo para que se possa conhecer a estrutura cognitiva dos estudantes, elaborar organizadores prévios adequados para a instrução e acompanhar o processo de aprendizagem dos estudantes para corrigir possíveis problemas durante o processo e não apenas no final como ocorre na maioria das escolas.*

*É claro que este tipo de trabalho não depende apenas do professor, ele precisa ter o apoio de uma política educacional adequada, que apóie o professor fornecendo-lhe condições para o desenvolvimento de um trabalho mais qualificado e que privilegie o aprendizado do estudante e não apenas sua nota final.*

*Neste trabalho, esta proposta foi implementada, principalmente, com a elaboração de mapas conceituais que eram apresentados, discutidos e refeitos pelos alunos.*

### 3.2.8. A negociação de significados e a aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa recebeu uma contribuição de Gowin quando ele propôs que o ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados aceitos no contexto da matéria de ensino. Segundo Gowin, este é o resultado da interação entre professor, aluno e o material educacional (Moreira, 2008a).

Nesta perspectiva, a interação entre os três pilares do ensino (professor, aluno e material educacional), propicia e estimula a negociação de significados que o levará a captar os significados aceitos, no caso da Física, pela comunidade científica. A partir deste momento, é o aluno quem decide se quer aprender significativamente o tema estudado, internalizando-o de maneira não-arbitrária e não-literal, ou se apenas vai memorizá-lo (Moreira, 2008a).

Neste processo, professores e alunos têm responsabilidades distintas: o professor deve certificar-se de que os significados captados pelos alunos são compartilhados pela comunidade de usuários; e cabe ao aluno verificar se os significados que ele captou são os significados que o professor pretendia que ele captasse; no caso da Física, que esses significados correspondessem aos significados aceitos na comunidade científica (Moreira, 2008b).

Segundo Moreira (2008b, p.10): “O ensino requer reciprocidade de responsabilidades, porém aprender significativamente é uma responsabilidade do aluno que não pode ser compartilhada com o professor.”

Assim, a negociação de significados é fundamental para o sucesso da instrução. Por esse processo permeia o ponto mais importante para a aprendizagem segundo Vygotsky: a interação social. Assim como Vygotsky, Ausubel, Novak e Gowin consideram a interação entre professor e aluno fundamental para a troca de significados entre estes (Moreira, 2008b).

### 3.2.9. Mapas conceituais e a aprendizagem significativa

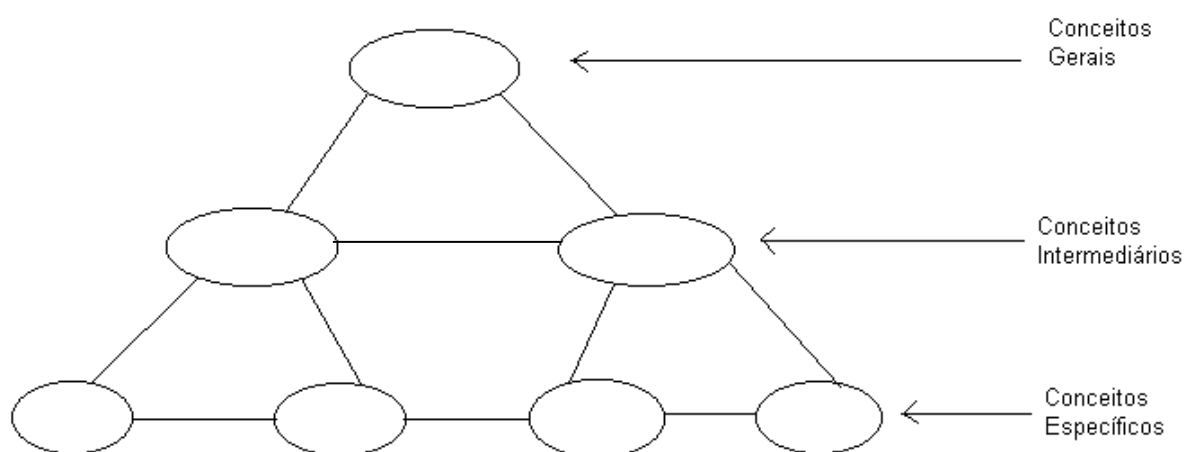
Mapas conceituais são mapas de conceitos e de relações entre conceitos, originalmente proposto por Novak. Segundo Moreira:

*“Os mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual da disciplina (2006, p.46).”*

Para construir um mapa conceitual, é necessário identificar os diversos conceitos e seus níveis de relacionamento no tema escolhido. Este primeiro passo já demonstra a estreita relação entre mapas conceituais e a instrução baseada nos princípios da aprendizagem significativa.

Assim, partindo dos mesmos princípios na teoria da aprendizagem significativa, a elaboração de um mapa conceitual propõe que as relações entre os conceitos sejam expressas no mapa. Tanto os conceitos como suas relações devem exprimir a relação hierárquica estabelecida no conteúdo de ensino.

Na Figura 1, Moreira (2006) sugere um modelo de mapeamento conceitual compatível com a teoria da aprendizagem significativa.



**Figura 1: Um modelo para o mapeamento conceitual segundo a teoria da aprendizagem significativa.**

No modelo podemos identificar a hierarquização dos conceitos de acordo com seu grau de inclusividade no conteúdo. Verticalmente, interpretamos que no topo do mapa estão os conceitos-chave para o tema, abaixo os conceitos intermediários e posteriormente os conceitos mais específicos. Horizontalmente, o mapa relaciona conceitos com o mesmo grau de importância dentro do tema. Quanto às ligações entre os conceitos, elas são feitas por linhas que os conectam. Também podem ser usadas palavras de ligação entre os conceitos para expressar uma ligação significativa entre eles (Moreira, 2006).

A proposta de Novak, na teoria da aprendizagem significativa de que o aprendiz deve “subir e descer” na hierarquia dos conceitos de um tema de estudos é muito bem exemplificado no mapa conceitual. Apesar de apresentar a hierarquia vertical (de cima para baixo) é importante que o aprendiz “suba e desça” nas hierarquias do mapa conforme a instrução progride, pois ao “descer” no mapa conceitual estará fazendo a diferenciação progressiva, e ao “subir” a reconciliação

integradora, princípios muito importantes na teoria da aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

Na presente dissertação, os mapas conceituais tiveram duas funções: foram utilizados como instrumento didático e de avaliação.

Como instrumento didático, os mapas conceituais foram utilizados como representações concisas das estruturas conceituais trabalhadas. A escolha por este recurso deve-se a sua potencialidade para facilitar a aprendizagem significativa.

Segundo Moreira (2006), um mapa conceitual sempre deve ser explicado por quem o elabora, devido a sua natureza idiossincrática.

Também é importante escolher o momento mais adequado para apresentar um mapa conceitual para um grupo de aprendizes, pois, mesmo que possam ser usados para dar uma visão prévia do conteúdo a ser estudado, a melhor opção é utilizá-los quando os alunos já têm certa noção do conteúdo. Como foi dito anteriormente, a explicação de um mapa é fundamental para que ele possa ser compreendido, e, para isso, o mais adequado é que os alunos já tenham algum conhecimento sobre o assunto e possam compreender os conceitos e suas relações expressas no seu mapa conceitual (Moreira, 2006).

Um ponto importante a ser enfatizado ao professor que opta pelo uso de mapas conceituais como instrumento didático é que não deve apenas promover a diferenciação progressiva durante a instrução, mas também é necessária a promoção da reconciliação integradora, ou seja, é necessário apresentar ao aprendiz a flexibilidade do mapa, mostrando que é possível “descer e subir” na sua hierarquia conceitual. Essa mobilidade na exposição do mapa conceitual expressa que, ainda que a teoria da aprendizagem significativa sugira que a instrução deva começar por conceitos mais gerais, é muito importante mostrar como os conceitos intermediários e específicos estão relacionados com os mais gerais, e dessa forma explorar as relações de subordinação e superordenação entre os conceitos (Moreira, 2006).

É importante lembrar que ao apresentar um mapa conceitual como recurso instrucional, deve ser levado em conta o compromisso entre a clareza e a completeza do mapa. Dessa forma, sugere-se que nem todas as relações entre conceitos presentes no mapa sejam expressas a fim de manter a clareza do mapa (Moreira, 2006).

O segundo uso dos mapas conceituais, como instrumento de avaliação, teve como principal objetivo obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno elabora para um determinado tema. A proposta foi avaliar o que aprendiz sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceitos de um determinado tema (Moreira, 2006). Além disso, o mapa conceitual também é uma boa alternativa quando se privilegia uma avaliação recursiva, pois seu processo de elaboração é composto de reconstruções e reflexões acerca dos conceitos e suas relações.

*Nesta dissertação, a autora acompanhou a elaboração e a apresentação dos mapas. E em todos esses momentos privilegiou-se a discussão, seja ela entre professor e aluno, no processo de elaboração dos mapas, ou entre professor, aluno e demais integrantes da turma, na apresentação dos mapas conceituais. Considerou-se que o mapa conceitual por si só não é suficiente para se avaliar a estrutura cognitiva do aprendiz, é necessário que este mapa seja discutido com seu(s) autor (es), pois é por meio dessa discussão que se propiciará a interação necessária para a ocorrência da aprendizagem significativa.*

Segundo Moreira:

*“Se entendermos a estrutura cognitiva de um indivíduo em certa área do conhecimento, como o conteúdo e organização conceitual de suas ideias nessa área, mapas conceituais podem ser usados como instrumento para representar a estrutura cognitiva do aprendiz (2006, p. 55).”*

Com base no que foi dito, os mapas conceituais podem ser utilizados tanto para investigar os conhecimentos prévios do aprendiz como as mudanças em sua estrutura cognitiva durante a instrução, pois ao elaborar um mapa conceitual o aluno usa seus conhecimentos, conceitos prévios para dar significado a novos conhecimentos. É justamente esta interação entre conhecimentos prévios e novos, de modo não-arbitrário e não-literal, que caracteriza a aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

Também é importante enfatizar que a apresentação dos mapas é fundamental, pois é neste momento em que os aprendizes e professor têm a oportunidade discutir e negociar significados, por meio da interação social, facilitando assim a aprendizagem significativa.



*Pela apresentação feita até o momento, pode-se perceber como as teorias, a sócio-interacionista de Vygotsky e a da aprendizagem significativa de Ausubel e colaboradores, têm um caráter de sintonia e, ao mesmo tempo, de complementaridade. Como ponto comum, a interação entre os participantes do processo educacional. Ambas concordam que a interação entre professor e aluno é fundamental para o progresso da instrução. E para que esta interação ocorra é fundamental se criar um espaço propício para isso, a sala de aula, resguardando algumas condições fundamentais: a valorização do conhecimento prévio dos estudantes, o papel de mediação do professor e características programáticas para exercê-lo, a pré-disposição do estudante, entre outras exigências. Com esta visão de que o conhecimento é construído pela interação entre professor e aluno, apresenta-se o processo educacional como a conjunção de ideias de professores e alunos, e a responsabilidade mútua pelo produto final.*

### 3.3. A epistemologia de Gaston Bachelard

Gaston Bachelard (1884-1962), filósofo francês, viveu em uma época de grandes mudanças no pensamento científico. Ele presenciou a ascensão da Mecânica Quântica e da Teoria da Relatividade, que abarcaram uma nova forma de pensar (Pesa e Greca, 2000); isto pode ser verificado no discurso preliminar de sua obra “A formação do espírito científico”:

*“...consideraríamos o ano de 1905 como o início da era do novo espírito científico, momento em que a Relatividade de Einstein deforma conceitos primordiais que eram tidos como fixados para sempre. A partir dessa data, a razão multiplica suas objeções, dissocia e religa as noções fundamentais, propõe as abstrações mais audaciosas. Ideias, das quais uma única bastaria para tornar célebre um século, aparecem em apenas vinte e cinco anos, sinal de espantosa maturidade espiritual. Como, por exemplo, a mecânica quântica, a mecânica ondulatória de Louis de Broglie, a física das matrizes de Heisenberg, a mecânica de Dirac, as mecânicas abstratas e, em breve, as físicas abstratas que ordenarão todas as possibilidades de experiências (Bachelard, 2005, p. 9-10).”*

Bachelard era licenciado em Matemática, e sua carreira como professor começou no ensino secundário, no qual ministrou aulas de Física e Química (Pesa e Greca, 2000), posteriormente lecionou História e Filosofia da Ciência na Universidade de Dijon e depois na Universidade de Sorbonne (Melo, 2005).

Provavelmente a vivência de intensas mudanças no pensamento científico provocou inquietações em Bachelard, gerando as suas primeiras críticas sobre a imagem tradicional (empírico-indutivista) da ciência. Suas obras abordam sua preocupação com a formação do espírito científico, poesia e educação. A preocupação com a educação era constante e permeou muitos de seus trabalhos, ainda que não tenha escrito uma obra específica sobre o tema (Melo, 2005).

*Esta preocupação com a educação, integrada com o desenvolvimento do pensamento científico, fez com que escolhêssemos este autor para subsidiar teoricamente a discussão referente à História e Filosofia da Ciência, um dos temas intrinsecamente ligado ao conteúdo da Unidade de Aprendizagem que foi elaborada, e cuja apresentação acontecerá no próximo capítulo.*

### 3.3.1. Períodos de ruptura e descontinuidades na história do conhecimento humano

Segundo Lopes (1996), a obra de Bachelard tem como marca central a ideia de um eterno recomeçar, que ele reconhece a partir da identificação dos períodos de rupturas e descontinuidade na história do conhecimento humano, pois, segundo Bachelard, a ciência é construída por meio da descontinuidade histórica, através da ocorrência de rupturas, que são fundamentais para a evolução da ciência.

*A análise desta frase já distingue Bachelard de muitos pensadores que apresentam a história da ciência como um processo contínuo. O continuísmo é uma marca da tradição da filosofia ocidental. Partindo deste princípio, o desenvolvimento da história da ciência é apresentado como o desenrolar de um novelo, no qual os conceitos vão sendo somados uns aos outros.*

Bachelard estende esta ideia de ruptura para a relação entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. A ideia de que o conhecimento científico é um refinamento do conhecimento comum é ainda difundida pela escola. Isso pode ser identificado quando o conhecimento escolar é utilizado para mascarar a ruptura entre conhecimento comum e científico (Lopes, 1996).

*O importante é que o estudante tenha claro o conceito de que conhecimento comum é diferente de conhecimento científico; esta tentativa de aproximação promovida pela escola acaba por vulgarizar o conhecimento científico.*

Segundo Lopes (1996), o continuísmo ainda é defendido, pois seus defensores argumentam que quanto maior a lentidão no progresso da ciência, mais

mascaradas ficam as rupturas. Também percebe-se que uma forma de defender o continuísmo é o argumento de que o progresso científico se deve a um grande número de cientistas anônimos que acabam deixando “no ar” ideias que proporcionam um *insight* em um cientista genial. Esse tipo de argumentação leva à interpretação de que o progresso científico é “guiado” por um “fio condutor” ao longo da história, ou seja, as ideias atuais são fruto de ideias pré-existentes. Este “fio condutor” pode ser reconhecido na visão continuísta de que a ciência grega foi a precursora da ciência moderna.

*Assim, a escola, de um modo geral, apresenta o atomismo grego como precursor do trabalho de Dalton. No entanto, os gregos buscavam a explicar a natureza. Já as primeiras propostas modernas, como a de Dalton, procuravam explicar as transformações químicas. Apresentar e discutir estas ideias é fundamental para que o aluno perceba que a história da ciência é feita de descontinuidades.*

E por fim, Lopes (1996) alerta o argumento pedagógico a favor do continuísmo, pois ao se propor que o conhecimento comum e o científico apresentam uma continuidade, acaba-se por considerar a atividade científica como fácil, acessível, gerando interpretações de que ela não passa de um refinamento das atividades do senso comum. Isso, como foi dito anteriormente, vulgariza a ciência e gera grandes equívocos na sua interpretação.

A importância dos períodos de ruptura proposta por Bachelard pode ser reconhecida abaixo:

*“...as crises de crescimento do pensamento implicam uma reorganização total do sistema de saber. A cabeça bem feita deve ser refeita. Ela muda de espécie. Opõe-se à espécie anterior por uma função decisiva. Pelas revoluções espirituais que a invenção científica exige, o homem torna-se uma espécie mutante, ou melhor dizendo, uma espécie que tem necessidade de mudar, que sofre se não mudar. Espiritualmente, o homem tem necessidade de necessidades. Se considerarmos, por exemplo, a modificação psíquica que se verifica com a compreensão de doutrinas como a da Relatividade ou como a da Mecânica Ondulatória, talvez não achemos tais expressões exageradas...(Bachelard, 2005, p. 20).”*

*Os momentos de ruptura estão presentes em vários momentos na história da ciência, como por exemplo, a refutação da teoria do calórico, a detecção da inexistência do éter, os limites da mecânica newtoniana e a identificação do elétron.*

*Inicialmente tratava-se o átomo como a menor partícula constituinte da matéria, mas com os experimentos realizados por Thomson e Zeeman identificaram que o átomo possuía na sua constituição partículas menores, os elétrons. Esta descontinuidade histórica também pode ser constatada nas pesquisas científicas desenvolvidas, pois para atingir um mesmo objetivo, a detecção do elétron, seguiram-se caminhos diferentes, Thomson optou pelo trabalho com raios catódicos e Zeeman pela espectroscopia.*

### 3.3.1.1. A ruptura entre conhecimento comum e conhecimento científico na Física e a fenomenotécnica

Considerando-se as concepções empírico-indutivistas, o conhecimento advém da experiência. O cientista deve investigar a natureza e, a partir de suas observações, elaborar teorias compatíveis. Estas concepções foram complementadas pelos positivistas que argumentavam que a elaboração de teorias científicas deveriam basear-se em dados, ou seja, em um referencial teórico (Lopes, 1996). Até o início do século XX, este era o pensamento científico predominante. Mas, quando Max Planck propõe o *quantum*, esta visão de ciência sofre um grande abalo. Bachelard, ao fazer a interpretação epistemológica deste fato, apresenta dois novos conceitos: o *real científico* e o *real dado*. O *real dado* tem relação com o que se pode observar sem a interferência de nenhum aparato científico (um microscópio, por exemplo), é o que se pode ver a “olho nu” e está relacionado com o senso comum. Já o *real científico* expressa a realidade vista aos olhos da ciência, e, geralmente, esta realidade não está expressa diretamente na natureza. É necessário ultrapassar as aparências e para isso são utilizados instrumentos científicos, como um telescópio ou um acelerador de partículas, por exemplo (Lopes, 1996).

Bachelard expressa a relação subjetiva entre *real dado* e *real científico* na frase abaixo:

*“(...) será demasiado cômodo confiar-se uma vez mais a um realismo totalitário e unitário, e responder-nos: tudo é real, o elétron, o núcleo, o átomo, a molécula, a micela, o mineral, o planeta, o astro, a nebulosa. Em nosso ponto de vista, nem tudo é real da mesma maneira, a substância não tem, em todos os níveis, a mesma coerência; **a existência não é uma função monótona**; não pode se afirmar por toda parte e sempre no mesmo tom (Bachelard, 1991, p. 51).”*

Para Bachelard, o *real científico* é concretizado por meio da fenomenotécnica. A fenomenotécnica é a realidade construída por meio de técnicas experimentais, momento no qual o racionalismo dialético domina, ou seja, quando cientista e experimento “dialogam” (Melo, 2005). Isso pôde ser visto por Bachelard com a ascensão da nova Física no final do século XIX e início do século XX.

*Um exemplo deste diálogo entre experimento e cientista foi o trabalho realizado por Thomson na detecção do elétron. Ao realizar o experimento, Thomson não viu o elétron, na verdade ele concluiu a sua presença por meio das evidências apresentadas pelo experimento. Para Bachelard, isto caracteriza a fenomenotécnica: a realidade construída por meio de um experimento.*

Assim, Bachelard não vê a elaboração de uma teoria científica como um ato isolado, mas como um processo de construção social, bem como demonstra a ciência moderna, no início do século XX, contemporânea a Bachelard, construída pela interação de diversos cientistas.

### 3.3.2. A recorrência histórica

A noção de recorrência histórica diz respeito à análise de fatos do passado com um olhar contemporâneo (Melo, 2005).

Segundo Lopes:

*“Através do conhecimento do passado, percorremos o caminho da ciência, mas é a partir do presente, da atualidade da ciência, que podemos compreender o passado de maneira claramente progressiva. Dessa forma, o filósofo francês constitui a noção de recorrência histórica: o historiador deve conhecer o presente para julgar o passado. Mas não no sentido de ver no passado a preparação para o presente, como já questionamos, mas sim de, a partir do presente, questionar os valores do passado e suas interpretações (1996, p. 256).”*

Mais uma vez, Bachelard propõe que se deva fazer um questionamento a respeito do conhecimento. Analisá-lo com um olhar atual, nos torna capazes de questionar antigos valores. Estes questionamentos nos levam a um ponto central na filosofia de Bachelard: o erro. A proposta de análise do passado com um olhar contemporâneo coloca os fatos do passado sob uma nova perspectiva. O que em

certo momento histórico foi interpretado como um erro, atualmente pode ser interpretado como um fato importante para o progresso da ciência. Este olhar diferenciado sobre o erro na ciência será tratado no próximo item.

### 3.3.3. O papel do erro na epistemologia bachelariana e a filosofia do não

Na epistemologia de Bachelard, o erro tem um papel positivo, pois é por meio de sua retificação que a ciência progride. Ao fazer esta proposta Bachelard também altera o significado da verdade para uma teoria científica. Nesta concepção não podemos falar em verdades definitivas, mas apenas em verdades múltiplas, históricas e pertencentes a uma esfera de veracidade (Lopes, 1996).

Como cita Melo:

*“Para Bachelard, ‘o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras’, o conhecimento empírico é causa de muitos erros, e a constante retificação destes erros é indispensável à formação do espírito científico. Os erros são necessários e inevitáveis, pois refletem os períodos de estagnação, inércia e até regressão com que se depara o espírito científico (2005, p. 45).”*

Bachelard interpretava o erro como algo positivo e integrante de uma teoria científica, isto pode ser verificado abaixo:

*“... para interditar radicalmente as conclusões de uma teoria, a experiência terá que expor-nos as razões de sua oposição. O físico não se desencoraja facilmente por uma experiência negativa. Michelson não descobriu as condições que, segundo ele, teriam confirmado a sua experiência relativa à detecção do éter. A partir exatamente dessa experiência negativa, outros físicos concluíram sutilmente que essa experiência negativa no sistema de Newton era positiva no sistema de Einstein. Realizaram justamente no plano da experiência a filosofia do por que não. Desse modo, uma experiência bem feita é sempre positiva. No entanto, tal conclusão não reabilita sem mais a positividade absoluta da experiência, pois uma experiência não pode ser uma experiência bem feita senão sendo completa, o que só se dá com uma experiência precedida de um projeto bem estudado a partir de uma teoria acabada. Em última análise, as condições experimentais são condições de experimentação. Esta simples nuance confere um aspecto inteiramente novo à filosofia científica pois enfatiza as dificuldades técnicas que sobrevêm na realização de um projeto teórico preconcebido (Bachelard, 1979, p. 94-95).”*

Dessa forma, estas palavras reforçam já o que foi dito, de que o erro promove a evolução do conhecimento científico. No exemplo citado, o experimento de Michelson não foi proveitoso para o sistema newtoniano, mas veio ao encontro das ideias de Einstein. E com a ascensão desta nova teoria promoveu-se uma nova forma de pensar na ciência.

*Baseado nesta interpretação do erro, também é possível repensar a verdade expressa por uma teoria científica. Anteriormente à proposta da Teoria da Relatividade ou da Mecânica Quântica, a Mecânica Newtoniana fornecia todas as respostas necessárias à ciência. Contudo, o século XX trouxe perguntas que não poderiam mais ser respondidas adequadamente pela teoria de Newton. Uma nova forma de pensar a ciência era necessária. E assim, surgiu a nova Física. Mas é muito importante ressaltar que mesmo com as novas propostas científicas, a mecânica newtoniana continuava funcionando para uma certa esfera de fenômenos, que representa a esfera de veracidade a qual Bachelard se refere.*

Esta aceitação de duas ou mais teorias representa um conceito muito importante na filosofia de Bachelard, a *filosofia do não*.

A *filosofia do não* demonstra que o conhecimento científico não é cumulativo. Ela representa as inúmeras rupturas que ocorreram no conhecimento científico ao longo da história da humanidade. Um exemplo típico é a relação, já mencionada anteriormente, entre a física newtoniana e a física relativística. Ambas têm sua esfera de abrangência, mas elas não se anulam. Segundo Bachelard, uma não nega a outra. Este é outro enfoque importante na filosofia do não: mesmo que o progresso científico signifique abandonar ideias anteriores, isso não significa negá-las (Lopes, 1996).

Sobre este novo olhar sugerido para a ciência, Lopes cita Bachelard:

*“É evidente que as duas teorias podem pertencer a dois corpos de racionalidade diferentes e que se podem opor em determinados pontos permanecendo válidas individualmente no seu próprio corpo de racionalidade. Esse é um dos aspectos do pluralismo racional que só pode ser obscuro para os filósofos que se obstinam em acreditar num **sistema de razão** absoluto e invariável (Bachelard, 1991, p. 132).”*

Dessa forma, Bachelard sugere a interpretação da *filosofia do não* como uma conciliação entre o antigo conhecimento e o novo.

O erro e a *filosofia do não* representam pontos centrais e complementares da filosofia de Bachelard: o erro ao ser identificado e corrigido gera o progresso científico, contudo a sua correção não implica na negação do conhecimento anterior, pelo contrário, sugere uma conciliação entre o antigo e o novo conhecimento. Assim, as verdades (teorias) científicas são transitórias e provisórias, pois variam com o momento histórico que uma população vive (Lopes, 1996). O que nos faz voltar ao conceito de recorrência histórica de Bachelard e a reafirmação do erro como fundamental para o crescimento científico. Os erros do passado devem ser interpretados como necessários para o progresso científico, contudo devem ser analisados para que equívocos anteriores não sejam repetidos no futuro (Melo, 2005).

Esta interpretação também pode ser estendida para o contexto escolar, no qual o papel do erro é análogo ao recém citado acima; faz parte do processo de aprendizagem; só com o reconhecimento do erro e sua correção a instrução avança e poderá apresentar resultados positivos (Melo, 2005).

#### 3.3.4. Obstáculos epistemológicos

Para Bachelard, os obstáculos epistemológicos são responsáveis pela inércia a até pela estagnação do pensamento científico, logo devem ser superados (Melo, 2005). Eles podem ter causas na própria natureza humana ou sociais e são inerentes ao ato de conhecer, dessa forma é necessário um permanente estado de mobilização cognitiva (Bachelard, 2005).

Sobre os obstáculos epistemológicos, Bachelard diz:

*“Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Ascender à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado (Bachelard, 2005, p. 18).”*

Um exemplo muito comum de como podemos gerar obstáculos epistemológicos ocorrem em aulas de laboratório de Física e Química. Ao elegermos atividades muito ilustrativas e que exijam pouca apreensão de conceitos, como o uso de gerador de Van der Graff, por exemplo, acabamos provocando uma distração



para o aluno e o afastando do objetivo real do estudo. Dessa forma, é importante que ao elaborarmos uma atividade tenhamos como objetivo principal o desenvolvimento de conceitos importantes para a matéria de ensino, suplantando experimentos centrados em imagens, com resultados surpreendentes (Melo, 2005).

Sobre isto Bachelard afirma:

*“... no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto (Bachelard, 2005, p. 50).”*

Assim, podemos concluir que a superação dos obstáculos epistemológicos está diretamente ligada a formação do espírito científico, pois esse desconfia, suspeita, duvida do que se apresenta simples demais (Melo, 2005). Para Bachelard, todo o conhecimento científico deve ser reconstruído a cada momento, e para isso é necessário que o professor ensine seu aluno a “refazer sua cabeça” constantemente. Esta constante reavaliação do que se saber é necessária, pois, como disse Bachelard (2005, p. 18), *“todo o conhecimento é resposta a uma pergunta, se não há pergunta, não há conhecimento científico”*.

Dessa forma, Bachelard apresenta como obstáculos epistemológicos a experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo verbal, o obstáculo animista e o conhecimento unitário e pragmático.

#### 3.3.4.1. A experiência primeira

Segundo Bachelard (2005, p. 25), *“a experiência primeira ou, para ser mais exato, a observação primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica”*. Isso é justificado pelo fato de este primeiro contato relacionar-se ao empirismo, o que levaria esta observação a um caráter conclusivo, pois, geralmente neste momento são feitas inferências imediatas, ligadas ao natural e ao concreto, que podem conduzir a conclusões apressadas que poderão tornar-se definitivas (Melo, 2005).

*É importante apresentar a observação como apenas um dos estágios do avanço científico. Além de ressaltar a ruptura entre a observação e a experimentação. Um exemplo deste tipo de obstáculo na história da ciência foi a*

*detecção dos raios X, inicialmente utilizados como atração pública, relegando sua compreensão teórica a segundo plano.*

Além do exemplo dos raios X, o obstáculo da experiência primeira muitas vezes é reforçado na escola. O professor de ciências, ao escolher experimentos muito marcantes, cheios de imagens e falsos centros de interesse acaba por reforçar este obstáculo. Para que isso não aconteça, é importante que o professor passe continuamente da mesa de experiências para o quadro-negro, para que consiga extrair o mais rápido possível o abstrato (teoria) do concreto (experimento) (Bachelard, 2005). Por isso, a permanente troca de significados, entre professores e estudantes e entre estudantes é fundamental. É por meio da interação, que o professor será capaz de avaliar se os estudantes estão captando o significado aceito cientificamente para um determinado tema.

#### 3.3.4.2. O conhecimento geral

Este obstáculo representa a generalização que se pode fazer a partir de uma observação. Isto gera um conhecimento vago sobre um determinado tema. As conclusões geradas por este conhecimento são imutáveis, além de desconsiderar o âmbito de validade deste conhecimento. Segundo Bachelard, este tipo de obstáculo é o maior responsável por retardar o conhecimento científico (Pesa e Greca, 2000).

O conhecimento geral ainda está presente em muitas escolas. É comum que alguns professores formulem leis científicas indutivamente a partir de um conjunto de situações particulares. O papel destas leis para os estudantes é o de bloquear o pensamento, pois responde os questionamentos dos estudantes com uma resposta imutável, o que acaba diminuindo a criatividade e a curiosidade do aluno (Pesa e Greca, 2000).

#### 3.3.4.3. O obstáculo verbal

O obstáculo verbal pode ser uma palavra ou uma imagem, mas o uso exagerado de ambas pode prejudicar o estabelecimento de uma visão abstrata. Segundo Bachelard:

*“O perigo do uso de metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um*

*pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem (Bachelard, 2005, p. 101)."*

O obstáculo verbal, assim como os comentados anteriormente, acaba por minimizar a capacidade de abstração do estudante. *Um exemplo comum de uma metáfora usada em aulas de Eletrodinâmica, em especial sobre o tema corrente elétrica, é comparar a corrente elétrica ao fluxo de água de uma torneira. Em um primeiro momento, esta comparação se mostra satisfatória, mas conforme o conteúdo avança este tipo de comparação não ajuda em nada a compreensão do conceito de corrente elétrica, pelo contrário, acaba por dificultar a compreensão do tema.*

#### 3.3.4.4. O obstáculo animista

O animismo incorpora um "princípio vital" a objetos ou a um fenômeno. Segundo Bachelard (2005), o animismo é resultado da grande importância dada aos reinos animal e vegetal em detrimento ao reino mineral. Isso pode ser constatado, principalmente, nos trabalhos desenvolvidos no século XVIII, nos quais era muito comum a constante comparação entre os três reinos, com o intuito de enaltecer as características dos reinos animal e vegetal no reino mineral. Esta tendência é justificada por Bachelard como uma forma de evitar o uso da abstração na explicação dos fenômenos naturais.

Como exemplo ao que foi apresentado acima, Bachelard propõe:

*"O autor da carta a Watson lamenta que se tenha atribuído, a partir de uma substância bem específica (Elétron = âmbar), 'o nome de Eletricidade a um fenômeno tão maravilhoso que deve ser visto como o princípio primordial da natureza. Talvez tivesse sido mais acertado chamá-lo de Vivacidade'... (Bachelard, 2005, p. 191)."*

*Este tipo de comparação ainda está muito presente, principalmente, nos primeiros contatos dos estudantes com o ensino de ciências. Na maioria das vezes, este argumento é utilizado justificando-se que ele seria um facilitador para a compreensão de temas tão abstratos. Mas no seguimento de seus estudos o estudante acaba por verificar que na verdade ele é um obstáculo. É neste momento que o professor deve estar atento para ajudar seus alunos a superar este obstáculo. Um exemplo deste tipo de obstáculo, presente no tema tratado neste trabalho, são*

*as denominações utilizadas para as partículas elementares (léptons, quarks, bósons, etc) e suas propriedades (cor, sabor, etc).*

#### 3.3.4.5. O conhecimento unitário e pragmático

O objeto ou fenômeno passa a ter um único significado, anulando-se qualquer possibilidade de dualidade, fazendo com que o pensamento resista ao dinamismo e à complexidade do mundo real (Melo, 2005).

*Este obstáculo surge do caráter definitivo que uma instrução, principalmente quando dada na escola, tem para um aprendiz. O que o aluno aprende na escola é interpretado como definitivo e imutável. Isso é muito comum, principalmente em Física, pois a maioria do conhecimento escolar se dá principalmente na Física Clássica, um ramo do conhecimento já consolidado. O aluno aprende na maior parte de sua vida escolar Física Clássica e quando se depara com a Física Moderna e Contemporânea apresenta dificuldades de compreensão como, por exemplo, a dualidade de comportamento do elétron. Essas dificuldades poderiam ser minimizadas se fosse apresentado ao aluno a esfera de validade dos temas referidos acima. E este tipo de visão sobre um tema é importante ser ressaltada durante a vida escolar de um estudante, para que, mesmo ao terminar seus estudos formais, ele continue aprendendo.*

Outro fator que reforça este obstáculo é o livro didático, na verdade a forma como o livro didático é tratado no ambiente escolar. O livro é considerado o detentor do conhecimento, logo capaz de dar todas as respostas. Espera-se que o aluno aprenda a reconhecer a esfera de validade dos conhecimentos que estão nos livros, e a possível transitoriedade do conhecimento (Bachelard, 2005).

#### 3.3.5. Bachelard e o ensino de ciências

Como dito anteriormente, Bachelard foi um grande entusiasta do ensino. Entretanto, acreditava que alguns comportamentos típicos dos professores não privilegiavam o aprendizado, por exemplo, ao destacar o ensino de conceitos, leis e princípios estar-se-ia superestimando o valor dos resultados finais em detrimento dos processos que levaram a esses. Como reação a isso, propunha o uso da História e Filosofia da Ciência como meio para apresentar o desenvolvimento científico, desmistificando a imagem definitiva que muitas vezes é atribuída à

Ciência (Melo, 2005). *Neste sentido, percebe-se uma convergência de pensamento de Bachelard, Ausubel, Novak e Vygotsky: o processo de aprendizagem é mais importante do que o seu resultado final.*

Bachelard também considerava imprescindível que o professor se apresentasse permanentemente vigilante no sentido de detectar e ultrapassar os obstáculos epistemológicos. Segundo Lopes (1996), estes obstáculos são inerentes ao próprio conhecimento científico; dessa forma, o professor que não faz uma análise do que ensina, acaba por reforçar os obstáculos que deveriam ser superados. *Esse comportamento é facilitado, muitas vezes, pela adoção do livro didático. Frequentemente, os professores acabam por reproduzir em suas aulas exatamente o que é apresentado pelo livro didático, sem nenhum questionamento o que, geralmente, reforça os obstáculos epistemológicos. Este tipo de comportamento é, na maioria das vezes, provocado pelo grande número de aulas a que o professor é submetido. Para que esta realidade mude, principalmente considerando-se as escolas públicas, é necessário, além da disposição dos professores para reverem a metodologia utilizada em suas aulas, que o poder público promova políticas educacionais que propiciem as mudanças tão urgentes na educação; com melhoria nas condições de trabalhos dos docentes e formação continuada.*

Com o intuito de minimizar este tipo de comportamento, Bachelard propõe que se estabeleça uma relação dialógica entre professor e aluno (Lopes, 1996). Esse tipo de abordagem favorece a discussão e promove a construção do conhecimento.

Lopes (1996) também salienta a importância que Bachelard atribuía ao questionamento do conhecimento comum, tanto por parte do aluno como do professor. Sobre isso Lopes cita:

*“Aprender ciências implica aprender conceitos que constroem, colocam em crise conceitos da experiência comum. O que significa, por sua vez, o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e conhecimento científico. Lembremo-nos da análise que Bachelard faz dos racionalismos setoriais e compreendemos que é necessário sublinhar a marca pluralista da cultura: campos de conhecimentos diversos têm racionalidades distintas, não unificáveis, não redutíveis uma a outra. Não é possível compreender à lógica das ciências com a racionalidade do conhecimento cotidiano, tal qual não é possível viver no cotidiano de*

*forma que cada uma de nossas ações reflita uma lógica científica (Lopes, 1996, p. 269)."*

O que o trecho acima destaca é o que já foi discutido anteriormente, ou seja, Bachelard apresenta como fundamental para a aprendizagem de uma ciência a ruptura com o conhecimento comum. É muito importante para o sucesso de uma instrução que o professor de ciências apresente a seus alunos a diferença entre conhecimento comum e conhecimento científico. E, além disso, que não apresente o conhecimento científico como continuidade do conhecimento comum. Assim, de acordo com a filosofia de Bachelard, uma ruptura com o conhecimento comum se faz necessária. E essa ruptura, que também pode ser interpretada como uma mudança conceitual é fundamental para que a aprendizagem se efetive (Melo, 2005).

A importância desta mudança conceitual é expressa por Bachelard:

*"Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entre na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (Bachelard, 2005, p. 23)."*

Contudo, este processo não é simples, pois como apresenta Melo (2005), exige do estudante uma nova racionalidade, que lhe é apresentada pelos livros didáticos. E a dificuldade em se aceitar esta nova racionalidade está na sua cultura impregnada de conhecimentos do senso comum e que apresentam uma grande significância para o seu cotidiano, dificultando assim o seu abandono.

Outro ponto importante ao considerar-se a filosofia de Bachelard é o papel do erro na construção do conhecimento. Como já foi dito anteriormente, para Bachelard, o erro faz parte do processo de construção do conhecimento. Sob este aspecto, esta colocação provoca a reflexão do educador. No sistema tradicional de ensino, que a maioria das escolas adota, o erro é considerado como o lado oposto do conhecimento. Ao repensar-se o ensino na perspectiva da filosofia de Bachelard, esta interpretação deve ser revista. De acordo com Bachelard, o professor deve apresentar o erro como parte do processo de aprendizagem; além de destacar que,

o aluno, ao ser capaz de identificar o erro e corrigi-lo também está aprendendo, pois é assim, segundo a filosofia de Bachelard, que se constrói o conhecimento, por meio da retificação dos erros (Lopes, 1996).

Outro ponto importante para um bom ensino apontado por Bachelard é a transmissão da ideia que a ciência não é estática. É importante apresentar ao aluno que a ciência está em constante estado de mobilização e seu conhecimento é aberto e dinâmico (Bachelard, 2005).

Neste trabalho utilizou-se a filosofia de Gaston Bachelard por acreditar-se na sua visão do que é Ciência e como se deve tratá-la em sala de aula com os estudantes. Além disso, as ideias de Bachelard vieram ao encontro do tema desenvolvido nesta dissertação, Física de Partículas. Ao apresentar o passado, o presente e começar a falar do futuro do tema, a filosofia de Bachelard mostrou-se adequada às necessidades da instrução.

## **CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA**

Apresenta-se, neste capítulo, o desenvolvimento metodológico deste trabalho fundamentado na pesquisa qualitativa. A escolha por este tipo de metodologia se deu devido às condições em que o trabalho foi desenvolvido: em uma escola regular de Ensino Médio, na qual a pesquisadora é professora. Para realizar esta pesquisa foram preservadas todas as peculiaridades de uma escola, dentre elas: seu currículo e calendário.

Dessa forma a análise qualitativa da pesquisa foi considerada a mais adequada para a investigação proposta. Isso se deu pelo seu caráter participativo, interpretativo e naturalista. O interesse deste tipo de pesquisa é compreender o significado que os sujeitos da investigação (alunos) atribuem a suas ações e ao conhecimento adquirido. Para que isto ocorra, é imprescindível a observação participativa do investigador (professor) que se insere no evento de interesse (a sala de aula) (Moreira, 2002).

Segundo Moreira (2002), ao se realizar uma investigação qualitativa, os dados gerados devem ser interpretados de acordo com a natureza da pesquisa. As hipóteses são geradas no desenrolar da pesquisa. A tarefa do pesquisador é buscar universais concretos, alcançados através do estudo profundo de casos particulares, e da comparação desses casos com outros estudados também com grande profundidade. É por meio de uma narrativa detalhada que o investigador busca credibilidade para seus modelos interpretativos.

Contudo, isso não desqualifica o uso de recursos quantitativos, que podem corroborar dados obtidos por meio de observações. Particularmente, no Ensino de Ciências, considera-se interessante a triangulação entre dados obtidos qualitativamente e quantitativamente, pois estes dados podem complementar os anteriores, dando maior clareza e significado as interpretações. Assim, este trabalho, além de dar especial importância aos dados qualitativos, utilizará a triangulação entre dados qualitativos e quantitativos para apresentar seus resultados.

A abordagem metodológica deste trabalho esta pautada na teoria da mediação de Vygotsky (2002a, 2002b) complementada pela teoria educacional da aprendizagem significativa de Ausubel e colaboradores (Moreira, 2006).



Conforme foi apresentado anteriormente, Vygotsky (2002b) argumenta que o indivíduo aprende por meio de sua interação com os demais sujeitos no contexto social, cultural e histórico em que está inserido. Também é importante destacar que os mecanismos que serão responsáveis pelo desenvolvimento cognitivo do indivíduo também são de origem e natureza sociais, e peculiares ao ser humano e que os processos mentais superiores tem sua origem nos processos sociais. Assim, percebe-se que seus trabalhos exploram especialmente a interação entre o indivíduo e o meio que o cerca.

A aprendizagem significativa, segundo Ausubel, ocorre quando uma nova informação recebida pelo indivíduo interage com informações preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel atribui como fatores essenciais para a aprendizagem a identificação dos conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do estudante, a proposta de materiais potencialmente significativos pelo professor e a pré-disposição do estudante para aprender. A linguagem também tem uma grande importância nessa teoria, pois ela é considerada um facilitador da aprendizagem (Pinheiro, Costa e Moreira, 2009).

Coerente com estes referenciais, o primeiro passo para a elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais foi identificar a estrutura conceitual da matéria de ensino que se propunha abordar, assim como os subsunçores necessários para a sua compreensão. Esta etapa do trabalho está descrita na seção 4.1.1.

A seguir, investigaram-se os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes por meio de um questionário, identificado como pré-teste, que foi elaborado pela autora e é descrito na seção 4.1.2.

Na seção 4.1.3, descreve-se a atividade considerada como *organizador prévio*; na seção 4.1.4, são apresentadas as características do texto de apoio construído sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Finalmente, na seção 4.1.5 apresenta-se o projeto das atividades propostas aos estudantes na unidade de aprendizagem, cuja aplicação é descrita no próximo capítulo.

#### 4.1. Elaboração de uma unidade de aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais.

Uma unidade de aprendizagem (UA) é uma metodologia de ensino que se propõe envolver o aluno de modo ativo e reflexivo na construção do conhecimento (Freschi e Ramos, 2009).

Na sua construção, o professor levará em conta teorias de ensino e aprendizagem nas quais acredita. No presente caso, as prerrogativas teóricas foram condizentes com as a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, tendo o professor como mediador do processo e priorizando os conhecimentos prévios dos estudantes como ponto de partida para a nova instrução; tendo como parâmetro a teoria sócio-interacionista de Vygostky, foram elaboradas diferentes atividades em pequenos grupos e desses com todo o grupo — este tipo de abordagem desloca os estudantes da posição de meros receptores, como comumente acontece em metodologias tradicionais de ensino, para a posição de agente construtores do seu conhecimento (Moreira, 2011).

Finalmente uma UA dá liberdade ao professor de propor uma abordagem interdisciplinar.

##### 4.1.1 Identificação da estrutura conceitual da Física de Partículas Elementares e Interações Fundamentais

A proposta desta unidade de aprendizagem é que os estudantes compreendam o Modelo Padrão das Partículas Elementares. Para isso, sugere-se que a estrutura conceitual relevante para a compreensão deste tema seja composta pelos conceitos de léptons e quarks, bem como bárions e mésons. A compreensão das partículas mediadoras/virtuais (fótons, glúons, partículas Z e W; grávitons) é necessária para as interações fundamentais (gravitacional, eletromagnética, forte e fraca). Também é importante compreender que este modelo tem suas limitações, como: o bóson de Higgs, a matéria escura, a energia escura e a antimatéria. E por apresentar estas limitações surgiram propostas de expansão para o Modelo Padrão, como o Modelo Padrão Supersimétrico ou Supersimetria e a Teoria das Cordas ou Supercordas.

Quanto aos subsunçores considerados necessários para a compreensão do Modelo Padrão, espera-se que eles sejam capazes de:

- que a ciência evolui por meio do trabalho de diversos cientistas, ou seja, que o progresso científico é fruto do esforço humano.
- que as teorias científicas são transitórias, e que para que possamos compreender seus objetivos é importante conhecer o contexto histórico em que uma determinada teoria foi elaborada.
- o que é uma partícula elementar, um átomo e saber diferenciá-los.
- as interações fundamentais e algumas propriedades fundamentais da matéria, como a carga elétrica e a massa.

#### 4.1.2 Pré-teste: sondagem com alunos do Ensino Médio sobre suas concepções a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais

Como já foi enfatizado anteriormente, a estrutura cognitiva do estudante é o fator mais importante a ser considerado ao se planejar uma instrução, pois, é na estrutura cognitiva que estão armazenados o conhecimento do estudante e suas propriedades organizacionais, para uma determinada área do conhecimento. Uma estrutura cognitiva clara, estável e organizada favorece a aprendizagem significativa; o oposto, ou seja, uma estrutura cognitiva instável, ambígua e desorganizada tende a favorecer a aprendizagem mecânica e inibir a aprendizagem significativa. Dessa forma, a identificação destes conhecimentos é fundamental para a elaboração da unidade de aprendizagem.

Para tentar identificar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais foi elaborado um pré-teste. Esse instrumento também investigou algumas ideias dos estudantes a respeito de suas concepções sobre Ciência e Epistemologia.

Inicialmente, o pré-teste foi elaborado com trinta e três questões; trinta e duas questões de múltipla escolha e uma discursiva. As questões de múltipla escolha apresentavam cinco respostas; uma resposta certa, uma não sei e três respostas erradas, mas que apresentavam uma resposta coerente com o conteúdo abordado.

A elaboração das questões presentes nesse teste foi baseada no levantamento feito na seção anterior que abordou quais seriam os subsunçores necessários para a compreensão do tema abordado na unidade de aprendizagem. As questões do teste podem ser caracterizadas como: questões gerais e específicas

sobre o conteúdo de Física abordado e questões acerca de concepções sobre História e Filosofia da Ciência.

O teste foi inicialmente analisado por dois especialistas em Ensino de Física e, a seguir, foi aplicado a um grupo de 160 estudantes que cursavam a segunda e terceira séries do Ensino Médio, em Porto Alegre, RS e em Tubarão, SC. Estes indivíduos foram os responsáveis pela validação do teste que foi posteriormente modificado.

As trinta e três questões presentes no pré-teste, na versão original, foram divididas nas três categorias descritas anteriormente. No Quadro 1, apresenta-se as questões e suas respectivas categorias.

Categorias	Número da questão
Questões Gerais	1, 2, 3, 4, 5, 8, 33
Questões Específicas	9, 11, 15, 16, 17, 18,19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32
Questões sobre concepções de Ciência e Epistemologia da Ciência.	6, 7,10, 11, 12, 13, 14

Quadro 1: Classificação geral das questões no pré-teste inicial.

Nas *questões gerais* o objetivo foi verificar o conhecimento dos alunos sobre temas mais gerais, provavelmente já abordados ao longo de sua instrução científica tais como: “o que é um átomo?”. Esperava-se que externalizassem conceitos básicos, provavelmente aprendidos em aulas de Ciências, no Ensino Fundamental, ou em aulas de Química ou mesmo de Física, no Ensino Médio. O Quadro 2 apresenta a primeira questão e o número de respostas obtidas em cada alternativa:

Questão1: O que é um átomo?	Número de respostas (N=160).
a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.	23
b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.	105
c) Uma partícula básica da matéria.	6
d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	26
e) Não sei.	0

Quadro 2: Primeira questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

O objetivo da questão 1 era conhecer o conceito mais geral dos estudantes sobre o átomo. Como resposta correta, foi apresentada a “letra d” e como resposta esperada, a “letra b”. Pressupunha-se que escolhessem essa última, pois a maioria dos livros didáticos e sumários de currículos de Ciências e Química apresentam o átomo (cujo sentido etimológico é “sem partes”) como uma partícula formada por próton, elétrons e nêutrons (Silva, 2005; Faria, Silva e Chinelli, 2005; Fini, 2008; Del Pino e Pizzato, 2009). Apesar de ser compatível com o nível de conhecimento exigido nestas disciplinas, acredita-se que esta não é a melhor forma para apresentar o átomo, pois ela é contraditória e pode reforçar obstáculos para a compreensão da composição atômica.

Como pode ser visto acima, ao responder esta questão, a maioria dos alunos escolheu como resposta a “letra b” (resposta esperada) acredita-se que esta escolha justifique-se porque é a que melhor representou seus conhecimentos sobre o tema. Também é importante considerar que nesta questão nenhum aluno respondeu “não sei”, o que leva-nos a concluir que estes alunos acreditam ter um conceito sobre o que é um átomo.

Questão 2: O que constitui os átomos?	Número de respostas (N=160).
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	154
b) Léptons e quarks.	0
c) Partículas alfa e beta.	1
d) Partículas positivas e negativas.	5
e) Não sei.	0

**Quadro 3: Segunda questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.**

Na questão 2, apresentada com suas alternativas e resultados de escolha no Quadro 3, o objetivo foi avaliar o conhecimento sobre quais são os constituintes dos átomos. Como resposta correta, sugere-se a “letra b”, e como resposta esperada a “letra a”. Estas duas alternativas não são mutuamente excludentes; pelo contrário, se complementam. Como já foi dito anteriormente, o trabalho desenvolvido foi orientado pela epistemologia de Gaston Bachelard, na qual um dos elementos principais para a evolução conceitual é o papel do erro. Trazendo esta interpretação para a questão 2, esperava-se que, inicialmente, a maioria dos alunos apresentasse como resposta a “letra a”, que não está totalmente errada, mas é o limite de

especificação que a maioria das aulas de Ciências e Química habilita para os alunos. Assim, partindo do pressuposto que o papel do erro para Bachelard é educativo, esperava-se que o conceito mais abrangente, agregando à constituição do átomo os quarks e léptons, viesse a ocorrer ao longo da instrução.

Assim como na questão 1, a questão 2 foi respondida pela maioria dos estudantes com a “letra a” (resposta esperada), aparentemente retratando o que melhor representa seus conhecimentos sobre estrutura da matéria. Esta questão também não apresentou respostas “não sei”, o que sugere que os alunos sabem que o átomo é constituído por algum tipo de partícula, ou seja, os estudantes não interpretam mais o átomo como o significado literal da palavra, indivisível.

Questão 3: O que são os prótons?	Número de respostas (N=159).
a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	35
b) Partículas elementares porque são indivisíveis.	17
c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.	100
d) Partículas constituídas por quarks.	5
e) Não sei.	2

(I)

Questão 4: O que são elétrons?	Número de respostas (N=159).
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	19
b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.	123
c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	11
d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.	4
e) Não sei.	2

(II)

Questão 5: O que são nêutrons?	Número de respostas (N=159).
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	2
b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.	123
c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.	26
d) Partículas constituídas por quarks.	0
e) Não sei.	8

(III)

Quadro 4: Questões 3(I), 4(II) e 5(III) do pré-teste e respectivos resultados obtidos com cada alternativa.

O objetivo das questões 3, 4 e 5 (Quadro 4) foi identificar o que os estudantes conheciam a respeito dos prótons, elétrons e nêutrons. No Quadro 5 apresenta-se as alternativas corretas e mais esperadas para cada uma destas questões.

Questão	Resposta correta	Resposta esperada
Questão 3	d	c
Questão 4	a	b
Questão 5	d	b

Quadro 5: Alternativas corretas e mais esperadas para as questões 3, 4, e 5 do pré-teste.

Nas questões 3, 4 e 5 a maioria os alunos relacionaram o conceito de partícula elementar à carga elétrica das partículas. Apenas cinco alunos relacionaram quarks aos prótons e nenhum relacionou quarks a nêutrons, o que evidencia que se os alunos têm conhecimento do que são os quarks, este é um conceito muito instável na sua estrutura cognitiva. As questões 3, 4 e 5 não foram respondidas por um aluno.

A questão 8, cujo enunciado está no Quadro 6, tinha como objetivo conhecer qual modelo atômico os estudantes reconheciam para explicar a estrutura da matéria. Como resposta correta apresenta-se a “letra d” e como resposta esperada, a “letra c” ou eventualmente a “letra a”. O modelo de Bohr (letra c) foi considerado como resposta esperada porque, como foi dito anteriormente, na maioria dos currículos escolares (Silva, 2005; Faria, Silva e Chinelli, 2005; Fini, 2008; Del Pino e Pizzato, 2009), os modelos atômicos são apresentados ao estudante na disciplina de Química, para a qual o modelo de Bohr é suficiente para satisfazer seus objetivos. Quanto à escolha da “letra a”, a lembrança pode vir do Ensino Fundamental e mesmo do Ensino Médio, por ser o modelo mais popularizado (confirmado no Quadro 6).

Questão 8: Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?	Número de respostas (N=156).
a) Rutherford.	62
b) Thomson.	58
c) Bohr.	7
d) Quântico.	18
e) Não sei.	11

Quadro 6: Oitava questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

Analisando o Quadro 6, imagina-se que existam duas prováveis explicações para esta resposta. A primeira é que a instrução que receberam se restringiu aos modelos de Thomson e Rutherford. E a segunda possibilidade é que estes alunos podem ter conhecido o modelo de Bohr, mas o esqueceram. Esta questão não foi respondida por quatro alunos.

Na categoria *questões específicas*, o objetivo foi verificar o conhecimento sobre partículas elementares, interações fundamentais, Modelo Padrão, bóson de Higgs, ou seja, temas mais específicos que exigiriam, na maioria dos casos, conhecimentos adquiridos fora do ambiente escolar. Estas questões serão discutidas a seguir.

O objetivo da questão 9 (Quadro 7) era saber se o estudante teria o conceito de partícula elementar como sinônimo de átomo. Para esta questão a resposta correta era a “letra c” e a resposta mais esperada a “letra a”. O resultado surpreendeu positivamente: pode-se constatar que a maioria dos alunos apresentou compreensão sobre o conceito de partícula elementar. Esta questão não foi respondida por dois alunos.

Questão 9: O que é uma partícula elementar?	Número de respostas (N=158).
a) O mesmo que um átomo.	17
b) Um conjunto de prótons.	6
c) A menor porção de matéria conhecida.	102
d) Um conjunto de elétrons.	21
e) Não sei.	12

Quadro 7: Nona questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

As questões 15 e 18 (Quadro 8) tratavam de um tema mais atual, que provavelmente não havia sido discutido em sala de aula, por isso, esperava-se que poucos alunos apresentassem a resposta correta (letra “a”). Para a questão 15, quanto à provável escolha dos alunos, imaginou-se algo relacionado com as partículas elementares, como a letra “c” ou o “não sei” da “letra e”, mas o resultado surpreendeu, novamente. Imaginou-se que, provavelmente, este termo pudesse ter sido conhecido por meio de textos de divulgação científica, como a revista *Superinteressante* ou *Galileu*, por exemplo, ou através da *Internet*.



Questão 15: O que é um quark?	Número de respostas (N=160).
a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	71
b) Um átomo ionizado.	39
c) Uma característica das partículas elementares.	11
d) Um conjunto de prótons.	14
e) Não sei.	25

(I)

Questão 18: O que é um lépton?	Número de respostas (N=160).
a) Um átomo ionizado.	32
b) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	14
c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.	13
d) Um conjunto de elétrons.	22
e) Não sei.	79

(II)

**Quadro 8: Questões 15(I) e 18(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.**

Este tipo de questão foi considerado importante, pois não apontaria apenas o conhecimento específico dos alunos sobre a estrutura da matéria, mas poderia mostrar as fontes de conhecimento dos alunos, por exemplo, materiais divulgados pela mídia.

A mesma reação foi contemplada na questão 18; tendo como resposta correta a “letra b” e a resposta esperada a letra “c” ou “e”, o resultado mostrou que, mesmo reconhecendo os quarks, os estudantes não conseguiram identificar léptons com a mesma convicção.

Questão 16: Quantos quarks existem?	Número de respostas (N=160).
a) 1	13
b) 4	27
c) 6	40
d) 8	8
e) Não sei.	72

(I)

Questão 19: Quantos léptons existem?	Número de respostas (N=160).
a) 1	11
b) 4	8
c) 6	30
d) 8	22
e) Não sei.	89

(II)

**Quadro 9: Questões 16(I) e 19(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.**

Quanto às questões 16 e 19 (Quadro 9), esperava-se que os alunos que conseguiram responder corretamente às questões 15 e 18, fossem também capazes de respondê-las. O objetivo de sua elaboração foi saber se os estudantes reconheciam que não existe apenas uma partícula elementar, mas sim um grupo delas. E, além disso, esta questão também foi formulada com o intuito de verificar se os estudantes conheciam um princípio muito importante na elaboração de teorias física: a simetria. Esperava-se detectar se os alunos que já conheciam as novas teorias haviam reconhecido a simetria existente entre as partículas elementares, e sua importância na elaboração desta teoria.

Como este questionamento é muito específico, esperava-se um baixo índice de acertos, como ocorreu. Nas duas questões, a maioria dos alunos, admitiu não saber qual era o número destas partículas (resposta esperada, “letra e”) na natureza, além de não reconhecer a relação de simetria existente entre elas. Discutir as relações de simetria presentes nas teorias físicas não é muito comum na escola, o que justificaria o baixo nível de acertos nestas questões. Ambas apresentaram como resposta certa a “letra c” e como resposta esperada a “letra e”.

Com a questão 17 (Quadro 10), o objetivo foi identificar, nos alunos que já conheciam a teoria, o quanto eles sabiam sobre ela. Como resposta correta apresenta-se a “letra d” e como resposta esperada, a “letra a”.

Questão 17: O que significa dizer que o quark tem cor?	Número de respostas (N=159).
a) Que eles variam a sua coloração em função da luz que incide sobre eles.	40
b) A cor é uma propriedade que define a massa dos quarks.	13
c) Esta é a propriedade que define a carga elétrica dos quarks.	41
d) É uma propriedade dos quarks, assim como a carga elétrica.	15
e) Não sei.	50

Quadro 10: Décima sétima questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

Por tratar-se de um tema muito específico, esperava-se um baixo índice de acertos; em especial, pela ambiguidade que o termo cor poderia representar para os estudantes, que conhecem a definição de cor apresentada na Óptica e não

conhecem o seu significado para a Física de Partículas. Um aluno não respondeu a questão 17.

A questão 20 (Quadro 11) tinha o objetivo de detectar se os estudantes reconheciam o Modelo Padrão e, ao mesmo tempo, se o modelo atômico de Bohr foi superado. Também permitia constatar algumas concepções epistemológicas sobre a elaboração de teorias científicas. A resposta certa era a “letra d” e a resposta esperada a “letra a” ou a “letra e”. Sobre a escolha da “letra a” como resposta esperada, justifica-se pelo início da frase na qual se lê: “*a teoria mais simples*”, pois a maioria dos professores, ao ensinar Ciências, comete um erro que pode comprometer todo o aprendizado científico do estudante; a tentativa de apresentar o conhecimento científico como uma extensão do conhecimento comum. Como foi dito anteriormente, Bachelard propõe que para aprender Ciência é necessário romper com o conhecimento comum, e é papel do professor apresentar esta ruptura ao aluno.

Questão 20: O que é o Modelo Padrão?	Número de respostas (N=158).
a) A teoria mais simples para explicar a natureza das partículas elementares.	15
b) Uma teoria sobre as partículas elementares baseada na Física Clássica.	42
c) Uma teoria baseada na intuição dos cientistas sobre o comportamento das partículas elementares.	45
d) Uma teoria que representa o conhecimento atual sobre a natureza da matéria.	15
e) Não sei.	41

Quadro 11: Vigésima questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

Como é possível constatar, por meio das respostas apresentadas pelos estudantes, não há grande diferença entre os números apresentados. As letras “b”, “c” e “e” apresentaram em torno de quarenta alunos por resposta e as letras “a” e “d”, quinze alunos por resposta. É difícil falar em maioria, pois a diferença entre as respostas correspondentes as letras “b”, “c” e “e” são muito pequenas. Assim, pode-se inferir que este grupo de alunos não tem uma noção exata sobre o que é o Modelo Padrão. O termo “padrão”, palavra conhecida, pode ter contribuído para esta profusão de escolhas. Dois alunos não responderam a esta questão.

O objetivo da questão 21 (Quadro 12) foi identificar se os estudantes que conheciam o Modelo Padrão eram capazes de identificar seus componentes. A resposta correta é a “letra b”, e a resposta esperada era a “letra a”.

Questão 21: Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão?	Número de respostas (N=158).
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	93
b) Léptons e quarks.	35
c) Apenas o elétron.	8
d) Apenas o fóton.	2
e) Não sei.	20

Quadro 12: Vigésima primeira questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

Ainda que, como a maioria dos alunos demonstrou desconhecer o Modelo Padrão, como apresentado na questão anterior, quando tiveram que relacioná-lo com as partículas elementares, o fizeram com prótons, elétrons e nêutrons. O que já era esperado, pela instrução que a maioria recebe na escola. Dois alunos não responderam a esta questão.

A questão 22 (Quadro 13) tinha como objetivo identificar se os estudantes conheciam as forças fundamentais da natureza. A resposta correta era a “letra b” e a resposta esperada a “letra d”. Na “letra d”, estão relacionadas as forças mais conhecidas pelos estudantes. A força eletromagnética, força de atrito e gravitacional são as forças mais conhecidas pelos estudantes de Ensino Médio, que em sua maioria estudam apenas a Física Clássica. E resposta esperada se confirmou, a maioria dos estudantes deste grupo apresentou como as forças fundamentais da natureza as quatro forças mais trabalhadas no Ensino Médio.

Questão 22: Quais as forças fundamentais existentes na natureza?	Número de respostas (N=158).
a) Força de atrito, força peso, força atômica e força molecular.	58
b) Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.	5
c) Força centrípeta, força centrífuga, força elétrica e magnética, força gravitacional.	29
d) Força eletromagnética, força de atrito, força gravitacional e força nuclear.	63
e) Não sei.	5

Quadro 13: Vigésima segunda questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

As questões 23 e 24 (Quadro 14) tinham como objetivo saber se os estudantes sabiam o que era uma partícula virtual e qual o seu papel na estrutura da matéria. E assim como as demais questões integrantes deste grupo, exigiam um conhecimento maior sobre o tema abordado. Para a questão 23, a resposta correta era a “letra a” e a resposta esperada a “letra b”. Na questão 24 a resposta correta era a “letra c” e a resposta esperada a “letra b”.

Questão 23: O que são partículas virtuais?	Número de respostas (N=156).
a) São as partículas mediadoras das interações dos campos de forças.	69
b) Partículas responsáveis pela carga elétrica dos prótons.	6
c) Partículas responsáveis pela massa dos elétrons.	6
d) Partículas responsáveis pela cor dos quarks.	9
e) Não sei.	66

(I)

Questão 24: Quais seriam as partículas mediadoras das interações fundamentais da natureza?	Número de respostas (N=160).
a) Partículas alfa e beta.	49
b) Prótons, elétrons e nêutrons.	16
c) Glúons, fótons, partículas Z e W e o gráviton <sup>2</sup> .	9
d) Partículas positivas e negativas.	46
e) Não sei.	40

(II)

**Quadro 14: Questões 23(I) e 24(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.**

Ao analisar a resposta dada para a questão 23, inicialmente podemos dizer que os alunos deste grupo, conhecem o conceito de partícula virtual. No entanto, quando solicitados a relacionarem quais são estas partículas (questão 24), não conseguem. Isso nos fornece uma interpretação ambígua sobre este conceito, o aluno compreende o que é uma partícula virtual, mas não sabe quem são estas partículas. Uma probabilidade para esta resposta é a leitura, sem atenção de textos de divulgação científica. O aluno leu sobre partículas virtuais identificou sua relação com campo de força, mas não aprofundou este conceito. A questão 23 não foi respondida por quatro alunos.

<sup>2</sup> O gráviton ainda não foi detectado como partícula mediadora.

A questão 25 (Quadro 15) pretendia saber se os estudantes conheciam que tipo de interação ocorre no núcleo atômico. Para esta questão a resposta correta era a “letra a” e a resposta esperada e “letra b”. Das quatro interações apresentadas, o mais comum é que os alunos conheçam apenas as duas relativas à Física Clássica: a interação eletromagnética e a gravitacional. Além disso, o modelo atômico utilizado na maioria das aulas de Química só apresenta a interação eletromagnética na sua descrição. Assim, a resposta esperada foi a escolhida pelos estudantes para representar seu conhecimento sobre o tema.

Questão 25: Que tipo de interação predomina no núcleo atômico?	Número de respostas (N=160).
a) Interação nuclear forte.	17
b) Interação eletromagnética.	74
c) Interação gravitacional.	32
d) Interação nuclear fraca.	5
e) Não sei.	32

Quadro 15: Vigésima quinta questão do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.

Esta questão também apresenta um novo significado para a palavra *interação*. As maiorias dos professores não usam este termo, e sim o termo força, para designar as interações. A preferência pelo termo força é justificada provavelmente porque ela é mais utilizada no cotidiano, e assim o aluno poderá apresentar uma compreensão maior sobre o tema. Mas se investíssemos desde cedo na palavra interação, talvez pudéssemos superar obstáculos conceituais como os encontrados quando se fala em interação com partículas elementares.

A partir da questão 26 até a questão 32 (Quadro 16), os temas tratados são muito específicos, logo se esperava um baixo índice de acertos. Pela complexidade dos temas, e por exigir dos estudantes muito mais que uma simples leitura de um periódico científico de qualidade, por esse motivo considerou-se para estas questões como resposta esperada a “letra e” que corresponde à alternativa “não sei”. Para estas questões, o Quadro 17 apresenta quais eram as respostas corretas.

Questão 26: O que seria o gráviton?	Número de respostas (N=160).
a) Uma partícula elementar assim como o próton.	2
b) Uma das partículas que compõem o nêutron.	2
c) A partícula responsável pela carga elétrica dos	17

átomos.	
d) A partícula mediadora da interação gravitacional.	98
e) Não sei.	41

(I)

Questão 27: O que é o bóson de Higgs?	Número de respostas (N=159).
a) É uma partícula que interage fortemente com a matéria.	10
b) É uma das partículas que formam os átomos.	12
c) Especula-se que esta é a partícula responsável pela massa das demais partículas elementares.	32
d) É uma partícula que forma os prótons.	2
e) Não sei.	103

(II)

Questão 28: O que são mésons?	Número de respostas (N=158).
a) Partículas responsáveis pelas interações entre prótons e elétrons.	6
b) Partículas mediadoras da interação forte residual.	23
c) Uma das partículas que compõem o nêutron.	9
d) Partículas com carga elétrica equivalente à metade de carga elétrica de elétrons e prótons.	25
e) Não sei.	95

(III)

Questão 29: O que são antipartículas?	Número de respostas (N=159).
a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da Natureza.	2
b) Partículas com todas as características contrárias a de sua correspondente na matéria.	58
c) Partículas iguais a suas correspondentes na matéria, mas com carga elétrica oposta.	62
d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.	12
e) Não sei.	25

(IV)

Questão 30: O que é a matéria escura?	Número de respostas (N=160).
a) É a matéria responsável pela formação dos buracos negros.	47
b) É a matéria que forma uma pequena parte do Universo.	6
c) Ainda não sabemos o que é a matéria escura, mas sua existência foi concluída através da análise de efeitos gravitacionais.	39
d) É a matéria responsável pela formação de todas as galáxias.	13

e) Não sei.	55
-------------	----

(V)

Questão 31: O que é o Modelo Padrão Supersimétrico?	Número de respostas (N=160).
a) Uma expansão do Modelo Padrão das partículas elementares.	31
b) Uma nova teoria que pretende explicar do que a matéria é feita.	7
c) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.	12
d) Uma nova teoria, baseada na Física Clássica, que pretende explicar do que a matéria é feita.	32
e) Não sei.	78

(VI)

Questão 32: O que são as supercordas?	Número de respostas (N=160).
a) Teoria que explica como o Universo funciona, através dos princípios da Física Clássica.	15
b) Teoria que pretende unificar as interações fundamentais na Natureza.	31
c) Uma teoria que explica o surgimento do Universo.	5
d) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.	33
e) Não sei.	76

(VII)

**Quadro 16: Questões 26(I), 27(II), 28(III), 29(IV), 30(V), 31(VI e 32(VII) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.**

Questão	Resposta Correta
Questão 26	d
Questão 27	c
Questão 28	b
Questão 29	c
Questão 30	c
Questão 31	a
Questão 32	b

**Quadro 17: Alternativas corretas para as questões 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32 do pré-teste.**

A questão 26 apresentou um bom nível de acertos, mas é difícil dizer como isso ocorreu, pois nas demais perguntas do teste os conhecimentos expressados pelos estudantes não eram tão sólidos como o apresentado nesta questão. Uma



provável justificativa é que os estudantes relacionaram a palavra gráviton à interação gravitacional e por isso marcaram esta resposta.

As questões 27, 28, 30, 31 e 32, os alunos participantes deste estudo apresentaram como resposta o que se esperava, a “letra e”, que correspondia a resposta “não sei”. Mas como foi dito anteriormente eram temas mais específicos e de maior complexidade, e esperava-se que os estudantes apresentassem maior dificuldade e até mesmo desconhecimento. Já a questão 29 destoou das demais de seu grupo. Nesta questão a maioria dos alunos (sessenta e quatro alunos) respondeu-a corretamente. Um segundo grupo, composto por cinquenta e oito alunos apresentou a resposta esperada. Estas respostas, provavelmente, surgiram da interpretação do termo antipartículas. Mesmo que os estudantes não soubessem exatamente o que são antipartículas, interpretaram que o prefixo *anti* corresponde a alguma coisa contrária, então escolheram como resposta alternativas que apresentavam este tipo de definição. Um aluno não respondeu às questões 27 e 29, e um aluno não responderam à questão 28.

As questões que fizeram parte do grupo descrito acima foram consideradas importantes, mesmo que a maioria dos alunos apresentasse dificuldades em respondê-las, pois se tratava de temas muito específicos, que exigiram uma compreensão do tema muito maior do que a maioria dos estudantes poderia adquirir sozinho. O que justificaria um baixo índice de acertos para estas questões. Mas como o estudo não prioriza apenas métodos de análise de dados quantitativos considerou-se importante mantê-las no teste que foi aplicado no desenvolvimento do estudo.

E, por fim, a última categoria aborda concepções sobre Ciência e Epistemologia. O objetivo desta categoria foi identificar as concepções científicas dos alunos, além de tentar compreender como eles elaboram a interpretam conceitos importantes para a sua alfabetização científica. Desta categoria fizeram parte as seguintes questões:

Questão 6: O que é um modelo atômico?	Número de respostas (N=159).
a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.	101
b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.	28

c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.	19
d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.	3
e) Não sei.	8

(I)

Questão 7: Como um modelo atômico é construído?	Número de respostas (N=159).
a) Por meio da imaginação dos cientistas.	2
b) Por meio de observações da natureza.	5
c) Por meio de observações experimentais.	43
d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.	98
e) Não sei.	11

(II)

**Quadro 18: Questões 6(I) e 7(II) do pré-teste e resultados obtidos em cada alternativa.**

As questões 6 e 7 (Quadro 18) tinham como objetivo identificar a concepção dos estudantes sobre o que é um modelo científico, no caso especificamente um modelo atômico, e como esses modelos são construídos. A partir das respostas a estas questões procurou-se delinear, o perfil do estudante de Ensino Médio com relação a seus conhecimentos sobre a construção da Ciência. Esta breve e superficial análise delimitou com que profundidade as ideias de Bachelar deveriam ser trabalhadas com os estudantes. Na questão 6 a resposta correta era a “letra a”, e a resposta esperada a “letra b”. E na questão 7 apresentava como resposta correta a “letra d” e como resposta esperada e “letra b”.

Pelas respostas escolhidas para as questões 6 e 7 pela maioria dos estudantes, podemos inferir que compreendem que a ciência é uma construção humana. E admitem que a elaboração de uma teoria está baseada em dados experimentais e teorias que se ajustam. Estas respostas indicam que os estudantes que participaram desta etapa da pesquisa, aparentemente, abandonaram concepções empiristas da Ciência.

As questões 10 à 14 (Quadro 19), poderiam estar relacionadas no grupo das questões específicas, mas também podem ser relacionadas no grupo referente à compreensão dos estudantes sobre História e Filosofia da Ciência, pois, mais que identificar sobre o que os alunos compreenderam sobre os temas abordados, estas questões também têm o objetivo de detectar como o aluno compreende a

construção da ciência, por exemplo, com a questão 10; ao respondê-la, o aluno aponta indícios de como concebe o desenvolvimento científico e suas concepções epistemológicas. Já nas questões 12 e 14, além de identificar os conhecimentos sobre os experimentos de Thomson e Rutherford, ela também procurava chamar a atenção do estudante para o papel do experimento na construção de uma teoria científica. No Quadro 20 estão expressas as respostas corretas e as esperadas para as questões de número 10 até 14.

Questão 10: Como são detectadas as partículas elementares?	Número de respostas (N=160).
a) Usando um microscópio.	48
b) Por meio de sua observação direta na natureza.	2
c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.	84
d) Com o uso de telescópios espaciais.	17
e) Não sei.	9

(I)

Questão 11: Das descrições abaixo, qual é a melhor para o experimento de Thomson?	Número de respostas (N=160).
a) Partículas alfa, emitidas por um elemento radioativo, bombardeando uma fina lâmina de ouro.	10
b) Análise de chapas fotográficas expostas, em grandes altitudes, aos raios cósmicos.	16
c) Análise de rastros de partículas deixadas em câmaras de bolhas.	27
d) Raios catódicos acelerados devido a uma diferença de potencial aplicada na extremidade de um tubo de Crooks, e orientados para colidirem com um anteparo preparado para registrar os eventos.	34
e) Não sei.	73

(II)

Questão 12: Por que o experimento de Thomson foi importante para o estudo dos átomos?	Número de respostas (N=160).
a) Porque por meio deste experimento constatou-se a existência de partículas carregadas eletricamente, denominada elétrons.	43
b) Porque por meio deste experimento deduziu-se a existência do núcleo atômico.	24
c) Porque por meio deste experimento pode-se comprovar a existência dos átomos.	44
d) Porque por meio deste experimento foi possível detectar a radiação gama presente nos átomos.	5
e) Não sei.	44

(III)

Questão 13: Das descrições abaixo, qual é a melhor para o experimento de Rutherford?	Número de respostas (N=159).
a) Partículas alfa, emitidas por um elemento radioativo, bombardeando uma fina lâmina de ouro.	46
b) Elétrons acelerados através de um tubo de Crooks, e orientados para colidirem com anteparos preparados para registrar os eventos.	26
c) Análise de rastros de partículas deixadas em câmaras de bolhas.	8
d) Análise de chapas fotográficas expostas, em grandes altitudes, aos raios cósmicos.	12
e) Não sei.	67

(IV)

Questão 14: Por que o experimento de Rutherford foi importante para o estudo dos átomos?	Número de respostas (N=159).
a) Porque por meio deste experimento constatou-se a existência de partículas carregadas eletricamente, denominadas elétrons.	13
b) Porque por meio deste experimento foi possível detectar a radiação gama presente nos átomos.	14
c) Porque por meio deste experimento deduziu-se a existência do núcleo atômico.	32
d) Porque por meio deste experimento pode-se comprovar a existência dos átomos.	27
e) Não sei.	73

(V)

**Quadro 19: Questões 10(I), 11(II), 12(III), 13 (IV) e 14 (V) do pré-teste e respectivos resultados obtidos com cada alternativa.**

Questão	Resposta correta	Resposta esperada
Questão 10	c	b
Questão 11	d	a
Questão 12	a	c
Questão 13	a	b
Questão 14	c	d

**Quadro 20: Alternativas corretas e mais esperadas para as questões 10, 11, 12, 13 e 14 do pré-teste.**

Na questão 10, a maioria dos alunos apresentou compreensão sobre como são detectadas as partículas elementares. E como dito anteriormente, pode-se inferir sobre suas concepções sobre Ciência, pois das quatro respostas, três referiam-se a observações diretas da natureza. Escolhendo estas respostas poderíamos tentar detectar uma visão empirista, que a maioria dos estudantes tem, pois ainda é muito

disseminada nas escolas. Justamente o presente trabalho está direcionado para reverter este pensamento além daquele que a ciência é feita a partir de *insights* de gênios.

A maioria do grupo analisado, oitenta e quatro alunos, escolheu como resposta a “letra c”, que relacionava a detecção das partículas elementares a observações indiretas feitas por meio de experimentos. O que pode indicar um amadurecimento na sua visão de Ciência, pois não precisam mais “ver para crer”. Compreendem que a Ciência pode ser construída por meio de experimentos, dos quais serão coletados dados e estes dados quando analisados fornecerão respostas para nossos questionamentos. Contudo, ao somar-se o número de estudantes que escolheu uma das três respostas que se referiam a observações diretas da natureza encontrou-se um valor alto, foram 67 estudantes. Assim, pode-se inferir que mesmo que a maioria dos estudantes tenha superado o empirismo ele ainda está presente nas concepções de grande parte dos alunos.

A análise das questões 11 à 14 pode indicar que os alunos não conhecem o tema ou o esqueceram, pois a maioria escolheu como resposta a “letra e” (não sei). Mas isto já era esperado, pois na questão 8 já haviam demonstrado suas dificuldades em relação aos modelos atômicos, e como estas questões estão diretamente ligadas, era uma resposta esperada. As questões 13 e 14 não foram respondidas por um aluno.

A questão 33 foi uma questão aberta, pois o estudante poderia escrever ou desenhar sua concepção sobre a estrutura da matéria. Apesar de ter sido classificada como de conhecimento geral, optou-se por apresentá-la separadamente no final justamente por ser uma questão que poderia apresentar várias respostas diferenciadas. O objetivo foi identificar as concepções sobre a constituição da matéria que os estudantes não conseguiram expressar na primeira parte do teste. Por este motivo a proposta foi escrever ou desenhar, pois se imaginou que dessa forma os estudantes teriam mais liberdade para expressar suas opiniões. A questão 33 está transcrita abaixo:

*Questão 33: Descreva, livremente com suas próprias palavras, como você acha que é constituída a matéria. Use desenhos se achar melhor. Por favor, não deixe de responder a esta pergunta.*

Mesmo com o apelo feito na questão, muitos estudantes não a responderam. E das respostas apresentadas, a maioria respondeu que a matéria é formada por átomos, que são constituídos por prótons, elétrons e nêutrons. Algumas destas respostas estão transcritas abaixo:

Resposta 1: *“O átomo é a base da matéria”.*

Resposta 2: *“É constituído de átomos e esses átomos são constituídos de prótons, elétrons e nêutrons”.*

Resposta 3: *“A matéria é constituída por átomos. Os átomos se diferenciam por seus números em quantidade de prótons e elétrons. Essa mudança ou diferença, faz com que eles tenham características diferentes em diversas formas e situações em que se encontram, quando se unem, formam variedades de elementos, devido a sua carga elétrica que se dá pela quantidade de elétrons presentes”.*

Resposta 4: *“A matéria é constituída de prótons, elétrons e nêutrons entre outros elementos que estão presentes em um átomo. Um conjunto de átomos formam a matéria”.*

Estas respostas corroboraram o que havia sido constatado na primeira parte do teste, que a matéria é formada por átomos e estes são constituídos por prótons, elétrons e nêutrons.

Com as respostas dadas a esta questão também foi possível detectar a concepção de partícula elementar dos estudantes. Muitos apresentaram átomo, prótons, elétrons e nêutrons como partículas elementares. Algumas destas respostas estão transcritas abaixo:

Resposta 1: *“É constituída por átomos, por prótons, elétrons, em geral partículas elementares”.*

Resposta 2: *“A matéria é constituída de partículas elementares, que são: prótons, elétrons e nêutrons”.*

Mesmo com o equívoco de considerar prótons, elétrons e nêutrons como partículas elementares, é importante ressaltar que os estudantes que apresentaram estas respostas conseguiram compreender o conceito de que a matéria é formada

por partículas elementares. Assim, transcrevem-se abaixo algumas respostas de estudantes que apresentaram a compreensão de que a matéria é formada por partículas elementares, mas não sabem quais são estas partículas:

Resposta 1: *“Eu acho que a matéria é constituída por pequenas partículas que juntas formam os átomos e dos átomos se forma a matéria”.*

Resposta 2: *“A matéria é constituída por átomos que por sua vez são constituídos por elétrons (negativos e positivos), que por sua vez são constituídos de outra coisa e outra coisa, e outra coisa...coisas essas que eu não sei o nome. Acredito que por menor que seja a matéria observada ela será formada por milhões de partículas, algumas até desconhecidas”.*

Resposta 3: *“A matéria é constituída de partículas sub-atômicas que interagem entre si sendo essas partículas um monte de energia concentrada”.*

Resposta 4: *“Nem os cientistas sabem explicar muito bem como a matéria é constituída, eles ainda não conseguiram desmembrar seu núcleo ao ponto de chegar ao extremo do divisível”.*

Mesmo sem saber quais são as partículas elementares, considerou-se muito importante o reconhecimento por parte dos alunos de sua existência. E mais, por meio destas respostas podemos inferir que este grupo de estudantes foi capaz de diferenciar o conceito de átomo do conceito de partícula elementar.

Quanto à resposta 2, é provável que o estudante estivessem querendo dizer que o átomo é formado por partículas, mas como não soube denominar estas partículas, usou o termo elétrons.

A resposta 3 demonstra que o estudante possivelmente já teve contato com temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC), pois relaciona matéria com energia. E a resposta de número 4, mesmo não apresentando conceitos específicos do tema abordado, apresentou uma boa compreensão do pensamento científico moderno. Isso pode ser identificado quando o estudante relata que mesmo os cientistas ainda não têm uma explicação para a constituição da matéria. Também se identifica o reconhecimento de se chegar ao extremo do divisível para aumentar a compreensão da Ciência sobre a estrutura da matéria.

Nesta mesma categoria de respostas, um estudante conseguiu identificar algumas partículas elementares. A resposta está transcrita abaixo:

Resposta 1: *“A matéria em geral constitui-se de átomos que possuem prótons, nêutrons, elétrons, fótons (de luz), quarks, quark top, muons, charms, taus, taus neutrinos é matéria os quais não recordo-me a nomenclatura. Todas suas características particulares são definidas por estas partículas, à exceção dos 6 últimos, já extintos”.*

Mesmo que incompleta, o estudante apresenta algumas partículas elementares. É provável que ele já tenha entrado em contato com temas de FMC, mas ainda não os conhece o suficiente. Isso pode ser percebido também nas respostas transcritas abaixo. Algumas apresentaram a relação entre massa e energia, demonstrando um possível contato com temas de FMC.

Resposta 1: *“Matéria é energia”.*

Resposta 2: *“A matéria, por si mesma, é simples. Entretanto, quando começamos a pensar melhor, não sabemos nada. A matéria é concentração de energia, porém, sempre me pergunto, o que é energia! Nunca obtive uma resposta satisfatória”.*

Este grupo de resposta apresenta o reconhecimento da matéria a partir dos sentidos humanos. Estas respostas estão transcritas abaixo:

Resposta 1: *“A matéria é tudo o que podemos pegar, tudo que é concreto”.*

Resposta 2: *“A matéria pode ser classificada de dois modos. A matéria dos átomos e a matéria algo concreto que podemos tocar”.*

Resposta 3: *“A matéria é tudo que ocupa lugar no espaço. Constituída por prótons, elétrons e nêutrons”.*

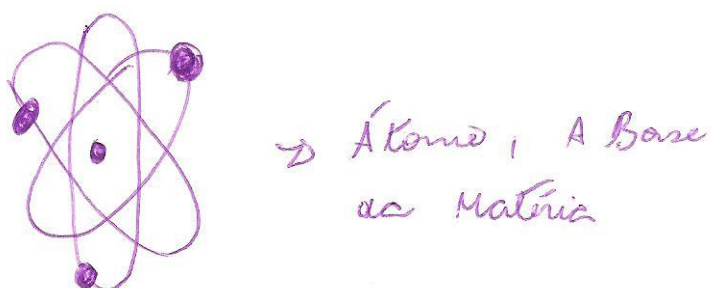
Resposta 4: *“Matéria é tudo que ocupa espaço, sendo constituída de massa e carga elétrica”.*



No entanto, a descrição da matéria a partir dos sentidos é muito decepcionante, pois se esperava uma compreensão mais atual da matéria por parte de estudantes do século XXI que tem acesso a muitos meios de comunicação.

Quanto as resposta apresentadas na forma de desenho, foi possível constatar que a representação do átomo com as tradicionais “bolinhas” ainda está muito presente nas instruções sobre a estrutura da matéria. Alguns destes desenhos estão apresentados a seguir:

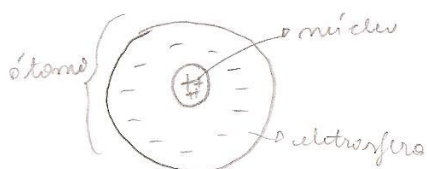
Resposta 1:



Ao interpretar a resposta acima, é possível perceber que o aluno conseguiu expressar que o átomo é formado pelo núcleo e pela eletrosfera. Mesmo não representando o átomo como uma “bolinha” ela ainda está presente no momento de representar elétrons e o núcleo.

Resposta 2:

é constituído por átomos, e nuns átomos não encontramos os prótons, elétrons e neutrões.



Nesta representação, o átomo, um círculo, é composto por elétrons, representados pelos sinais negativos; e por um círculo menor, que representa o seu núcleo. Na descrição feita acima, observa-se que o aluno apresenta o átomo sendo formado por prótons, elétrons e nêutrons. Já no desenho apenas são representados

os elétrons (sinais negativos) e os prótons (sinais positivos). O que houve com os nêutrons?

As representações das respostas 1 e 2 são amplamente reproduzidas nas aulas de Ciências e Química. E os estudantes, mesmo sem compreendê-las, as reproduzem quando são questionados sobre a estrutura atômica. Isso pode ser verificado na descrição apresentada pelo estudante na resposta 2, mesmo descrevendo a composição do átomo (prótons, elétrons e nêutrons) não soube como representar os nêutrons na figura. Dessa forma pergunta-se: é mesmo válido o uso deste tipo de representação?

Com esta argumentação não pretende-se banir o uso de imagens na instrução; pelo contrário, elas são muito úteis quando apresentadas como meras representações, e não como verdades. Ao utilizar-se uma imagem é importante enfatizar que ele é uma representação de um fenômeno e não o fenômeno. Dessa forma, ao utilizar-se uma imagem que represente um átomo é importante esclarecer que ela é uma representação e não um átomo.

Resposta 3:

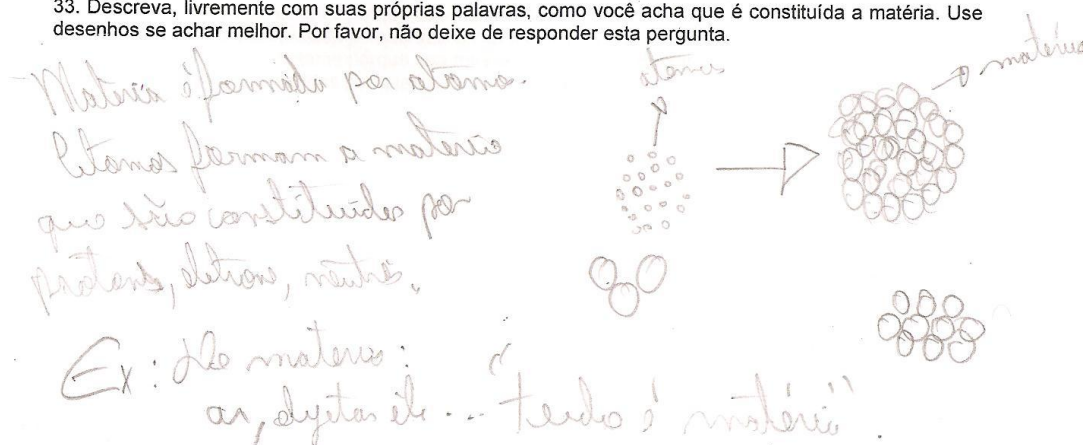


Nesta representação é provável que o aluno tentou representar com o conjunto de “bolinhas” o núcleo atômico. Que, pelo desenho pode-se presumir, é formado por “bolinhas” menores. Talvez essas sejam os quarks. E envolvendo o núcleo está a eletrosfera.

Ao interpretar esta resposta poder-se-ia dizer que a representação de “bolinha” não impediu que o aluno representasse o núcleo atômico como divisível. Mas pergunta-se: o quark é uma bolinha? Classificar o quark como uma “bolinha” é a mesma coisa que classificar os prótons, elétrons e nêutrons como “bolinhas”. Como foi dito anteriormente, é imprescindível deixar claro para o aluno que as imagens são representações possíveis para os átomos e não são as partículas.

#### Resposta 4:

33. Descreva, livremente com suas próprias palavras, como você acha que é constituída a matéria. Use desenhos se achar melhor. Por favor, não deixe de responder esta pergunta.



E como todas as respostas anteriores, na resposta 4 a matéria também é representada por “bolinhas”. O átomo é formado por pequenas “bolinha”, e um conjunto de átomos forma a matéria. Que também é representado por “bolinhas”.

Este tipo de representação é interpretado por Bachelard como um obstáculo epistemológico, pois assim como uma palavra mal escolhida poderá prejudicar a compreensão do conceito. Esta interpretação reforça o conceito inicial de átomo apresentado por Demócrito, de indivisibilidade. No entanto, desde 1897, com o experimento realizado por Thomson, sabe-se que o átomo é divisível. O que torna este tipo de representação (átomos como “bolinhas”) completamente incoerente, principalmente quando utilizadas por professores de Ciências. Como poderemos explicar que o átomo é divisível se ainda o representamos como uma “bolinha”? Isso certamente dificultará a compreensão do conceito pelos alunos, além de tolher a sua imaginação. Então o que dizer quando o estudante perguntar como é um átomo? Neste caso a melhor resposta pode ser *não sei*. Considere as suas características e imagine como seria um átomo para você. Inicialmente este tipo de resposta pode ser interpretada como “tudo vale”, mas esta não é a proposta. A ideia é incentivar os estudantes a usarem a sua imaginação, considerando as características do átomo discutidas em sala de aula.

Assim, quanto às respostas da questão 33, identificou-se que poucos estudantes foram capazes de diferenciar o conceito de átomo do conceito de partícula elementar; apenas quatro alunos (2,5% da amostra) expressaram a diferença entre esses conceitos. O conhecimento de algumas das partículas

elementares foi relatado por apenas um estudante (0,6% da amostra); e apenas três estudantes (1,9% da amostra) descreveram a relação entre massa e energia.

Desta forma, por meio da análise dos dados fornecidos por este teste, pode-se inferir que os estudantes de Ensino Médio, participantes desta etapa do projeto, conhecem o conceito de átomo: uma partícula muito pequena formado por prótons, elétrons e nêutrons. Além disso, classificam estas partículas apenas por sua carga elétrica, sem considerar qualquer outra característica. Expressam que uma partícula elementar é a menor porção de matéria conhecida e que pode ser detectada por meio de observações indiretas, o que poderia apontar como uma possibilidade de superação de uma visão empirista que muitos estudantes tem. Quanto aos modelos atômicos, a maioria manifestou conhecer apenas os modelos de Thomson e Rutherford.

Mesmo reconhecendo o conceito de partícula elementar, e admitindo que os quarks são partículas elementares, não conseguem expandir este conceito para os léptons. Também apontam incoerências quando, como dito anteriormente, reconhecem os quarks como partículas elementares, mas não conseguem identificar sua participação na constituição atômica. Além de não saberem quantos quarks e léptons existem e não compreenderem a relação de simetria entre eles.

Ao analisar as questões que tratavam de temas mais específicos como o que significar a cor no universo da Física de Partículas, ou o que é o Modelo Padrão, os estudantes demonstraram desconhecer a maioria desses temas. Assim, não souberam responder quais eram as partículas constituintes do Modelo Padrão ou especificar as forças fundamentais da natureza. Apontaram a interação eletromagnética como predominante no núcleo atômico, demonstrando, novamente, que seus conhecimentos sobre a estrutura da matéria restringem-se às discussões provenientes das aulas de Química. E por fim, demonstram compreender que a Ciência é uma construção humana o que aparentemente demonstra um abandono da visão empirista. No entanto, ao analisar-se a última questão do teste, a questão descritiva, esta afirmação é posta em dúvida. Isso ocorre quando alguns estudantes apresentam como forma fundamental para reconhecimento da matéria os sentidos humanos. Mas como comentado anteriormente na questão 10, esta ambigüidade também estava presente.

Como detectado nas questões objetivas, mesmo conhecendo o conceito de partícula elementar, os alunos não sabem quem são estas partículas. Na análise da questão 33 alguns externalizaram suas concepções e apresentaram como exemplo de partícula elementar prótons, nêutrons e elétrons. Novamente uma concepção das aulas de Química. E por fim, alguns alunos demonstraram conhecimento sobre alguns temas de FMC, como por exemplo: conheciam um pouco do Modelo Padrão, relataram alguns desafios no estudo da constituição da matéria e relacionaram massa e energia.

Desta forma, por meio da análise das respostas dadas ao teste, foi possível inferir que mesmo com a disponibilidade de algumas ideias-âncora, estas não apresentavam a clareza e estabilidade necessárias para a instrução. Então, como sugerido pela teoria da aprendizagem significativa, optou-se pela utilização de um organizador prévio para disponibilizar, aos estudantes, os subsunçores necessários para a compreensão do tema proposto.

Por meio da tabulação destes dados calculou-se a fidedignidade do teste, na qual foi identificado um alfa de Cronbach de 0,72. Este resultado levou-nos a excluir algumas questões do teste devido ao seu baixo índice de acertos. Contudo, nem todas as questões que apresentaram baixo índice de acertos foram excluídas, algumas foram mantidas pela sua relevância no tema tratado. Por exemplo, a questão 17, que aborda uma característica importante dos quarks, sua cor, mesmo com baixo índice de acerto optou-se por mantê-la no teste, pois o tema é importante para o desenvolvimento da unidade de aprendizagem.

As questões eliminadas foram as de número 10 até 14. As demais continuaram fazendo parte do teste e foi acrescentada mais uma questão extra, que mesmo não fazendo parte da primeira parte da pesquisa foi considerada importante para o desenvolvimento do estudo, pois nesta etapa da pesquisa a mídia falava muito sobre este experimento, dessa forma consideramos conveniente acrescentar essa questão. Ela está descrita abaixo:

Questão 29: O que é o *Large Hadron Collider* (LHC)?

- a) Um telescópio espacial.
- b) Um experimento capaz de criar buracos negros com um campo gravitacional tão intenso quanto os existentes no espaço sideral.

- c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.
- d) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o *Big Bang*.
- e) Não sei.

Após a aplicação e análise de seus resultados, recém comentados, o número de questões do teste foi diminuído, restando trinta questões, das quais, vinte e nove de múltipla escolha e uma discursiva. Este teste está disponível no Apêndice 2 e foi usado com os sujeitos de pesquisa que participaram da unidade de aprendizagem elaborada.

#### 4.1.3. Discreto charme das partículas elementares: o organizador prévio

A análise do resultado do pré-teste mostrou que os estudantes eram carentes de subsunçores necessários para a compreensão do tema escolhido para a unidade de aprendizagem, Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Para enfrentar esta situação, optou-se pelo uso de organizadores prévios, como sugerido por Ausubel na sua teoria da aprendizagem significativa, com o intuito de promover uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber para compreender o novo material a ser apresentado.

O organizador prévio escolhido foi o filme “O discreto charme das partículas elementares” produzido pela TV Cultura de São Paulo (2008), baseado no livro homônimo de Maria Cristina Batoni Abdalla (2006).

No filme, com duração de quarenta a três minutos, inicialmente a narradora apresenta os temas que serão tratados, entre eles: o átomo, as partículas elementares, o acelerador de partículas *Large Hadron Collider (LHC)*, as galáxias, o mundo subatômico e a teoria do *Big Bang*.

Para tratar destes temas, é encenada uma estória que se passa em uma escola, durante uma aula de Física. Nela, uma pesquisadora é convidada palestrar sobre as partículas elementares e a origem do Universo. Inicialmente a palestrante fala sobre a importância da pesquisa científica para alcançarmos o conhecimento atual sobre as partículas elementares. Também destaca alguns episódios marcante na história das partículas elementares, como as teorias de Demócrito e Dalton, o significado da palavra átomo e o experimento de Thomson. Partindo deste

experimento, conceitua partícula elementar e apresenta a primeira partícula elementar detectada e o seu papel na formação da matéria.

A partir deste momento, entra em cena o professor da turma apresentando o modelo padrão e as partículas elementares. Relata que prótons e nêutrons são formados por quarks, logo não são partículas elementares. O glúon é o primeiro bóson mediador apresentado. O professor define o que é um bóson mediador e apresenta o papel do glúon no Modelo Padrão. Para apresentar a interação eletromagnética utiliza o modelo do átomo de hidrogênio.

O próximo tópico a ser tratado é a origem do Universo e o papel do Modelo Padrão e das interações fundamentais na teoria do *Big Bang*. Comenta como o acelerador de partículas *LHC* foi construído e quanta tecnologia e esforços humanos foram empregados para isso. Mais um bóson mediador é apresentado: o fóton. Novamente se retoma o conceito de bóson mediador e o papel do fóton na teoria discutida.

O átomo de hidrogênio é retomado e utilizado para explicar a estrutura atômica e a interação forte. Apresenta-se a relação entre a intensidade da interação forte e da interação eletromagnética. Relaciona a interação fundamental com a partícula que sofre esta interação.

O grupo dos léptons é apresentado. Inicialmente, apresenta o neutrino do elétron e destaca a relação de simetria dentro deste grupo.

Em um determinado momento do filme, os atores que representam os estudantes fazem uma pergunta importante, sob o ponto de vista deste trabalho, considerando-se que ele está pautado na epistemologia de Bachelard, perguntam se as partículas elementares realmente se parecem com as representações apresentadas no filme. Esta pergunta é muito importante considerando-se a ótica de Bachelard, pois em seus trabalhos ele discute como os obstáculos epistemológicos podem dificultar o aprendizado. E neste caso poder-se-ia pensar que as figuras utilizadas para representar as partículas elementares podem funcionar como obstáculos epistemológicos. No entanto, a resposta à pergunta formulada pelos estudantes é muito clara, o professor diz que as figuras são apenas representações das partículas elementares, e complementa dizendo que elas são representadas por meio de equações matemáticas.

Outro ponto importante na exposição é quando a autora do livro, Maria Cristina Batoni Abdalla, no qual o filme foi baseado, dá uma pequena entrevista na qual ela fala sobre a importância da pesquisa sobre as partículas elementares, da relação entre pesquisa científica e tecnologia e como isso chega ao dia-a-dia da população. Também aborda o uso das representações para as partículas elementares. Sobre isso destaca, novamente, que as figuras apresentadas tanto no filme como no seu livro são apenas representações. Fala do trabalho com o desenhista responsável pelas representações das partículas elementares e como ambos tentaram representar nos desenhos as características de cada partícula.

Ao encerrar a participação da autora, o professor da turma retoma as explicações sobre as características do mundo subatômico. Ele fala sobre o princípio da incerteza e destaca que os mundos macro e microscópico são regidos por leis diferentes. Retoma a discussão sobre os quarks e seu conceito, reafirmando que prótons e nêutrons são formados por quarks, logo não são partículas elementares. E continua falando na diferença entre estas duas partículas ao enfatizar a diferença entre suas massas. Apresenta a classificação dos quarks por famílias, fala no quark top e enfatiza novamente a importância da pesquisa científica para a detecção de partículas como essa, só por meio das pesquisas científicas se pode recriar as condições iniciais nas quais esta partícula existiu.

A importância das relações de simetria é retomada, agora ela é estendida para toda a teoria. Novamente, destaca-se que prótons e nêutrons não fazem parte do Modelo Padrão, pois não são partículas elementares. A dinâmica dos bósons mediadores dentro do Modelo Padrão é retomada e apresentada de uma forma muito esclarecedora para os estudantes: o bóson é representado como uma bolinha de *ping-pong*, dois estudantes representam duas partículas elementares e o jogo de *ping-pong* é a representação das interações entre partículas elementares e bósons.

A relação entre as interações fundamentais, em especial a interação forte, é retomada quando se fala que não foram detectados quarks isolados. A assimetria entre matéria e antimatéria é discutida, o trabalho de César Lattes é destacado, em especial, na detecção do méson  $\pi$  é destacado.

A interação fraca é apresentada como a responsável pelos decaimentos radioativos e a interação gravitacional é exemplificada com a relação entre a Terra e os demais planetas e os seres humanos e a Terra.



O bóson de Higgs é apresentado como uma teoria que ainda busca sua confirmação. E ao relatar a teoria de Higgs, comenta que o fóton é o único bóson que não tem massa. Apresentam-se as características que diferenciam as partículas das antipartículas.

Destaca-se também como a ciência pode mudar o mundo. A importância do modelo atômico de Bohr e como os cientistas criam estes modelos. Ressalta a importância da criatividade dos cientistas para adequarem teorias e observações experimentais para elaborar uma teoria científica. Ainda por meio do átomo de Bohr, apresentam conceitos como a transição de energia e a espectroscopia, e o uso de telescópios para a detecção de elementos químicos presentes no Universo. Um ponto muito importante nesta discussão é a apresentação da relação entre o mundo microscópico e o macroscópico e como o estudo de um auxilia na compreensão do outro.

No filme também fazem uma participação dois físicos do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), os pesquisadores Francisco Caruso e José Abdalla Helayël-Neto que falam sobre o *LHC*. Explicam o que é um acelerador de partículas, o que é um hádron, traduzem a sigla *LHC*. Apresentam a localização do *LHC* e explicam porque o acelerador foi construído no subterrâneo. Retomam a explicação do que é um acelerador de partículas e como se dá a propagação dos feixes e sua colisão. Apresentam a relação massa/energia e explicam que a energia acumulada no ponto de colisão entre os dois feixes produzirá as partículas elementares e com elas serão identificadas por detectores. Apresenta os diferentes detectores e como funcionam. Falam na possibilidade da produção de buracos negros quando o *LCH* entrar em funcionamento e suas consequências. E retomam a relação entre a escala astrofísica e os pequenos valores tratados na física subatômica.

Em sequência, é apresentado um rap do *LHC*, que retoma alguns temas discutidos no filme, entre eles, a descrição do *LHC* e o seu papel no estudo da origem do universo, o bóson de Higgs, as limitações do Modelo Padrão, a relação entre as interações fundamentais, a possibilidade de diferentes dimensões e a antimatéria.

E na última parte do filme, a teoria do *Big Bang* é apresentada como a melhor teoria para explicar a formação do Universo. Destaca o papel das partículas elementares no *Big Bang*, a assimetria entre a matéria e antimatéria, a formação dos

prótons e nêutrons e a importância entre a desigualdade de suas massas, a idade do Universo, as diferentes disciplinas científicas e suas contribuições para a teoria do *Big Bang*, o trabalho dos cientistas e o seu impacto na vida da população por meio de aparelhos eletrônicos, como o GPS, o telefone celular, o iPod, etc.

A descrição do conteúdo do filme é, por si só, a justificativa para a escolha deste recurso como organizador prévio para a unidade de aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais; o filme identifica claramente o conteúdo relevante para a futura compreensão do tema abordado na UA.

Além disso, apresenta uma visão geral do conteúdo escolhido em um nível de abstração mais alto ao mesmo tempo que destaca relações importantes entre os conceitos apresentados. Esta forma de abordagem é condizente com a sugestão da teoria da aprendizagem significativa: inicialmente os conceitos mais inclusivos e posteriormente os conceitos subordinados a esses.

Finalmente, outra justificativa para a escolha deste filme foi sua adequação, em termos de produção, ao público-alvo deste trabalho. O livro e posteriormente o filme foram elaborados para atingir jovens estudantes, tanto das séries finais do Ensino Fundamental como os estudantes do Ensino Médio.

#### 4.1.4 Elaboração de um texto sobre partículas elementares e interações fundamentais

Como foi dito anteriormente, um texto foi elaborado, baseando-se na análise das respostas dadas pelos estudantes que participaram do pré-teste. Mas, principalmente, o texto apoiou-se na fundamentação teórica desta dissertação: considerando-se a teoria da aprendizagem significativa, na qual o fator mais importante é o que o aprendiz já sabe, elaborou-se um texto que trata do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais partindo-se de uma análise histórico-crítica da evolução das ideias e teorias mais importantes para a construção do conhecimento atual sobre partícula elementar. Neste texto, foram abordadas desde as primeiras ideias gregas sobre a constituição da matéria até o Modelo Padrão das partículas elementares aceito atualmente.

O texto apresenta uma abordagem cronológica comentada. Para viabilizar este tratamento, os temas abordados foram desenvolvidos baseando-se na epistemologia de Gaston Bachelard, em especial a *“filosofia da desilusão”* (Lopes,

1996). Tendo o desenvolvimento histórico como pano de fundo, esta abordagem possibilitou uma análise crítica da evolução do conceito de partícula elementar apresentado na Grécia Antiga até a elaboração da teoria do Modelo Padrão das Partículas Elementares aceito atualmente, enfatizando o papel do erro como elemento promotor do conhecimento científico (Pinheiro, Costa e Moreira, 2009).

O tratamento histórico-crítico proporcionado pela epistemologia de Bachelard foi importante na elaboração do texto, pois promoveu a reflexão sobre os temas tratados. Considera-se importante esta análise crítica e contextualizada, pois é por meio dela que o aluno poderá compreender o real significado destes fatos para a história da ciência. Este tratamento também propiciou a desmistificação do método científico como um processo linear e cumulativo por meio da descrição do esforço humano, misturando concepções equivocadas com a evolução das teorias científicas na construção do conhecimento.

Outro fator importante, tanto na teoria de Vygotsky como na teoria de Ausubel, foi a importância atribuída à linguagem. Segundo Vygotsky, o uso dos signos, ou seja, palavras, são fundamentais para a formação de conceitos. Também é importante apresentar aos estudantes que estes signos podem adquirir significados diferentes, que podem variar com o contexto histórico e cultural. Um exemplo que pode ser encontrado no texto é o significado da palavra *cor*. Mesmo sendo utilizada como um conceito ligado à Física, ela pode ter significados diferentes. Seu significado ao tratarmos da Física de Partículas é diferente do significado atribuído na Ótica. Assim, ao analisar este exemplo pode-se perceber a importância do uso adequado da linguagem ao se planejar uma instrução. As palavras tanto podem ser utilizadas como facilitadores ou como obstáculos epistemológico (obstáculo verbal), segundo Bachelard, para a compreensão do tema abordado.

Ao longo do texto também se procurou ressaltar a interdisciplinaridade presente no trabalho científico. A intenção deste tratamento foi a de desmistificar a separação de disciplinas que ocorre na escola. Muitos estudantes aparentemente interpretam as disciplinas escolares como pequenas “gavetinhas” nas quais armazenam seus conhecimentos. Assim existe a “gavetinha da História”, a “gavetinha da Química”, a “gavetinha da Física”. O problema é que os conhecimentos armazenados nestas “gavetinhas” não se misturam. Dessa forma, o

texto desenvolvido tentou apresentar as diferentes contribuições de cada disciplina científica para a elaboração das ideias que culminaram com o Modelo Padrão.

Quanto ao conteúdo específico de Física de Partículas, os tópicos abordados foram: o Modelo padrão – léptons e quarks; bárions e mésons; partículas mediadoras/virtuais (fótons, glúons, W e Z, grávitons); interações fundamentais (gravitacional, eletromagnética, forte e fraca); propriedades fundamentais da matéria (massa, carga elétrica, carga cor e carga fraca); o “problema da gravidade”; a antimatéria; o bóson de Higgs. A abordagem escolhida não enfatiza “pontes” com a Física Clássica e, minimiza o uso de equações ou representações matemáticas (Pinheiro, Costa e Moreira, 2009).

O principal alvo deste texto, de 148 páginas, foram os professores de Física do Ensino Médio. A intenção é que ele possa servir de apoio para a discussão dos temas abordados nas suas aulas.

Quanto a sua estrutura, o texto inicia com uma introdução, seguida de cinco capítulos, e encerra com algumas considerações aos professores-alvo.

Na introdução apresenta-se o tema tratado e sua importância na história da humanidade. Também se apresenta o epistemólogo Gaston Bachelard e suas ideias acerca do desenvolvimento científico. Comenta-se brevemente o Modelo Padrão sob a ótica de Bachelard.

Explica-se que o texto foi elaborado sob um ponto de vista cronológico e que, paralelamente ao desenvolvimento deste texto foram acrescentados alguns comentários, identificados em itálico. Os comentários baseados na epistemologia de Bachelard estão no final de cada capítulo.

O primeiro capítulo denominado “A contribuição dos gregos sobre a estrutura da matéria” apresenta as primeiras ideias sobre a estrutura da matéria. São apresentadas as diversas teorias que contribuíram para a elaboração da hipótese atômica proposta por Demócrito e sua aceitação no mundo grego antigo. Também são discutidas as influências da cultura grega sobre outros povos e como estas ideias chegaram até a Idade Média e sua influência sobre a Alquimia. E como foi dito anteriormente, ao final deste capítulo, foi feita uma reflexão sobre estas ideias baseada na obra de Bachelard, em especial na *“filosofia da desilusão”* (Lopes, 1996).

O segundo capítulo apresenta a Ciência desenvolvida nos séculos XVII e XVIII. São discutidas: a revolução científica, em especial os trabalhos de Galileu Galilei, René Descartes, e de Isaac Newton, as origens do conceito de carga elétrica, a Teoria Cinética dos Gases e sua contribuição para a elaboração da teoria atômica. Ressalta os primórdios do estudo da Espectroscopia, Eletricidade e Química, em especial a elaboração da primeira Tabela Periódica dos elementos químicos. Destaca como estas diferentes disciplinas científicas colaboraram para a elaboração das ideias que conduziram à elaboração da primeira teoria atômica científica. A análise epistemológica deste capítulo baseou-se na proposta de Bachelard sobre a construção do conhecimento científico. Segundo ele, a construção do conhecimento científico deve se basear na análise crítica. Também argumenta que é por meio da análise crítica que se rompe com a ideia de continuísmo presente na ciência.

No terceiro capítulo, discute-se a ciência do século XIX e a grande influência que passa a exercer sobre a vida da população. Assim como nos capítulos anteriores, a história das ideias que contribuíram para a elaboração da teoria atômica é apresentada em ordem cronológica. Desta forma, inicialmente o leitor pode pensar que os fatos relatados estão muito dispersos. Mas a intenção foi inserir cada novo fato no seu contexto histórico para que ao final da leitura deste capítulo fosse possível reconhecer as diferentes contribuições que a teoria atômica foi recebendo das diversas ciências. Acredita-se que esta abordagem é importante para demonstrar a contribuição interdisciplinar da ciência, em especial com este conteúdo.

Quanto aos temas tratados, neste capítulo, estão presentes: a teoria atômica de Dalton, o papel da tabela periódica no pensamento científico da época e as contribuições da Espectroscopia e da Eletricidade para a teoria atômica. Também é apresentada a origem do conceito de campo, além de o primeiro modelo atômico proposto e contribuições da Biologia para a elaboração do conceito de partícula elementar. Discute-se como ao longo deste século, tão rico para a ciência, foram surgindo diferentes propostas que contribuíram para a elaboração do conceito de partícula elementar: a importância dos experimentos realizados com os tubos de Geissler, os estudos sobre a Teoria Cinética dos Gases e o conceito de átomo, além da elaboração do conceito de molécula e a grande contribuição de Mendeleev ao

elaborar a sua Tabela Periódica dos elementos químicos. Foram incluídas as primeiras proposta do conceito de quantização, os raios X, a radioatividade e finalmente a detecção do elétron e os diferentes caminhos que os cientistas percorreram para chegar a esta conclusão. A análise epistemológica deste capítulo baseou-se na proposta de Bachelard de que a ciência é composta por períodos de rupturas ao longo do seu desenvolvimento, destacando a importância do erro para o progresso científico e da ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, além da importância da fenomenotécnica no contexto científico.

O quarto capítulo apresenta os desenvolvimentos científicos do século XX. Apresenta os trabalhos desenvolvidos sobre a radioatividade, o nascimento da Física Quântica, o desenvolvimento dos modelos atômicos de Thomson, Nagaoka, Rutherford, Bohr e Sommerfeld, além dos trabalhos de Einstein sobre o efeito fotoelétrico, Millikan e o cálculo da carga elétrica do elétron, a detecção do próton e do nêutron e a identificação do efeito Compton. Também se relata a detecção do pósitron, do neutrino, a proposta dos nucleons e sua relação com a força forte, as partículas estranhas e o conceito de estranheza, a primeira tentativa de classificação das partículas que estavam sendo detectadas. A interação fraca e a proposta de unificação, os quarks, léptons e bósons. Os temas aqui apresentados estão um pouco resumidos, mas esta parte do texto apresenta vinte e nove sub-capítulos, nos quais cada proposta importante para a elaboração do Modelo Padrão das Partículas Elementares foi discutida com profundidade.

A análise epistemológica deste capítulo pautou-se na apresentação da era do novo espírito científico que se iniciou, segundo Bachelard, em 1905, e todas as mudanças que essa nova era trouxe para a atividade científica. Também foram tratados temas importantes na epistemologia bachelariana como os períodos de rupturas e descontinuidades em suas várias nuances, a noção de verdade científica e o conceito de recorrência histórica, a importância do erro para a promoção do progresso científico e os obstáculos epistemológicos.

O quinto capítulo refere-se ao conhecimento científico desenvolvido no início do século XXI. Nela são tratados os grandes experimentos como o *Large Hadron Collider (LHC)*. Também é no início do século XXI que a família dos léptons se completa com a detecção do neutrino de tau identificado por pesquisadores do *Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab)*. Neste capítulo apresenta-se o

Modelo Padrão com todas as suas partículas e as interações entre elas. Como uma seção deste capítulo, apresenta-se o que se espera para o futuro da Física de Partículas como o bóson de Higgs, a teoria da supersimetria, a teoria das cordas, matéria escura, energia escura e a antimatéria.

E por fim, são feitas as considerações finais acerca do papel do professor neste mundo científico de mudanças tão constantes.

É importante destacar que o texto foi elaborado de forma que refletisse a organização do ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa, o material foi elaborado de forma a tornar-se potencialmente significativo. O conteúdo apresentado no texto foi organizado cronologicamente, de forma que tal “a mostra a diversidade de ideias e construção coletiva da ciência ao longo do tempo”.

Além disso, também é importante considerar que o texto deve refletir os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora. Um exemplo de como estes princípios foram abordados no texto, é apresentado na Figura 2:

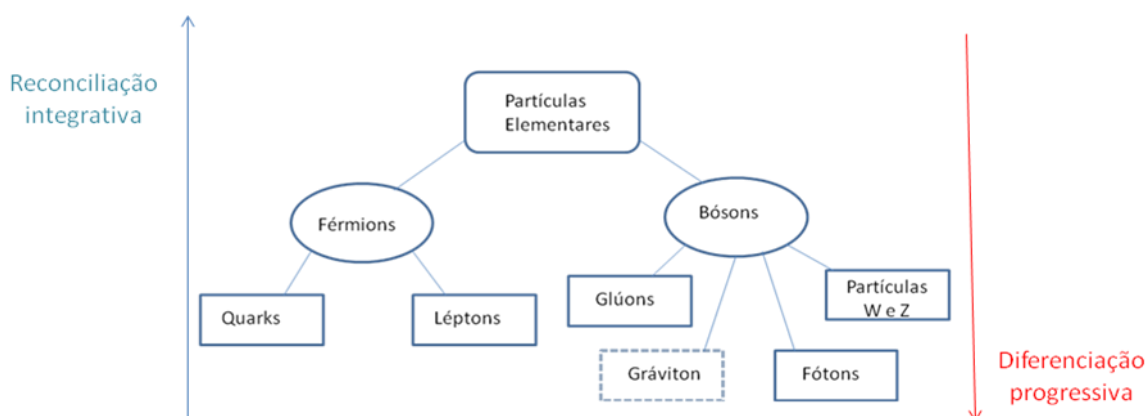


Figura 2: Exemplo dos conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa abordados no texto.

Inicialmente, discutiremos a diferenciação progressiva. Neste tema, o conceito mais inclusivo é *partículas elementares*, logo este será o primeiro conceito abordado com os estudantes. Isto foi feito no primeiro capítulo do texto. Os próximos conceitos a serem abordados são os *férmions* e *bósons*. Assim, pode-se dizer que as *partículas elementares* podem ser de dois tipos, ou *férmions* ou *bósons*. Mas estes dois conceitos podem continuar a ser diferenciados em termos de detalhes e especificidade. Por exemplo, o grupo formado pelos *férmions* é sub-dividido em mais dois grupos: os *quarks* e os *léptons*. E no grupo dos *bósons*, temos os *glúons*, *partículas Z e W*, *fótons* e *grávitons*.

Assim, o princípio da diferenciação progressiva poderia ser compreendido como a leitura da Figura 2 “de cima para baixo”, como é indicado pela seta vermelha. Neste texto, esta diferenciação de conceitos é feita, principalmente, ao longo do capítulo cinco.

Ausubel considera o princípio da diferenciação progressiva importante para a aprendizagem significativa, pois supõe que a estrutura cognitiva humana é organizada hierarquicamente. Assim, a aquisição de conhecimento é facilitada se ocorrer de acordo com este princípio.

Outro fator importante ao planejar a instrução é que ao se fazer a escolha dos conceitos fundamentais para a compreensão do tema. Segundo Ausubel, a ocorrência do processo de aprendizagem significativa não está ligado ao número de conceitos escolhidos, mas sim a sua clareza, estabilidade e organização.

Contudo, isso não é o suficiente para garantir-se o sucesso do processo de aprendizagem significativa. É necessário explorar as relações entre os conceitos, chamando atenção para as diferenças e similaridades relevantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes, este processo é chamado de reconciliação integrativa.

Voltando à Figura 2, o processo de reconciliação integrativa pode ser exemplificado quando se aborda as semelhanças entre *quarks* e *léptons*. Ao mesmo tempo em que é fundamental apontar as suas diferenças, ressaltando que mesmo com estas diferenças, elas fazem parte de um mesmo grupo, os *férmions*. O mesmo deve ser feito com os bósons. Simplificando, podemos dizer que, para realizarmos a reconciliação integrativa, é como se lêssemos a Figura 2 “de baixo para cima”, essa indicação feita pela seta azul. O princípio da reconciliação integrativa pode ser encontrado, no capítulo seis (seção 6.2), principalmente quando apresenta-se a estrutura do modelo padrão.

Segundo Moreira (2006), os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa não são exclusivamente unidirecionais. A proposta da teoria da aprendizagem significativa é começar a instrução do geral e progressivamente chegar ao particular, mas é importante que se façam constantes referências ao conceito geral para não perder de vista o todo e para elaborar cada vez mais o conceito geral. Ao fazer isso, esta se promovendo concomitantemente à



diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. De forma simples, podemos dizer que se está “subindo e descendo” na hierarquia conceitual.

Este processo de “subir e descer” na hierarquia conceitual não é simplesmente repetirem-se os conceitos várias vezes até que o aluno o compreenda. Pelo contrário, inicialmente devem-se apresentar as ideias gerais, inclusivas e unificadoras da matéria de ensino e progressivamente diferenciá-las de modo que, nesse processo, não só as ideias menos gerais e inclusivas sejam aprendidas significativamente, mas também que as primeiras adquiram clareza e estabilidade. E esta clareza e estabilidade só poderão ser atingidas por meio deste “vai e vem” nas hierarquias conceituais.

Assim, os conceitos no texto “sobem e descem” na hierarquia conceitual de forma que facilite a ocorrência da aprendizagem significativa.

Contudo, considerando o que foi dito até este momento, isto não garante que a aprendizagem seja significativa, pois também é um fator importante a atribuição de significados que só o estudante pode dar à sua instrução. Ou seja, o professor pode fornecer o significado lógico do tema tratado, mas só o estudante pode dar o significado psicológico ao tema da instrução. Assim, o ensino é interpretado como troca de significados.

Uma última justificativa para a opção pela construção de um texto como subsídio principal de uma unidade de aprendizagem tem um caráter prático: ele pode ser facilmente reproduzido em qualquer escola. Acredita-se que este material pode ser complementado com outros recursos educacionais, como o uso de salas de multimídia ou laboratórios. Isso pode ser adaptado dependendo da realidade de cada comunidade escolar. O principal foco deste trabalho é promover a interação pessoal e social, por meio da linguagem, como fator fundamental para a aprendizagem significativa. O fundamental é que professor e aluno estabeleçam discussões sobre o tema tratado e que estas levam a troca de significados entre eles.

O texto descrito acima serviu de base para a elaboração de uma versão reduzida para os estudantes. Optou-se por esta redução, pois foi considerado que um texto de cento e cinquenta e uma páginas era muito extenso para ser discutido em um período de tempo, provavelmente, reduzido. Assim, gerou-se uma versão de oitenta páginas, mas impondo algumas sínteses e reduções no formato do texto.

#### 4.1.5 Atividades baseadas no texto

Descreve-se nesta seção, as atividades que foram geradas e propostas aos alunos a partir do organizador prévio da UA e do texto de apoio aos alunos.

##### 4.1.5.1 Atividade 1: Questionário sobre o filme *O discreto charme das partículas elementares*

A primeira atividade proposta foi a análise e discussão sobre o filme, utilizado como organizador prévio, “O discreto charme das partículas elementares”. O objetivo dessa atividade foi promover uma discussão sobre os novos conceitos apresentados no filme. Além disso, a proposta de apresentação desta atividade foi em forma de seminário, tendo como principal motivação a participação compulsória dos alunos no ambiente de sala de aula e o fomento da interação entre eles. A ideia era que eles constituíssem pequenos grupos (3 alunos por grupo). Inicialmente, isso pode parecer banal, mas quando o público-alvo são adolescentes este tipo de atividade é importante: motivar o aluno a falar em público e respeitar a opinião dos demais foi fundamental para o desenvolvimento desta UA.

Para a apresentação do seminário, os alunos poderiam utilizar recursos de informática, como apresentações em *Power Point* ou elaborar cartazes. A avaliação desta atividade levou em conta não só a apresentação dos alunos, mas também as respostas escritas de algumas questões propostas aos grupos pela professora-pesquisadora.

A origem das questões citadas foi o conteúdo do filme. Foram elaboradas vinte e nove perguntas sobre ele, que foram divididas aleatoriamente entre os grupos. Cada grupo foi responsável por responder a cinco questões; as quatro primeiras eram diferentes para cada grupo e a quinta, igual para todos (questão 29) (Pinheiro e Costa, 2009).

Abaixo, estão especificadas as questões abordadas nesta atividade:

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição?
2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?
3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza?
4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo?
5. Como podemos identificar uma partícula elementar?

6. O que é o Modelo Padrão?
7. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?
8. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?
9. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é  $m_p=1,67 \times 10^{-27}$ kg e a massa do nêutron  $m_n=1,68 \times 10^{-27}$ kg.
10. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?
11. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?
12. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?
13. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?
14. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?
15. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?
16. O que é “bóson de Higgs”? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?
17. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron “ligado” ao núcleo?
18. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegra?
19. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?
20. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?
21. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?
22. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade?
23. Cite algumas aplicações tecnológicas de pesquisas científicas que você habitualmente usa. Tente pensar como seria o seu dia a dia sem esses equipamentos.
24. O que é um acelerador de partículas? Você tem um em casa?
25. Você sabe o que é o *LHC*?
26. Onde está localizado o *LHC*? Por que ele foi construído debaixo da terra?
27. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?
28. O *LHC* pode causar o “fim do mundo” por meio de um buraco negro?
29. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

É importante destacar que cada grupo recebeu um CD com uma cópia do filme e que o mesmo filme estava disponível na internet, cujo endereço foi informado aos alunos.

#### 4.1.5.2 Atividade 2: Elaboração de uma linha do tempo sobre as ideias que conduziram ao conceito de partícula elementar

Esta atividade envolvia a leitura do texto *Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje*, a versão de 80 páginas. Os alunos fizeram a leitura da primeira parte do texto, aproximadamente 40 páginas, que compreendia as primeiras propostas sobre a constituição da matéria – desenvolvimento das ideias gregas – até os trabalhos realizados no final do século XIX.

Após a leitura, cada grupo de alunos deveria identificar e relacionar os eventos e/ou propostas mais significativas para a elaboração do conceito de partícula elementar. E em um segundo momento deveriam elaborar uma linha do tempo relacionando-as. Cada grupo deveria apresentar sua tarefa para os demais colegas, justificando a escolha de cada proposta e a sua relação com a elaboração do conceito atual de partícula elementar. Na avaliação desta atividade, foi priorizada a coerência nos fatos apresentados pelos alunos, salientou-se a importância de apresentarem uma relação histórica adequada entre os eventos e/ou propostas escolhidas.

A intenção desta tarefa foi que além de conhecer um pouco de História da Ciência, os alunos desenvolvessem um olhar mais crítico sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, identificando que as teorias científicas não se desenvolveram devido a um processo linear e cumulativo e, assim, iniciando um processo de desmistificação do conhecimento científico (Pinheiro e Costa, 2009).

Os alunos receberam o texto ao final da aula em que apresentaram a atividade relacionada ao filme (atividade 1). Dessa forma, tiveram tempo para começar a leitura do texto em casa. Na aula seguinte, dois dias depois, foi utilizado um período para a discussão do texto com toda a turma e outro período para discussão nos grupos. Mesmo com alunos reclamando sobre a grande quantidade de páginas solicitadas para a leitura, foi possível perceber, por meio das discussões realizadas em sala de aula, que a maioria leu o texto solicitado.

#### 4.1.5.3 Atividade 3: Elaboração de um mapa conceitual sobre partículas elementares

Esta atividade foi proposta baseando-se na leitura da segunda parte do texto. Nesta parte, estavam presentes os desenvolvimentos científicos realizados no século XX, os primeiros anos de pesquisa científica do século XXI e o que podemos esperar para o futuro da Física de Partículas (Pinheiro e Costa, 2009).

A proposta de atividade foi elaborar, apresentar, discutir e reformular mapas conceituais sobre partículas elementares. Cada grupo elaborou três mapas conceituais consecutivos sobre partículas elementares. O objetivo desta atividade foi identificar as concepções dos alunos sobre a estrutura da matéria usando os mapas conceituais como recurso didático e de avaliação.

Para a avaliação dos mapas conceituais, construídos pelos grupos, foram considerados os seguintes critérios:

- O mapa deve conter apenas conceitos relacionados ao tema tratado. E esses devem parecer apenas uma vez no mapa.
- Esses conceitos devem estar conectados de forma que reflitam suas relações com a estrutura conceitual do tema tratado.
- Considera-se importante o uso de palavras de ligação que expressem as relações de acordo com a estrutura conceitual do tema tratado. O ideal seria o uso de palavras para cada ligação.
- A relação de hierarquia entre os conceitos, assim como as relações cruzadas devem ser expressas no mapa.

Além disso, a apresentação do mapa também será avaliada. Neste momento o grupo deve demonstrar compreensão em relação ao trabalho desenvolvido.

## 4.2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DA UA

Esta UA foi desenvolvida com um grupo de vinte a quatro alunos matriculados no terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Porto Alegre, RS. Os alunos envolvidos na pesquisa frequentavam o terceiro ano do Ensino Médio e tinham, em média, 17 anos de idade. A turma era composta por vinte e quatro alunos, divididos, igualmente 50% de cada sexo. Aproximadamente 1/3 dos alunos integrantes desta turma já haviam sido alunos da professora-pesquisadora no

primeiro ano do Ensino Médio. A unidade de aprendizagem foi implementada no terceiro trimestre do ano escolar e foi utilizado um mês para a sua aplicação. Foram utilizados os três períodos semanais, de cinquenta minutos, que compõe a disciplina de Física, nesta escola. E como a professora-pesquisadora faz parte do corpo docente desta escola, a investigação foi inserida no currículo da escola.

Os alunos se dividiram em trios que deveriam permanecer os mesmos até o final da UA; no total se formaram oito grupos.

O Quadro 21 apresenta o cronograma estabelecido para a aplicação da UA e a descrição de cada atividade envolvida; em seguida, será relatada a aplicação de cada atividade.

Aula		Atividade
1ª aula (1 período)		Aplicação do pré-teste.
2ª aula (2 períodos)	1º período	Exibição do filme “O discreto charme das partículas elementares”.
	2º período	Discussão sobre o filme e proposta da primeira atividade - questionário sobre o filme “O discreto charme das partículas elementares”.
3ª aula (1 período)		Apresentação da atividade sobre o filme “O discreto charme das partículas elementares”. Entrega do texto <i>Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje</i> e solicitação de leitura da primeira parte do texto.
4ª aula (2 períodos)	1º período	Leitura e discussão da primeira a parte do texto. Proposta da segunda atividade - elaboração de uma linha do tempo sobre as ideias que conduziram ao conceito de partícula elementar.
	2º período	Momento reservado para discussões em particular com cada grupo sobre a leitura do texto e a elaboração da atividade.
5ª aula (1 período)		Apresentação da linha do tempo sobre as ideias que conduziram ao conceito de partícula elementar.
6ª aula (2 períodos)		Leitura a discussão da segunda a parte do texto. Proposta da terceira atividade – elaboração de um mapa conceitual sobre as partículas elementares. Instruções sobre o que é

		e como elaborar um mapa conceitual.
7ª aula (1 período)		Trabalho com mapas conceituais em sala de aula.
8ª aula (2 períodos)	1º período	Momento para discussão, em particular com cada grupo, sobre os mapas elaborados.
	2º período	Apresentação e discussão dos primeiros mapas conceituais sobre as partículas elementares.
9ª aula (1 período)		Retomada sobre o Modelo Padrão – apresentação de um mapa conceitual sobre as partículas elementares feito por um especialista. Solicitação de reelaboração dos mapas, por grupo, a ser apresentado em próximo encontro.
10ª aula (2 períodos)		Apresentação e discussão da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.
11ª aula (1 período)		Discussão, realizada em particular com cada grupo, sobre a segunda versão do mapa conceitual. Proposta de revisão desta segunda versão do mapa conceitual.
12ª aula (2 períodos)		Entrega da terceira versão do mapa conceitual e realização de um pós-teste, igual ao pré-teste, e do questionário de opinião sobre a UA.

**Quadro 21: Descrição cronológica das atividades da UA.**

#### 4.2.1 Aplicação e resultados do pré-teste

Como o Quadro 21 já informa, na primeira aula da UA, os alunos foram informados que iniciavam uma UA sobre um novo tema. E seguida, os alunos responderam ao pré-teste, já validado. Antes disso, foram utilizados alguns minutos para apresentar-lhes o projeto. Foram feitos comentários sobre o conteúdo que seria abordado, a metodologia de trabalho e a avaliação que seria implementada.

Como professora-pesquisadora, então, apresentou-se o questionário à turma, destacando algumas recomendações que estavam expressas no cabeçalho. Por exemplo: solicitou-se que os alunos tentassem responder as perguntas e não respondessem “não sei” apenas por comodidade. Salientou-se que não deveriam se preocupar com certo ou errado, porque o que se queria investigar era a concepção

deles acerca do tema tratado. Também foi solicitado que não deixassem de responder a questão (aberta) de número trinta.

O grupo de alunos levou cerca de vinte e cinco minutos para resolver as trinta questões do pré-teste. Durante a resolução, alguns deles fizeram questionamentos: por exemplo, perguntaram sobre a carga do elétron, o que eram quarks, léptons, o bóson de Higgs. Também surgiram perguntas relativas às interações fundamentais.

O desempenho deste grupo de alunos no pré-teste foi muito similar ao encontrado no grupo de validação usado para validar o teste. Apenas em algumas questões surgiram alguma diferenças como, por exemplo, na questão 8, que perguntava sobre qual seria o modelo atômico aceito atualmente. A maioria dos integrantes deste grupo respondeu que seria o modelo quântico.

O mesmo ocorreu com a questão 11, que perguntava o que é um quark. Como comentado acima, esta foi uma das perguntas que surgiram durante a realização do teste e como resposta a maioria os estudantes apresentaram “não sei”. A questão 16 que perguntava o que era o Modelo Padrão foi respondida levando em conta seus conhecimentos sobre a Física Clássica, pois escolheram a alternativa que dizia que este era uma teoria baseada na Física Clássica. Este mesmo padrão de respostas, ou seja, usar relações com a Física Clássica se repetiu na questão 18, em que se perguntava quais eram as forças fundamentais da natureza. Os estudantes escolheram apenas opções que relacionassem forças discutidas em aulas de Física Clássica.

A questão 19, que perguntava sobre quais seriam as partículas mediadoras das forças fundamentais, apontaram como respostas as partículas positivas e negativas. E por fim, ao responder a questão 24, que tratavam dos mésons, relacionaram estes com a carga elétrica de prótons e elétrons.

O Quadro 22 abaixo expressa as respostas deste grupo de alunos para o pré-teste:

Questões	Número de alunos (N=24)
<b>1. O que é um átomo?</b>	
a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.	2
b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.	14
c) Uma partícula básica da matéria.	3
d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	5
e) Não sei.	0



<b>2. O que constitui os átomos?</b>	
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	20
b) Léptons e quarks.	1
c) Partículas alfa e beta.	0
d) Partículas positivas e negativas.	3
e) Não sei	0
<b>3. O que são prótons?</b>	
a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	3
b) Partículas elementares porque são indivisíveis.	0
c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.	20
d) Partículas constituídas por quarks.	1
e) Não sei.	0
<b>4. O que são elétrons?</b>	
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	2
b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.	21
c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	0
d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.	1
e) Não sei.	0
<b>5. O que são nêutrons?</b>	
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	3
b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.	16
c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.	4
d) Partículas constituídas por quarks.	0
e) Não sei.	1
<b>6. O que é um modelo atômico?</b>	
a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.	20
b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.	3
c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.	0
d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.	0
e) Não sei	1
<b>7. Como um modelo atômico é construído?</b>	
a) Por meio da imaginação dos cientistas.	1
b) Por meio de observações da natureza.	2
c) Por meio de observações experimentais.	9
d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.	11
e) Não sei.	1
<b>8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?</b>	
a) Rutherford.	6
b) Thomson.	4
c) Bohr.	1
d) Quântico.	8
e) Não sei.	5
<b>9. O que é uma partícula elementar?<sup>3</sup></b>	
a) O mesmo que um átomo.	4
b) Um conjunto de prótons.	1
c) A menor porção de matéria conhecida.	13
d) Um conjunto de elétrons.	4
e) Não sei.	1
<b>10. Como são detectadas as partículas elementares?</b>	
a) Usando um microscópio.	4
b) Por meio de sua observação direta na Natureza.	0
c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de	13

<sup>3</sup> Um aluno deixou a questão em branco.

aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.	
d) Com o uso de telescópios especiais.	6
e) Não sei.	1
<b>11. O que é um quark?</b>	
a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	6
b) Um átomo ionizado.	2
c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.	2
d) Um conjunto de prótons.	4
e) Não sei.	10
<b>12. Quantos quarks existem?</b>	
a) 1	2
b) 4	4
c) 6	0
d) 8	2
e) Não sei.	16
<b>13. O que significa dizer que o quark tem cor?</b>	
a) Que eles variam a sua coloração em função da luz que incide sobre eles.	4
b) A cor é a propriedade que define a massa dos quarks.	3
c) Esta é a propriedade que define a carga elétrica dos quarks.	4
d) É uma propriedade dos quarks, assim como a carga elétrica	4
e) Não sei.	9
<b>14. O que é um lépton?</b>	
a) Um átomo ionizado.	6
b) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	3
c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.	1
d) Um conjunto de elétrons.	7
e) Não sei.	7
<b>15. Quantos léptons existem?</b>	
a) 1	0
b) 4	2
c) 6	3
d) 8	2
e) Não sei.	17
<b>16. O que é o Modelo Padrão?</b>	
a) A teoria mais simples para explicar a natureza das partículas elementares.	8
b) Uma teoria sobre as partículas elementares baseada na Física Clássica.	7
c) Uma teoria baseada na intuição dos cientistas sobre o comportamento das partículas elementares.	5
d) Uma teoria que representa o conhecimento atual sobre a natureza da matéria.	3
e) Não sei.	1
<b>17. Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão?</b>	
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	14
b) Léptons e quarks.	7
c) Apenas o elétron.	1
d) Apenas o fóton.	0
e) Não sei.	2
<b>18. Quais as forças fundamentais existentes na Natureza?</b>	
a) Força de atrito, força peso, força atômica e força molecular.	3
b) Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.	3

c) Força centrípeta, força centrífuga, força elétrica e magnética, força gravitacional.	9
d) Força eletromagnética, força de atrito, força gravitacional e força nuclear.	9
e) Não sei.	0
<b>19. Quais seriam as partículas mediadoras das interações fundamentais da Natureza?</b>	
a) Partículas alfa e beta.	0
b) Prótons, elétrons e nêutrons.	7
c) Glúons, fótons, partículas Z e W e o gráviton.	2
d) Partículas positivas e negativas.	11
e) Não sei.	4
<b>20. Que tipo de interação predomina no núcleo atômico?</b>	
a) Interação nuclear forte.	4
b) Interação eletromagnética.	14
c) Interação gravitacional.	2
d) Interação nuclear fraca.	3
e) Não sei.	1
<b>21. O que são partículas virtuais?</b>	
a) São as partículas mediadoras das interações dos campos de força.	13
b) Partículas responsáveis pela carga elétrica dos prótons.	1
c) Partículas responsáveis pela massa dos elétrons.	0
d) Partículas responsáveis pela cor dos quarks.	3
e) Não sei.	7
<b>22. O que seria o gráviton?</b>	
a) Uma partícula elementar assim como o próton.	0
b) Uma das partículas que compõem o nêutron.	0
c) A partícula responsável pela carga elétrica dos átomos.	0
d) A partícula mediadora da interação gravitacional.	20
e) Não sei.	4
<b>23. O que é o bóson de Higgs?</b>	
a) É uma partícula que interage fortemente com a matéria.	2
b) É uma das partículas que formam os átomos.	0
c) Especula-se que esta é a partícula responsável pela massa das demais partículas elementares.	7
d) É uma partícula que forma os prótons.	1
e) Não sei.	14
<b>24. O que são mésons?</b>	
a) Partículas responsáveis pelas interações entre prótons e elétrons.	1
b) Partículas mediadoras da interação forte residual.	2
c) Uma das partículas que compõem o nêutron.	4
d) Partículas com carga elétrica equivalente à metade da carga elétrica de elétrons e prótons.	9
e) Não sei.	8
<b>25. O que são antipartículas?</b>	
a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da Natureza.	1
b) Partículas com todas as características contrárias a de sua correspondente na matéria.	8
c) Partículas iguais a suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.	9
d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.	2
e) Não sei.	4
<b>26. O que é a matéria escura?</b>	
a) É a matéria responsável pela formação dos buracos negros.	5
b) É a matéria que forma uma pequena parte do Universo.	4
c) Ainda não sabemos o que é a matéria escura, mas sua	3

existência foi concluída através da análise de efeitos gravitacionais.	
d) É a matéria responsável pela formação de todas as galáxias.	4
e) Não sei.	8
<b>27. O que o Modelo Padrão Supersimétrico?</b>	
a) Uma extensão do Modelo Padrão das partículas elementares.	6
b) Uma nova teoria que pretende explicar do que a matéria é feita.	2
c) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.	4
d) Uma nova teoria, baseada na Física Clássica, que pretende explicar do que a matéria é feita.	3
e) Não sei.	9
<b>28. O que são as supercordas?</b>	
a) Teoria que explica como o Universo funciona, através dos princípios da Física Clássica.	1
b) Teoria que pretende unificar as interações fundamentais da natureza.	1
c) Uma teoria que explica o surgimento do Universo.	1
d) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.	8
e) Não sei.	13
<b>29. O que é o Large Hadron Collider (LHC)?</b>	
a) Um telescópio espacial.	3
b) Um experimento capaz de criar buracos negros com um campo gravitacional tão intenso quanto os existentes no espaço sideral.	2
c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.	1
d) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o <i>Big Bang</i> .	12
e) Não sei.	6

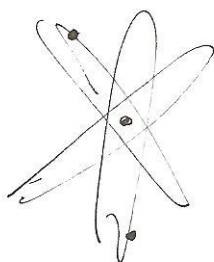
**Quadro 22: Questões objetivas e resultados de opções dos alunos para cada alternativa.**

Assim como nas questões objetivas do teste, o desempenho deste grupo de alunos na questão dissertativa foi similar ao grupo que participou da etapa relativa à validação do teste. De uma forma geral, os alunos apresentaram como resposta que a matéria era constituída de prótons, elétrons e nêutrons. Ou que a matéria era constituída por átomos. Assim como disseram que a matéria é constituída por partículas microscópicas. Uma das respostas mencionou as ligações atômicas e a troca de elétrons. E uma das respostas mais completas descreve a matéria formada por partículas extremamente pequenas que interagem entre si por meio de forças eletromagnéticas e nucleares. Mesmo que esta resposta não denomine exatamente quais são as partículas e suas interações, é a que melhor se aproxima da descrição da estrutura da matéria.

Também surgiram respostas que expressaram o empirismo presente nas concepções dos alunos, por exemplo, alguns disseram que a matéria era tudo que podíamos sentir ou tocar.

Quanto aos desenhos, ou outras representações, estas também apresentam o mesmo padrão de respostas, e em alguns momentos até inferior, ao apresentado pelo grupo analisado para a validação do teste. Atribuiu-se este julgamento, pois os desenhos apresentados nesta questão sequer foram acompanhados por uma explicação, como surgir com o grupo que participou da validação do teste. Abaixo estão expressas algumas destas representações:

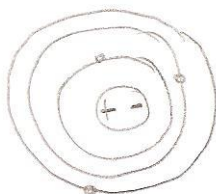
Resposta 1:



Resposta 2:



Resposta 3:



Como foi dito anteriormente, nenhuma das respostas está acompanhada de uma descrição. O que se pode inferir é que em todas é possível identificar os níveis de energia presentes no átomo, seu núcleo, representado por uma “bolinha”. E as partículas presentes nestes níveis de energia, também representadas por “bolinhas”.

Na resposta 3, identifica-se um problema na concepção de núcleo. Pois este é representado como composto por partículas positivas e negativas.

Ao final da realização dos testes, dois alunos expressaram sua opinião. Um deles justificou-se por não ter respondido à última folha do teste, na qual estavam as questões descritas como específicas na descrição do pré-teste (seção 4.1.2), dizendo que não conhecia os assuntos tratados naquelas perguntas. Um outro aluno não quis responder a última questão.

Então, de uma forma geral, este grupo de alunos apresentou deficiências conceituais similares às apresentadas pelo grupo que participou da validação do teste. Tinha-se como hipótese que isso aconteceria, razão pela qual o planejamento da UA foi feito sobre o resultado do grupo que validou o pré-teste.

#### 4.2.2 Desenvolvimento da atividade baseada no filme “O discreto charme das partículas elementares”

Esta atividade foi desenvolvida na segunda aula da UA, durante dois períodos consecutivos. Cada período tem cinquenta minutos de duração. Inicialmente os alunos receberam orientações sobre o filme que assistiriam, sendo informados que o tema do filme relacionava-se com o questionário que haviam respondido na aula anterior. Como foi dito anteriormente a duração do filme foi de quarenta e três minutos.

Durante a exibição do filme os alunos fizeram alguns comentários referentes ao tema da UA, por exemplo, falavam sobre a quantidade de partículas e seus nomes estranhos. Quando o átomo de hidrogênio foi apresentado os alunos esboçaram uma reação de que nem tudo era novo para eles. Outro momento de grande agitação foi quando se explicou que as partículas são representadas por equações matemáticas, a repulsa foi imediata.

Ao final do filme a professora-pesquisadora retomou brevemente a classificação das partículas elementares. O slide usado pode ser visto na Figura 3.

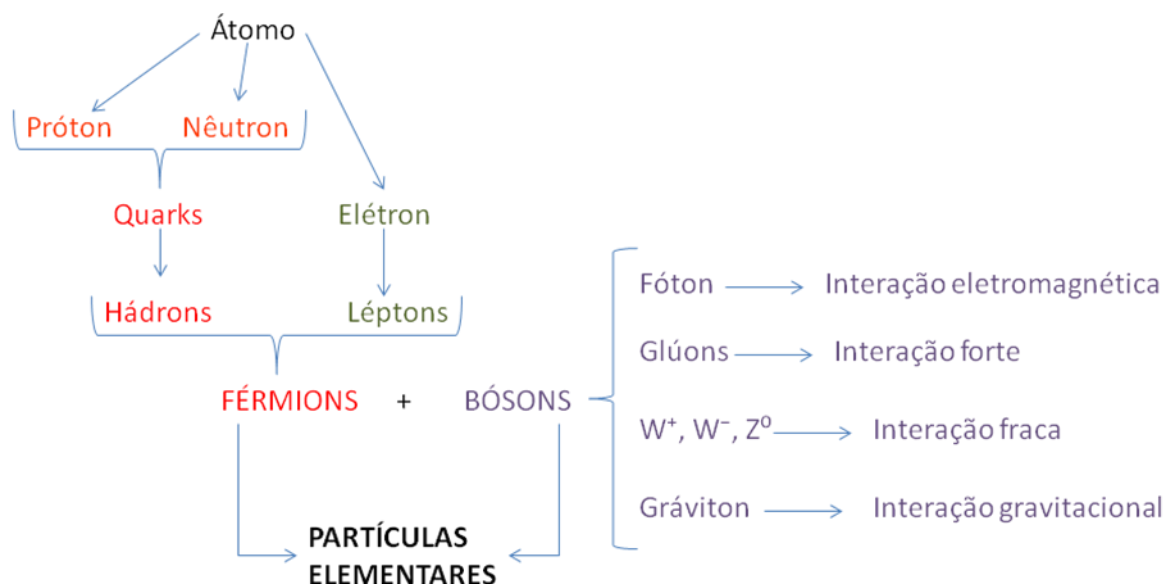


Figura 3: Slide utilizado para a apresentação das partículas elementares.

O objetivo deste momento na instrução foi ajudar os alunos a organizar os novos conceitos propostos pelo filme. Abaixo está transcrita a explicação do slide dada aos alunos:

*“Inicialmente, imaginava-se que a menor porção de matéria seria o átomo (a-negação, tomosparte). Essa proposta prevaleceu por aproximadamente vinte séculos. Contudo, com o aumento tecnologia experimental, o final do século XIX e o início do século XX conhecemos o elétron, o próton e o nêutron, como partículas constituintes do átomo. Assim, pode-se inferir que:*

*1ª) o átomo é divisível.*

*2ª) poderiam existir outras partículas dentro dos prótons, nêutrons e elétrons?*

*E não muito tempo depois se detectou que prótons e nêutrons são compostos por partículas menores, os quarks. Os quarks formam uma classe de partículas chamadas de hádrons.*

*Já os elétrons não apresentaram nenhuma estrutura interna. Foram detectadas algumas partículas com características semelhantes às dos elétrons e essas partículas formaram um grupo chamado de léptons.*

*Hádrons e léptons formam um grupo chamado de férmions.*

*Contudo, para que essas partículas possam formar a matéria elas têm que estar unidas. A união entre elas é dada por meio de quatro partículas mediadoras das quatro interações fundamentais: o fóton, partícula mediadora da interação eletromagnética, os glúons, partículas mediadoras da interação forte, as partículas W e Z, mediadoras da interação fraca e, espera-se, o gráviton, possível partícula mediadora da interação gravitacional (a teoria prevê a existência do gráviton). Essas partículas mediadoras formam um grupo chamado de bósons.*

*Férmions e bósons são, atualmente, considerados as partículas mais elementares encontradas na natureza.”*

Este slide foi projetado de forma que cada um destes conceitos fosse aparecendo na tela gradualmente. Dessa forma, foi apenas no final da explicação que os alunos visualizaram a figura como pode ser vista acima. Também foi utilizado o *site* que a TV Cultura (2008) disponibiliza sobre o filme para complementar a explicação. Neste momento a professora-pesquisadora fez um comentário a respeito da disposição dos bósons no modelo apresentado pelo filme e pelo *site*. Neste material, na classificação dos bósons mediadores, estão relacionados os fótons, as partículas Z e W, os glúons e o bóson de Higgs. Então se comentou que tanto o bóson de Higgs como o gráviton não haviam sido detectados, mas estavam previstos pela teoria.

Ao final desta exposição, os alunos foram solicitados a fazer perguntas ou comentários sobre o que haviam assistido. Inicialmente a confusão foi muito grande, alguns manifestavam a sua dificuldade em compreender os temas discutidos no filme. Um dos primeiros alunos a falar comentou que até aquele momento acreditava que o átomo era composto por prótons, elétrons e nêutrons. Também surgiram perguntas como: “*o elétron era a menor partícula constituinte da matéria?*”; “*qual seria a menor partícula constituinte da matéria?*”; “*o que é antimatéria e para que serve?*”; “*o que é um neutrino e para que serve?*”; “*teremos que saber todos estes nomes?*”

O comportamento relatado acima correspondeu ao esperado, pois apresentar um tema completamente novo causa este grande número de questionamentos. Sobre alguns destes questionamentos, o que chamou a atenção foi a busca pela utilidade do conhecimento que pode ser percebida nas perguntas “*o que é antimatéria e para que serve?*”; “*o que é um neutrino e para que serve?*”. O que transparece é que os estudantes estão sempre procurando uma utilidade para o que aprendem, se o conhecimento não puder ser empregado de uma forma útil não tem valor. É justamente este aluno que esta metodologia proposta quer alcançar - apresentando o desenvolvimento da ciência, baseado no seu contexto histórico e comentado por meio da epistemologia de Bachelard. Esta metodologia procura apresentar a Ciência e como ela se desenvolveu.

A etapa seguinte foi a proposta de trabalho baseada no filme. Cada um dos oito grupos recebeu a tarefa de responder algumas perguntas abordando conceitos tratados no filme (ver seção 4.1.5.1) e uma cópia do filme. Cada grupo deveria se



preparar para apresentar oralmente a toda a turma (em forma de um seminário) na aula seguinte. A professora-pesquisadora recomendou que todos os grupos assistissem ao filme novamente e recomendou que acessassem o *site* da TV Cultura (2008).

Assim, na terceira aula da UA, foi realizada a apresentação desta atividade. Na aula destinada às apresentações, mas um pouco antes, alguns grupos procuraram a professora-pesquisadora para discutir algumas dúvidas que persistiam. Por exemplo, tinham dúvidas sobre a interação forte, cor e sabor dos quarks. Durante esta conversa, os alunos relataram interesse e motivação no trabalho.

O papel da professora-pesquisadora foi de mediadora durante o seminário, tentando interferir o mínimo possível, mas completando respostas muito sucintas e corrigindo eventuais equívocos.

Abaixo serão descritos e comentados o trabalho desenvolvido por cada grupo nesta atividade.

#### Grupo A:

1. Identifique a primeira partícula elementar que é apresentada na exposição.

*“A primeira partícula elementar a aparecer no filme é o fóton, que seria um tipo de bóson intermediador da força eletromagnética.”*

Comentário: O grupo identificou o fóton, contudo o filme apresenta o elétron como a primeira partícula elementar apresentada na exposição.

2. Como você definiria uma partícula elementar após assistir o filme?

*“O grupo definiria a partícula como uma massa indivisível, maciça como uma bola de bilhar, definitivamente uma partícula que não pode ser dividida.”*

Comentário: Mesmo relacionando as partículas elementares com a bola de bilhar, conseguiram identificar o conceito de partícula elementar.

3. Como você explicaria a função das partículas elementares na Natureza?

*“Ao nosso ‘ver’, a função das partículas tem a função de formar a matéria.”*

Comentário: Identificaram a função das partículas elementares e a formação da matéria.

4. Como você concebe a relação das partículas elementares e a origem do Universo?

*“As partículas vem em uma velocidade rápida em lados opostos e por estarem muito rápidas ao se colidirem acabam por liberar uma vasta quantidade de energia e formarem o Big Bang que seria a origem do universo.”*

Comentário: Não apresentaram uma resposta adequada ao explicarem a origem do *Big Bang* como um choque entre as partículas elementares. Neste momento a professora-pesquisadora interveio corrigindo a resposta do grupo.

5. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“É constituída por átomos que é formada por prótons e nêutrons que são formados por quarks ‘up’ e ‘down’ e os elétrons.*

Comentário: Identificaram que os átomos são formados por partes menores, os quarks.

Comentários sobre o desempenho do grupo: De uma forma geral, pode-se inferir que o grupo apresentou um bom desempenho na tarefa, pois ao responder as questões solicitadas, na maioria dessas, demonstrou compreensão do tema.

#### Grupo B:

1. Como podemos identificar uma partícula elementar?

*“É a menor partícula existente na matéria e é responsável pela formação de todos os corpos que conhecemos.”*

Comentário: o grupo entendeu a pergunta de uma forma diferente da imaginado pela professora-pesquisadora. Provavelmente, o uso da palavra *identificar* deixou a questão um pouco ambígua. Mas, o grupo definiu o que é uma partícula elementar.

2. O que é o Modelo Padrão?

*“É o modelo atual mais aceito pela comunidade científica, para relacionar e explicar as partículas elementares que formam a matéria.”*

Comentário: Conseguiram identificar o conceito de Modelo Padrão.

3. Quais as famílias de partículas que fazem parte do Modelo Padrão?

*“O modelo padrão é constituído pelos quarks, léptons e bósons mediadores.”*

Comentário: Assim como na questão anterior, identificaram as partículas constituintes do Modelo Padrão.

4. Prótons e nêutrons são partículas elementares? Por quê?

*“Não porque eles são constituídos por quarks, assim não são indivisíveis.”*

Comentário: Identificaram que o próton e o nêutron são formados por partículas menores, os quarks. Logo não são partículas elementares.

5. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“A matéria é formada por partículas extremamente pequenas (quarks, léptons e bósons) que formam a estrutura dos átomos e interagem entre si por meio de forças eletromagnéticas e nucleares.”*

Comentários: Conseguiram identificar conceitos importantes para o desenvolvimento do tema, citando as partículas elementares e seus bósons mediadores as forças eletromagnéticas e nucleares na formação dos átomos.

Comentários sobre as respostas do grupo: a primeira questão não foi respondida da forma que era esperada, mas o desempenho nas demais foi bom, pois, aparentemente, identificaram conceitos importantes para o desenvolvimento do tema.

Grupo C:

1. Como podemos explicar a diferença de massa entre prótons e nêutrons? Considere que a massa do próton é  $m_p=1,67 \times 10^{-27}$ kg e a massa do nêutron  $m_n=1,68 \times 10^{-27}$ kg.

*“No setor dos léptons existem na primeira família o quark up e o quark down e são eles os responsáveis pela formação dos prótons e dos nêutrons. Os prótons são formados por dois quarks up e um quark down e já os nêutrons são formados por dois quarks down e um quark up e é por esta razão que existe uma diferença de massa entre os prótons e os nêutrons.”*

Comentário: A questão foi bem respondida, pois apresentaram uma explicação detalhada.

2. Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?

*“Existem seis tipos de quarks, são eles: na primeira família os quarks up e down, na segunda família os quarks estranho e charmoso e na terceira família os quarks botton e top.”*

Comentário: Conseguiram identificar os quarks.

3. E o elétron, qual o seu papel no Modelo Padrão?

*“O elétron é uma partícula elementar no setor dos léptons do Modelo Padrão.”*

Comentário: Identificaram o papel do elétron no Modelo Padrão.

4. Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?

*“Existem seis léptons, são eles: o elétron e o neutrino do elétron, o múon e o neutrino do múon, o tau e o neutrino no tau.”*

Comentário: Relacionaram corretamente os léptons e seus respectivos neutrinos.

5. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“A matéria é constituída por partículas elementares, que são compostas por um único elemento. As partículas elementares são objetos complexos que possuem uma enorme quantidade e variedade de interações.”*

Comentário: Citaram adequadamente o conceito de partícula elementar e do seu papel na constituição da matéria.

Comentários sobre as respostas do grupo: A apresentação deste grupo foi muito bem conduzida. Identificaram e citaram conceitos importantes sobre o tema, além de demonstrarem segurança ao expor suas ideias para os demais colegas. Também prepararam uma apresentação em *Power Point*, parte da qual é apresentada na Figura 4.

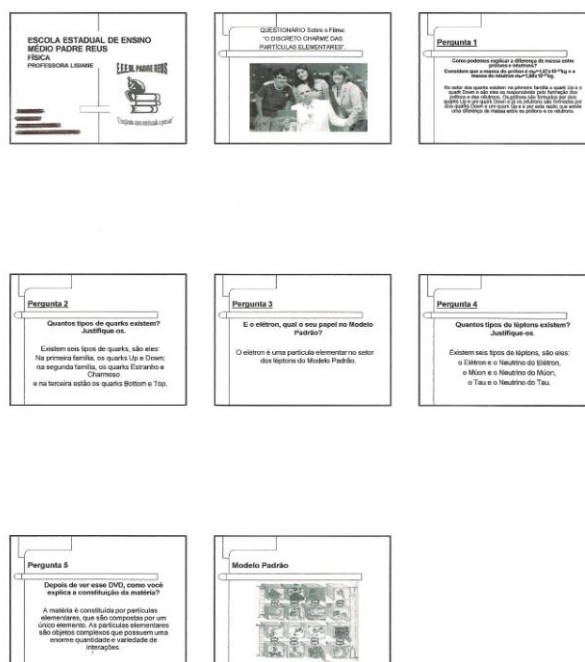


Figura 4: Parte da apresentação da atividade 1 elaborada pelo grupo C.

### Grupo D:

1. O que é o fóton? Qual o seu papel no Modelo Padrão?

*“O fóton é a partícula elementar responsável pelo fenômeno eletromagnético. No modelo padrão ele media as interações eletromagnéticas e constrói as formas de luz.”*

Comentário: A parte final da resposta (sublinhada) está um pouco confusa, mas durante a explicação o grupo corrige esta incoerência dizendo que a luz é formada por fótons. Assim, considerando também a explicação dada pelo grupo durante a apresentação, considera-se que a resposta está adequada ao tema abordado.

## 2. Quais são as forças que agem no Universo? Caracterize-as?

*“Interação gravitacional, que atua devido a presença de massa entre as partículas (essa é uma interação praticamente irrelevante no mundo das partículas, uma vez que a sua intensidade relativa no mundo microscópico é muitíssimo pequena). Interação eletromagnética, que atua nas partículas que possuem carga elétrica, como os elétrons e prótons. Interação forte, que atua nas partículas que possuem a carga cor, como os quarks e os glúons. Interação fraca, que atua modificando o sabor dos quarks.”*

Comentário: Nas explicações dadas durante a apresentação, o grupo não explicou com exatidão as interações fundamentais. Por exemplo, ao falar sobre a interação fraca, mesmo reconhecendo que ela é irrelevante para o mundo microscópico não explica o porquê. Nas interações forte e fraca, apresentaram insegurança ao falar sobre o tema. E na explicação sobre a interação eletromagnética demonstraram mais compreensão sobre o assunto. Mas este tipo de dificuldade já era esperado, pois as interações forte e fraca são um assunto novo para este grupo, este foi o seu primeiro contato com o tema. A interação gravitacional mesmo já sendo conhecida e tendo sido estudada por eles apresentou características novas, que provavelmente não haviam sido tratadas anteriormente. E a interação eletromagnética era a mais conhecida pelo grupo, por isso seu desempenho foi maior nesta interação. Além disso, é importante lembrar que esta é uma atividade foi desenvolvida utilizando-se o organizador prévio, por esse motivo não devemos esperar indícios de aprendizagem nesta etapa da instrução, pois este não é o objetivo, neste momento.

## 3. Quais são os bósons mediadores de cada interação fundamental?

*“Cada interação tem um bóson mediador. A interação eletromagnética tem o fóton como seu bóson mediador; a interação forte, os glúon; a interação fraca os*

*bósons de gauge  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  e a interação gravitacional, apesar de não ter sido ainda detectado, há a proposta para o gráviton.”*

Comentário: Apresentaram uma resposta coerente com o que foi discutido no filme. Relacionando cada bóson a sua interação e falando sobre a proposta do gráviton.

4. O que é “bóson de Higgs”? Qual a hipótese dos cientistas sobre ele?

*“Bóson de Higgs é uma partícula escalar maciça hipotética predita para validar o modelo padrão. É a única partícula do modelo padrão que ainda não foi observada, mas representa a chave para explicar a origem da massa das outras partículas elementares.”*

Comentário: Na resposta anterior haviam apresentado a proposta do gráviton e relatado que ele não havia sido detectado. Nesta resposta apresentam o bóson de Higgs como única partícula do Modelo Padrão que não foi detectada. Houve algum problema que compromete o que foi apresentado, pois tanto o gráviton como o bóson de Higgs são previsões do modelo padrão. Além disso, quando definem o bóson de Higgs como *uma partícula escalar maciça hipotética* não apresentaram maiores explicações sobre este conceito, nem mesmo quando perguntados.

5. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“A matéria é formada pelo átomo. Que é constituído pelo próton, pelo nêutron e pelo elétron. Os prótons são formados por dois quarks up e um quark down. E o elétron faz parte dos léptons. Os nêutrons são formados por dois quarks down e um quark up.”*

Comentário: Responderam a questão coerentemente com o conceito de partícula elementar e reconheceram os quarks e léptons como integrantes deste grupo. E, além disso, apresentam o átomo, os prótons e nêutrons como divisíveis.

Comentários sobre as respostas do grupo: Mesmo com algumas dificuldades, que ocorreram pela dificuldade nos temas pelos quais foram responsáveis, o grupo mostrou-se muito interessado no conteúdo. Procurou a professora-pesquisadora

para resolver suas dúvidas e discutiu com os demais colegas com o intuito de melhorar a sua compreensão sobre o tema. Preparam uma apresentação, com algumas ilustrações, em *Power Point*, parte da qual pode ver vista na Figura 5.

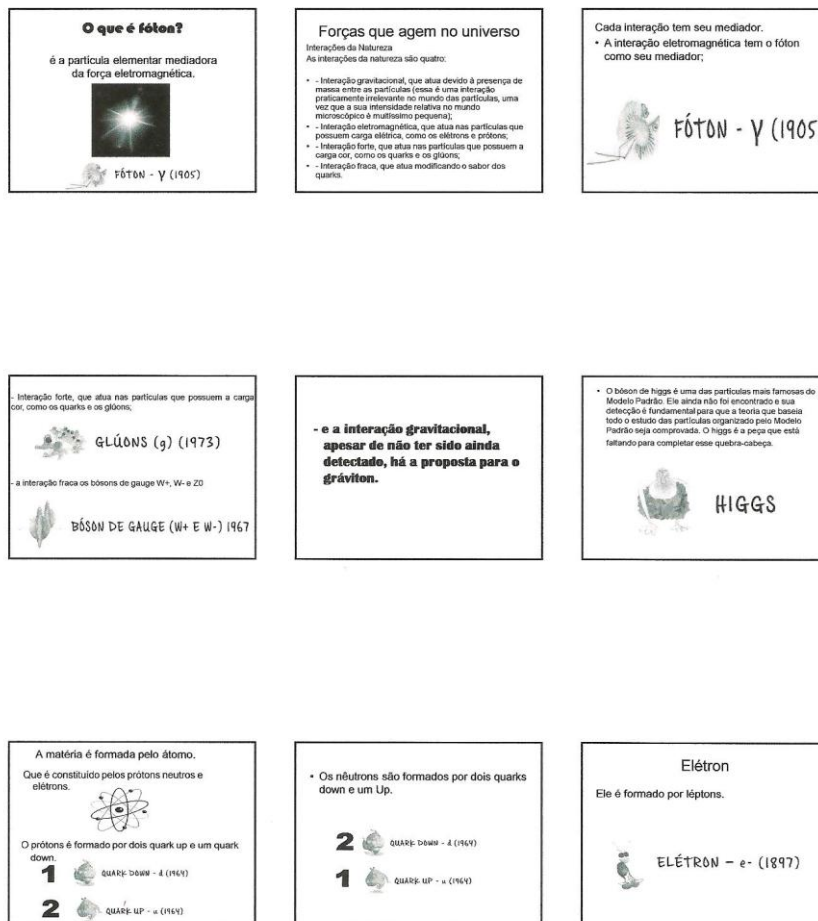


Figura 5: Parte da apresentação da atividade 1 elaborada pelo grupo C.

### Grupo E:

1. Considerando o átomo de hidrogênio, explique o que mantém o elétron “ligado” ao núcleo?

*“O núcleo é carregado positivamente e o elétron é carregado negativamente, imaginando que os dois tenham as cargas de valor igual desse jeito o átomo era eletricamente neutro. E interagindo entre núcleo e elétron, temos a força eletromagnética, que une as partículas carregadas eletricamente, força essa intermediada pelo bóson chamado fóton.”*



Comentário: Apresentaram uma boa explicação para a pergunta, relacionaram o valor da carga do núcleo e da eletrosfera com a carga neutra do átomo, falaram na força eletromagnética e no seu bóson mediador.

2. Se cargas de mesmo sinal se repelem, como os cientistas explicam que o núcleo atômico (formado por prótons e nêutrons) não se desintegre?

*“O núcleo possui uma força muito mais potente do que a força eletromagnética, é a força nuclear forte (mediada pelos glúons). Essas duas forças ficam brigando dentro do núcleo que faz com que os prótons se acomodem dentro do núcleo à uma certa distância, o que dá a impressão que eles se repelem.”*

Comentário: O mérito desta resposta está no grupo conseguir relacionar a intensidade da força forte e da eletromagnética. No entanto não conseguiram explicar de forma adequada a questão.

3. O que é antimatéria? Qual a sua relação com as antipartículas?

*“A antimatéria é a mesma matéria só que formada pelas antipartículas, que são o oposto das partículas, ou seja, possuem as mesmas propriedades, porém com cargas opostas. No universo primordial a matéria e a antimatéria foram formadas na mesma proporção, mas com a evolução a antimatéria foi suprimida, mas ainda permeia o mundo nas reações subatômicas.”*

Comentário: A resposta está coerente com o que foi tratado no filme. Esta é uma das últimas frases do filme, mas considerando que este é um conteúdo complexo a resposta está adequada.

4. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“A matéria é formada por átomos que tem em sua constituição os prótons e os nêutrons (formados pelos quarks up e down), em seu núcleo, e os elétrons em sua eletrosfera.”*

Comentário: Demonstraram compreensão da estrutura da matéria. Utilizaram um cartaz para responder esta pergunta e um detalhe muito importante utilizaram as

representações do filme no cartaz (Figura 6). E ao expressarem sua compreensão do tema, aparentemente, compreenderam que as figuras utilizadas são apenas representações das partículas elementares.



Figura 6: Foto do cartaz apresentado pelo grupo E durante a atividade 1.

#### Grupo F:

1. O que é simetria? Como podemos reconhecer seu papel no Modelo Padrão?

*“Simetria é a relação de tamanho ou disposição que entre si devem ter as determinadas coisas ou partes de um todo em relação a um ponto, eixo ou plano. Observamos seu papel no modelo padrão a partir do jeito que estão dispostas. Elas estão simetricamente cada um em seu devido lugar, dando equilíbrio à equação. Pois cada uma desenvolve um importante papel, e precisam estar agrupadas para que haja equilíbrio.”*

Comentário: Ao ler esta resposta, tem-se a impressão de que faltou a palavra partícula, que foi acrescentada em negrito. Dessa forma ela ficaria assim: *“Simetria é a relação de tamanho ou disposição que entre si devem ter as determinadas coisas ou partes de um todo em relação a um ponto, eixo ou plano. Observamos **o papel das partículas elementares** no modelo padrão a partir do jeito que estão dispostas. Elas estão simetricamente cada um em seu devido lugar, dando equilíbrio à equação. Pois cada uma desenvolve um importante papel, e precisam estar agrupadas para que haja equilíbrio.”* Como o grupo leu as respostas e a professora-pesquisadora sugeriu a inserção da palavra *partículas*, o próprio grupo concordou que sua resposta estava um pouco confusa.

2. As leis do mundo macroscópico e microscópico são as mesmas?

*“Não, as leis do mundo macro e micro são muito diferente, por isso, não tem como dizer com certeza, a velocidade em que as partículas elementares estão. A descrição ondulatória dos objetos macroscópicos tem consequências teóricas importantes, como o princípio da incerteza de Heisenberg. O fato de os objetos microscópicos, em muitas situações, terem uma localização no espaço mesmo que aproximada implica que não podem ser descritos por uma onda com um só comprimento de onda, pois esta ocuparia todo o espaço. É necessária uma superposição de comprimentos de ondas diferentes para se obter um “pacote” de ondas mais bem localizado e que represente o objeto microscópico.”*

Comentário: Novamente, ao lerem esta resposta não apresentaram compreensão sobre o que estavam lendo. Quando questionado o grupo não soube responder.

3. Por que a pesquisa científica é importante para a humanidade?

*“A cada pesquisa científica procura-se encontrar respostas ainda dadas a problemas existentes. A pesquisa científica tem por característica a objetividade e a crítica, pois sempre procura meios de provar e questionar teses. Exemplo, nossa tecnologia, como o celular digital, câmera digital, TV, etc. Também são exemplos de partículas elementares.”*

Comentário: O grupo novamente apresenta uma resposta ambígua, na qual se tem a impressão de que estão faltando palavras como no trecho, que foram sugeridas pela professora-pesquisadora e estão expressas em negrito: *cada pesquisa científica procura-se encontrar respostas **que ainda não foram** dadas a problemas existentes*. As palavras em vermelho dão mais significado a frase. Também não conseguiram relacionar de forma adequada os exemplos apresentados com as partículas elementares.

4. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“Tudo aquilo que tem massa e ocupa lugar no espaço pode ser definido como sendo matéria. Toda matéria é formada por pequenas partículas, designadas átomos. Segundo a teoria atômica de Dalton, podemos definir: a matéria é*

*constituída de pequenas partículas esféricas, maciças e indivisíveis, denominadas átomos. Elemento químico é composto de um conjunto de átomos com as mesmas massas e tamanhos. Elementos químicos diferentes indicam átomos com massas, tamanhos e propriedades diferentes. Substâncias diferentes são resultantes da combinação de átomos de elementos diversos. A origem de nossas substâncias está relacionada ao rearranjo dos átomos, uma vez que eles não são criados nem destruídos.”*

Comentário: Depois de ler esta questão é impossível acreditar que depois do filme e das discussões o grupo não tenha mudado suas concepções. O que parece é que não estavam presentes na discussão.

Comentários sobre as respostas do grupo: Ao apresentar, transpareceu que o grupo não tinha domínio do conteúdo. A postura do grupo durante a apresentação para seus colegas não foi adequada, eles foram o sexto grupo a apresentar, e simplesmente leram suas anotações e em nenhum momento se questionaram sobre o que estavam dizendo. Mesmo tendo ouvido os cinco grupos anteriores. Mesmo que apresentassem dificuldades com o novo conteúdo, como foi verbalizado por outros grupos, eles não procuraram ajuda para resolver suas dúvidas e nem mostraram-se favoráveis a um discussão antes da apresentação. O que se pode pensar a respeito é que não apresentaram nenhum interesse pela atividade. Durante a apresentação deste grupo a professora-pesquisadora interveio em diversos momentos tentando provocar uma reflexão sobre o que os alunos estavam apresentando e em alguns momentos até corrigindo o que era dito.

#### Grupo G:

1. Cite algumas aplicações tecnológicas de pesquisas científicas que você habitualmente usa. Tente pensar como seria o seu dia a dia sem esses equipamentos.

*“Microscópios que são usados na identificação de doenças facilitando a fabricação de remédios que são indispensáveis para a vida das pessoas. Outra aplicação é a televisão que é um exemplo de acelerador de partículas que temos em casa, mas este é totalmente dispensável em nossa vida.”*

Comentário: Poderiam ter citado mais exemplos já que haviam sido citados durante o filme.

2. O que é um acelerador de partículas? Você tem um em casa?

*“É um aparelho que através de placas magnéticas faz com que as partículas se aceleram e se colidam fazendo com que forme uma nova matéria. Sim a televisão é um exemplo de acelerador de partículas.”*

Comentário: A explicação está incompleta. Além disso, o final da explicação, em que se refere a formação de nova matéria ficou um pouco confusa, e não foi adequadamente esclarecida na discussão.

3. Você sabe o que é o LHC?

*“LHC que dizer ‘Large Hadron Collider’ e é o maior acelerador de partículas do mundo localizado na Suíça contendo 27 km de circunferência foi criado para explicar o surgimento da matéria e do Universo.”*

Comentário: A resposta está adequada ao filme.

4. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“Toda matéria que vemos é formada por átomos. Os átomos são compostos por partículas ainda mais simples: prótons, nêutrons e elétrons, e estes são formados por partículas mais elementares ainda: os quarks. Até hoje foram identificados apenas seis quarks: up, down, estranho, charmoso, bottom e top, e para cada um existe seu respectivo antiquark que tem carga elétrica oposta.”*

Comentário: A sua descrição está boa sobre a estrutura da matéria, mas incompleta. Poderia ter falado também nos léptons.

Comentários sobre as respostas do grupo: As duas primeiras respostas poderiam ter sido melhor desenvolvidas, pois tinham meios para isso. Mas, talvez não tenham assistido novamente ao filme, usando apenas suas lembranças ou anotações de

sala de aula. A última resposta também apresenta problemas, pois ao descrever a estrutura da matéria fala apenas nos quarks. Assim, o grupo poderia ter demonstrado mais empenho e melhorado suas respostas.

#### Grupo H:

1. Onde está localizado o LHC? Por que ele foi construído debaixo da terra?

*“A sigla LHC vem de Large Hadron Collider, que significa Grande Colisor de Hádrons. A palavra ‘colisor’ é um neologismo que alude às colisões que ocorrem no interior do LHC. A palavra ‘hádrons’, apesar de enigmática, designa, de maneira genérica, um tipo de partícula entre as quais a mais conhecida é o próton. Porém, existem muitos outros hádrons que tem sido descobertos precisamente no ‘colisores’ de partículas. Assim, como os prótons, todos os hádrons são partículas compostas de constituintes fundamentais como quarks e glúons. O caráter atualmente indiscutível desta afirmação é também resultado da pesquisa realizada com outros ‘colisores’ bastante anteriores ao LHC. O LHC visa, no entanto, sondar a matéria mais profundamente ainda para desvendar segredos fundamentais sobre a composição do mundo físico. O LHC é um projeto do CERN (centro Europeu para a pesquisa nuclear) que reúne 20 países membros efetivos e está situado na fronteira entre a Suíça e a França, muito perto da cidade de Genebra. O LHC ocupa um túnel subterrâneo de 27 km de circunferência, que na verdade foi aproveitado do projeto do LEP, desativado em 2000. Por questões topográficas e devido ao solo muito heterogenio, o túnel teve que ser perfurado com considerável inclinação, e sua profundidade varia de 50 m perto do Lago Lemman, até 175 m perto das montanhas do Jura. Significa que, para fazer reparos ou ajustes nesse setor, os técnicos devem descer uns 69 andares. Isto mostra que o tamanho dos desafios do CERN é de natureza extremamente diversificada. O projeto LHC iniciou-se em 1995, mas o lançamento da proposta oficial é dos anos 80. Em 10 de setembro de 2008, após mais de uma década de desenvolvimento específico, o LHC iniciou suas primeiras experiências, esperando-se que, em menos de um ano, ofereça dados de altíssimo impacto científico. Foi construído debaixo da terra por motivos da colisão de partículas e também porque ocuparia uma vasta extensão de terras e não poderia haver nada no local.”*

Comentário: A primeira parte da resposta está muito boa, no entanto a segunda parte poderia ter sido mais discutida.

2. Como funciona um acelerador de partículas? Qual é o papel dos detectores nesse equipamento? E o resultado desse experimento, como fazemos sua interpretação?

*“Dentro do túnel, trilhões de prótons são acelerados a 99,99% da velocidade da luz, metade numa direção, e metade na direção oposta do anel, e logo conduzidos a colidir frontalmente nos setores de detecção. Nota-se que uma colisão semelhante é quantitativamente tão improvável quanto a colisão frontal de duas agulhas disparadas a 10 km de distância entre si. Porém o LHC é capaz de gerar 600 milhões desses eventos por segundo. Os detectores de partículas monitoram os resultados das colisões, possuem mais ou menos o tamanho de prédios de 5 andares (entre 10 e 25 m de altura). O que resulta é simplesmente na colisão de partículas nas quais ao se colidirem fortemente, produzem muita energia dos quais originam a matéria.”*

Comentário: A resposta está incompleta, na verdade, foram feitas três perguntas. Deveriam ter falado como as partículas são aceleradas, e como são interpretados os resultados deste experimento.

3. O LHC pode causar o “fim do mundo” por meio de um buraco negro?

*“Não, pois possuem uma densidade muito pequena.”*

Comentário: Novamente poderiam ter apresentado uma discussão mais rica. A resposta está é muito vaga, superficial, não demonstra compreensão. Mas é uma resposta difícil de ser elaborada para quem teve apenas o primeiro contato com o tema.

4. Depois de ver esse DVD, como você explica a constituição da matéria?

*“Dá-se o nome de partículas elementares aquelas não constituídas por outras menores. Podemos citar como exemplo de partícula elementar o elétron (partícula portadora de carga negativa) e o fóton (partícula de luz). O átomo, ao contrário do que muitos pensam, não é uma partícula elementar pois é constituído por elétrons*

que giram ao redor do seu núcleo central, e em seu núcleo há prótons e nêutrons fortemente ligados por interações de caráter nuclear. Antigamente achava-se que prótons e nêutrons fossem partículas elementares, hoje sabe-se, porém, que são formados por partículas menores denominadas quarks que por sua vez são mantidas unidas pelo glúons. Os glúons exercem forças vigorosas nos quarks, mas não nos elétrons nem nos fótons.

Comentário: Expressaram boa compreensão sobre a estrutura da matéria e suas interações.

Comentários sobre as respostas do grupo: A apresentação do grupo baseou-se na leitura das respostas transcritas acima que foram complementadas por uma apresentação em *Power Point*. No entanto, surgiram alguns *slides* que foram utilizados como meras ilustrações sem que os integrantes do grupo soubessem explicar seu papel no experimento. Por exemplo, não souberam responder o que significava os “campos magnéticos visíveis” expressos em um dos slides. Além disso, apresentaram três das quatro respostas incompletas. Parte dos slides da apresentação do grupo pode ser vista na Figura 7.

**O que é LHC ?**

- Sigla LHC vem de Large Hádron Collider, que significa Grande Colisor de Hádrons. A palavra 'colisor' é um neologismo que alude às colisões que ocorrem no interior do LHC. A palavra 'hádrons', apesar de enigmática, designa, de maneira genérica, um tipo de partícula entre as quais a mais conhecida é o próton. Porém, existem muitos outros hádrons que têm sido descobertos precisamente nos 'colisores' de partículas.

• Assim como os prótons, todos os hádrons são partículas compostas de constituintes fundamentais conhecidos como quarks e glúons. O caráter atualmente indiscutível desta afirmação é também resultado da pesquisa realizada com outros 'colisores' bastante anteriores ao LHC. O LHC visa, no entanto, sondar a matéria mais profundamente ainda para desvendar segredos fundamentais sobre a composição última do mundo físico.

**Onde está o LHC?**

- LHC é um projeto do CERN (Centro Europeu para a Pesquisa Nuclear) que reúne 20 países membros efetivos e está situado na fronteira entre a Suíça e a França, muito perto da cidade de Genebra. O LHC ocupa um túnel subterrâneo de 27 km de circunferência, que na verdade foi aproveitado do projeto LEP, desativado em 2000. Por questões topográficas e devido ao solo muito heterogêneo, o túnel teve que ser perfurado com considerável inclinação, e sua profundidade varia de 50m perto do Lago Lemán, até 175m perto das montanhas do Jura.

Significa que, para fazer reparos ou ajustes nesse setor, os técnicos devem descer uns 60 andares. Isto mostra que o tamanho dos desafios no CERN é de natureza extremamente diversificada. O projeto LHC iniciou-se em 1995, mas o lançamento da proposta oficial é dos anos 80. Em 10 de setembro de 2008, após mais de uma década de desenvolvimento específico, o LHC iniciou suas primeiras experiências, esperando-se que, em menos de um ano, ofereça dados de altíssimo impacto científico.

Figura 7: Parte da apresentação da atividade 1 do grupo H.



De uma forma geral, a turma demonstrou bastante interesse e participação na discussão. Ao final do seminário alguns alunos retomaram perguntas feitas na aula anterior, demonstrando interesse pelo trabalho desenvolvido. Ao final da discussão, alguns alunos relataram que haviam aumentado sua compreensão a respeito do tema.

De uma forma geral, a maioria dos grupos apresentou interesse na tarefa. Isso ficou evidenciado no final da exibição do filme, em um momento reservado para discussão do tema, a maioria dos alunos tinha alguma pergunta ou comentário a fazer. Como tiveram quatro dias para se prepararem para a apresentação, não reclamaram sobre falta de tempo para a atividade. Durante as apresentações, inicialmente, como era de se esperar, os primeiros grupos mostraram-se mais tímidos, mas ao longo das apresentações os alunos foram sentindo-se à vontade para fazer perguntas e comentários.

Neste momento, se faz importante alguns comentários sobre a teoria sócio-interacionista de Vygotsky. Como foi dito anteriormente, o papel do professor é atuar como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos, desde que isso ocorra dentro da ZDP do estudante. Assim como é importante lembrar, que o bom ensino é aquele que desafia o estudante. Dessa forma, o tema escolhido é muito adequado, pois mesmo que comece a instrução por conceitos que já estão estáveis dentro de sua ZDP, como o conceito de prótons, elétrons e nêutrons, exige conhecimentos que eles ainda não têm como os conceitos de quarks e léptons. Segundo Vygotsky, este é um passo importante que pode favorecer o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, pois pode provocar a alteração nos limites de sua ZDP. Assim como é importante elaborar atividades que desafiem os estudantes é igualmente importante, promover momentos que os estudantes possam verbalizar os conceitos que construíram. Dessa forma, esta atividade propicia um dos momentos fundamentais para o desenvolvimento cognitivo, segundo Vygotsky, a interação social. Em uma atividade como esta, o estudante tem a oportunidade de ouvir e ser ouvido. E neste momento, o papel do professor é de mediador, pois ele deve propiciar este ambiente em que todos possam falar e garantir que todos serão ouvidos. Esse momento, ouvir e ser ouvido, é fundamental para que o indivíduo se aproprie dos significados aceitos socialmente. É papel do professor garantir que estes significados são os aceitos cientificamente. Dessa

forma, tanto o tema escolhido que desafia os estudantes, propiciando mudanças nos limites de sua ZDP, como a atividade, o seminário, que proporciona um momento de ouvir e ser ouvido ao estudante, segundo Vigotsky, favorece seu desenvolvimento cognitivo.

No final das apresentações, alguns alunos procuraram a professora-pesquisadora para expressarem sua opinião sobre a atividade. Segundo eles, a atividade foi interessante, primeiro por sair do formato de aula tradicional e depois pelo novo tema apresentado.

É importante relatar, que durante a realização desta atividade, a professora-pesquisadora questionou-se sobre a elaboração de duas questões presente no questionário discutido: são as questões 10 (Quantos tipos de quarks existem? Justifique-os?) e 12 (Quantos tipos de léptons existem? Justifique-os?), destinadas ao grupo C. O uso da palavra “justifique-os” poderia ter dificultado a compreensão da questão, acredita-se que a palavra “cite-os” seria mais adequada.

No final da aula foi feita a entrega do texto *Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje*. Os alunos foram solicitados a ler a primeira parte do texto, em horário extraclasse. Leitura necessária para poderem fazer a segunda atividade da UA: elaborar uma linha do tempo sobre as ideias que conduziram ao conceito de partícula elementar. Neste momento alguns alunos reclamaram um pouco da leitura, pois consideraram a primeira parte de texto muito extensa (aproximadamente 40 páginas). No entanto, na aula seguinte pode-se perceber que a maioria dos alunos leu o texto.

#### 4.2.3 Elaboração de uma linha do tempo a partir da análise crítica do texto *Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje*

Esta atividade foi realizada na quarta e quinta aulas da UA. Para ela foram designados três períodos, utilizados da seguinte forma: o primeiro período foi destinado à discussão sobre a leitura realizada pelos alunos. Essa discussão foi orientada pela professora-pesquisadora, foram destacados momentos relevantes na História da Ciência que levaram a elaboração do conceito de partícula elementar. Também foi neste momento que foram realizadas discussões embasadas na epistemologia de Bachelard.

Os alunos tinham a liberdade de fazer perguntas, mas poucos tiveram essa atitude. Uma das poucas perguntas que surgiram relacionava-se à escala de grandeza com que se estava trabalhando. O aluno expressou que era difícil imaginar algo tão pequeno. Para ilustrar a resposta dada a esta pergunta foi exibido uma apresentação em *Power Point* intitulada Potências de 10, que mostrava a imagem de um objeto visualizada a um metro ( $10^0$  m) de distância do solo, depois a  $10^1$  m de distância e, progressivamente aumentando de um fator 10 a distância, até  $10^{23}$  m. Então, a distância volta a diminuir, no mesmo ritmo (fator) até chegar a  $10^{-16}$  m, a ordem de grandeza das partículas elementares. A intenção ao utilizar-se estas imagens foi aumentar a compreensão dos alunos e tentar ilustrar como é pequena a escala que estamos tratando.

Após a exibição desta apresentação, os alunos comentaram que agora conseguiam imaginar o que significava a ordem de grandeza do tratamento das partículas elementares. Salientaram que a apresentação foi muito esclarecedora e que sem ela seria difícil compreender o que era o “muito pequeno” que a professora-pesquisadora se referia. Aqui cabe também uma retomada sobre a teoria de Vygotsky. Ao abordar o desenvolvimento cognitivo, falou-se sobre o papel da escola em formar e o da mídia em informar. A experiência realizada ao utilizar-se a apresentação Potências de 10 reflete exatamente o que foi dito anteriormente. Essa apresentação é muito conhecida na *Internet* e provavelmente alguns alunos já deveriam ter visto, mas, conforme relatos, apenas com a intervenção da professora-pesquisadora conseguiram identificar o significado da apresentação. Ao final da exibição, poucos alunos (três alunos) lembraram que já haviam visto a referida apresentação.

O segundo período foi destinado à confecção das linhas do tempo por cada grupo. Este foi o primeiro momento que os alunos trabalharam efetivamente em sala de aula; a atividade anterior foi feita em casa e em aula houve apenas um momento para eventuais dúvidas. Inicialmente, os alunos não tiveram muito interesse em trabalhar em sala de aula, alegando que já haviam lido o texto e que não tinham dúvidas para elaborar a linha do tempo. Dessa forma, a professora-pesquisadora resolveu promover uma discussão sobre a primeira parte do texto para tentar motivar os alunos em seus pequenos grupos. Para começarmos esta discussão foram feitas algumas perguntas para alguns alunos escolhidos aleatoriamente. Esse momento foi

anteriormente elaborado pela professora-pesquisadora, pois como já foi dito essa era professora titular desta turma a já conhecia a dinâmica de trabalho destes alunos. Assim, prevendo que poderia encontrar dificuldades nos momentos em que os alunos deveriam trabalhar em pequenos grupos, a professora-pesquisadora organizou um roteiro de discussão da primeira parte do texto. Nesse roteiro estavam selecionados os pontos que suscitavam maior discussão e, por meio da epistemologia de Bachelard, provocavam maior reflexão sobre o desenvolvimento do conceito de partícula elementar. Este roteiro pode ser encontrado no Apêndice 3.

A discussão também tinha como objetivo mostrar aos alunos a importância de discutir seus pontos de vista com os demais, segundo Vygotsky, ouvir e ser ouvido. Esse momento é importante para o desenvolvimento cognitivo, pois segundo Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é um produto da interação social. E além da teoria de Vygotsky, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, também considera imprescindível a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem. Para Ausubel, esta é a disposição para aprender que o aluno deve demonstrar.

Segundo Ausubel, para que a aprendizagem seja potencialmente significativa, são necessárias três condições: o aluno deve ter os subsunçores necessários para a compreensão do tema abordado, quando isso não acontece propõem-se o uso de organizadores prévios, no caso desta pesquisa o filme “O discreto charme das partículas elementares”. A segunda condição é que o material a ser estudado seja potencialmente significativo. O texto “Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje”, foi organizado seguindo os preceitos de um material deste tipo, apresentando os conceitos mais inclusivos e progressivamente diferenciando-os (diferenciação progressiva) concomitante com este processo promoveu-se a reconciliação integrativa, de forma que o aluno “sobe e desce” na hierarquia conceitual em vários momentos durante a leitura do texto. E a terceira condição é a disposição para aprender. Como muitas vezes o aluno está acostumado com uma escola comportamentalista, na qual sua resposta correta é o objetivo final é difícil para ele mudar seu comportamento em tão pouco tempo, tornando-se um estudante altamente participativo e questionador. Dessa forma, a professora-pesquisadora optou por promover esta motivação inicial neste grupo por meio desta discussão. E o resultado desta experiência foi muito bom, os alunos releam o texto com outro

olhar, mais questionador, dando importância principalmente aos comentários que envolviam a epistemologia de Bachelard.

Na aula seguinte, o terceiro período de trabalho, os grupos apresentaram oralmente seus trabalhos. Nesta atividade a professora-pesquisadora colocou-se novamente como mediadora. Seu papel foi questionar porque os alunos fizeram as escolhas apresentadas na linha do tempo e cobrar coerência entre estas escolhas, de forma que esta linha do tempo apresenta coerência e um encadeamento de ideias de forma que não se apresente uma lista de fatos históricos. Comenta-se, a seguir, a apresentação de cada grupo.

### Grupo A:

O grupo elaborou sua linha do tempo com os acontecimentos mais importantes para a elaboração do conceito de partícula elementar em vermelho e os acontecimentos que deram suporte para os anteriores em azul. A Figura 8 é um foto do cartaz que foi utilizado durante a apresentação.



Figura 8: Foto do cartaz referente à linha do tempo apresentada pelo grupo A.

Assim, considerando o que foi dito acima, o grupo classificou como ideias mais importantes para a elaboração do conceito de partícula elementar as contribuições de Tales, e sua proposta sobre a água; Parmênides e os opostos buscando o equilíbrio; Heráclito com a proposta de que forças opostas buscam o equilíbrio por meio do movimento eterno e Leucipo com a proposta do átomo. Os fatos secundários, que deram sustentação a estes, segundo o grupo foram:

Anaximandro e a proposta do apeíron; Anaxínemes e a proposta do “ar”; Anaxágoras e as sementes e a visão não atomista de Aristóteles. Quanto a essa parte do texto, expressaram suas ideias com coerência e lógica.

O grupo, ao expressar quais seriam as ideias mais importantes dos séculos XVII e XVIII, apontaram os trabalhos de Galileu e sua nova forma de ver o mundo; o trabalho de Boyle sobre diferenciação de elemento químico e composto químico; Nicholson e Carlise com a eletrólise e Lavoisier por elaborar a primeira tabela periódica dos elementos químicos. Como proposta que deram suporte às anteriores apresentaram Gassendi e a diferenciação entre átomos e moléculas; Newton quando sugeriu que os átomos provavelmente existiram e o que os une é uma força. Aparentemente não atribuíram importância à Espectroscopia e à Teoria Cinética dos Gases.

Por fim, apresentaram que as ideias mais relevantes para a elaboração do conceito de átomo do século XIX foram as de Oersted que por meio dos trabalhos de Amperè, propõe que os átomos poderiam possuir portadores de carga elétrica; Foucault que corrobora a proposta de Faraday, por meio da espectroscopia; Canizaro e a proposta clara de distinção entre átomos e moléculas; Stoney e a sugestão do nome elétron, Thomson e a identificação do elétron. Para o grupo, a propostas que deram sustentação e estas ideias foram Dalton e a proposta da primeira teoria atômica científica; Ampère quando apresentou a proposta de que o átomo era divisível, baseado no conceito de Boyle para elemento químico; Faraday e as evidências de que algo eletricamente carregado poderia estar no interior dos átomos; Weber quando tenta explicar a estrutura atômica aprimorando o modelo de Fechner e Perrin que propõe a existência prótons e elétrons baseado em experimento que utilizavam descargas em gases rarefeitos.

É importante enfatizar que esta atividade reflete a interpretação do grupo, logo não existe uma resposta correta. O que se pode avaliar é a coerência das ideias apresentadas.

#### Grupo B:

Os componentes deste grupo fizeram um resumo das ideias mais importantes dos filósofos gregos. Explicitaram relações importantes, escolheram ideias que dão suporte à proposta do átomo de Leucipo. Destacaram a proposta de Tales (água),

Anaxímenes (“ar”), Heráclito (forças opostas buscando o equilíbrio por meio do eterno movimento), Anaxágoras (“sementes”), Leucipo (átomos). Demonstraram compreensão do texto, elegendo as ideias mais importantes e explicitando suas relações para a elaboração do conceito de partícula elementar.

Quanto às ideias dos séculos XVII e XVIII, poderiam ter trabalhado mais essa parte do texto, pois é nela que se estabelecem as bases teóricas para o século XIX. Tentaram destacar, mas resumiram demais, a diferenciação entre átomos e moléculas. Nesse trecho, destacaram: Gassendi (diferenciação de átomos e moléculas), Newton (uma nova ciência e sua desconfiança de que deveria existir uma forma que era responsável pela interação entre os átomos). O trabalho foi muito resumido, apenas dois tópicos quando no texto estavam presentes sete. Também não explicitaram as ricas contribuições que a teoria atômica recebeu das diversas ciências.

Quanto ao século XIX, novamente parece um trabalho muito pobre para a quantidade de informação disponibilizada. Nesse trecho, destacam: Dalton, mas não citam sua teoria atômica; Geissler e a importância da nova tecnologia para o progresso da ciência; Canizzaro e a distinção entre átomos e moléculas; atribuíram a Perrin a identificação dos prótons e elétrons e a Thomson também atribuíram a identificação do elétron. Como foi dito acima, o trabalho caracterizou-se por ser muito resumido, além das informações parecerem soltas e sem conexão. Não há destaque às diferentes contribuições das ciências para a elaboração do conceito de partícula elementar. O cartaz elaborado por este grupo está na Figura 9.

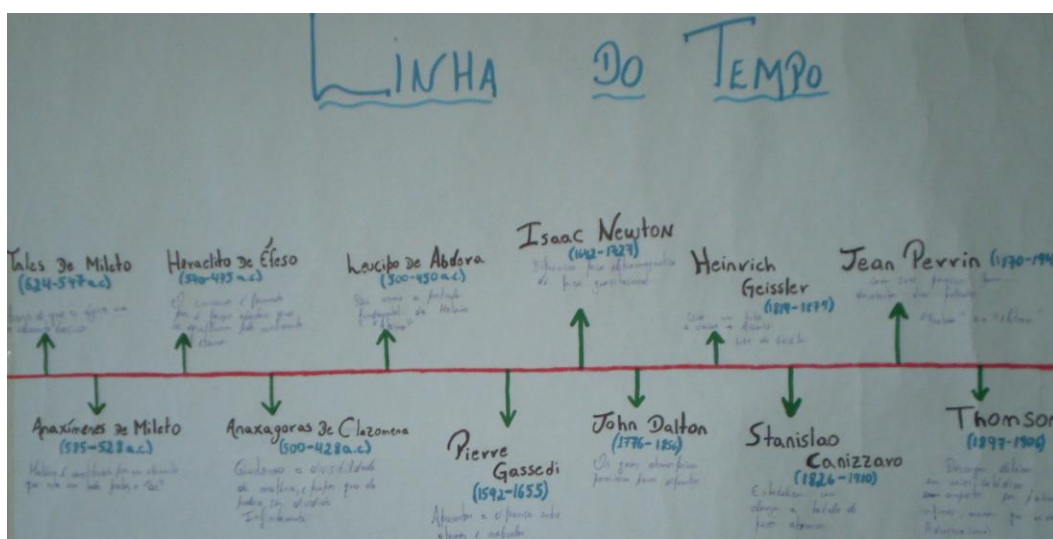


Figura 9: Foto do cartaz referente à linha do tempo apresentada pelo grupo B.

### Grupo C:

Ao falar sobre as ideias gregas o grupo fez algumas relações entre os pensadores e as suas contribuições para as diferentes propostas que existiam. Diferente dos demais grupos apresentaram Empédocles e sua teoria dos quatro elementos, mostrando assim o antagonismo entre os atomistas e outras propostas. Também abordaram Tales (água), Anaximandro (apeiron), Anaxímenes (“ar”), Parmênides (elementos opostos), Heráclito (universo formado por duas forças oposta – e apenas isso), Anaxágoras (“semente”), Empédocles (a teoria dos quatro elementos), Leucipo (átomo). Fizeram uma boa apresentação com uma linha de tempo coerente. Como foi dito anteriormente, foi o único grupo a apresentar as divergências com o atomismo.

Contudo ao falarem sobre os séculos XVII e XVIII apresentaram apenas a revolução científica e seu significado. Assim, considerou-se que falaram muito pouco sobre esses séculos, no texto eles são a base para o desenvolvimento do século XIX. É nesse sentido que ele fará falta. Mesmo que tenham considerado a revolução científica, não é embasamento bastante para fundamentar o próximo século.

Quanto ao século XIX citaram as diversas contribuições das ciências para a elaboração do conceito de partícula elementar. Contudo, como foi dito anteriormente, faltou embasamento do século anterior. Assim, as propostas e teorias surgiram do “nada”. Nesse tópico abordaram: Dalton (citaram a teoria atômica, mas apresentaram suas ideias iniciais sem a evolução), Foucault (cita os átomos compostos), Cannizzaro (conceito de molécula, referencia a trabalhos de Gay-Lussac e Avogadro), Mendeleev (tabela periódica), Geissler (refere-se à importância dos tubos de Geissler para o desenvolvimento do estudo sobre raios catódicos), Röntgen (identificação dos raios X), Becquerel (radioatividade), Thomson (detecção do elétron), radioatividade (detecção das diferenças entre os raios X e os raios identificados por Becquerel), Rutherford (partículas  $\alpha$  e  $\beta$ ), confirmação da existência dos elétrons (o trabalho não deixa claro, mas percebe-se que o grupo se refere ao efeito termiônico e o efeito fotoelétrico).

Como já foi dito, faltou embasamento para uma compreensão maior deste século, contudo relacionaram de forma correta e bem estruturada as propostas do século XIX. Citaram as diversas correntes (Química, Espectroscopia, tubos de



Geissler e a Radioatividade. No fim da discussão, percebe-se que perderam um pouco o “fio da meada”.

#### Grupo D:

Ao apresentarem sua síntese sobre as ideias gregas, este grupo apresentou uma argumentação consistente. Pois relataram a essência de cada tópico, demonstrando compreensão do assunto tratado. Apresentando uma visão lógica e bem estruturada destas ideias. Nesse tópico constaram: Tales e os primeiros questionamentos sobre a estrutura da matéria, e a proposta da água como componente básico da matéria. Anaxímenes e a proposta do “ar” como componente básico da matéria. Sobre esta proposta ressaltam que esta é a primeira sugestão de que o componente básico da matéria pode ser algo que não podemos ver. Anaxágoras e a sugestão de que o componente básico da matéria seriam as “sementes”. Também apresentam os primeiros questionamentos sobre a divisibilidade do componente básico da matéria. Empédocles, a teoria dos quatro elementos e comentam sobre a quebra de paradigma proposta por esta teoria, pois de um único elemento formador da matéria, ela sugere quatro. Leucipo e a proposta átomos. Platão e a sugestão da associação da teoria dos quatro elementos de Empédocles com os sólidos geométricos – geometrização. Aristóteles e a negação dos átomos.

Quanto aos comentários referentes aos séculos XVII e XVIII conseguiram apresentar um panorama geral sobre o desenvolvimento científico deste período. Fizeram comentários importantes sobre os tópicos abordados, no entanto não falaram da contribuição da Teoria Cinética dos Gases e da Espectroscopia para a elaboração da teoria atômica. Neste tópico constaram: Galileu e o reconhecimento da teoria atômica e a proposta da primeira unificação da Física, Newton e o conceito geométrico para o átomo, Lavoisier e a diferenciação entre átomos, moléculas e compostos químicos. Assim, mesmo com uma boa apresentação e comentários que demonstravam que o grupo havia estudado o texto, a exclusão de dois tópicos tão importantes para a elaboração do conceito de átomo condensou demais a apresentação, pois não demonstrou a complexidade da elaboração deste conceito.

E por fim, os comentários referentes ao século XIX apresentaram a mesma estrutura dos relatos referentes ao parágrafo anterior. Fizeram comentários muito

bons sobre os temas abordados. Neste tópico constaram: Dalton e a descrição da primeira teoria atômica; Amperè e a proposta de divisibilidade do átomo; Fechner e sua proposta de um modelo atômico, Faraday e seus resultados experimentais que indicavam que o átomo poderia ser composto por partículas subatômicas; Geissler e seus trabalhos experimentais que levaram ao desenvolvimento da teoria atômica; Weber e uma nova tentativa de elaborar um modelo atômico; Perrin e a identificação do próton e do elétron; Thomson e a confirmação do elétron. Neste tópico comentaram sobre as dúvidas resolvidas com a identificação do elétron.

Grupo E:

Este grupo organizou sua linha do tempo destacando os eventos mais importantes e representando-os com linhas pretas e os demais com linhas vermelhas. Isto pode ser vista na Figura 10 abaixo que apresenta a foto do cartaz utilizado pelo grupo na apresentação.

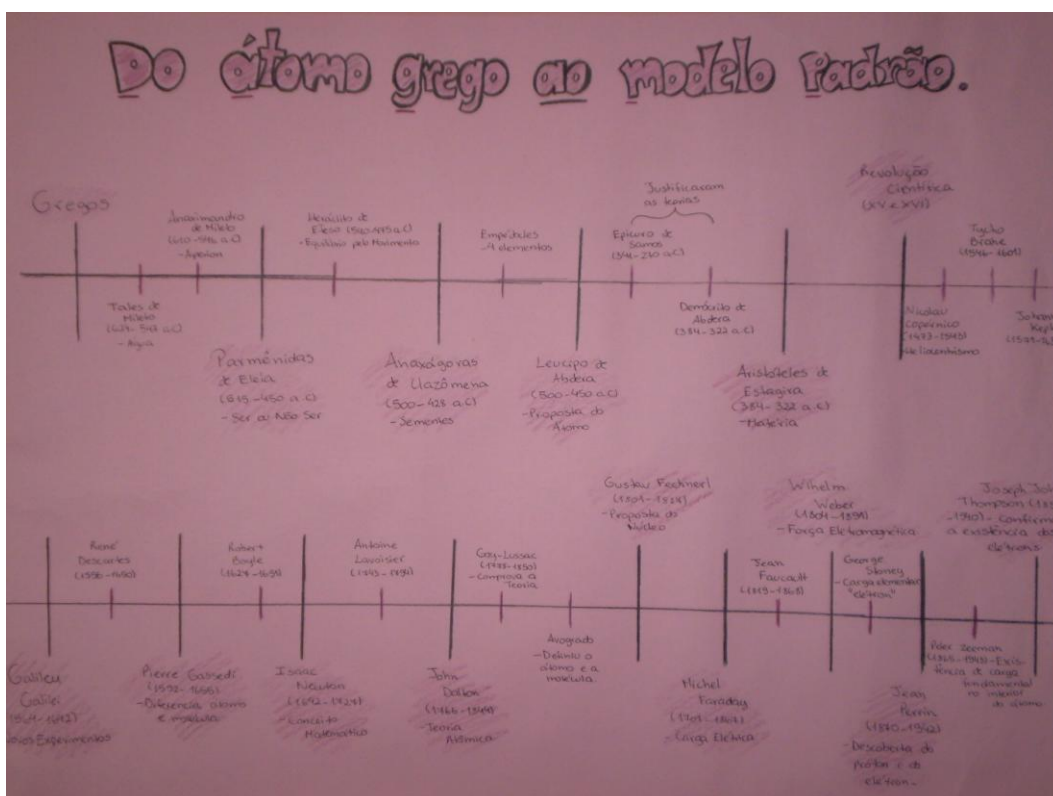


Figura 10: Foto do cartaz referente à linha do tempo apresentada pelo grupo E.

A apresentação começou com comentários sobre como os gregos se interessaram pela estrutura da matéria. O grupo trabalhou muito bem com sua

proposta de classificação. Usou os eventos considerados por eles como secundários para justificar os considerados mais importantes. Foram coerentes no uso desta argumentação e isso se refletiu na elaboração e apresentação da linha do tempo. Além disso, ao apresentarem a proposta do átomo de Leucipo, consideraram as diferentes ideias anteriormente apresentadas e suas contribuições para a elaboração desta ideia.

Segundo a classificação do grupo, os eventos mais importantes para a elaboração do conceito de partícula elementar foram: as ideias de Parmênides, pois ele uniu as ideias de Tales, Anaximandro e Anaxímenes e propôs que o mundo seria composto por dois elementos opostos - ser e não-ser. Anaxágoras ao propor a existência das “sementes”, apresenta a possibilidade de divisibilidade para o componente fundamental da matéria. Leucipo e o atomismo, e Aristóteles e a teoria dos quatro elementos. Os eventos secundários foram: as ideias de Tales, Anaximandro, Heráclito, Empédocles, Epicuro e Demócrito.

Quanto à apresentação dos temas referentes aos séculos XVII e XVIII, começaram fazendo uma introdução sobre importância da revolução científica. Seguindo o mesmo esquema de classificação, apresentaram como ideias mais importantes: Copérnico e o heliocentrismo; Galileu e a proposta de realização de experimentos, sejam eles reais ou imaginários. Gassendi e a diferenciação entre átomos e moléculas; Newton e o conceito matemático para os átomos. Como eventos secundários apresentaram: os trabalhos de Brahe, Kepler, Descartes, Boyle e Lavoisier. Novamente o grupo soube explicar bem os acontecimentos tendo o cuidado de relacionar ambas as classificações.

Quanto às teorias referentes ao século XIX, o grupo fez uma apresentação muito boa. No entanto, ao entregarem o material à professora foram constatadas algumas incoerências entre a apresentação realizada em sala de aula e o material entregue. Ainda considerando a mesma classificação, o grupo considerou como ideias mais importantes: a teoria atômica de Dalton; Fechner e a proposta de existência do núcleo atômico; Faraday e a proposta da existência da carga elétrica; Weber, Perrin e a identificação do próton e do elétron e Thomson e a confirmação da existência dos elétrons. Como eventos secundários, apresentaram: Gay-Lussac; Avogadro e a definição de átomo e molécula, Stoney, Zeeman e a proposta da existência de uma carga fundamental no interior do átomo.

### GRUPO F:

Este grupo colocou em sua linha do tempo todos os tópicos abordados no texto. Contudo, isso não demonstra uma real compreensão do tema tratado, pois, a tarefa era ler e interpretar o texto. E assim, eleger os fatos que o grupo considerou mais importantes para a construção do conceito de partícula elementar. Assim, mesmo tendo apresentado sobre todos os tópicos, o trabalho do grupo não priorizou o mais importante: a interpretação do texto.

O desinteresse do grupo se repete, na primeira atividade sobre o filme, relatada anteriormente, este foi um dos grupos que mostrou menor comprometimento com a tarefa. Quanto ao comportamento destes alunos antes da aplicação da UA, eram alunos que apresentavam pouco interesse pelas atividades de sala de aula, mas que no final do trimestre atingiam a média da escola.

### GRUPO G:

O grupo citou apenas as ideias de Leucipo e Aristóteles como contribuições relevantes provenientes da Grécia Antiga. Mesmo fazendo comentários pertinentes sobre cada ideia apresentada, os eventos não apresentaram conexão. Assim, para o material fornecido, esta etapa do trabalho estava muito resumida.

Quanto às ideias referentes aos séculos XVII e XVIII citaram Galileu e fizeram comentários relevantes sobre as mudanças provocadas pelo seu modo de fazer ciência. Apresentaram Descartes e sua visão de mundo. Newton, seu conceito matemático para o átomo, também ressaltam a primeira proposta de unificação da Física quando a lei da gravitação universal foi apresentada. Também comentam sobre a importância desta proposta para o desenvolvimento da Física. E as ideias de Lavoisier sobre a distinção entre elemento e composto químico, e a proposta da primeira tabela periódica dos elementos químicos. Nesta etapa, o número de comentários foi maior, privilegiou uma visão mecanicista do mundo, contudo não demonstraram compreensão de toda a riqueza de conhecimentos envolvidos na elaboração do conceito de átomo. Não falaram nas contribuições da Eletricidade, Espectroscopia e Teoria Cinética dos Gases, conceitos importantes que são a base de desenvolvimento das ideias sobre o átomo para o século XIX.

Sobre o século XIX, citaram Dalton e seus trabalhos com a teoria atômica, ressaltando a sua importância. Amperè e sua proposta de divisibilidade para o átomo comentaram sobre a inovação que desta proposta. Perrin e a identificação do próton e do elétron. Thomson e a confirmação do elétron, chamando a atenção para a grande mudança de concepção que ocorreu com esta confirmação. Nesta etapa, apresentaram boa argumentação, contudo, novamente, não privilegiaram as diferentes contribuições das diversas áreas da Física para a elaboração do conceito de partícula elementar.

#### GRUPO H:

Apresentaram Tales, Anaxímenes, Empédocles e Leucipo como as principais influências gregas para a elaboração do conceito de átomo. Mesmo com poucas citações demonstraram um bom panorama da ciência grega da antiguidade. Mostraram as duas ideias mais conhecidas sobre a constituição da matéria: a de um elemento único para a formação da matéria e a proposta dos quatro elementos, culminando com o trabalho de Leucipo. Apresentaram coerência entre os temas apresentados e boas explicações sobre o tema abordado.

Quanto as contribuições provenientes dos séculos XVII e XVIII, o grupo citou Descartes, Gassendi, Newton, Euler, Volta e Lavoisier. Destacam o racionalismo e o conceito matemático para o átomo. Colocaram o papel do átomo para a Teoria Cinética dos Gases. Destacaram a importância da pilha voltaica e a proposta de uma tabela periódica apresentada por Lavoisier. Apresentam uma visão bem racionalista, condizente com a época tratada. Falam das diversas contribuições para a elaboração do conceito de átomo, apenas deixam de fora a Espectroscopia. Mas apresentam uma visão lógica e estruturada da evolução histórica.

Consideraram como contribuições pertinentes provenientes do século XIX os trabalhos de Gay-Lussac, Amperè, Faraday, Maxwell, Geissler, Thomson e Wilson. Destacaram as diferentes propostas sobre a divisibilidade do átomo e sua possível constituição por partículas subatômicas. Falaram na importância dos tubos de Geissler para a detecção do elétron por Thomson e a posterior tentativa de cálculo da razão carga/massa.

De uma forma geral, a atividade apresentou bons resultados. A maioria dos alunos mostrou-se interessado e considerou a atividade enriquecedora, mesmo

aqueles que inicialmente haviam reclamado do grande quantidade de leitura. Quanto aos tópicos considerados mais importantes, a maioria dos grupos apresentou-se resistente às ideias da espectroscopia e da TCG, mesmo isso sendo tão salientado no texto fornecido aos estudantes. Esse comentário fundamenta-se na visão de ciência expressa pelos estudantes, pois o texto procurou mostrar a importância das diversas contribuições para a identificação do elétron. Que não foram percebidas durante a leitura, demonstrando que a imagem do gênio em seu laboratório, isolado, fazendo descobertas fantásticas está muito presente na visão de ciência dos estudantes. Esta contribuição de diversas áreas da Física para a identificação do elétron só foi constatada quando a professora-pesquisadora chamou a atenção dos estudantes para isso, promovendo uma pequena discussão sobre os trabalhos apresentados. Nesta discussão também se comentou sobre o uso da palavra “descoberta”, no texto fornecido aos estudantes, esta palavra não é utilizada em nenhum momento. Isso foi proposital para minimizar esta visão equivocada de ciência, e mesmo assim, durante as apresentações esta palavra estava muito presente. Demonstrando que não é tão fácil mudar estas concepções nos estudantes, principalmente em grupo do Ensino Médio, que já tiveram uma longa vida escolar, que na maioria das vezes, a ciência é apresentada como descobertas maravilhosas feitas por gênios, em seus laboratórios, longe de tudo e de todos.

#### 4.2.4 Elaboração de mapas conceituais sobre partículas elementares

A atividade com os mapas conceituais foi a mais extensa e a mais importante da UA. A escolha pelo uso dos mapas conceituais deve-se a sua potencialidade em externalizar conceitos e suas relações de forma clara e concisa. Além disso, o processo de elaboração, apresentação e reelaboração dos mapas, propiciam ao professor acompanhar o desenvolvimento de uma matéria de ensino a estrutura cognitiva do seu aluno. A proposta inicial da atividade foi muito bem recebida, os alunos já haviam trabalhado com mapas conceituais em outras disciplinas e gostaram.

Ela iniciou na sexta aula e se estendeu até a décima primeira aula. Inicialmente, na sexta aula, os estudantes receberam instruções do que era e como se elabora um mapa conceitual. Como dito anteriormente, os alunos já haviam trabalhado com mapas conceituais, mas mesmo assim considerou-se importante

fornecer instruções sobre a elaboração dos mapas, pois a professora-pesquisadora não conhecia o trabalho anterior. Esta instrução está descrita no Apêndice 4. Ao final desta instrução os alunos foram rapidamente apresentados ao programa de *Cmap Tools*. A professora-pesquisadora incentivou os alunos ao seu uso, no entanto, não pode trabalhar com este programa durante as aulas porque no turno em que a pesquisa foi realizada, não havia professor responsável pelo laboratório de informática na escola. Após esta instrução os alunos receberam a tarefa de construir um mapa conceitual sobre partículas elementares. Para isso eles receberam a segunda parte do texto *Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje*. Para esta atividade foram disponibilizados dois períodos, durante a sexta aula. A sétima aula foi destinada à resolução de dúvidas sobre o conteúdo abordado e a elaboração dos mapas conceituais. A apresentação destes mapas conceituais ficou agendada para a aula seguinte.

Na oitava aula, que era composta por dois períodos, uma parte do primeiro período foi utilizada para responder algumas dúvidas dos estudantes. As principais dúvidas foram sobre o conteúdo trabalhado, perguntaram se deveriam inserir ou retirar um conceito que o grupo não tinha consenso da sua importância, por exemplo. Procedeu-se, então, à apresentação dos grupos. Como já havia sido comentada anteriormente, a avaliação dos mapas conceituais foi baseada na análise da estrutura do mapa e na apresentação dos mesmos. Segundo Novak (apud Moreira, 2006), uma análise isolada dos mapas, sem diálogo, diz muito pouco sobre as relações que os estudantes estabeleceram e a compreensão que tiveram sobre o assunto tratado.

A expectativa em relação aos primeiros mapas conceituais era boa, pois a proposta pareceu motivar os alunos. Mesmo assim, esperava-se que nos primeiros mapas conceituais os alunos apresentassem dúvidas sobre o que era um conceito, sobre a importância de um determinado conceito na teoria, sobre a relação entre os conceitos ou ainda apresentassem dificuldades em escolher uma palavra adequada para mostrar a relação entre conceitos. De uma forma geral, esperava-se que os alunos apresentassem dúvidas devido a dificuldades de interpretação de texto, dificuldade comum na maioria das escolas brasileiras. Além disso, o tema abordado é uma novidade para a maioria dos alunos, o que poderia dificultar um pouco a elaboração da tarefa.

A seguir são mostrados os primeiros mapas conceituais sobre partículas elementares elaborados por cada um dos oito grupos participantes da UA, além da transcrição de sua explicação. Essa explicação foi entregue por escrito, junto com o mapa conceitual, à professora-pesquisadora, por isso em alguns momentos esta transcrição não é *ipsis literis* o que foi dito em aula. Seguem-se, em seguida, os comentários da professora-pesquisadora e as sugestões de reformulação dadas aos grupos.



Grupo A: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

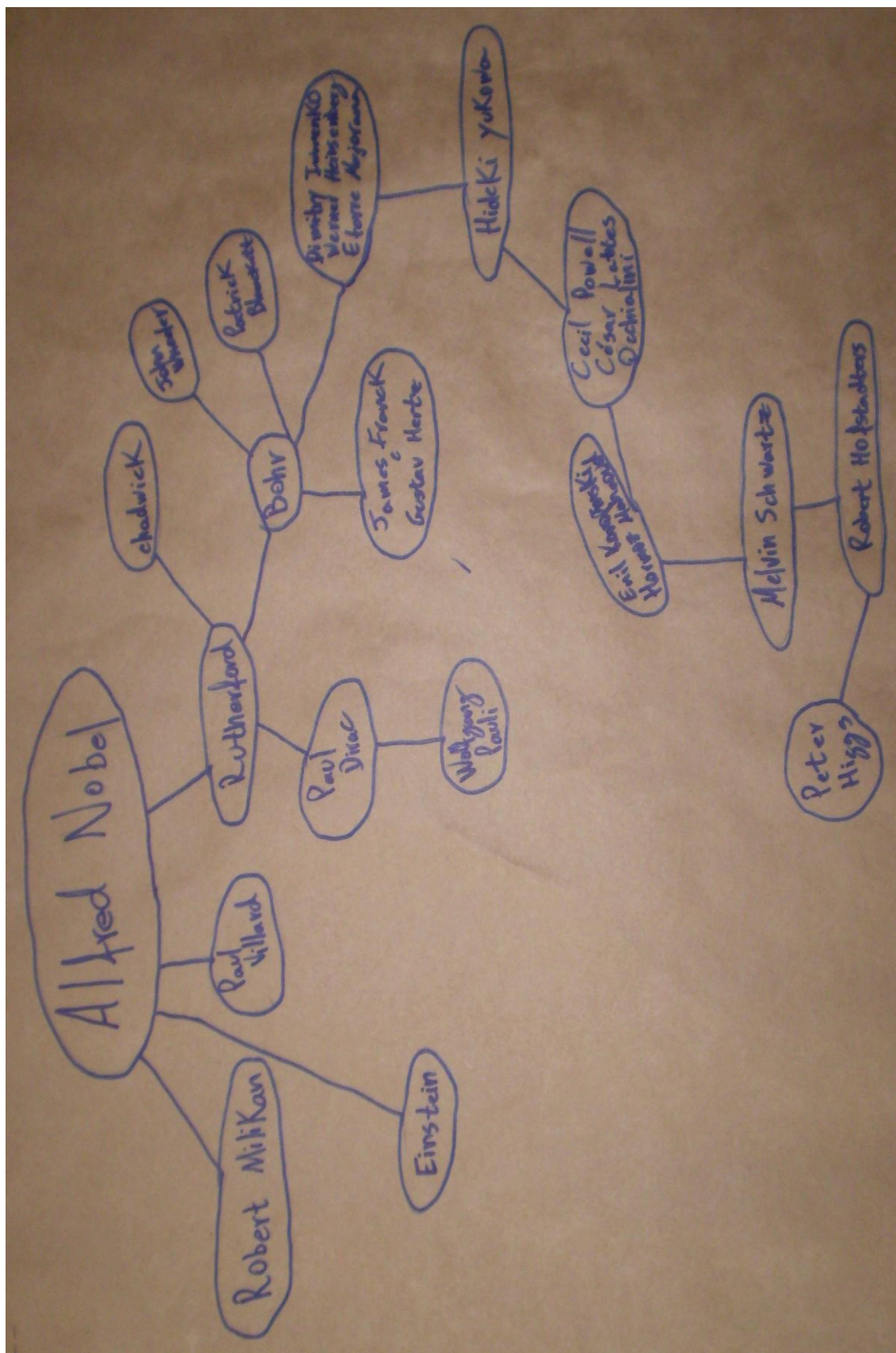


Figura 11: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares apresentado pelo grupo A.

Ao iniciar a apresentação, este grupo justificou o uso de nomes de cientistas, pois imaginaram que estes reproduziriam as ideias apresentadas por cada um deles.

Assim, explicaram o mapa da seguinte forma:

*“Alfred Nobel: Será que havia algo dentro do átomo?”*

*Robert Millikan: calculou o valor da carga do elétron.*

*Paul Villard: confirmou o terceiro tipo de radiação (raios gama).*

*Rutherford: confirmou a existência do núcleo do átomo e que, presente nesse núcleo, estariam partículas positivas e negativas.*

*John Wheeler: Protótipo de um reator nuclear e mais tarde originou a bomba atômica.*

*Patrick Blauvelt: confirmou a existência do próton e fotografou sua trajetória.*

*Jamieson Franck/Gustav Hertz: ajudaram a confirmar o modelo de Bohr.*

*Niels Bohr: propôs a instabilidade atômica, e teorias sobre o átomo e as partículas em seu núcleo.*

*Dimitry Iwanenko/Werner Heisenberg/Ettore Majorana: confirmaram a força existente entre os elétrons e os prótons.*

*Wolfgang Pauli: descobriu o neutrino.*

*Paul Dirac: confirmou a existência do pósitron (primeira antipartícula).*

*Chadwick: descobriu a existência do nêutron.*

*Hideki Yukawa: descobriu que a força não era oriunda dos mésons (força forte).*

*Cecil Powell/César Lattes/Occhialini: descobriram a existência de dois tipos de mésons na natureza.*

*Melvin Schwinger/Jack Steinberger/ Leo Lederman: neutrino era a única partícula que interagia com a força fraca.*

*Robert Hofstadter: bombardeando núcleos atômicos de átomos descobriu e confirmou a existência de elétrons e prótons que giravam em torno do núcleo. E então descobriu o quark.*

*Peter Higgs: descobriu o bóson de Higgs.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* inicialmente o que chamou a atenção foi a escolha do uso de nomes de cientistas como conceitos. Pela explicação dada antes da apresentação, o grupo expressou que havia feito esta opção por considerá-la uma forma adequada de tratar o tema. Quanto a isso, é

importante lembrar que o mapa conceitual é uma construção pessoal. Assim, a interpretação que o grupo fez do texto “Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje” está refletida no seu mapa, e pela explicação inicial, o que mais chamou a atenção destes alunos foram os cientistas que trabalharam com estas teorias. No entanto, surgiram algumas incoerências, por exemplo, o “conceito” mais abrangente do mapa, *Alfred Nobel*, que foi apresentado como o cientista responsável pelo questionamento sobre a divisibilidade do átomo. No texto, a referência que é feita a Alfred Nobel diz respeito à criação do prêmio Nobel. Além deste, outros equívocos em relação ao conteúdo abordado foram constatados no mapa, por exemplo, ao relacionarem Rutherford à existência do núcleo atômico relataram que no interior do núcleo estariam presentes partículas positivas e negativas. Também relataram a identificação do bóson de Higgs.

A análise do mapa e da apresentação do grupo permite dizer que houve dificuldade na compreensão do assunto tratado. Esta dificuldade também pode ser verificada na elaboração do mapa conceitual, pois o grupo não conseguiu eleger os conceitos mais importantes do assunto. Mas também é importante se perguntar se o grupo sabia o que é um conceito.

O grupo não usou palavras para expressar a ligação entre os cientistas/conceitos que usaram para elaborar o mapa. Quando questionados sobre essa ausência justificaram que as consideraram dispensáveis.

Dentro dos critérios utilizados pelo grupo apresentaram uma relação de hierarquia. Pode não ser a esperada para o tema abordado, mas segundo esses critérios, isso pode ser verificado tanto no seu mapa como na apresentação.

A explicação deste mapa conceitual foi compartimentada; nem o próprio grupo conseguiu articular as ideias de forma a mostrar que aquele mapa representava uma área do conhecimento. Além disso, preferencialmente, o mapa conceitual deve ser elaborado com os conceitos mais importantes de uma determinada área do conhecimento (Novak e Gowin, 1984). No entanto, isso não é um consenso, alguns autores consideram válido o uso de nomes no lugar de conceitos em um mapa conceitual, principalmente quando se aborda a História da Ciência (por exemplo, Tenfen, 2011). No entanto, é importante destacar, que esta posição não qualifica estes termos como conceitos. Entretanto para Pinker (2007), os nomes podem ser tão significativos quanto um conceito. Além disso, é importante

considerar que o mapa conceitual é uma construção pessoal, como foi dito anteriormente, neste caso do grupo, que reflete a interpretação a respeito de um determinado tema.

*Sugestões de reformulação:* o grupo deve reler o texto, pois apresentaram muitos equívocos relacionados com o conteúdo abordado. Este comentário também foi feito pelos demais colegas em sala de aula. O grupo foi questionado pela professora-pesquisadora sobre a dificuldade na execução da tarefa, mas não soube responder o que não entenderam, se a própria elaboração dos mapas conceituais ou o conteúdo tratado.

Estas sugestões foram elaboradas pela professora-pesquisadora durante as apresentações dos mapas e discutidas com os grupos que a procuraram depois da apresentação de todos os grupos. Essa discussão será retomada na nona aula.

Grupo B: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

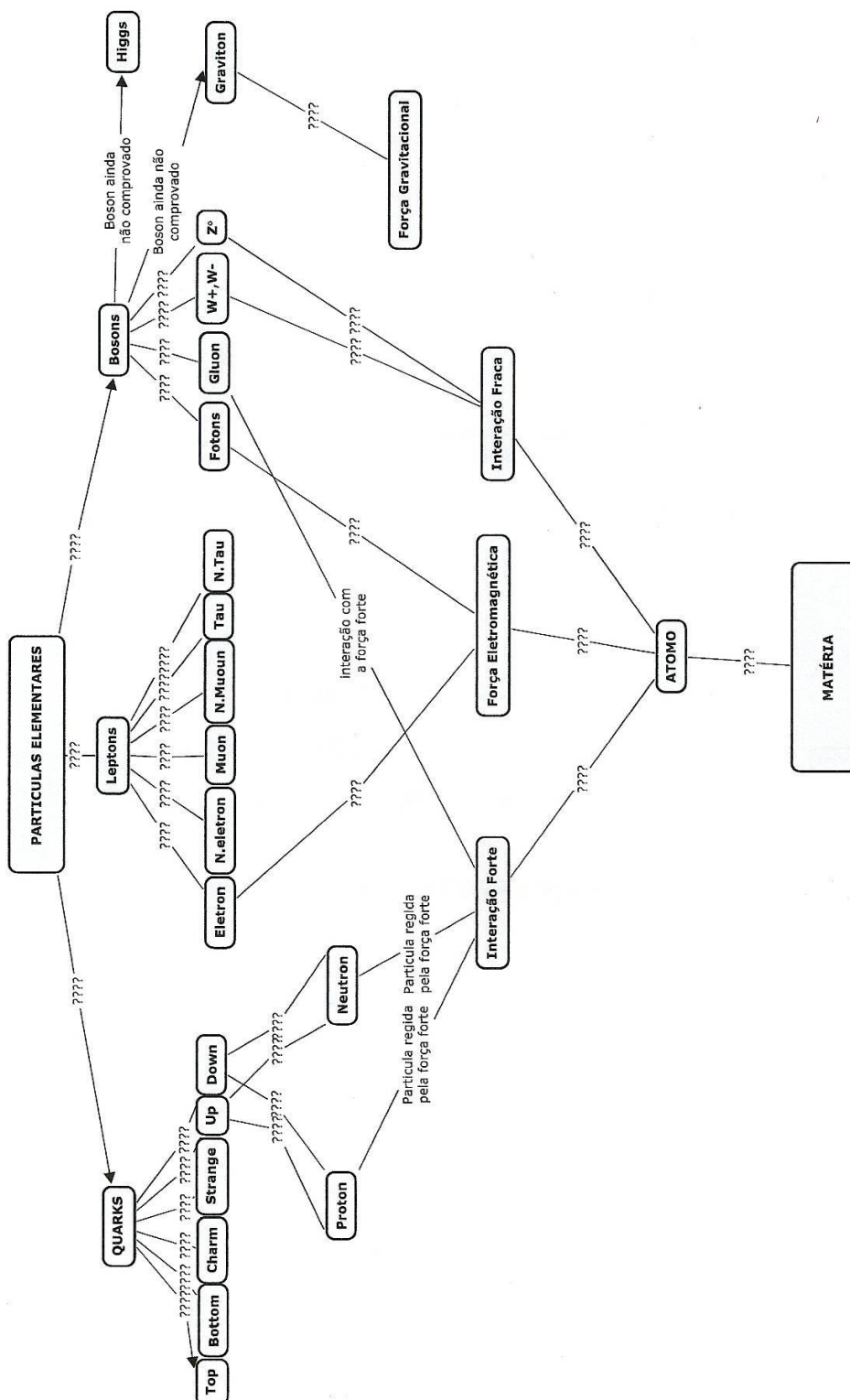


Figura 12: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo B.

A explicação apresentada pelo grupo B para o mapa da Figura 12 foi:

*“O conceito principal é ‘partículas elementares’, que dele derivam todos os subconceitos como as três classes que compõe as partículas elementares, estas são: quarks, léptons e bósons.*

*Quarks: o grupo de partículas elementares que compõe o próton e o nêutron, pela união do quarks up e down. Neste grupo ainda existem os quarks strange, charm, bottom e top (este acredita-se apenas ter existido na época do Big-Bang, por ser uma partícula muito massiva).*

*Léptons: os léptons são formados sempre por uma partícula e seu respectivo neutrino, neste grupo temos: elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau, neutrino do tau. Alguns elementos desse grupo unidos a alguns dos quarks mais algum bóson nos dá o que conhecemos por átomo.*

*Bósons mediadores: são eles que intermediam as relações entre as partículas elementares dentro do núcleo do átomo. Estes são até o momento quatro: fóton, glúon,  $Z^0$  e  $(W, W^+)$ . Além destes quatro já confirmados existe a suspeita de mais dois bósons ainda não confirmados estes seriam o gráviton e o Higgs que serão explicados em seguida.*

*Bóson gráviton: este seria o bóson suspeito da interação gravitacional que atinge todos os corpos, porem sua existência ainda não foi provado, porem como na Física existe uma lei de simetria é provável que existam também seis bósons como existem seis de cada um dos grupos já citados.*

*Bóson de Higgs: Este é o bóson talvez mais importante, os pesquisadores acreditam que ele seria o responsável por dar massa para a matéria, mas como o gráviton sua existência ainda não foi comprovada, também se acredita que esse bóson existiu na época do Big-Bang.*

*Nêutron: partícula formada por dois quarks down e um quark up, existiu no núcleo do átomo junto ao próton e estes são unidos pelo glúon que é o bóson responsável pela interação forte.*

*Próton: partícula formada por dois quarks up e um quark down, o próton é uma partícula de carga positiva que é unido ao elétron no núcleo atômico por meio de glúon.*

*Elétron: o elétron é um lépton de carga negativa que circunda o núcleo atômico com a ajuda do bóson responsável pela interação eletromagnética, o fóton.*

*Interação eletromagnética: é uma das quatro forças que regem a natureza até o momento descobertas, o bóson mediador da força eletromagnética é o fóton.*

*Interação forte: como a interação eletromagnética a interação forte também é uma das forças que regem a natureza, ela consiste em manter o núcleo atômico estável, com a ajuda do seu bóson mediador o glúon.*

*Interação fraca: esta força é a responsável pelo decaimento beta, e possui como bósons os  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ .*

*Átomo: o átomo antes era considerado a menor parte da matéria existente, agora já se sabe que existem corpos ainda menores em seu interior, podemos afirmar então que o átomo é um aglomerado de partículas elementares e de forças naturais.*

*Matéria: a matéria é constituída por um número incontável de átomos por tanto é o ultimo conceito desse mapa conceitual, por ser uma ‘união’ de todos os conceitos anteriormente apresentados.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação: o grupo conseguiu eleger os conceitos mais relevantes do tema tratado. Escolheu *partículas elementares* como conceito principal, demonstrando isso claramente por meio de sua posição no mapa e na explicação. Fizeram comentários importantes a respeito do *gráviton*, justificando sua presença no mapa de maneira adequada, tanto em relação ao seu papel no Modelo Padrão como na sua posição no mapa. Contudo, isso não se repetiu ao apresentarem o *bóson de Higgs*, pois sua importância na teoria não foi representada adequadamente no mapa.*

*Algumas explicações dadas pelo grupo, como a da formação dos átomos, não se refletiram no mapa, pois esse não apresentava as ligações necessárias entre os conceitos envolvidos. O mesmo ocorreu quando o grupo fala no *próton* e no *nêutron* para explicar a *interação forte* e as demais interações. E ao relacionar interações e bósons mediadores, apresentam explicações muito superficiais.*

*Mesmo apresentando algumas dificuldades conceituais, o que é compreensível, pois este foi o primeiro contato destes alunos com o referido tema, o grupo consegue, ao finalizar a explicação do mapa, reconhecer a formação da matéria como a união dos átomos, e estes como sendo formados por partículas elementares, o que, nas palavras do grupo, representa a união de todos os conceitos anteriores.*

Aparentemente, no mapa elaborado pelo grupo é possível perceber-se o princípio da diferenciação progressiva do tema e a explicação apresenta indícios da reconciliação integrativa dos conceitos.

O grupo optou pelo uso do programa *Cmaps Tools* para elaborar o seu mapa. No entanto, não conseguiram escolher um número adequado de palavras de ligação entre os conceitos solicitados pelo programa. Quando questionados sobre os pontos de interrogação em seu mapa, o grupo justificou como imperícia ao utilizar o programa.

Esta falta de palavras de ligação entre os conceitos pode ser resultado de vários fatores como: dificuldades conceituais, falta de compreensão sobre o uso do *Cmaps Tools* nos quais, ao estabelecer a ligação entre conceitos, obriga o seu usuário a escolher uma palavra para dar significado àquela relação e o laconismo peculiar de adolescentes que se manifesta na dificuldade em expressar por palavras as relações ou conexões entre os conceitos. E isto ficou evidenciado ao final da apresentação dos grupos, que quando questionados pelo pouco uso de palavras de ligação entre os conceitos, respondiam que imaginavam que apenas a linha que os une fosse suficiente para representar esta ligação. Novak e Gowin (1984) relatam a dificuldade na escolha de palavras adequadas para expressar as relações entre os conceitos e reafirmam sua importância para a compreensão do mapa. Assim, a professora-pesquisadora optou por incentivar o uso das palavras de ligação entre os conceitos. Essa recomendação foi transmitida para todos os grupos.

O grupo foi questionado sobre o uso de *flechas* para conectar alguns conceitos, contudo não souberam justificar a escolha.

*Sugestões de reformulação:* repensar uma posição mais adequada para o bóson de Higgs, fazer ligações mais diretas entre os conceitos, retirar os pontos de interrogação e substituí-los por palavras de ligação entre os conceitos e rever o uso das flechas para relacionar os conceitos, pois elas representam uma relação em um único sentido.



Grupo C: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

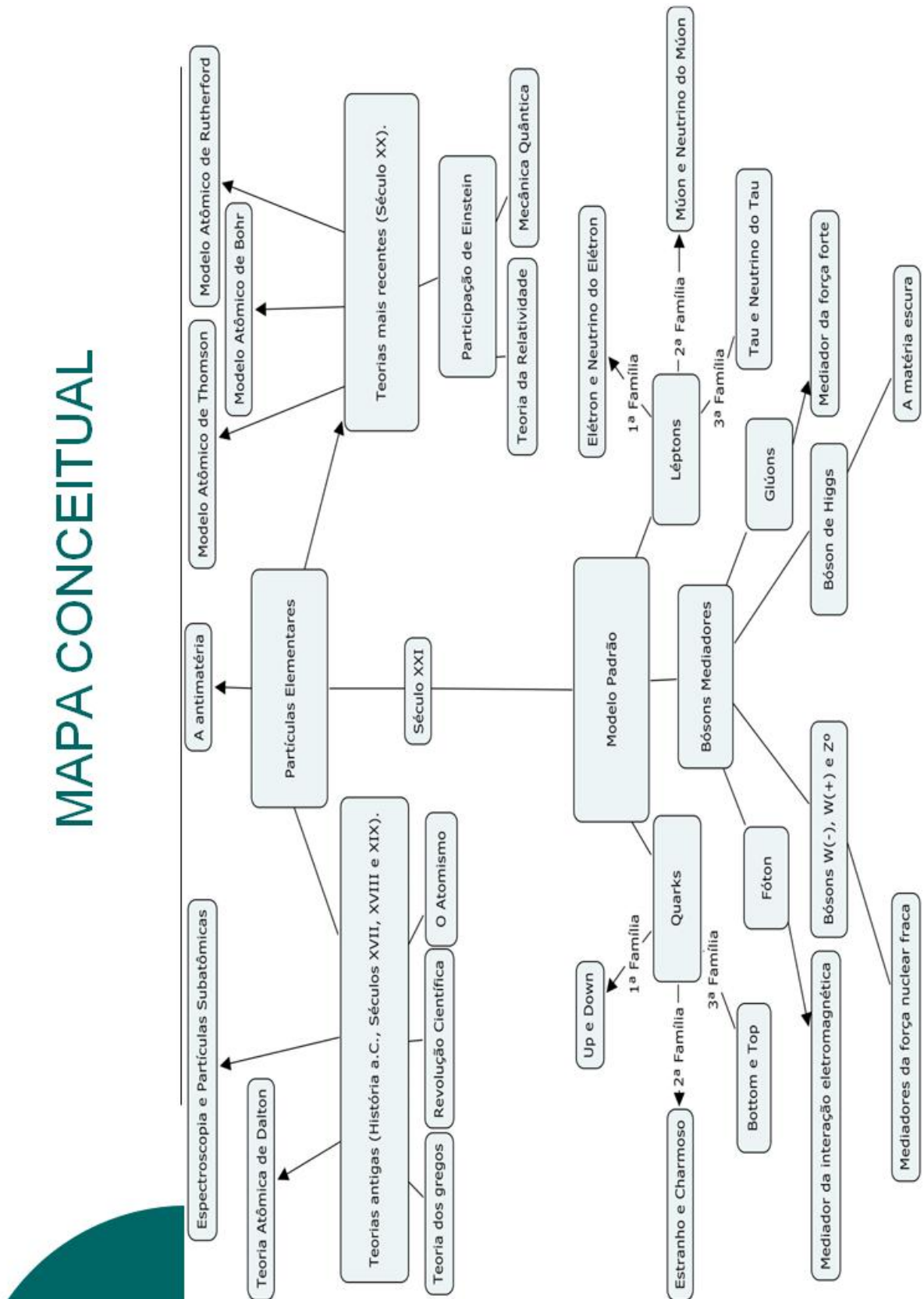


Figura 13: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo C.

A explicação apresentada pelo grupo C para o mapa da Figura 13 foi:

*“Este mapa conceitual tem o objetivo de conceituar de forma clara e simplificada o assunto Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Ele está dividido em quatro eixos fundamentais: teorias antigas, teorias mais recentes, a antimatéria e o Modelo Padrão.*

*Teorias antigas: nas teorias antigas (história a.C., séculos XVII, XVIII e XIX) estão incluídas a teorias dos gregos, o atomismo, a revolução científica, a teoria atômica de Dalton e a Espectroscopia e partículas subatômicas.*

*Teorias dos gregos: estas teorias estão relacionadas porque foi nesta época que se começou a questionar qual seria o constituinte básico da matéria.*

*O atomismo: esta teoria está relacionada porque o filósofo Leucipo de Abdera propôs que o constituinte básico da matéria seria formado por partículas minúsculas e indivisíveis. Na teoria de Leucipo existem apenas os átomos e o vazio.*

*Revolução científica: esta teoria está relacionada porque na revolução científica houve uma significativa mudança na Física. As mudanças na concepção de mundo podem ser notadas nos trabalhos dos astrônomos Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu Galilei.*

*A teoria atômica de Dalton: esta teoria está relacionada porque ela foi um grande passo para a construção da teoria atômica, realizada pelos químicos John Dalton, Joseph-Louis Gay-Lussac e Amadeo Avogadro.*

*A espectroscopia e as partículas subatômicas: esta teoria está relacionada porque o estudo de espectroscopia realizado por Jean Foucault fez com que ele visse os átomos como sistemas compostos e assim o átomo deixou de ter o significado dado pelos gregos antigos, chamado indivisível.*

*Teorias mais recentes: nas teorias mais recentes (século XX) estão incluídas a participação de Einstein (teoria da relatividade e Mecânica Quântica), os modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr.*

*A participação de Einstein (teoria da relatividade e Mecânica Quântica): estas teorias estão relacionadas porque o físico Albert Einstein lançou a base para duas das teorias mais importantes do século XX: a teoria da relatividade e a Mecânica Quântica.*

*O modelo atômico de Thomson: esta teoria está relacionada porque após detecção do elétron e da constatação de que ele era uma partícula subatômica, Thomson elaborou um modelo que tentava explicar a dinâmica do átomo.*

*O modelo atômico de Rutherford: esta teoria está relacionada porque Rutherford mesmo sabendo das deficiências do modelo atômico de Thomson ainda tenta validá-lo e junto de dois alunos realiza um experimento que tinha por objetivo analisar as deflexões que as partículas alfa sofriam ao colidir com uma placa metálica.*

*O modelo atômico de Bohr: esta teoria está relacionada porque Bohr havia sido aluno de Rutherford e resolveu unir o modelo atômico proposto por Rutherford com a quantização proposta por Planck para elaborar um novo modelo que conseguisse explicar a instabilidade atômica.*

*A antimatéria: a antimatéria está à parte de todas as outras interações.*

*O modelo padrão: o modelo padrão é atualmente a teoria capaz de explicar a natureza da matéria. Para isso ele agrega as partículas elementares e suas interações fundamentais. No Modelo Padrão (século XXI) estão incluídos o setor dos quarks e dos léptons (com suas respectivas famílias) e o setor dos bósons mediadores e suas interações”.*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação: o grupo usou muitos conceitos, mas que se relacionam adequadamente ao conceito mais inclusivo *partículas elementares*. Quando questionados sobre o grande número de conceitos utilizados justificaram com a complexidade do tema, pois consideraram que a elaboração do conceito de partícula elementar recebeu diferentes influências científicas. O grupo optou por classificar o seu mapa em quatro eixos: *teorias antigas, teorias mais recentes, antimatéria e modelo padrão*. Apresentaram argumentos e relações coerentes com o que foi tratado no texto. Por meio do mapa elaborado e da explicação apresentada, demonstraram compreender a complexidade da construção do conceito de partícula elementar e as diversas contribuições das diferentes áreas da Ciência para a sua elaboração.*

*A influência do organizador prévio, o filme “O Discreto charme das partículas elementares” pode ser constatado na escolha dos conceitos *bóson de Higgs* e*

*matéria escura*. Esses conceitos são muito destacados no filme, o que segundo o grupo, os influenciou na escolha.

O mapa apresentou alguns enganos, por exemplo, a referência à Teoria da Relatividade de Einstein. A pesquisa descrita no texto trabalhado em sala de aula refere-se ao efeito fotoelétrico. A teoria da relatividade deve ter sido citada por engano, pois não houve nenhum comentário sobre ela nas discussões de sala de aula ou no texto.

De um modo geral, as relações entre os conceitos apresentaram coerência. O grupo quase não utilizou palavras de ligação para explicitar a relação entre os conceitos e a hierarquia entre os conceitos está adequada ao tema tratado. Este mapa apresenta indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Novamente, é importante lembrar que o mapa conceitual é uma construção do grupo, que deve apresentar significado ao ser explicado por seus autores. E isso aconteceu de maneira positiva nesta apresentação; mesmo com o grande número de conceitos escolhidos pelo grupo, eles conseguiram mostrar que todos contribuíram para a elaboração do Modelo Padrão.

Desde o início da UA este grupo demonstrou grande interesse nas tarefas propostas. Participavam ativamente da aula e os integrantes deste grupo faziam longas discussões, principalmente no momento de elaborar o mapa conceitual. Esse foi um dos únicos grupos que procurou a professora-pesquisadora para discutir sobre a sua primeira versão do mapa conceitual. Segundo Novak e Gowin (1984), os mapas conceituais favorecem a reflexão sobre a estrutura do conhecimento e sobre o seu processo de produção. E foi exatamente isso que este grupo externalizou, apresentando a complexidade da construção do conceito de partícula elementar em seu mapa conceitual.

*Sugestões de reformulação:* escolher palavras de ligação que representem a relação entre os conceitos, pois assim as relações entre *quarks*, *léptons*, partículas mediadoras e suas interações seriam evidenciadas o que facilitaria a compreensão da formação da matéria.

Grupo D: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

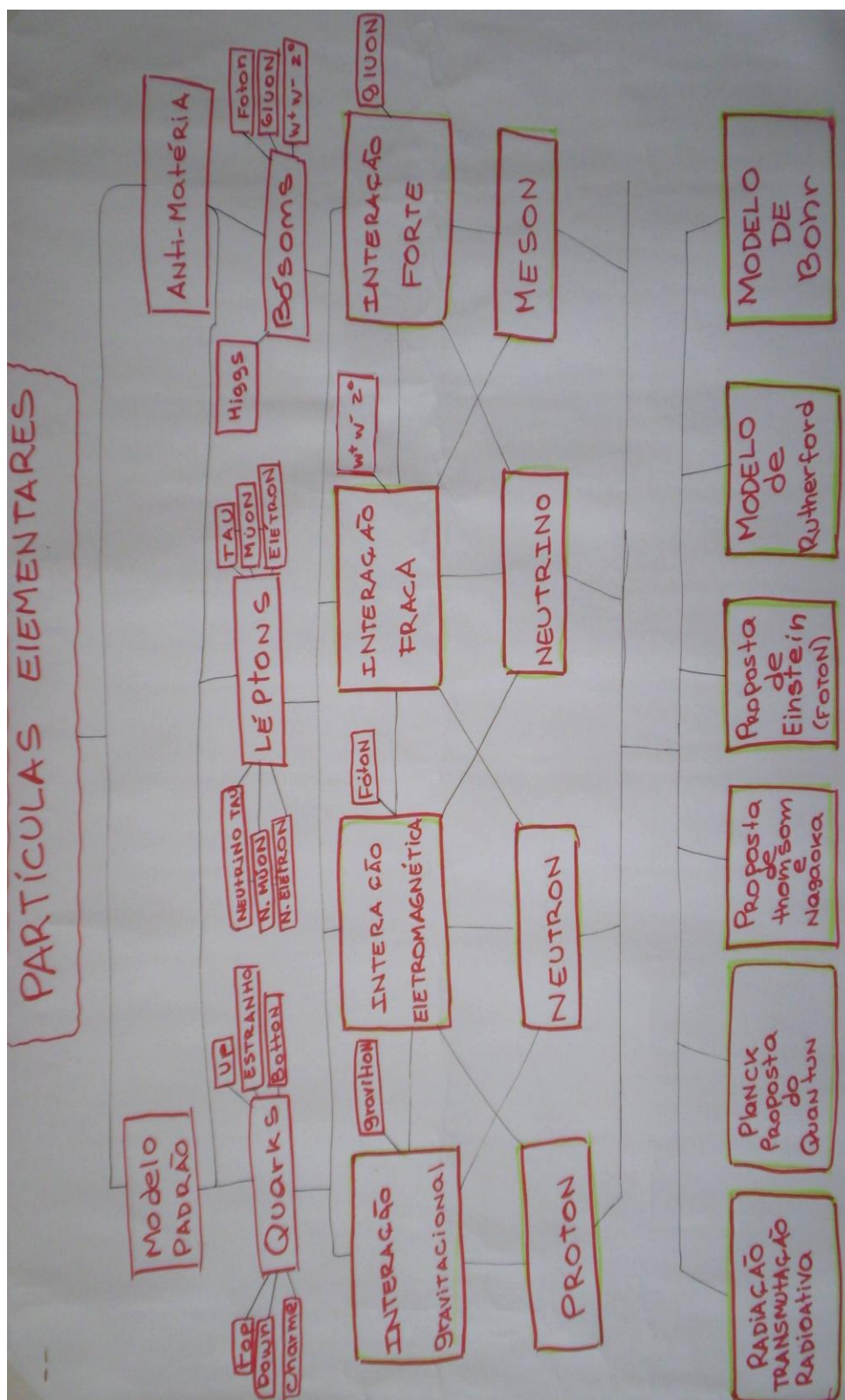


Figura 14: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo D.

A explicação apresentada pelo grupo D para o mapa conceitual da Figura 14 foi:

*“Primeira parte: as radiações e a transmutação radioativa. Max Planck com a proposta do quantum. A proposta de Thomson e Nagaoka de um modelo atômico. Proposta de Einstein, a descoberta do fóton. Modelos atômicos de Rutherford e Bohr. Essas propostas e modelos foram importantes para a descoberta do próton e do nêutron.*

*Segunda parte: próton e nêutron descobertos por Rutherford.*

*Terceira parte: quarks (up, top, down, estranho, bottom, charme). Léptons (elétron e neutrino do elétron, múon e neutrino do múon, tau e neutrino do tau). Bósons: fótons, partícula mediadora da interação eletromagnética; glúon, partícula mediadora da interação forte;  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ ; partícula mediadora da interação fraca; gráviton, partícula responsável pela mediação da interação gravitacional.*

*Quarta parte: o modelo padrão, atualmente a teoria capaz de explicar a natureza da natureza. Anti-matéria. E tudo isso forma as partículas elementares”.*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* considerando a proposta desta atividade, que era elaborar uma mapa conceitual sobre partículas elementares e que um mapa conceitual é uma construção pessoal, os conceitos escolhidos, em sua maioria, se relacionam com o conceito principal *partículas elementares*. No entanto, as relações estabelecidas entre estes conceitos comprometem a compreensão do mapa. Isto se reflete na explicação do mapa que contempla apenas alguns dos conceitos esperados.

Também se percebe que o grupo não usou palavras de ligação entre os conceitos e suas relações hierárquicas na estrutura do mapa.

A influência do texto pode ser percebida na escolha de conceitos como: *radiação/transmutação radioativa, Planck/proposta do quantum, proposta de Thomson e Nagaoka, proposta de Einstein/fóton, modelo de Rutherford, modelo de Bohr*. Estas propostas foram apresentadas pelo grupo como fundamentais para a elaboração dos conceitos de partículas elementares.

Durante a apresentação também foram detectados alguns termos utilizados pelo grupo que destoavam do tratamento dado a este tema no texto, por exemplo, ao apresentar os prótons e nêutrons cita os dois como “descobertos” por Rutherford.

O texto foi elaborado com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, ou seja, para ser um material potencialmente significativo, além de se levar em conta as contribuições da história e da filosofia da ciência em sua elaboração. Dessa forma evitou-se o uso de termos como “descobrir”, pois o considerou-se inadequado no contexto. Este termo, no ensino de ciências tem uma conotação de encontrar algo fora do comum de uma forma totalmente casual, o que não é verdade na maioria dos casos. Optamos pelo termo identificar, com o sentido de determinar a origem, natureza e características. Contudo, isso parece não ter sido considerado muito importante pelo grupo, pois continuaram a usar o termo “descobrir” durante toda a aplicação da UA. Ou talvez seja apenas o uso desmedido de uma linguagem que é difícil de mudar.

Também foram detectadas algumas dificuldades conceituais, além disso, o grupo começou a explicação do mapa pela parte inferior. Assim, além das dificuldades conceituais, o grupo apresentou dificuldades na elaboração do mapa conceitual.

Após a apresentação, a professora-pesquisadora conversou com o grupo sobre o trabalho, e eles apresentaram muitas dúvidas sobre como elaborar o mapa conceitual. Por exemplo, mostraram dificuldade de compreensão o que era uma relação de hierarquia que um mapa deve apresentar, pois não sabiam o que significava a palavra hierarquia. Assim como a dificuldade no uso de palavras de ligação entre os conceitos, segundo o grupo, imaginaram que as linhas ligando os conceitos eram suficientes para representar a relação entre eles. Quanto às complicadas ligações entre os conceitos argumentaram que todos se relacionavam, contudo foi-lhes argumentado que essas relações deveriam ser expressas de forma clara e sucinta.

*Sugestões de reformulação:* revisar os conceitos relevantes da teoria tratada, estabelecer uma relação de hierarquia entre eles, relacioná-los com ligações mais claras e diretas e usar palavras de ligação entre estes conceitos para dar significado às relações expressas no mapa.

Grupo E: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

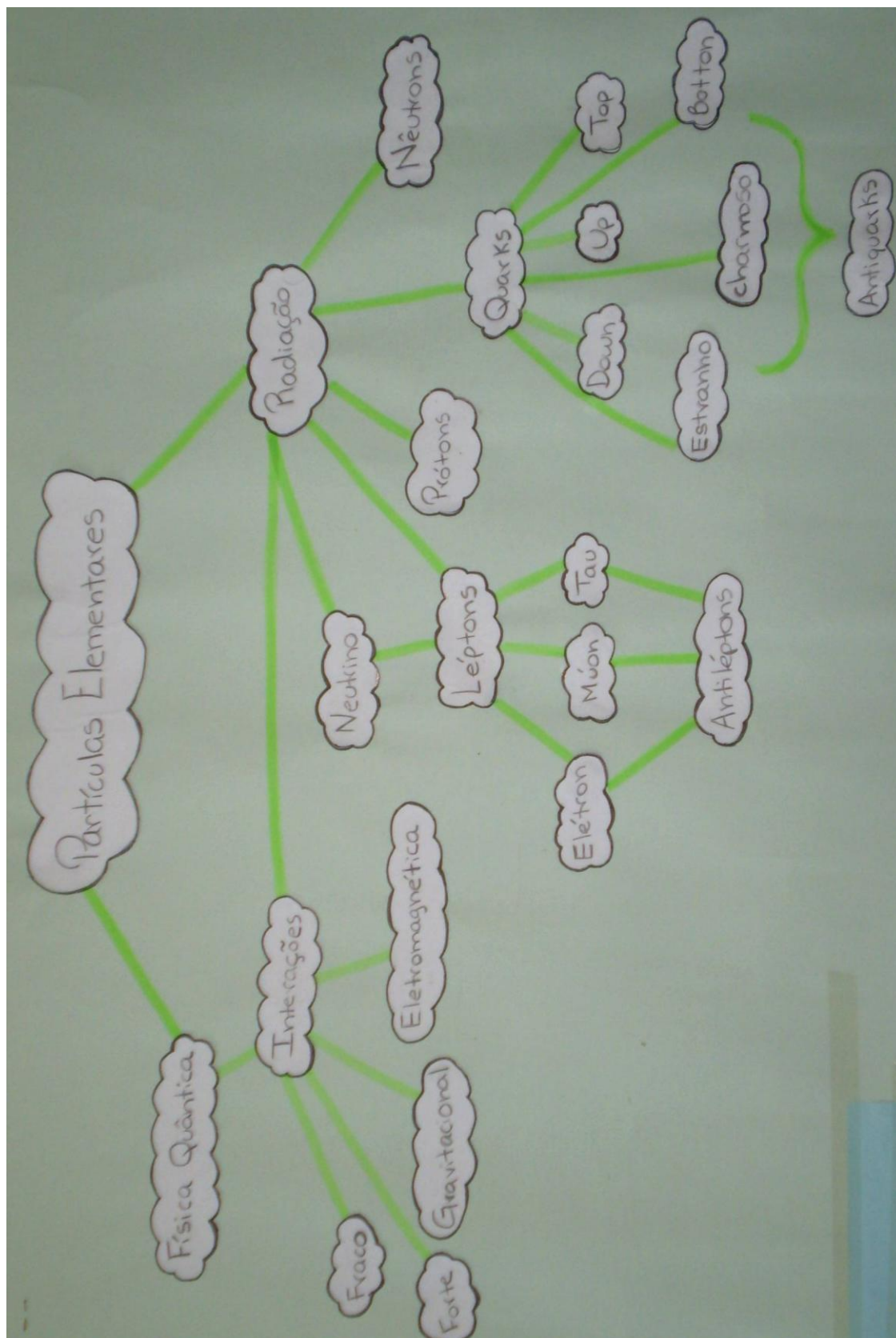


Figura 15: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo E.



A explicação apresentada pelo grupo E para o mapa conceitual da Figura 15 foi:

*“Através da busca pelas partículas elementares os cientistas criaram a Física Quântica e a radiação e através dela foi descoberta todas as partículas que conhecemos hoje.*

*Levando em consideração que a busca pelos neutrinos veio a partir da curiosidade de onde ia parar a energia do decaimento beta.*

*As demais partículas foram encontradas em busca de explicações para a estabilidade do átomo.*

*As interações foram descobertas em busca de razões pelo comportamento das partículas. E as antipartículas foram descobertas através dos mesmos experimentos que detectaram as partículas, só que os cientistas perceberam que apesar das mesmas propriedades, a carga era oposta.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* a escolha dos conceitos, a sua disposição no mapa, assim como a explicação apresentada, evidenciou dúvidas conceituais. Alguns conceitos estão adequados à teoria, no entanto as relações estabelecidas entre eles são insuficientes e não representam a complexidade do tema. O mapa apresenta setores muito diferenciados e sem integração. Dessa forma é possível inferir que o grupo pode ter encontrado problemas na compreensão do tema tratado ou do instrumento utilizado para representá-lo.

A influência de texto “Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje” pode ser percebida na escolha dos conceitos *Física Quântica e Radiação*.

O grupo não fez o uso de palavras de ligação entre os conceitos, assim como existem alguns problemas com a relação hierárquica entre eles.

Este grupo não se mostrou muito interessado na atividade, sequer procurou a professora-pesquisadora para discutir sobre o trabalho.

Sugestões de reformulação: sugeriu-se uma revisão nos conceitos escolhidos e nas relações estabelecidas entre eles, além de incluir o uso de palavras de ligação entre os conceitos.

Grupo F: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

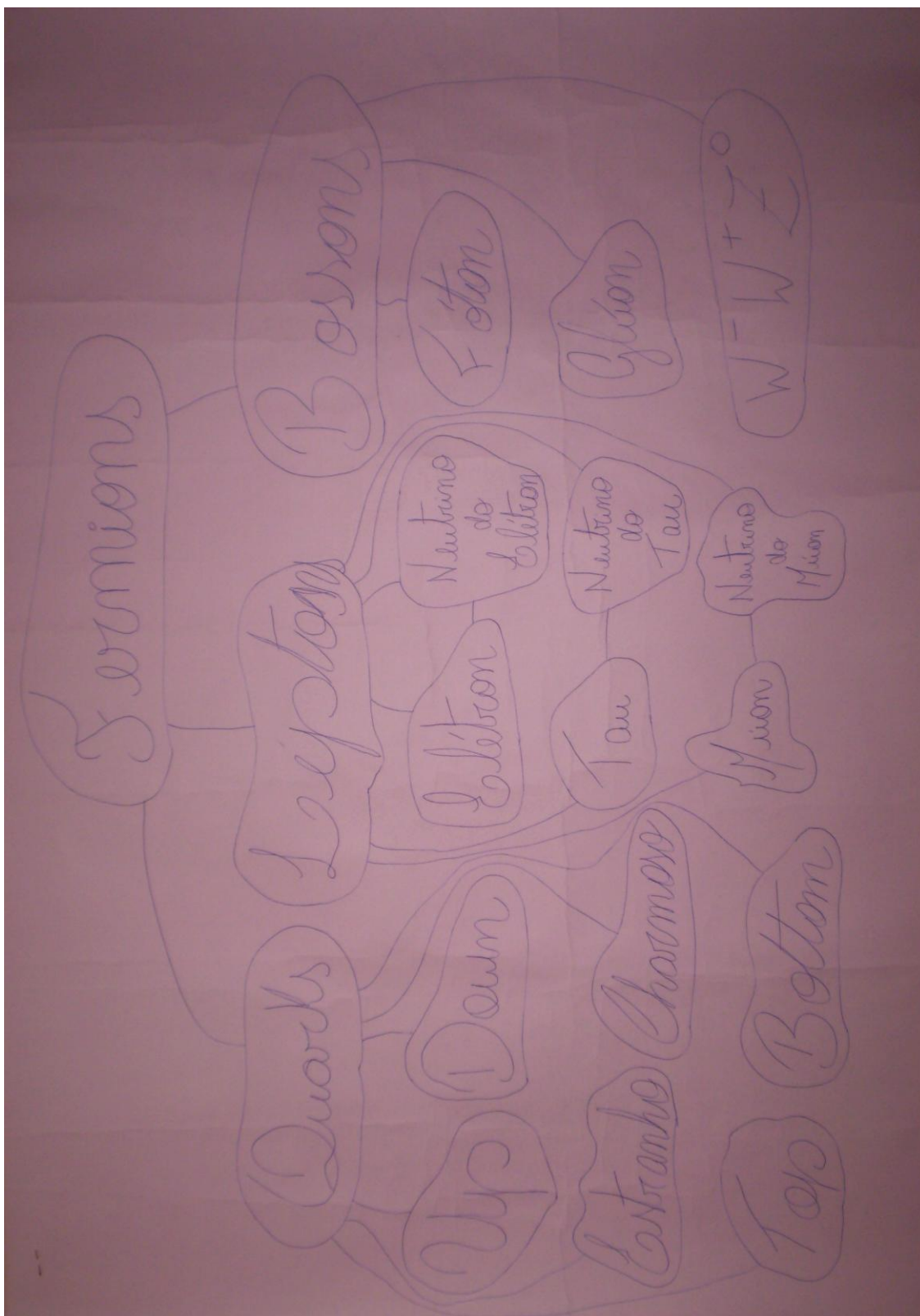


Figura 16: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo F.

A explicação apresentada pelo grupo F para o mapa conceitual da Figura 16 foi:

*“As partículas elementares podem ser férmions ou bósons. Os férmions são os quarks (up, down, estranho, charmoso, top e botton) e os léptons (elétron, neutrino do elétron, tau, neutrino do tau, múon, neutrino do múon). Os bósons são o fóton, o glúon e as partículas  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ .”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* os conceitos estão adequados ao tema tratado, mas a relação entre eles é praticamente inexistente e a hierarquia do tema tratado não é expressa no mapa. O grupo não utilizou palavras de ligação para expressar a relação entre os conceitos.

O grupo não procurou a professora-pesquisadora para discutir sobre seu trabalho, mostrando, como nos trabalhos realizados anteriormente pouco interesse na atividade.

Sugestões de reformulação: sugeriu-se uma revisão nos conceitos escolhidos e nas relações estabelecidas entre eles, além do uso de palavras de ligação entre os conceitos.

Grupo G: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

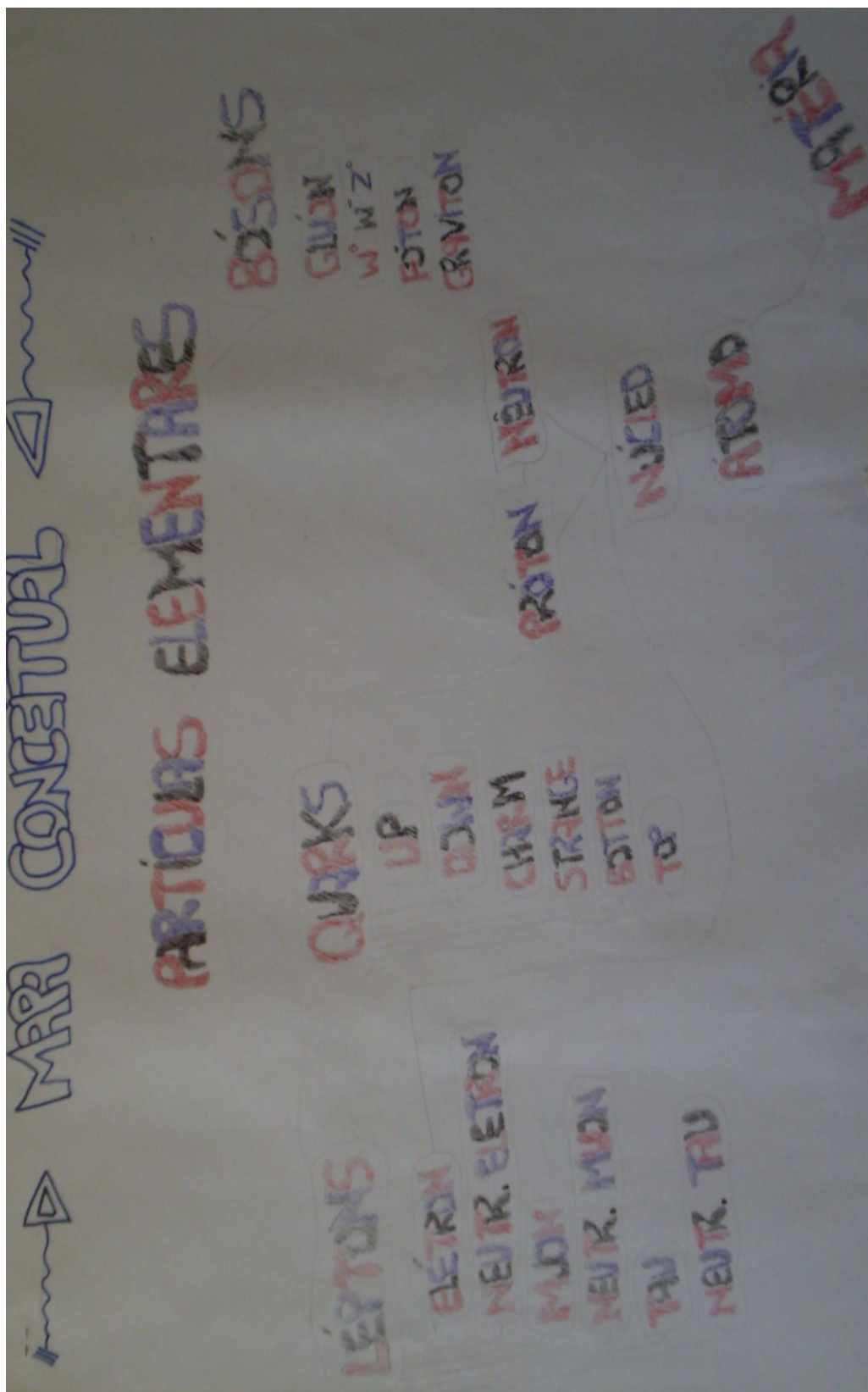


Figura 17: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo G.

A explicação apresentada pelo grupo G para o mapa conceitual da Figura 17 foi:

*“Nós elaboramos um mapa conceitual abrangendo quase todas as partículas que estão dentro de toda e qualquer matéria.*

*Nosso mapa percorre em ordem crescente desde as partículas ‘mais’ elementares até a matéria macroscópica.*

*Começa pelas partículas elementares que se dividem em três grupos: os léptons, os quarks e os bósons.*

*Abaixo aos léptons estão eles: o elétron e o neutrino do elétron, o múon e o neutrino do múon e o tau e o neutrino do tau. Ao lado estão os quarks que são: up, down, charmoso, estranho, botton e top. Já nos bósons estão as partículas mediadoras:*

*Interação forte: glúon.*

*Interação fraca:  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ .*

*Interação eletromagnética: fóton.*

*Interação gravitacional: gráviton.*

*Abaixo destes três grupos estão os nêutrons e os prótons que junto a todos os outros formam o núcleo do átomo, e o átomo estão em toda a matéria que podemos ver.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* os conceitos escolhidos estão de acordo com o tema tratado. No entanto, as relações entre eles poderiam ser revistas. Por exemplo, o grupo se preocupou em separar os três grupos que representam as partículas elementares, e no final apresentar seu papel na constituição da matéria o que tornou o mapa compartimentado. Além disso, ao descreverem os prótons e nêutrons, poderiam ter relacionado cada um deles aos quarks que os formam, e não apenas ao conceito quark. O mesmo poderia ter sido feito com os bósons, que ficam completamente à parte no mapa. Estas relações equivocadas ou incompletas podem representar dúvidas conceituais sobre o tema abordado. O grupo não fez uso de palavras de ligação entre os conceitos. Como justificativa para isso, o grupo disse que não considerou importante, pois supunham que as relações já estavam representadas pelas linhas que ligam os conceitos. As relações hierárquicas estão adequadas ao tema tratado. Nesse sentido,

aparentemente, o mapa apresenta diferenciação progressiva e sua explicação poderia dar indício, ainda que tênue, do princípio da reconciliação integrativa.

Esse grupo não procurou a professora-pesquisadora para discutir sobre o seu mapa.

*Sugestões de reformulação:* o grupo deve apresentar um mapa capaz de ser lido por todos os colegas, pois como é possível constatar na Figura 17, é difícil identificar as relações estabelecidas pelo grupo quando estas foram representadas à lápis. Além disso, algumas relações entre os conceitos devem ser revistas. Também se sugeriu o uso de palavras de ligação entre os conceitos para representar suas relações.

Grupo H: Primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares.

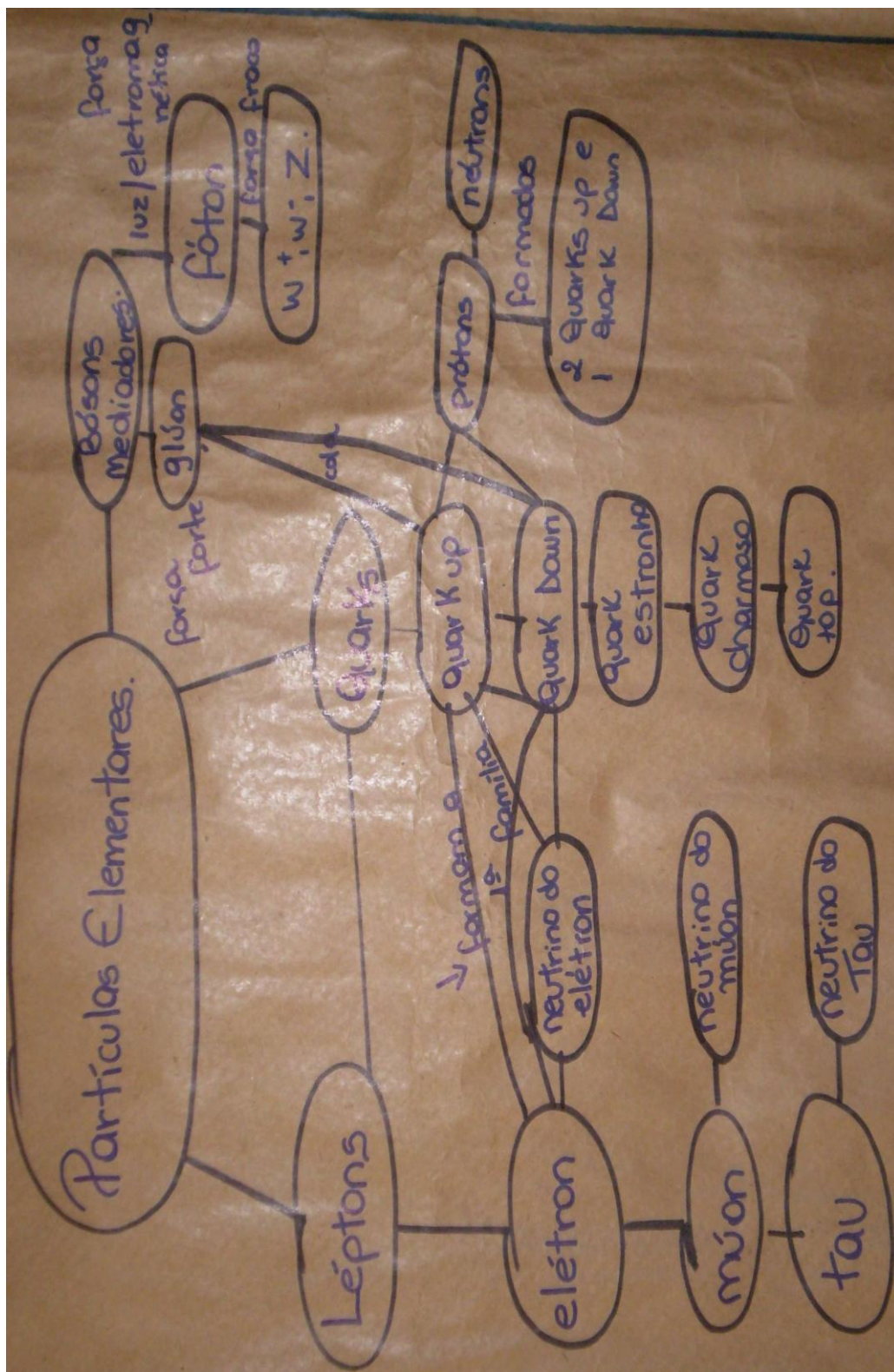


Figura 18: Foto do primeiro mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo H.

A explicação apresentada pelo grupo H para o mapa conceitual da Figura 18 foi:

*“As partículas elementares são divididas em dois grupos. O grupo dos léptons que é composto por: elétron e o neutrino do elétron, múon e o neutrino do múon, tau e o neutrino do tau. O grupo dos quarks que é composto por: quark up, quark down, quark estranho, quark charmoso e o quark botton.*

*Também tem o grupo dos bósons mediadores que são eles, o glúons, o fóton, força fraca ( $W^+$ ,  $W^-$  e o bóson  $Z^0$ ).*

*O quark up, o quark down, o elétron e o neutrino do elétron estão interligados para justamente identificar a primeira família das partículas elementares.*

*O bóson mediador glúon age como uma cola, para juntar o quark up e quark down, para formar os prótons e os nêutrons, os prótons são formados por dois quarks up e um quark down.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* a maioria dos conceitos escolhidos está de acordo com o tema abordado, no entanto faltou apresentar um dos quarks e há necessidade de rever outros conceitos apresentados. Algumas relações entre os conceitos não estão suficientemente claras, o que pode evidenciar algumas dúvidas conceituais, por exemplo, alguns conceitos apresentam um grande número de ligações e outros estão praticamente isolados.

Diferente de muitos grupos, o grupo H não apresenta o gráviton como um conceito integrante do mapa. Quando questionados o grupo respondeu que como esta partícula ainda não havia sido detectada, ela não faria parte do mapa.

De uma forma geral, para um primeiro mapa, o grupo conseguiu escolher conceitos significativos para o conteúdo abordado. Além disso, conseguiu relacionar a maioria destes conceitos com todas as partes do mapa. Também foi um dos poucos mapas, em primeira versão, que apresentaram palavras de ligação entre os conceitos, apesar de terem sido constatados alguns problemas em relação à hierarquia dos conceitos.

O grupo não procurou a professora-pesquisadora para discutir sobre o seu trabalho.



*Sugestões de reformulação:* sugeriu-se uma reavaliação nos conceitos escolhidos e o uso de mais palavras de ligação entre os conceitos.

De uma forma geral, quanto às discussões realizadas durante a apresentação dos primeiros mapas conceituais, elas caracterizaram-se por críticas, na maioria das vezes construtivas, por parte dos colegas que assistiam à apresentação e que infelizmente, também na maioria das vezes, não eram aceitas pelo grupo que apresentava. Pode-se dizer isso porque a postura da maioria dos grupos durante a apresentação não era de discutir ou aceitar as sugestões, mas, de justificar as suas escolhas; não havia uma discussão bidirecional, neste momento, pois a postura da maioria dos grupos era de se defender das críticas. O mesmo não acontecia quando a professora-pesquisadora questionava ou sugeria alguma coisa ao grupo. Esta postura por parte dos alunos já era esperada, pois realizar uma tarefa tão diferenciada do que normalmente é feito em sala de aula exige tempo. O aluno de Ensino Médio, infelizmente, não está acostumado à discussão em sala de aula, normalmente a instrução é unidirecional, do professor para o aluno. Mesmo com a proposta da Atividade 1 (seminário) ainda assim foi difícil motivar os alunos a discutirem os mapas dos colegas. Assim, o trabalho com os mapas conceituais não envolveu apenas a compreensão do conteúdo da elaboração dos mapas, os alunos têm que ser motivados para falarem e para serem ouvidos. E, além disso, é importante mostrar para o aluno que muitas vezes a sugestão do seu colega deve ser levada em conta e não apenas a do professor.

Assim, na nona aula da UA o Modelo Padrão das Partículas Elementares foi retomado com os alunos. Para isso a professora-pesquisadora apresentou como exemplo, um mapa conceitual sobre partículas elementares publicado em uma revista de ensino de Física (Moreira, 2004) e elaborado por um especialista em mapas conceituais (Moreira, 2004) — Figura 19. Este recurso foi considerado necessário, pois por se tratarem de estudantes de Ensino Médio, não tinham muita experiência neste tipo de atividade. Assim, a professora-pesquisadora considerou importante que os alunos tivessem contato com outro ponto de vista; se esperava que este momento enriquecesse os mapas elaborados, motivando cada aluno a ter um novo olhar sobre o seu mapa e em alguns casos até sobre o tema abordado. Este momento também foi aberto para as eventuais dúvidas sobre partículas elementares.

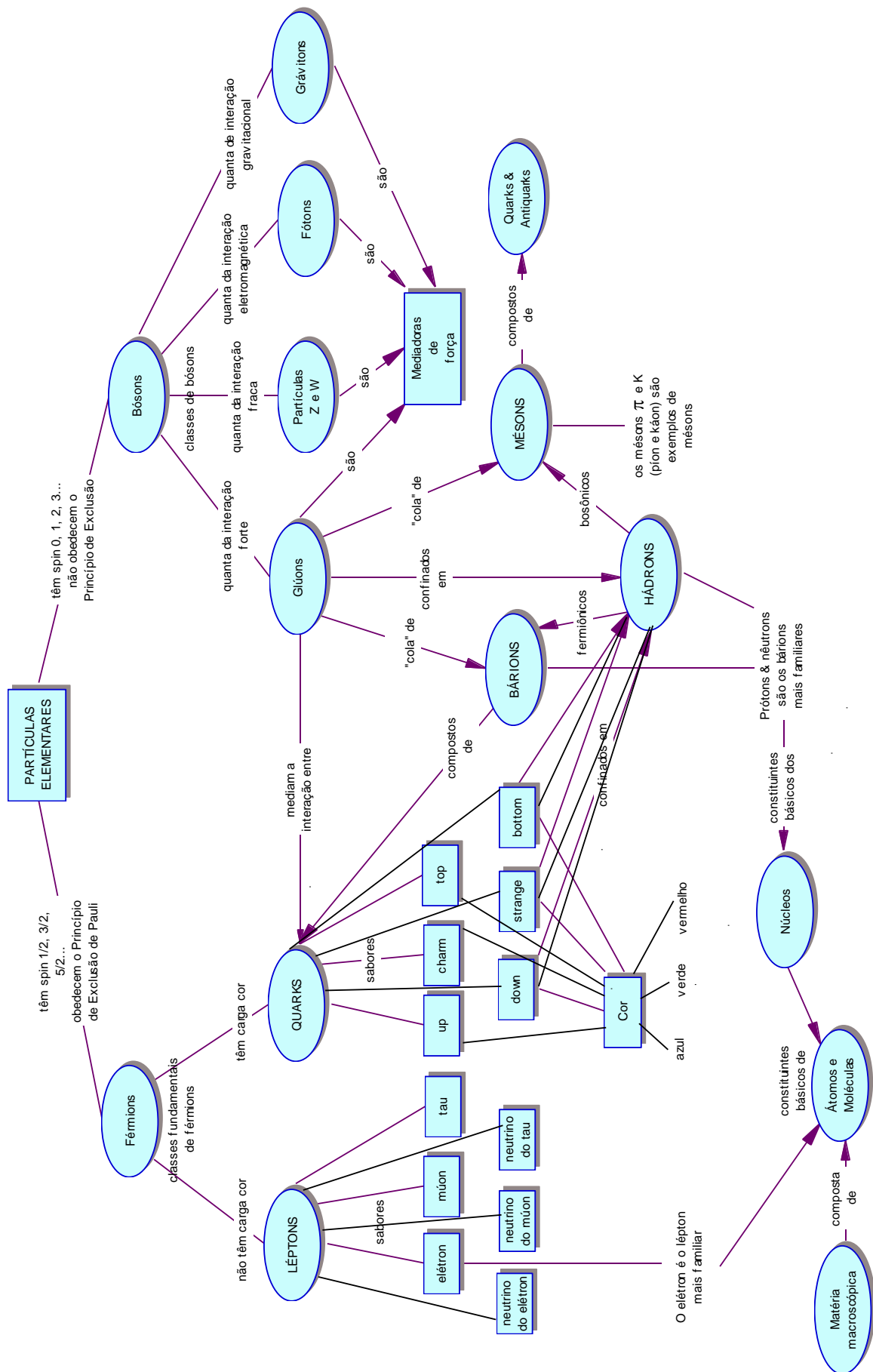


Figura 19: Um mapa conceitual sobre partículas elementares.

Figura 1: Um mapa conceitual sobre partículas elementares (MA. Moreira, 2004)

Este mapa foi apresentado, usando-se o *Power Point*, com intuito de apresentar o que seria um mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado por um especialista. Foram ressaltados, principalmente, aspectos de estrutura do mapa: quais conceitos foram considerados importantes para o seu autor e como se relacionavam. Esta opção foi feita em consequência da postura apresentada pelos alunos durante as apresentações. O fato de alguns grupos não demonstrarem interesse em discutir seus trabalhos e sim de defendê-los, fez com que a apresentação deste mapa tivesse com intenção provocar a reflexão que se esperava durante as apresentações dos mapas conceituais. A explicação que foi apresentada aos alunos, relativa a este mapa, encontra-se no Apêndice 5.

Após esta atividade, os alunos receberam a tarefa de reelaborarem seus mapas conceituais. Quando esta tarefa foi proposta, muitos alunos pediram para que a professora-pesquisadora disponibilizasse o mapa utilizado na apresentação, o que não aconteceu. Optou-se por esta atitude, pois o objetivo da atividade foi provocar a discussão sobre o trabalho realizado até este momento, e não que os alunos pensassem que existem mapas certos e mapas errados. Bem pelo contrário, o importante foi o esforço dos alunos repensarem seus mapas. Ao final desta aula, os grupos tiveram tempo para discutir com a professora-pesquisadora seus primeiros mapas e ouvir as sugestões de reformulação apontadas anteriormente, no entanto, a maioria dos grupos não se interessou pela discussão, inclusive pedindo para sair da sala de aula, optando, assim, por refazer o seu mapa apoiando-se apenas na discussão do grande grupo. Este tipo de atitude pode ter ocorrido pela dificuldade de compreensão a respeito do trabalho com os mapas, talvez os alunos não tenham entendido a importância da discussão para se elaborar um mapa conceitual. Esta atitude é compreensível pelo ensino que a maioria destes alunos recebeu durante toda a sua formação escolar: muitas vezes, pelo grande número de alunos em sala de aula, o professor opta, na avaliação de tarefas, por apenas corrigir os “erros” apresentados pelos alunos, pois não tem como discutir as dúvidas com cada aluno. Esse tipo de atitude acaba transmitindo a ideia de que o ensino se faz apenas pela correção dos erros. Esta aula foi marcada por muitas reclamações sobre a proposta dos mapas conceituais serem refeitos, alguns alunos julgaram que bastava fazer um mapa para completar a tarefa, o que evidencia novamente o que foi dito acima, o

interesse prioritariamente focado no resultado final da tarefa e não no seu desenvolvimento.

A décima aula da UA foi dedicada para a reapresentação da segunda versão dos mapas conceituais.

Grupo A: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

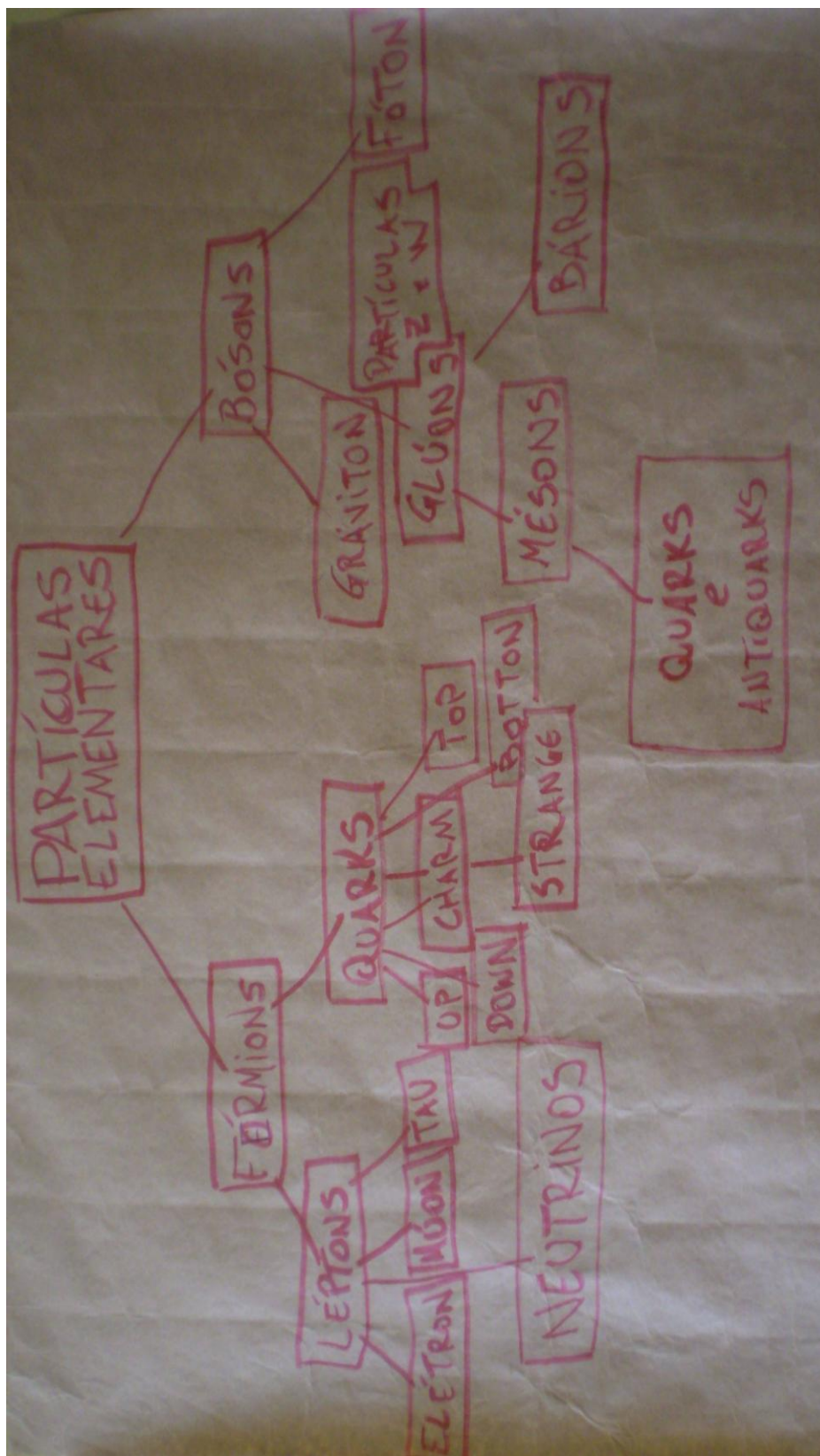


Figura 20: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo A.

A explicação apresentada pelo grupo A para o mapa conceitual da Figura 20 foi:

*“Introdução: no nosso primeiro mapa usamos um modelo muito diferente do apresentado em aula, nosso primeiro mapa apresentava nomes dos cientistas levando em conta a importância do que os físicos disseram ou descobriram.*

*O nosso mapa atual leva apenas o nome das partículas elementares e sua importância. No topo do mapa temos o seguinte item ‘partículas elementares’ pois a muito tempo fizeram a pergunta ‘o que há dentro do átomo?’ e a resposta é: partículas elementares. E deste ponto há dois caminhos, os que obedecem ao princípio de Pauli e o que não obedece ao princípio de exclusão de Pauli.*

*Levam em conta o princípio de exclusão: seguindo o caminho dos que levam em conta o princípio de Pauli temos a primeira descoberta relevante que são os férmions que se divide em duas classes fundamentais, os que tem cor e os que não tem. Os que não têm cor são chamados de léptons e os que têm são chamados de quarks e essas partículas têm os respectivos sabores: elétron, tau, múon, e seus respectivos neutrinos e nos sabores dos quarks temos o up, top, charm, down, strange e o bottom que se divide em cores azul, verde e vermelho.*

*Não levam em conta o princípio da exclusão: ao seguir pelo caminho dos que não levam em conta o princípio de exclusão encontramos os bósons que se dividem em quatro classes os glúons (interação forte), as partículas Z e W (interação fraca), fótons ( interação eletromagnética) e os grávitons (interação gravitacional) e todas essas partículas são mediadoras de força.*

*Compostos de quarks temos os bárions, prótons e nêutrons são os bárions mais familiares que são os constituintes básicos dos átomos e moléculas. Compostos de quarks e antiquarks temos os mésons e os hádrons que são compostos de alguns tipos de quarks.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação: na segunda versão do mapa, o grupo alterou completamente o seu mapa. É provável que isto tenha ocorrido por influência dos demais trabalhos, do mapa apresentado pela professora-pesquisadora ou a provável releitura do texto alterou a seleção de conceitos para a elaboração deste mapa conceitual.*

Os conceitos escolhidos, com algumas exceções (repetição de quarks, ao invés de integrar o mapa com palavras de conexão, por exemplo), e sua relação hierárquica estão adequados ao tema abordado. Na explicação do mapa, os alunos fazem referência ao uso de palavras de ligação entre os conceitos do mapa, no entanto isso não está expresso no mapa. Apresentaram algumas explicações que não estão expressas no mapa conceitual. Também demonstraram mais habilidade na elaboração do mapa em relação à hierarquia do que em relação às relações entre os conceitos selecionados.

As alterações da segunda versão foram feitas por conta do grupo, pois estes alunos não procuraram a professora-pesquisadora para discutir sobre suas dúvidas. Dessa forma, o grupo não entrou em contato com as sugestões de reformulação elaboradas pela professora-pesquisadora.

Para uma terceira versão do mapa conceitual, a professora-pesquisadora apresenta as seguintes sugestões de reformulação: especificar cada um dos neutrinos sugere-se aumentar o número de ligações entre os conceitos presentes no mapa e fazer uso de palavras de ligação entre os conceitos para explicitar a relação entre eles.

Grupo B: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

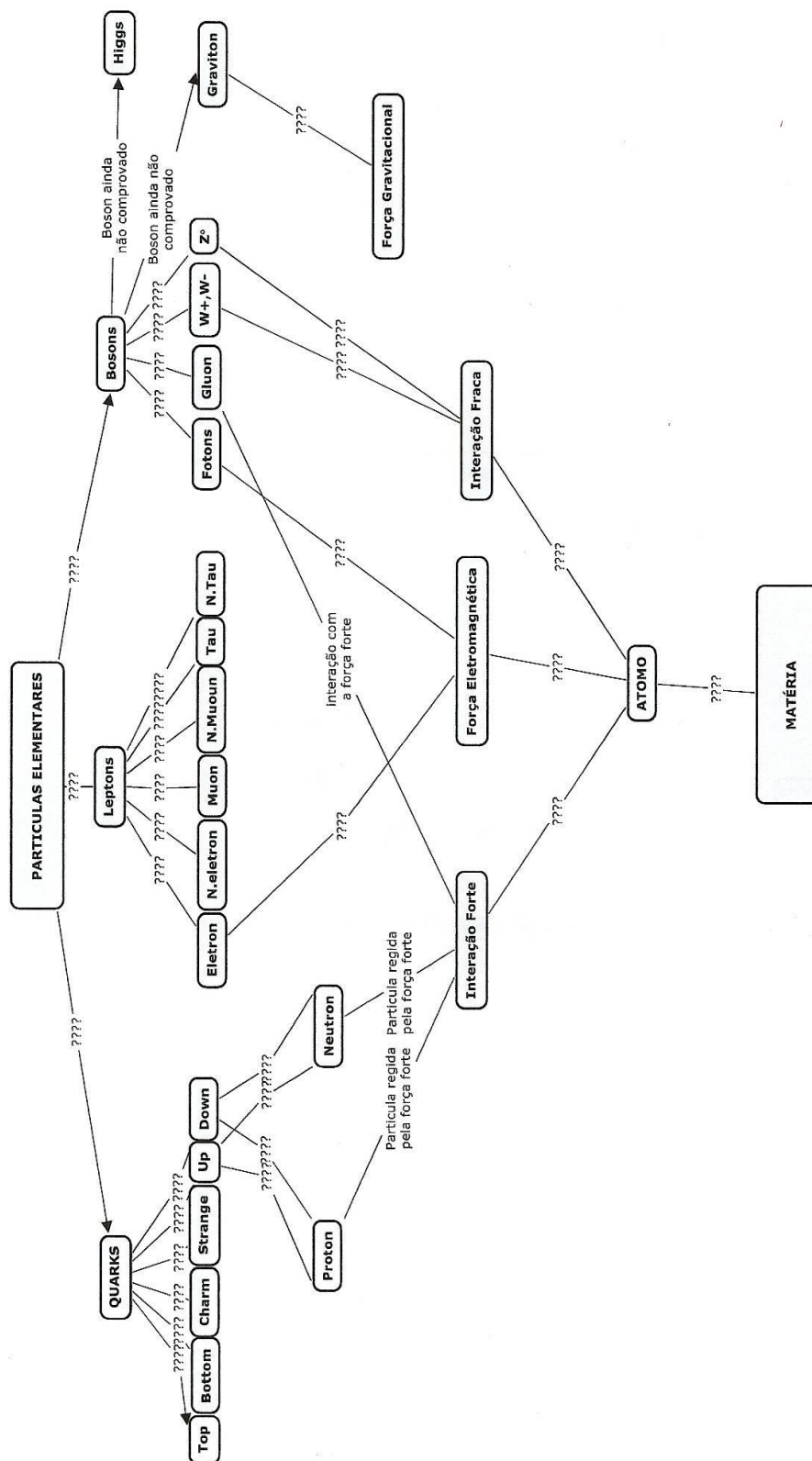


Figura 21: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elemnetares elaborado pelo grupo B.



A explicação apresentada pelo grupo B para o mapa conceitual da Figura 21 foi:

*“O conceito principal é ‘partículas elementares’, que dele derivam todos os subconceitos como as três classes que compõe as partículas elementares, estas são: quarks, léptons e bósons.*

*Quarks: o grupo de partículas elementares que compõe o próton e o nêutron, pela união do quarks up e down. Neste grupo ainda existem os quarks strange, charm, bottom e top (este acredita-se apenas ter existido na época do Big-Bang, por ser uma partícula muito massiva).*

*Léptons: os léptons são formados sempre por uma partícula e seu respectivo neutrino, neste grupo temos: elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau, neutrino do tau. Alguns elementos desse grupo unidos a alguns dos quarks mais algum bóson nos dá o que conhecemos por átomo.*

*Bósons mediadores: são eles que intermediam as relações entre as partículas elementares dentro do núcleo do átomo. Estes são até o momento quatro: fóton, glúon,  $Z^0$  e  $(W, W^+)$ . Além destes quatro já confirmados existe a suspeita de mais dois bósons ainda não confirmados estes seriam o gráviton e o Higgs que serão explicados em seguida.*

*Bóson gráviton: este seria o bóson suspeito da interação gravitacional que atinge todos os corpos, porem sua existência ainda não foi provado, porem como na Física existe uma lei de simetria é provável que existam também seis bósons como existem seis de cada um dos grupos já citados.*

*Bóson de Higgs: Este é o bóson talvez mais importante, os pesquisadores acreditam que ele seria o responsável por dar massa para a matéria, mas como o gráviton sua existência ainda não foi comprovada, também se acredita que esse bóson existiu na época do Big-Bang.*

*Nêutron: partícula formada por dois quarks down e um quark up, existiu no núcleo do átomo junto ao próton e estes são unidos pelo glúon que é o bóson responsável pela interação forte.*

*Próton: partícula formada por dois quarks up e um quark down, o próton é uma partícula de carga positiva que é unido ao elétron no núcleo atômico por meio de glúon.*

*Elétron: o elétron é um lépton de carga negativa que circunda o núcleo atômico com a ajuda do bóson responsável pela interação eletromagnética, o fóton.*

*Interação eletromagnética: é uma das quatro forças que regem a natureza até o momento descobertas, o bóson mediador da força eletromagnética é o fóton.*

*Interação forte: como a interação eletromagnética a interação forte também é uma das forças que regem a natureza, ela consiste em manter o núcleo atômico estável, com a ajuda do seu bóson mediador o glúon.*

*Interação fraca: esta força é a responsável pelo decaimento beta, e possui como bósons os  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ .*

*Átomo: o átomo antes era considerado a menor parte da matéria existente, agora já se sabe que existem corpos ainda menores em seu interior, podemos afirmar então que o átomo é um aglomerado de partículas elementares e de forças naturais.*

*Matéria: a matéria é constituída por um número incontável de átomos por tanto é o ultimo conceito desse mapa conceitual, por ser uma 'união' de todos os conceitos anteriormente apresentados.*

*Antimatéria: a antimatéria é formada por antipartículas, estas são as partículas opostas as da matéria que nos circunda. Como a matéria a antimatéria também é formada por suas respectivas famílias, estas seriam os antiquarks e os antiléptons.*

*Antiquarks: Antiquark up, antiquark down (primeira família); antiquark strange, antiquark charm (segunda família); antiquark top, antiquark bottom (terceira família).*

*Antiléptons: esta família é composta por pósitron (elétron positivo), elétron antineutrino (primeira família); múon positivo, múon antineutrino (segunda família); tau positivo, tau antineutrino (terceira família).*

*Com a junção dessas famílias nós podemos constituir a antimatéria com a ajuda dos bósons mediadores. Quando a matéria se uni a antimatéria elas se aniquilam retornando novamente ao estado de energia.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação: percebe-se que o grupo não refez o mapa, apenas acrescentou em sua explicação mais um conceito sem representá-lo no mapa. Assim todos os comentários feitos anteriormente sobre*

o uso e relação entre os conceitos, as palavras de ligação e a relação de hierarquia entre os conceitos continuam os mesmos.

A justificativa dada pelo grupo por apresentar o mesmo mapa conceitual foi a de que consideram a primeira versão mapa conceitual elaborado muito bom e não julgaram que deveria ser alterado. Assim, é difícil dizer se os alunos não compreenderam o objetivo do trabalho com os mapas conceituais, se a tarefa não os interessou, pois, mesmo quando a professora-pesquisadora alertou o grupo que não existe um único mapa conceitual correto e que ele pode ser constantemente alterado conforme varia o grau de instrução do aprendiz, mesmo assim, não houve motivação para apresentar uma segunda versão do mapa. Este grupo não apresentou interesse em procurar a professora-pesquisadora para discutir sobre o seu mapa.

Grupo C: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

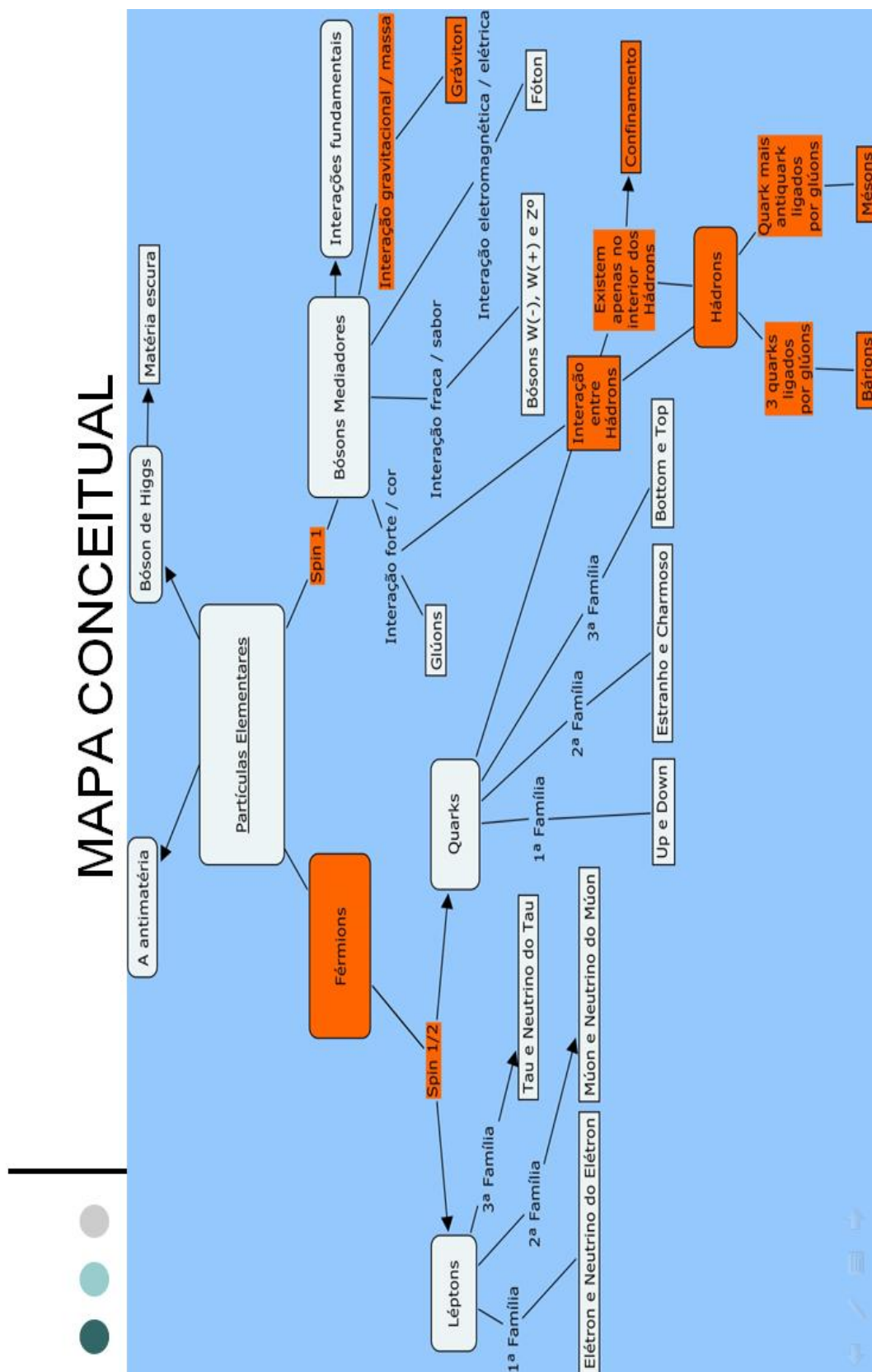


Figura 22: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo C.

A explicação apresentada pelo grupo E para o mapa conceitual da Figura 22 foi:

*“Este mapa conceitual tem o objetivo de conceituar de forma clara e simplificada o assunto partículas elementares e interações fundamentais. Ele está dividido em férmions, bósons mediadores, antimatéria e bóson de Higgs.*

*Férmions: é uma partícula que tem spin semi-inteiro. Eles estão incluídos porque todas as partículas elementares são férmions ou bósons. Férmions possuem spin  $\frac{1}{2}$  e são divididos em setor de léptons e quarks. No setor dos léptons existem na primeira família o elétron e o neutrino do elétron, na segunda família o múon e o neutrino do múon e na terceira família o tau e o neutrino do tau. No setor dos quarks existem na primeira família os quarks up e down, na segunda família o quark estranho e charmoso e na terceira família os quarks bottom e top. Ainda no setor dos quarks existe a interação de hádrons que estão ligados aos glúons, local onde estão confinados. Aos hádrons estão associados bárions (três quarks ligados por glúons) e mésons (quark mais antiquark ligados por glúons).*

*Bósons mediadores: são os mediadores das interações fundamentais da natureza. Eles estão incluídos porque todas as partículas elementares são férmions ou bósons. Bósons mediadores possuem spin um e são divididos em glúons (responsáveis pela interação forte/cor); bósons  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  (responsáveis pela interação fraca/sabor); fóton (responsável pela interação eletromagnética/elétrica) e o gráviton (responsável pela interação gravitacional/massa).*

*A antimatéria está à parte de todas as outras interações. E o bóson de Higgs é uma partícula prevista teoricamente para explicar porque outras partículas, os bósons  $W$  e  $Z$ , têm massa. Essa proposta tenta explicar a diferença de massa entre o fóton e as partículas  $Z$  e  $W$ , por exemplo. Assim, adotou-se o bóson de Higgs como a partícula responsável pela massa das partículas. Contudo o bóson de Higgs e suas possíveis consequências ainda são uma hipótese. A matéria escura está diretamente ligada ao bóson de Higgs e a supersimetria que prevê que a matéria escura seria formada por novas partículas previstas por essa teoria. A matéria escura representa 22% de todo o conteúdo do Universo.”*

Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação: o mapa e a explicação dada pelos alunos mostram que este grupo conseguiu identificar e

justificar, quando questionados, os conceitos escolhidos e as relações entre eles. Também conseguiram aumentar o número de palavras de ligação entre os conceitos. No trabalho deste grupo, percebeu-se uma melhoria na segunda versão do mapa conceitual. Acredita-se que um dos fatores que contribuiu para isso tenha sido a conversa com a professora-pesquisadora antes de elaborar a segunda versão do mapa. Foi neste momento que houve possibilidade de discutir um pouco mais sobre a elaboração dos mapas, tendo como ponto de partida o primeiro mapa elaborado pelo grupo. Então, alteraram o seu mapa reduzindo o número de conceitos e estabelecendo algumas relações, e o uso de algumas palavras de ligação entre os conceitos. Esta redução no número de conceitos pode ter sido influenciada pelos mapas elaborados pelos demais grupos ou pelo mapa apresentado pela professora-pesquisadora, que como pode ser visto na Figura 19, não apresenta os conceitos históricos presentes no primeiro mapa conceitual elaborado pelo grupo C. Também tornaram as relações hierárquicas mais explícitas ao escolherem cores diferentes para os conceitos. Aparentemente, é possível perceber indícios do princípio de diferenciação progressiva, no entanto, o princípio da reconciliação integrativa não fica claro na explicação.

Mesmo que o uso das palavras de ligação entre os conceitos não forme proposições muito significativas entre os conceitos, elas contribuem muito para a compreensão do mapa. Durante esta apresentação o grupo demonstrou muita segurança ao falar sobre o tema.

*Sugestões de reformulação:* ainda é possível melhorar as palavras de ligação entre os conceitos, e em alguns casos a sua posição no mapa. Procurando palavras mais significativas para o conteúdo tratado.

Grupo D: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

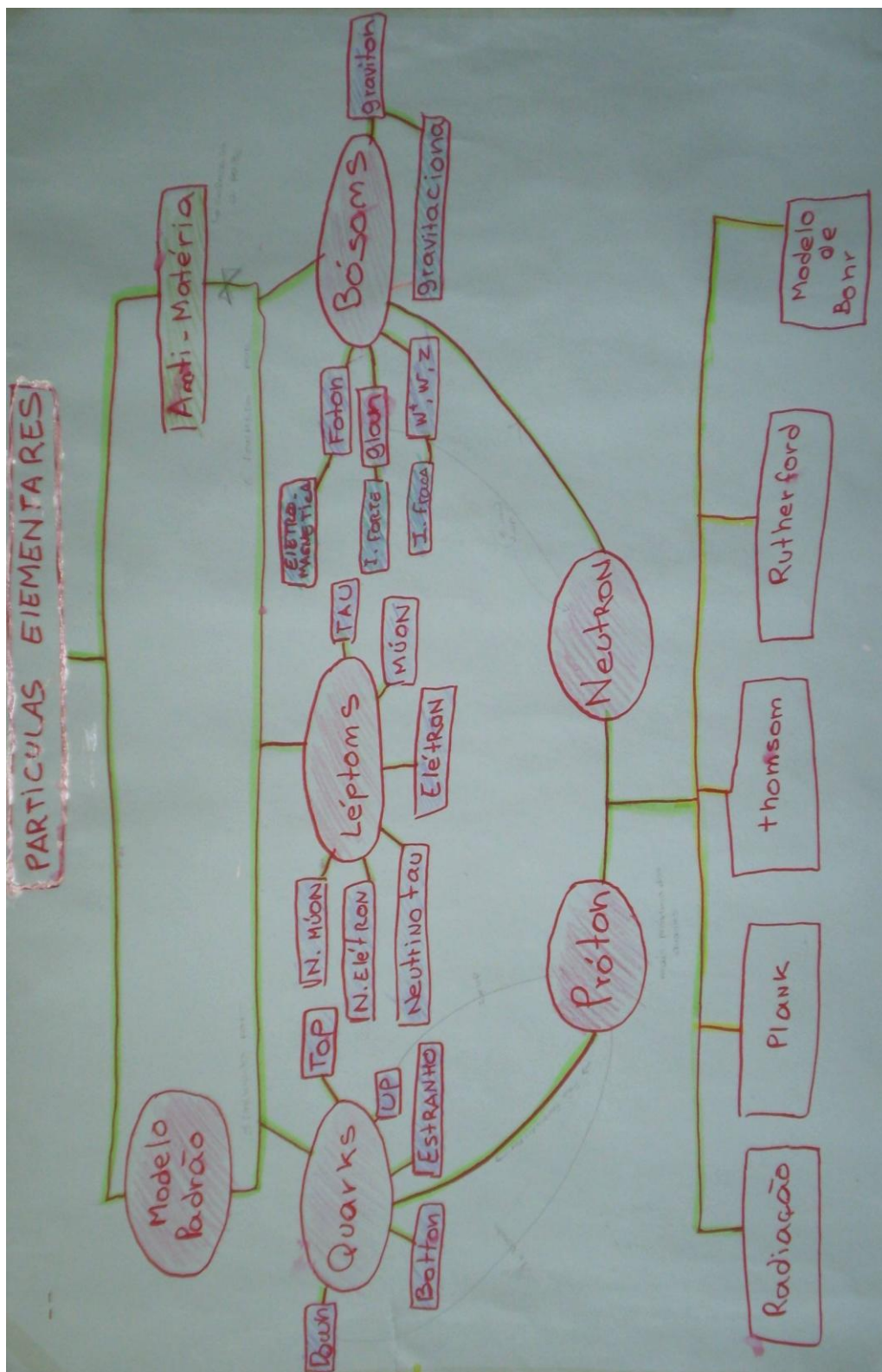


Figura 23: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo D.

A explicação apresentada pelo grupo D para o mapa conceitual da Figura 23 foi:

“1) *Radiação e transmutação radioativa: descoberta da radiação gama, eletricamente neutra. Rutherford e Frederick Soddy formularam a teoria que a radiação seria uma transmutação. Admitindo que as substâncias radioativas continham átomos instáveis.*

2) *Planck, proposta de quantum: propôs que a energia assim como a matéria existiam em pequenas quantidades, os ‘quantuns’, indivisíveis.*

3) *Proposta de Thomson e Nagaoka: propôs que os elétrons estariam imersos em uma esfera, onde o átomo fosse neutro. E Nagaoka propôs que haveria uma partícula com massa e carga positiva no centro dos anéis.*

4) *Einstein (fóton): assume que a luz era formada por fótons.*

5) *Modelo atômico de Rutherford: realizou o experimento de Geiger Mardens. Retificou o modelo de Thomson e propôs que a carga positiva estaria centrada em um ponto central.*

6) *Modelo atômico de Bohr: sugere que o átomo é composto por um núcleo central que está envolto por elétrons que descrevem órbitas em torno do núcleo.*

7) *Próton: Rutherford propôs a existência do núcleo atômico que pode ser divisível ao sugerir a existência do próton.*

8) *Nêutron: Rutherford propõe a existência do nêutron.*

9) *Neutrino: partícula neutra de massa muito pequena que seria emitida junto com o elétron no núcleo.*

10) *Méson: responsáveis pela mediação e estabilidade atômica.*

11) *Interação gravitacional: descrita por Newton e diz que todos os corpos se atraem mutuamente. Gráviton.*

12) *Interação eletromagnética: responsável pela formação dos átomos e ligações moleculares. Tem como mediador o fóton.*

13) *Interações fraca: responsável pelos decaimentos radioativos. Tem como mediadores os  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ .*

14) *Interação forte: responsável pela união dos quarks dentro dos hádrons, pela coesão nuclear, o que mantém prótons e nêutrons juntos no núcleo. Mediador: glúon.*



15) *Quarks: sua primeira evidência foi detectado em um experimento realizado no Fermilab.*

16) *Léptons: se apresentam em duplas, compostas por uma partícula e seu neutrino.*

17) *Bósons: os bósons  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  foram detectados em 1983.*

18) *Modelo padrão: atualmente a teoria capaz de explicar a natureza da matéria. Agrega as partículas elementares e suas interações fundamentais.*

19) *Anti-matéria: imagina-se depois do Big Bang houve uma predominância da matéria sobre a anti-matéria. E que para essa assimetria deveria existir para cada bilhão de anti-partículas, um bilhão mais uma partículas de matéria.*

20) *Partículas elementares:”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* utilizaram praticamente os mesmos conceitos da primeira versão, mas suas ligações foram alteradas. A explicação do mapa continuou sendo feita de “baixo para cima” o que compromete as relações de hierarquia. Provavelmente, eles não entenderam o que é hierarquia ou, se entenderam, continuam considerando mais razoável começar pelo mais específico até o conceito mais geral. O que é compreensível já que a maioria dos professores de Física, Química, Ciências, em geral, apresentam esta metodologia de ensino: do particular para o geral. O grupo não apresentou o uso de palavras de ligação entre os conceitos, e como justificativa disseram que não as consideraram necessárias, pois julgaram que as linhas que ligam os conceitos são suficientes para demonstrar a relação entre eles. Esse comentário faz pensar o quanto estes alunos prestaram atenção nas apresentações de seus colegas, será que no mapa dos colegas as palavras de ligação entre os conceitos eram dispensáveis? Acredita-se que não, pois um dos integrantes do grupo reclamou da falta de clareza dos mapas, dizendo que era muito difícil adivinhar as relações estabelecidas pelos colegas. Reclamou que os mapas não poderiam ser lidos se o colega não explicasse. É claro que o mapa precisa da explicação de seu autor, mas um mapa bem elaborado facilita a sua leitura, provavelmente a interpretação não será a mesma, mas possibilitaria a leitura. Este comentário faz pensar como estes alunos interpretaram as discussões: será que a sugestões que eram dadas só

serviam para os demais, não seria necessário que o próprio grupo refletisse sobre o seu trabalho?

Este grupo mostrou interesse em realizar a tarefa, procuraram a professora-pesquisadora para discutir a segunda versão do seu trabalho e nesta conversa se percebeu que as suas dificuldades na elaboração dos mapas persistiam. Durante esta conversa um dos integrantes do grupo começou a copiar e arrumar a lápis no mapa as sugestões da professora-pesquisadora (se olharmos com atenção pode-se ver no mapa estas correções). Mesmo pedindo para que não fizesse estas anotações e concentra-se na discussão, pois o importante neste tipo de atividade é a discussão do mapa para que o aluno possa compreender onde o seu raciocínio está errado/confuso ou incompleto, e é a partir da discussão, do pensar sobre o mapa, que se deve avaliar nas alterações necessárias. Essas alterações não podem ser correções feitas simplesmente porque a professora mandou. Este processo tem que ser uma troca entre professor e aluno. Esta é a negociação de significados. Acredita-se que esta é uma das maiores vantagens no uso dos mapas conceituais. Voltando ao comentário: o quanto estes alunos estavam interessados em refletir sobre o seu trabalho? Novamente, este é o aluno que a escola comportamentalista formou, sua prioridade é corrigir erros e não se questionar sobre eles, mas para que esta atitude sofra mudanças, é necessário que o aluno tenha tempo para mudar esta atitude culturalmente adquirida.

Como dito anteriormente o mapa apresentou poucas alterações, o que justifica de certa forma, a hipótese de que as demais apresentações (dos demais grupos) e o mapa conceitual, apresentado pela professora-pesquisadora, aparentemente não motivaram o grupo a reavaliar o seu mapa.

Assim, percebe-se que a estrutura da segunda versão do mapa conceitual ficou muito parecida com o primeiro, o que dá indícios que mesmo que o grupo tenha revisto o conteúdo ainda apresentam dúvidas quanto à elaboração de um mapa conceitual.

*Sugestões de reformulação:* melhorar as relações entre os conceitos apresentados. Alterar a estrutura hierárquica do mapa, considerando os métodos de elaboração de um mapa conceitual apresentados em sala de aula. Utilizar palavras de ligação entre os conceitos.

Grupo E: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

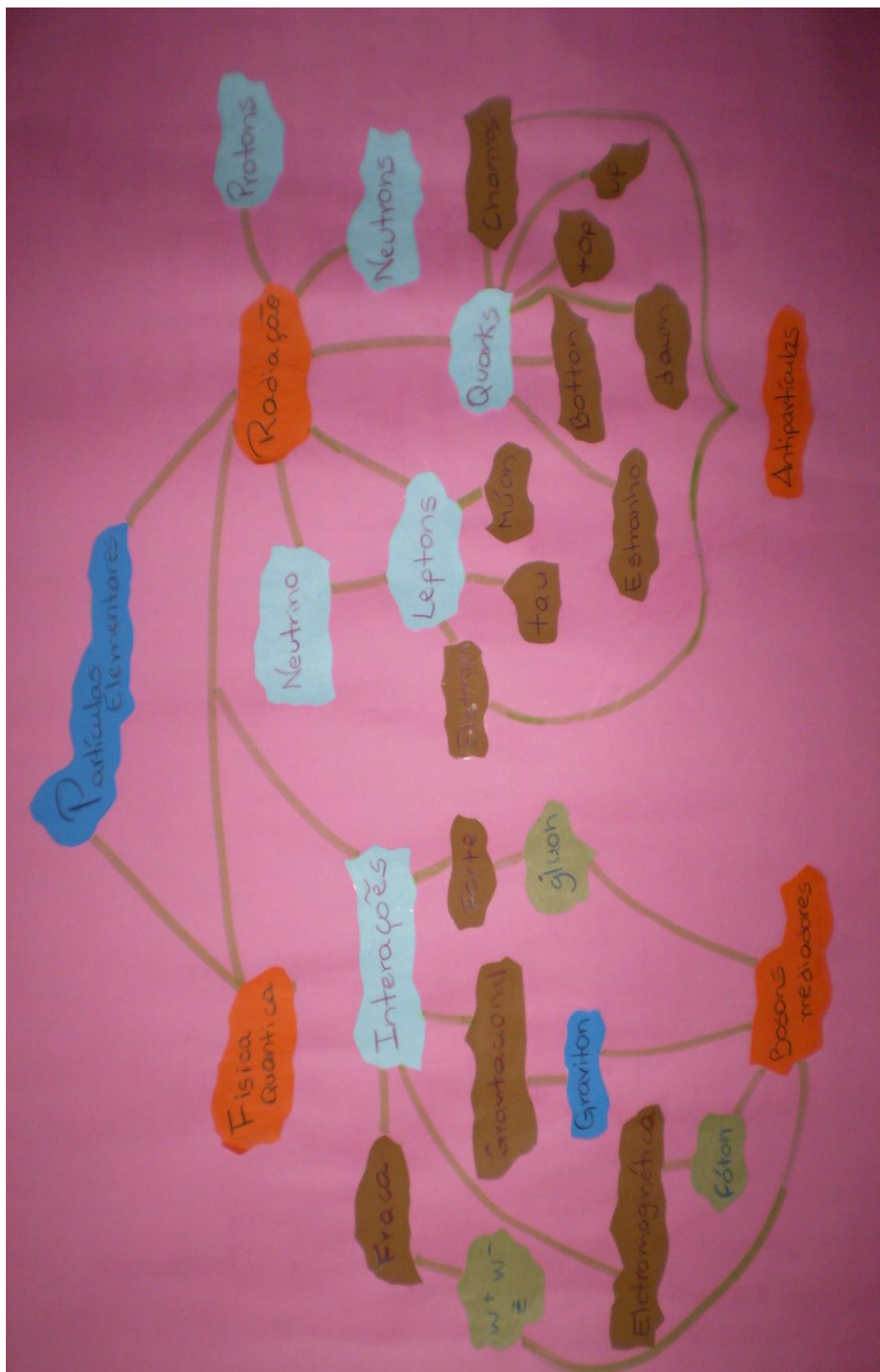


Figura 24: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo E.

A explicação apresentada pelo grupo E para o mapa conceitual da Figura 24 foi:

*“Dividimos o mapa por cores, dependendo da importância de cada palavra, a cor chama mais atenção.*

*Partículas elementares: azul por ser o assunto estudado e o gráviton, está diferente dos outros bósons por ainda não ter sido descoberto.*

*Radiação e a Física Quântica: de laranja, pois sem essas duas descobertas, não haveriam as demais.*

*Os neutrinos, nêutrons, léptons, prótons, quarks e interações estão de azul fraco, por terem sido as descobertas ocorridas por meio da radiação e da Física Quântica.*

*Todos os quarks, léptons e interações estão de marrom, não destacamos muito estas por serem pertencentes aos grupos que destacamos.*

*Anti-partículas: está de laranja por referir-se a um grupo que não está exemplificado, e os bósons mediadores por agrupar o  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$ , fóton, gráviton e o glúon, os quais com exceção do gráviton, não estão muito destacados.*

*Em nosso mapa nós acrescentamos apenas os bósons mediadores, pois achamos importante colocarmos com suas respectivas forças.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* a segunda versão do mapa apresenta poucas alterações em relação à primeira; os conceitos, suas relações e a inexistência de palavras de ligação entre eles se conservaram. Estabeleceram um sistema de cores para expressar relações de hierarquia. No entanto, não conseguiram expressar adequadamente as relações presentes no conteúdo abordado. Mesmo aparentando alguns problemas relativos ao conteúdo, o grupo superou algumas dificuldades em relação à elaboração dos mapas. Como dito anteriormente, o grupo não procurou a professora-pesquisadora para discutir seu trabalho, mas provavelmente essa discussão ocorreu internamente no grupo.

*Sugestões de reformulação:* alguns conceitos deveriam ser repensados ou a explicação destes deveria ser aprimorada. É necessário melhorar a relação de hierarquia entre os conceitos citados. O grupo inicialmente apresentou dificuldade na compreensão da solicitação, pois imaginavam que já haviam feito isso classificando os conceitos de acordo com as cores.

Grupo F: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

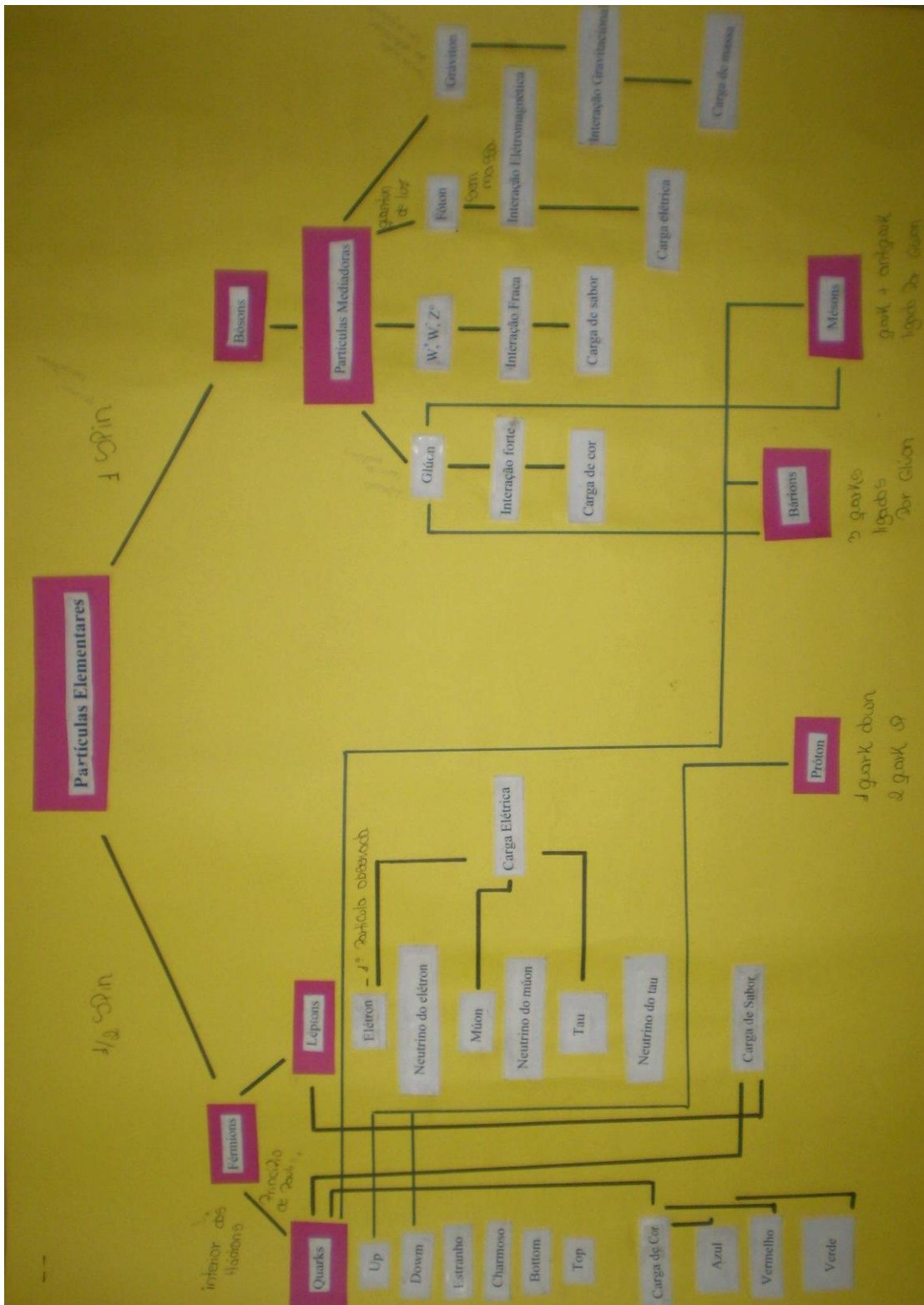


Figura 25: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo F.

A explicação apresentada pelo grupo E para o mapa conceitual da Figura 25 foi:

*“Partículas elementares são divididas em férmions e bósons. Os férmions são subdivididos entre quarks (up, down, estranho, charmoso, top e botton) e léptons (elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau, neutrino do tau). Na qual quarks e léptons possuem a carga de sabor que está associada a interação fraca. Os quarks além da carga de sabor, também possuem a carga de cor, onde cada elemento da família dos quarks pode ter três cores: azul, vermelho e verde.*

*Os bósons são partículas mediadoras, subdivididas em: glúon (responsável pela interação forte e presente na carga de cor),  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$  (responsável pela interação fraca e presente na carga de sabor), fóton (um quantum de luz responsável pela interação eletromagnética e presente na carga elétrica), gráviton (responsável pela interação gravitacional).*

*Sabemos que todas essas partículas mediadoras possuem massa, exceto o fóton, que como a ciência explica, teria perdido sua massa após o aparecimento do bóson de Higgs.*

*Nas partículas elementares também podemos notar a presença do próton, formado a partir de um quark down e dois quarks up. A presença de bárions, formado por três quarks ligados pelo glúon, e a presença de mésons, formado por quark+antiquark e ligados por glúons.*

*Todos estes estranhos elementos ajudam a formar o misterioso mundo das partículas elementares, e nos ajudam a entendê-las melhor.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* a segunda versão do mapa apresentou grandes modificações em relação à primeira. Aparentemente o grupo releu o texto e enriqueceu a segunda versão do mapa agregando mais alguns conceitos. No entanto, ainda apresenta alguns problemas ao relacioná-los. Fizeram o uso de poucas palavras de ligação entre os conceitos. As relações hierárquicas estão adequadas ao tema tratado.

Durante a discussão sobre a reformulação do mapa o grupo, estava mais preocupado em corrigir o que supostamente estava errado do que discutir suas escolhas com a professora-pesquisadora. É possível ver que neste mapa conceitual eles escreveram o que deveria ser ‘arrumado’. Como foi dito anteriormente, este é o

comportamento típico de alunos que passaram a sua vida escolar corrigindo erros e não tendo a preocupação de compreender quais foram suas dúvidas e então tentar resolvê-las. Foi apenas neste momento, praticamente no final da aplicação da UA, que o grupo apresentou um pouco mais de interesse e esforço para elaborar a tarefa.

Como foi comentado anteriormente, o princípio da diferenciação progressiva pode ser identificado no mapa, no entanto, os indícios de reconciliação integrativa não estão presentes.

*Sugestões de reformulação:* as relações entre os conceitos, e o papel de alguns conceitos no mapa, por exemplo, o próton. E utilizar palavras de ligação mais significativas entre os conceitos.

Grupo G: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

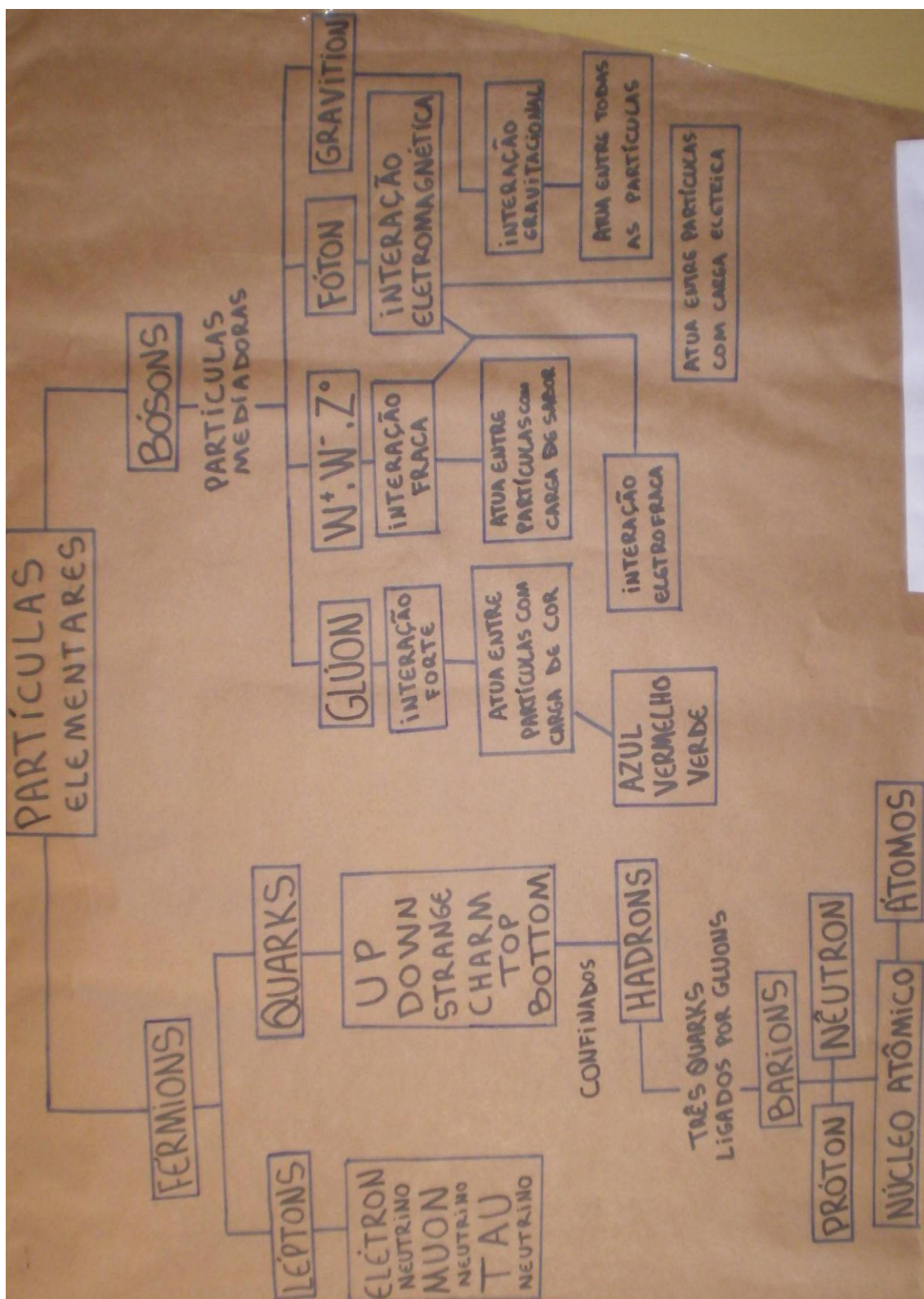


Figura 26: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo G.



A explicação apresentada pelo grupo G para o mapa conceitual da Figura 26 foi:

*“Nosso mapa explora desde as partículas mais elementares até a matéria que podemos ver.*

*Começando por partículas elementares, esta se divide em dois grupos: férmions e bósons.*

*Nos férmions existem dois subgrupos, os léptons e os quarks. Os léptons são: elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau, neutrino do tau. Os quarks: up, down, estranho charmoso, top e botton.*

*Do outro lado estão os bósons, que são partículas mediadoras: glúon,  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ , fóton e gráviton.*

*Voltando aos quarks eles se associam formando bárions, os bárions mais familiares são o próton e o nêutron, que junto a todos os outros formam o núcleo do átomo, depois o átomo aos a matéria macroscópica.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* a segunda versão do mapa apresenta muitas alterações, ficou mais rica com os conceitos que foram acrescentados. No entanto, o mapa ainda apresenta indícios de que o grupo tem algumas dúvidas sobre o conteúdo, pois algumas frases foram equivocadamente utilizadas como conceitos.

O grupo conseguiu inserir algumas palavras de ligação entre os conceitos. Quanto às relações entre os conceitos, o grupo retirou as que foram consideradas inadequadas e não as reviu. O que deixou este mapa ainda mais compartimentado.

O mapa apresenta indícios do princípio da diferenciação progressiva e a explicação, aparentemente, apresenta indícios do princípio da reconciliação integrativa.

*Sugestões de reformulação:* no mapa só devem ser utilizados conceitos. É importante apresentar as relações entre os conceitos apresentados no mapa. Também é importante aumentar o uso das palavras de ligação entre os conceitos.

Grupo H: Segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

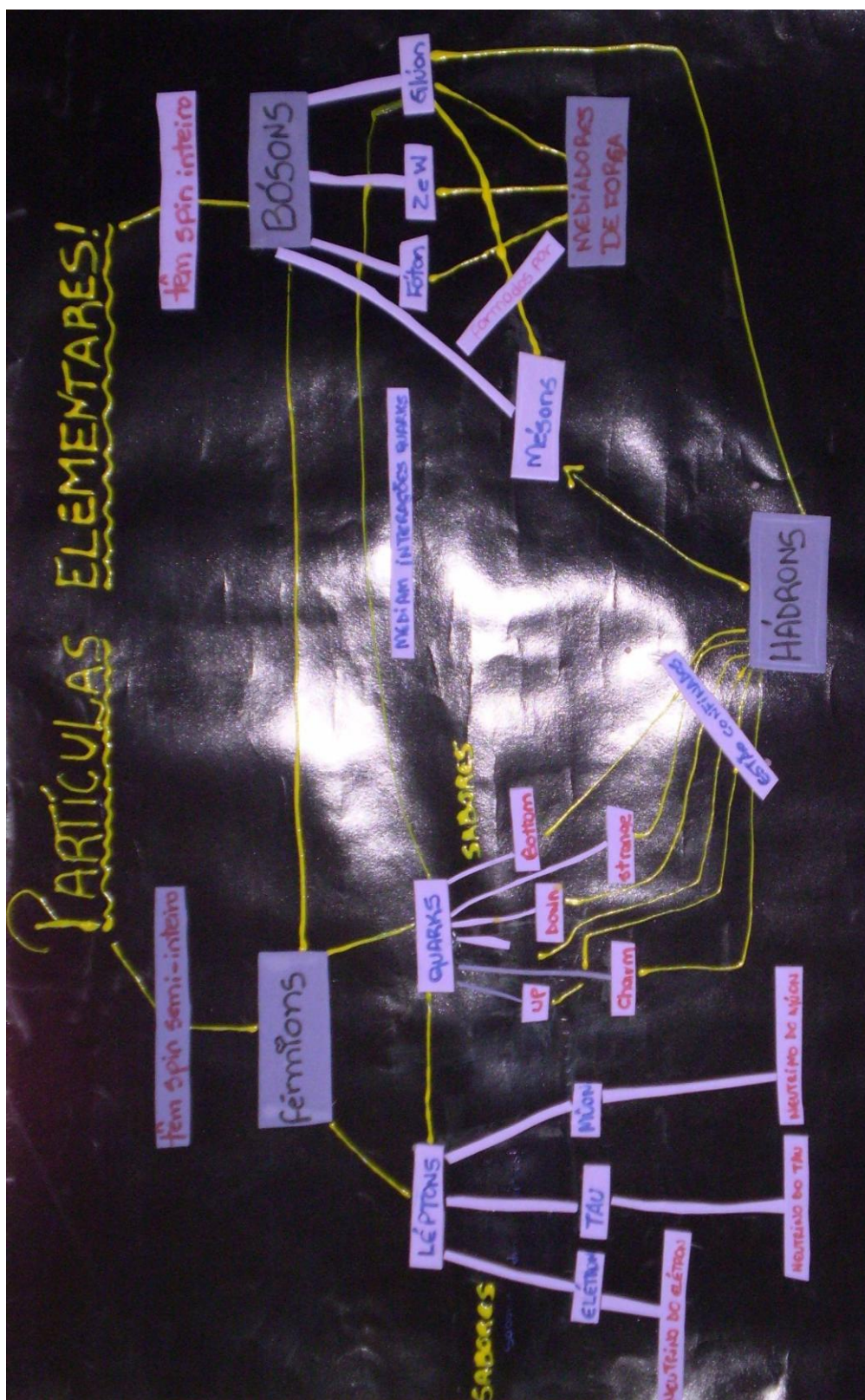


Figura 27: Foto da segunda versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo H.

A explicação apresentada pelo grupo H para o mapa conceitual da Figura 27 foi:

*“As partículas elementares foram divididas em férmions e bósons. Em que os férmions formam os grupos dos léptons e quarks, e os bósons são os mediadores de força inclusive as interações entre os quarks.*

*Colocamos em roxo os férmions e os bósons pela característica de ter ou não spin inteiro e em lilás os grupos dos quais eles são formados por seus respectivos sabores. Acrescentamos também o local onde ficam confinados, e que os mésons são formados pelo glúon.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* o mapa não apresenta muitas alterações, mas ao assistir a apresentação deste mapa o que transpareceu era que o grupo se preocupou em retirar o que estava “errado” sem se questionar sobre sua função no mapa. O questionamento ao refazer o mapa é fundamental. A apresentação do mapa pelo grupo dá indícios apresentam algumas dificuldades em relação à compreensão do conteúdo. O que pode ser percebido nas relações de hierarquia estabelecidas no mapa, qual foi o seu critério? Isso não fica claro no mapa e nem na explicação. As palavras de ligação entre os conceitos foram utilizadas, no entanto, pela formatação escolhida para o mapa, elas podem ser confundidas com conceitos.

*Sugestões de reformulação:* reavaliar os conceitos e suas relações, que poderiam enriquecer o mapa. Aumentar o uso de palavras de ligação entre os conceitos e suas relações.

Ao final das apresentações, notou-se que alguns conceitos como *mésons* e *bárions*, foram inseridos em todos os mapas apresentados. Isso leva-nos a questionar a validade ou não do uso, como referência, de um mapa elaborado por um especialista. O lado positivo desta escolha se deve aos alunos conseguirem perceber aspectos da teoria que ainda não haviam percebido, o negativo é que estes conceitos podem ter sido acrescentados em seus mapas sem nenhum questionamento. Mas, avaliando esta experiência, considerou-se importante os alunos conhecerem outro ponto de vista. Além disso, essa inserção se fez necessária, pois apenas com as apresentações dos demais colegas, os estudantes não se motivaram para rever seus mapas.

Após as apresentações, na décima primeira aula da UA, todos os grupos foram chamados para conversar com a professora-pesquisadora. Este período foi utilizado exclusivamente para as discussões, individuais, com cada grupo. Nessa atividade, foi possível discutir cada aspecto dos seus mapas. Foi combinado que, a próxima versão dos mapas conceituais, cada grupo apresentaria apenas para a professora-pesquisadora na décima segunda aula da UA. Esta escolha foi feita, pois teríamos apenas mais dois períodos de aula antes de terminar o trimestre. E nestes dois períodos teríamos que ter tempo para as apresentações dos mapas e a resolução do pós-teste.

Grupo A: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

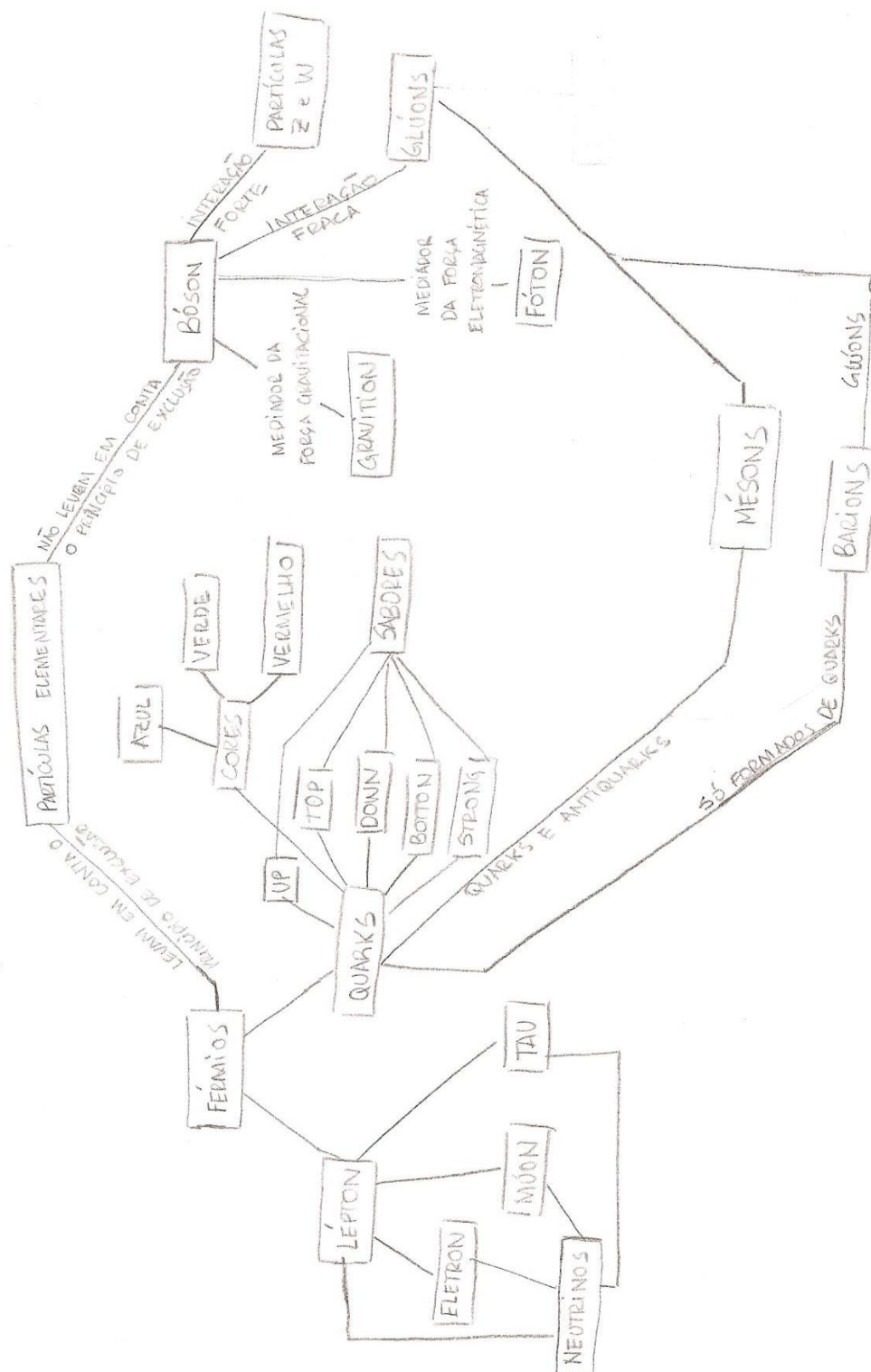


Figura 28: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo A.

A explicação apresentada pelo grupo A para o mapa conceitual da Figura 28 foi:

*“Nosso mapa começa a partir de duas subdivisões, as que levam em conta o princípio de exclusão de Pauli e as que não levam, porém as duas se misturam ao longo do mapa. Os que não levam em conta começam com o grupo dos bósons que é composto por quatro partículas mediadoras de forças, são elas: o gráviton, o fóton, as partículas Z e W e o fóton. E as que levam em conta começa com os férmions que é formada por quarks e léptons. Os quarks se dividem por sabor e cor, são sabores são up, down, top, botton, strange e as cores azul, verde e vermelho e o léptons são formados por elétron, múon e tau e seus respectivos neutrinos. Partindo dos quarks e glúons tem os mesmo que ao formados por quarks, anti-quarks e glúons e formado por quarks e glúons temos os bárions.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* terceira versão do mapa apresenta grandes mudanças; conseguiram escolher os conceitos e estabelecer relações entre eles – apesar, se usar indevidamente conceitos como palavras de ligação, como por exemplo, “quark”. Apresentaram, em geral, um número maior de palavras de ligação entre os conceitos, condizentes com o tratamento dado ao tema, além de relações hierárquicas adequadas. No entanto, foram detectados alguns erros conceituais.

A evolução no mapa reflete a evolução dos alunos, tanto em termos de uso da ferramenta (mapas conceituais) como no conteúdo abordado. Na explicação da terceira versão do mapa conseguiram “subir e descer” nos conceitos, demonstrando indícios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, características importantes para o processo de aprendizagem significativa. Evidência que pode sugerir uma aprendizagem significativa do conteúdo além da compreensão do instrumento utilizado.

Infelizmente, a maior parte dos integrantes deste grupo apresentou desinteresse no trabalho durante toda a UA. A atitude destes alunos, nos momentos disponibilizados para o trabalho em sala de aulas demonstrava pouco interesse pela atividade. Só conversaram com a professora-pesquisadora quando foram chamados por ela, o que ocorreu após a apresentação da segunda versão do mapa. E apenas um dos integrantes estava realmente interessado na discussão. Apenas este aluno

demonstrou interesse e esforço em realizar a tarefa. Pela postura do grupo é difícil saber se todos os integrantes participaram realmente da elaboração da terceira versão do mapa. Estas impressões foram corroboradas na última conversa com a professora-pesquisadora, ocasião em que havia apenas um integrante do grupo na entrega da terceira versão do mapa conceitual; mas, ele interessou-se em fazer uma breve explanação sobre as mudanças no mapa.

Quanto a problemas sobre a compreensão da ferramenta mapas conceituais, não houve nenhuma menção sobre isso em nenhuma das conversas com o grupo. É possível constatar evidências de um crescimento, tanto quanto ao conteúdo abordado quanto ao instrumento utilizado.

*Grupo B: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.*

Não foi possível avaliar o grupo B, pois o terceiro mapa conceitual não foi entregue. Mas quanto às versões anteriores pode-se dizer que o grupo apresentou dificuldades na execução desta tarefa, esta afirmação foi feita porque este foi o único grupo que produziu apenas um mapa conceitual (a segunda versão foi igual à primeira). Mesmo sendo detectados indícios importantes do processo de aprendizagem significativa, como os princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integradora, o grupo privou-se das discussões sobre o trabalho (troca de significados) e da elaboração de uma nova versão do mapa.

Este grupo era composto por alunos com um ótimo desempenho escolar. Como a professora-pesquisadora já os conhecia desde a primeira série do Ensino Médio, esperava que apresentassem o mesmo empenho já demonstrado em sala de aula nas atividades propostas na UA. No entanto, isso não aconteceu, pelo menos durante todo o tempo da UA; mesmo tendo apresentado um bom mapa inicialmente, era importante sua participação em todas as etapas da instrução. Mas ao fazer este comentário é importante dizer que este grupo era composto por três alunos muito tímidos e como as atividades exigiam muita exposição, talvez isso os tenha inibido ainda mais.

Grupo C: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

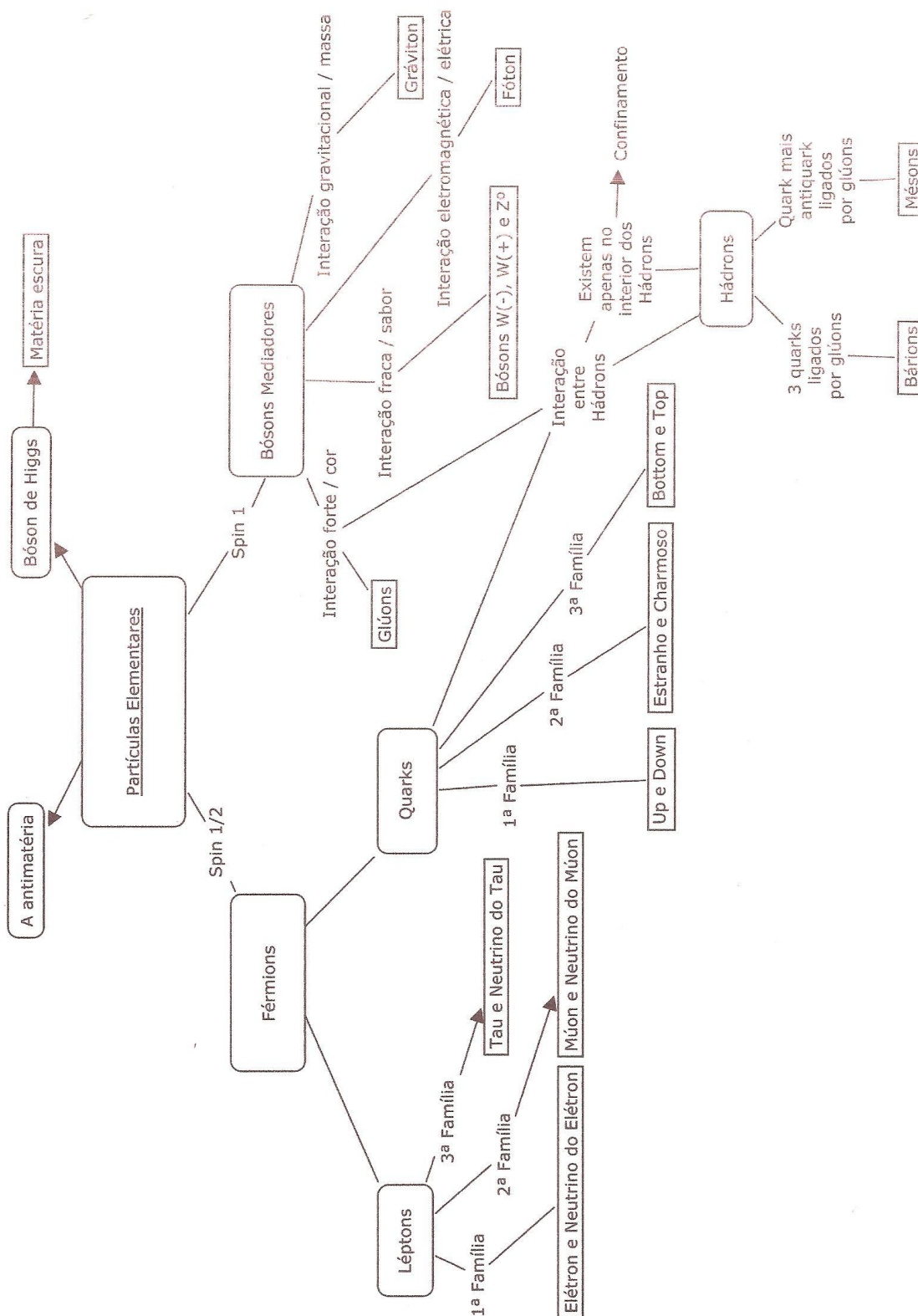


Figura 29: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo C.



Para a terceira versão do mapa (Figura 29) o grupo apresentou a mesma explicação apresentada para a segunda versão mapa conceitual. A única modificação foi a posição de uma palavra de ligação entre dois conceitos, pois, segundo o grupo esta palavra havia sido digitada no local errado. O grupo também reviu o uso das cores para diferenciar os conceitos e optou apenas pelas relações de hierarquia para enfatizar seu papel no tema tratado.

A interação deste grupo foi muito boa em toda UA, mostraram-se interessados em discutir seu mapa tanto com a professora-pesquisadora como com os demais colegas. Essa interação é fundamental para que se possam negociar significados, com seus pares e com o professor. Isso possibilitou reconhecer o esforço e o engajamento destes alunos com as tarefas, principalmente porque como professora titular da turma, foi possível perceber a mudança de comportamento destes alunos, sempre se apresentaram muito interessados e esforçados, sabiam que precisavam estudar para serem aprovados, mas não demonstravam motivação em relação ao conteúdo desenvolvido. Durante a aplicação da UA, foi possível perceber a motivação nas apresentações e discussões. Demonstrando um grande interesse por estas atividades e principalmente pelo tema abordado.

A evolução evidenciada pelo grupo C reforça a potencialidade dos mapas para se avaliar a aprendizagem. Mas os alunos precisam de tempo para aprender a construí-los. E apresentação dos mapas é fundamental, pois neste momento surgem perguntas que geram discussões que fazem os alunos repensarem seus trabalhos.

Grupo D: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

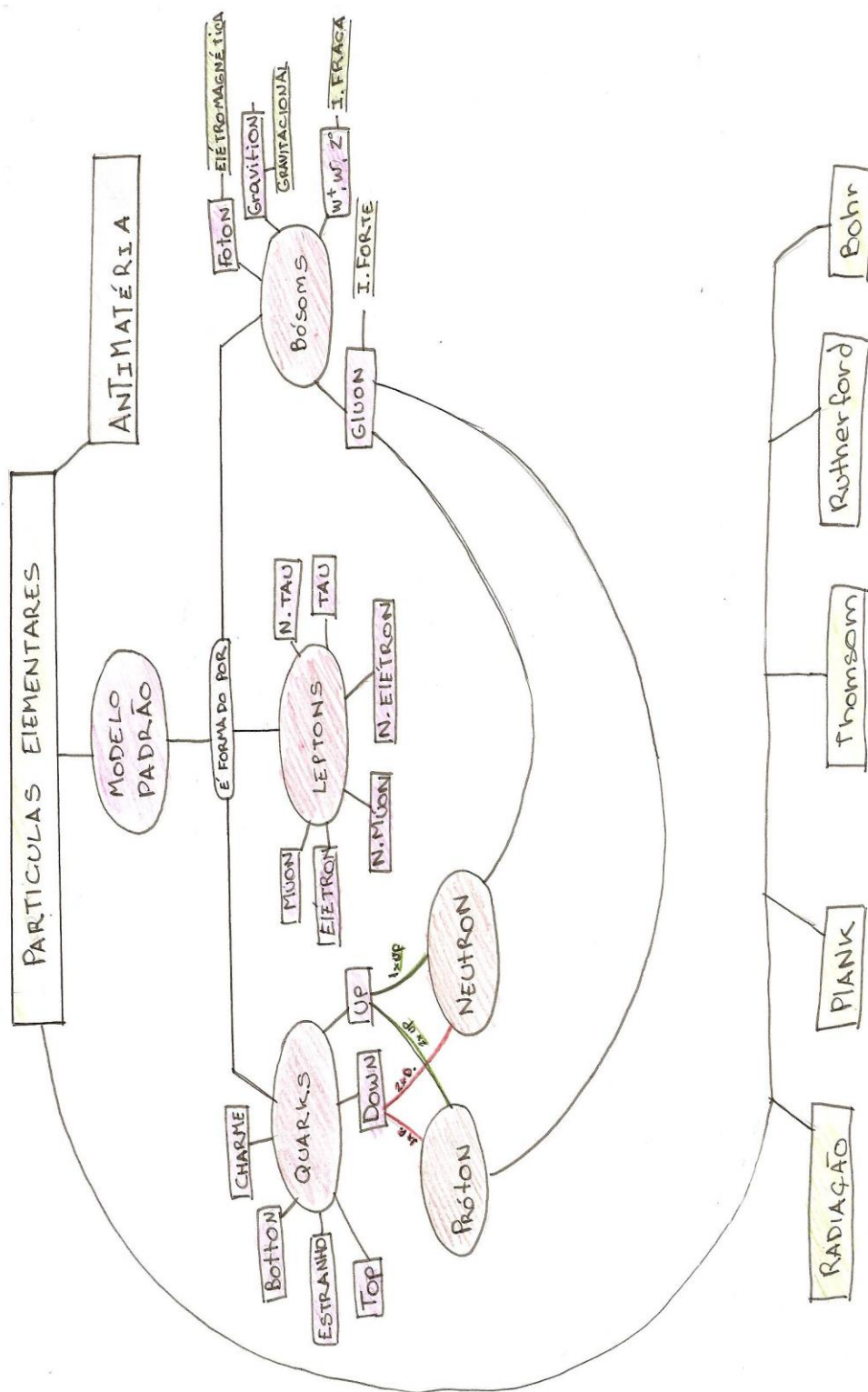


Figura 30: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo D.

A explicação apresentada pelo grupo D para o mapa conceitual da Figura 30 foi:

*“As partículas elementares, são organizadas através do modelo padrão que é formado por: quarks (down, botton, estranho, up, charmoso e top); léptons (tau, neutrino do tau, múon, neutrino do múon, elétron neutrino do elétron) e bósons mediadores (fóton – interação eletromagnética, glúon - interação forte,  $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  - interação fraca e o gráviton – interação gravitacional, obs: ainda não detectado).*

*O próton é formado por um quark down e dois quarks up e o nêutron por dois quarks down e um quark up. Ambos conectados com o bóson mediador glúon.*

*A anti-matéria que seria o oposto das partículas elementares, à parte. A radiação, o Planck, Thomson, Rutherford e o modelo de Bohr ligados às partículas elementares por serem a base que levou a sua formação.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação do grupo: a insistência na inserção do conceito antimatéria, provavelmente, corrobore a afirmação de que o mapa é uma construção pessoal; para este grupo, este foi um conceito que chamou bastante atenção, e consideram importante para a compreensão da teoria. No filme *O discreto charme das partículas elementares*, utilizado como organizador prévio da UA este conceito era muito enfatizado.*

Durante a entrevista, quando o grupo foi questionado sobre a escolha do conceito antimatéria, relataram “não saberem o que fariam com a antimatéria”, mas reconheciam sua importância para o tema abordado. No entanto, não conseguiam encontrar um local para esse conceito no mapa conceitual.

Quanto ao uso de palavras de ligação entre os conceitos, o grupo apresentou resistência desde o primeiro mapa. Inicialmente alegaram que só as relações estabelecidas entre os conceitos eram suficientes e mesmo após algumas conversas com o grupo, ressaltando a importância das palavras-chave, eles não fizeram uso delas em seus mapas. Assim, analisando a evolução dos mapas conceituais elaborados pelo grupo, surgem evidências de maior compreensão do conteúdo e do instrumento.

O que chamou a atenção no trabalho deste grupo foi a grande importância dada à correção do erro. É difícil dizer se o grupo compreendeu o processo de negociação de significados realizado durante as discussões sobre o mapa, seja no

grande grupo ou individualmente com a professora-pesquisadora. Este trabalho não pretendia ensinar apenas sobre a estrutura da matéria, mas espera-se que pudesse influenciá-los a pensar sobre o seu papel de aluno-participante no processo de aprendizagem.

Grupo E: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

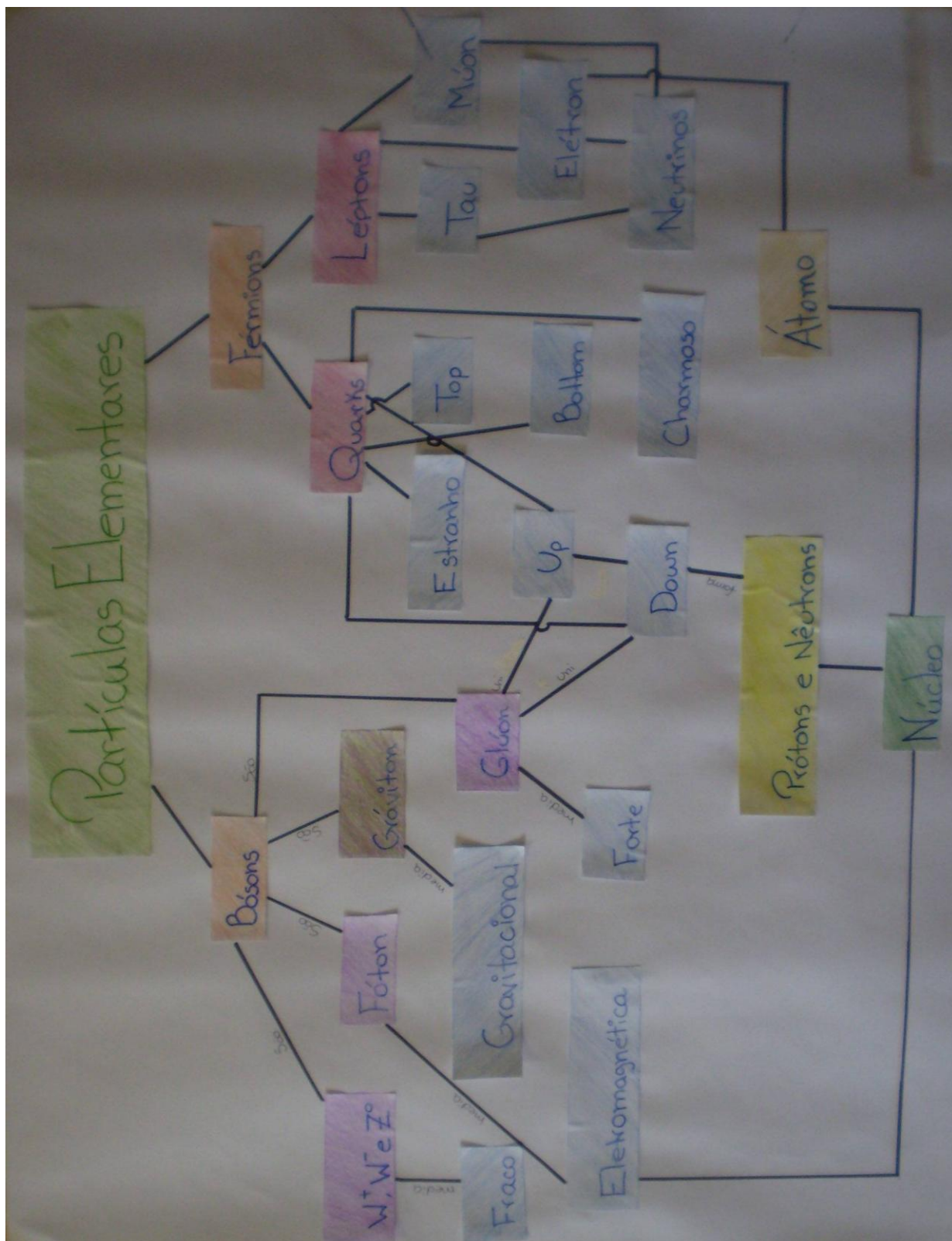


Figura 31: Foto da terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo E.

A explicação apresentada pelo grupo E para o mapa conceitual da Figura 31 foi:

*“Partículas elementares (em verde fraco): essa puxa para os férmions e os bósons (em laranja). Nos bósons temos os  $W$ ,  $W$ ,  $Z^0$ , o fóton, o glúon (de roxo) e o gráviton (de marrom) e cada bóson com sua respectiva interação, a fraca, a eletromagnética, a forte e a gravitacional (de azul).*

*Nos férmions temos os quarks (de vermelho) com o botton, estranho, tpo, chamoso, o up e o down (de azul), os dois últimos formam os prótons e os nêutrons junto com os glúons, que formam o núcleo (verde forte) que possui uma eletrosfera onde a força eletromagnética age no elétron e tudo isso forma o átomo (dourado).*

*Ainda nos férmions temos o tau, o múon e o elétron com seus respectivos neutrinos (azul).”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação do grupo:* este grupo apresentou uma mudança significativa tanto na escolha dos conceitos como na compreensão do instrumento. O grupo também conseguiu utilizar um número maior de palavras de ligação entre os conceitos e as relações entre os conceitos também melhoraram significativamente.

O interesse e a motivação pela elaboração dos mapas conceituais foram crescendo no grupo durante a realização da atividade. Assim como a sua disponibilidade para discussão. Mas como dito anteriormente, o trabalho com os mapas conceituais exige uma postura diferente tanto do professor como do aluno e muitos anos de um ensino unidirecional, do professor para o aluno, às vezes dificultam este primeiro contato com uma metodologia diferenciada.

Grupo F: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

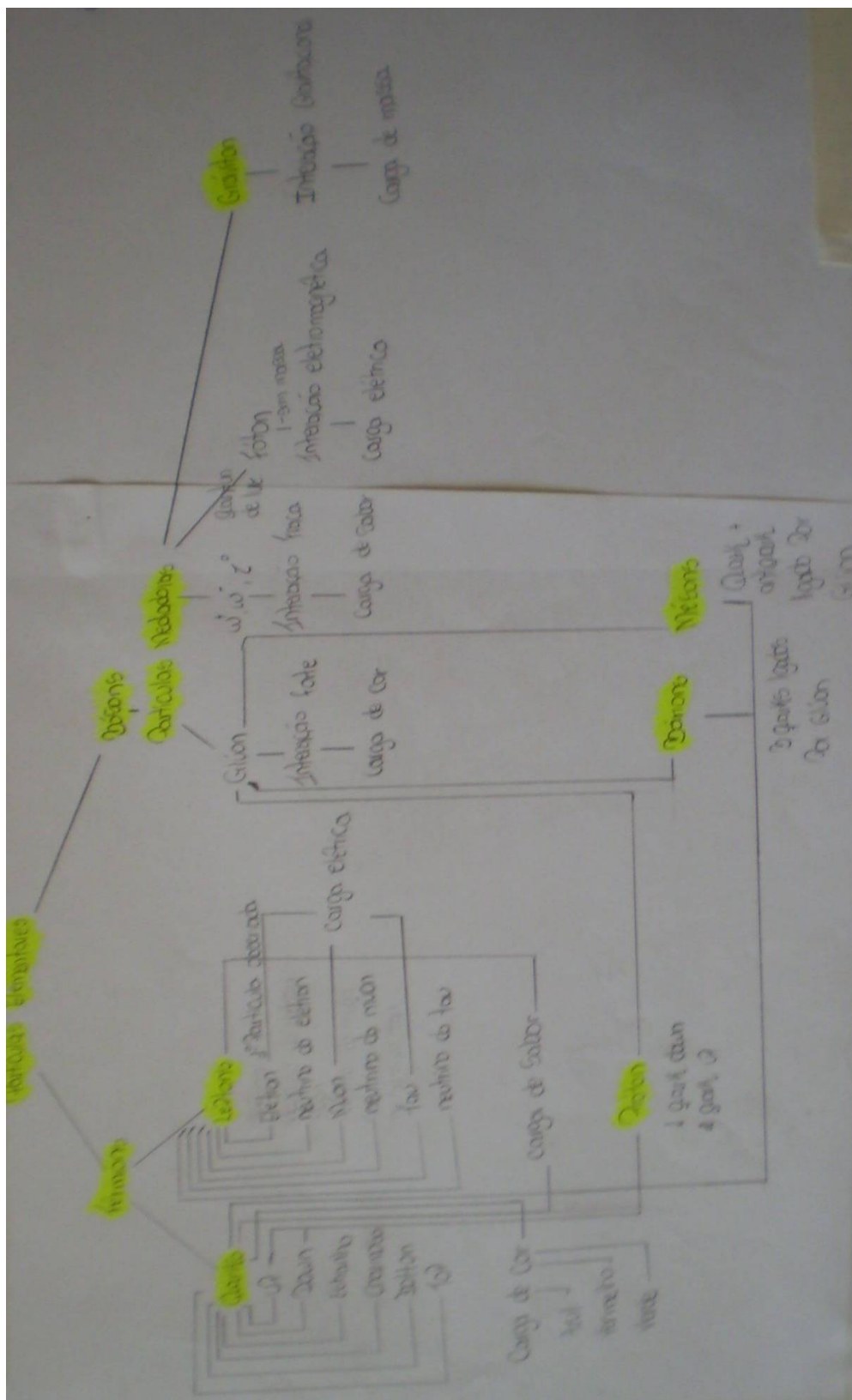


Figura 32: Foto da terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo F.

O grupo F, mesmo refazendo seu mapa conceitual (Figura 32), não reviu a explicação do mapa. Assim, apresentou a terceira versão do mapa com a mesma explicação dada à segunda versão.

Os conceitos escolhidos estão de acordo com o conteúdo tratado; existem alguns problemas em relação à hierarquia no mapa que explicitam dúvidas em relação ao conteúdo. Além disso, existem palavras repetidas e praticamente não foram utilizadas palavras de ligação entre os conceitos.

Assim, o que parece é que o grupo tentou apenas “corrigir os seus erros” e não estava preocupado em compreender que o processo de discussão sobre o mapa é uma troca que tem como objetivo enriquecer o trabalho. Dessa forma, apenas atenderam as solicitações feitas pela professora-pesquisadora e não se preocuparam em repensar o seu trabalho. O grupo apresentou durante toda a UA pouco interesse e envolvimento nas atividades.



Grupo G: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares.

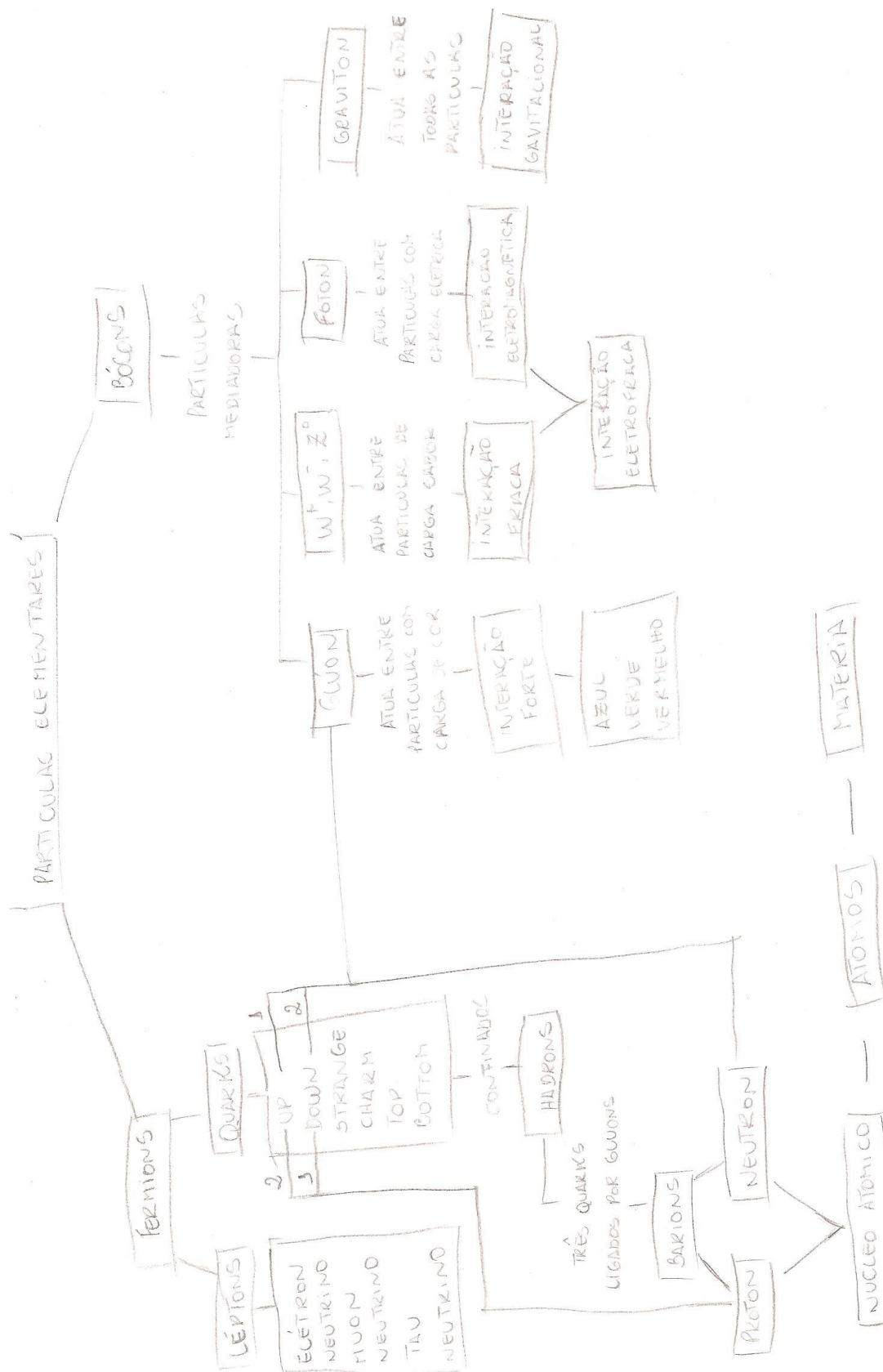


Figura 33: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo G.

A explicação apresentada pelo grupo G para o mapa conceitual da Figura 33 foi:

*“Nosso mapa conceitual explora desde as partículas mais elementares até a matéria.*

*Começando por partículas elementares, esta se divide em dois grupos: férmions e bósons.*

*Nos férmions existem mais dois grupos, os léptons e os quarks. Os léptons são: elétron, neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau e neutrino do tau. Os quarks: up, down, estranho, charmoso, top e botton.*

*Do outro lado estão os bósons, que são partículas mediadoras: glúon,  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$ , fóton e gráviton.*

*Voltando aos quarks, eles quando confinados formam os hádrons, e com três quarks ligados por glúons formam os bárions.*

*Os bárions mais familiares são o próton e o nêutron, que são constituídos por quarks up e down, eles formam o núcleo do átomo, que está dentro do átomo que forma a matéria.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação:* os conceitos escolhidos estão adequados à teoria; utilizaram poucas palavras de ligação entre os conceitos. Mesmo que o mapa apresente indícios de diferenciação progressiva e sua explicação de reconciliação integrativa ele parece muito compartimentado. Isso dá indícios de que ainda existem dúvidas conceituais sobre o tema.

Assim como outros grupos, parece que esse grupo tentou apenas completar o mapa com o que estava faltando. Sem refletir sobre o que estavam fazendo. É a velha história que se perpetua no ensino: aprender é corrigir os erros de maneira automática, sem a preocupação de compreender o que prejudicou sua compreensão do assunto. Neste terceiro mapa percebe-se que o grupo fez apenas o que foi discutido com a professora-pesquisadora. Não conseguiram enriquecê-los nem apresentar novas relações entre os conceitos.

Este tipo de atitude é muito comum nos integrantes do processo educacional, entenda-se professores e alunos. É preciso modificarmos a forma de trabalho utilizada na sala de aula para que os alunos comecem a compreender esta nova proposta de avaliação. E para isso é preciso tempo, por este grupo e outros grupos,

percebe-se que a elaboração de três mapas conceituais é pouco, pelo menos no período de tempo disponibilizado para a UA.

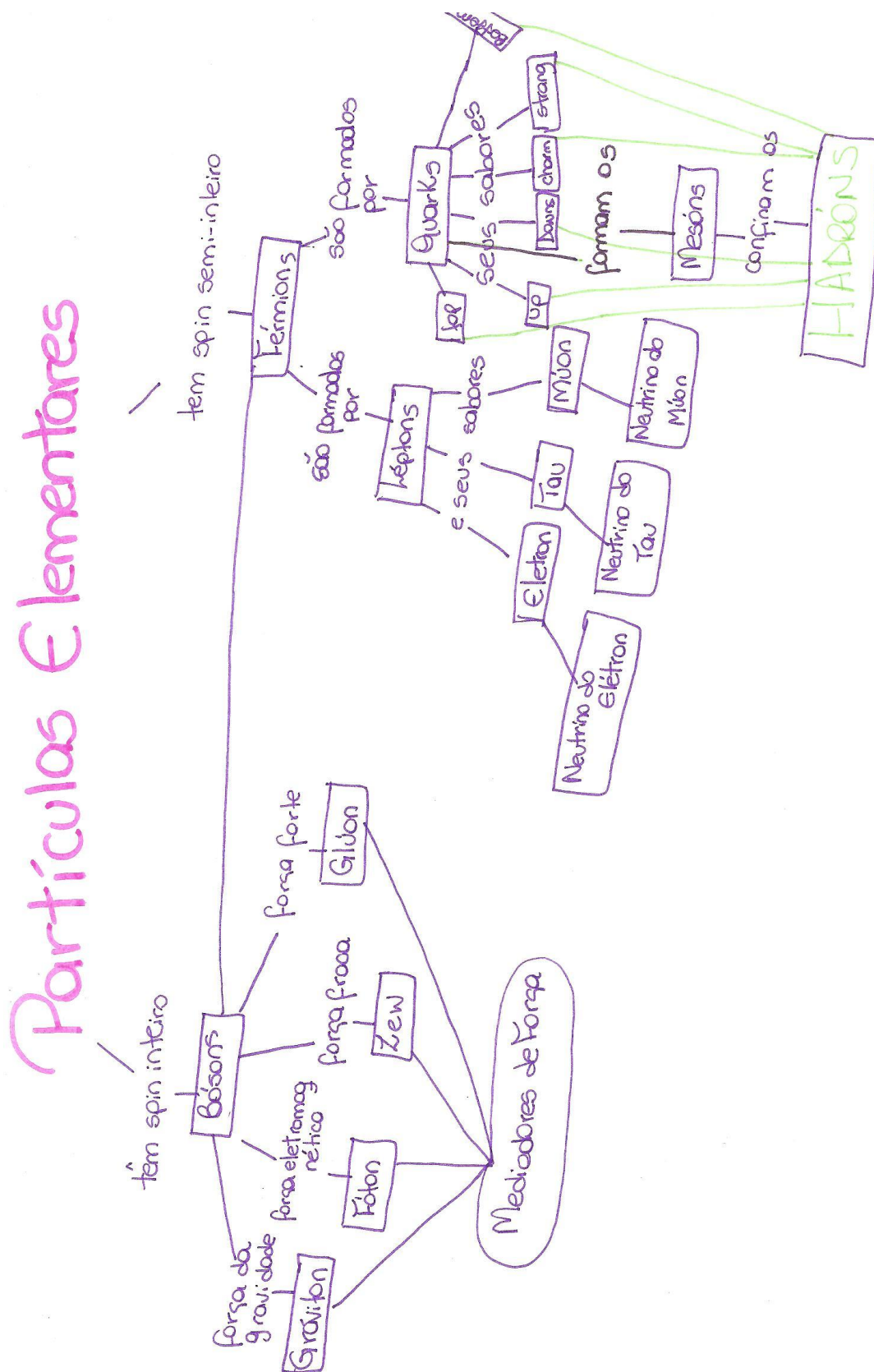


Figura 34: Terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado pelo grupo H.

A explicação apresentada pelo grupo H para o mapa conceitual da Figura 34 foi:

*“Colocamos mais explicação entre as forças para melhor entendê-las, mudamos a ligação dos mésons explicando que eles são formados por quarks e quarks e confinam os hádrons, colocamos também o gráviton no grupo dos grupo dos bósons mediadores de força pois através da explicação de simetria ele estaria ali.”*

*Comentários sobre o mapa conceitual e a apresentação do grupo:* os conceitos estão adequados, no entanto, nas três versões do mapa percebeu-se a dificuldade em eleger o que é um conceito. Quanto às relações entre os conceitos, algumas foram eliminadas e não foram refeitas o que deixou o mapa muito compartimentado. E outras não foram explicadas adequadamente.

Quanto ao uso de palavras de ligação entre os conceitos o grupo poderia ter sido usado um número maior. Como dito anteriormente, este grupo utilizou-as desde o primeiro mapa então se esperava que fossem aprimorando e acrescentando o uso das palavras de ligação nos demais mapas, o que não aconteceu. Sobre esta atitude do grupo, acredita-se que cabe um comentário: como a maioria dos estudantes acostumados com o atual sistema de ensino e aprendizagem, não se preocuparam em melhorar, apenas mantiveram o que haviam conseguido elaborar.

A relação de hierarquia está adequada. Observando os três mapas, percebe-se que a estrutura é a mesma. É este tipo de atitude que este tipo de trabalho tem o desafio de mudar. Mostrando ao aluno que mesmo um trabalho bom pode ficar melhor, mas para isso é necessário mais dedicação e estudo. Como foi dito anteriormente, o trabalho com os mapas conceituais necessita de tempo para que os estudantes possam compreender a ferramenta e sua potencialidade para a aprendizagem de conceitos e para a avaliação individual e coletiva que ela propicia. Especialmente quanto a este grupo, poucas mudanças foram evidenciadas pela construção deste mapa.

Como comentário geral ou síntese sobre a elaboração das três versões de mapas conceituais, pode-se destacar os seguintes aspectos:

- A elaboração de mapas conceituais é um caminho longo; os estudantes precisam de tempo para usar adequadamente a ferramenta, assimilar o propósito de seu uso, quanto às evidências de aprendizagem e de auto-

avaliação. A literatura tem demonstrado que este processo necessita de tempo e dedicação (do professor e dos alunos).

- Recursividade; a potencialidade do uso dos mapas conceituais está na discussão que eles geram e em refazê-los. A sua análise proporciona ao professor acompanhar o envolvimento do aluno na atividade e o seu desenvolvimento conceitual no tema trabalhado. Os mapas propiciam uma visão muito mais ampla do aluno do que uma prova. Mesmo em turmas maiores que a turma descrita neste estudo a possibilidade do uso de mapas não deve ser descartada. Para isso sugere-se que os grupos sejam formados por até quatro alunos e que o intervalo entre um mapa e sua nova versão sejam maiores do que o descrito neste estudo.
- Quanto à apresentação dos mapas; a postura apresentada pela maioria dos alunos foi a de defender suas opiniões como se só houvesse duas alternativas: ou o mapa está certo ou errado. É difícil mudar esta postura em tão pouco tempo, mas é necessário investir no aluno. Mas também existem boas surpresas, como a apresentada pelo grupo C que participou ativamente de todas as atividades desenvolvidas, principalmente da elaboração dos mapas conceituais.
- Quanto à manifestação de aprendizagem; considerando-se a complexidade do tema tratado, e que este provavelmente foi o primeiro contato destes alunos com o tema, considera-se satisfatório os indícios de aprendizagem encontrados nos mapas conceituais.
- Quanto à interação entre e intragrupos; inicialmente, a maioria dos grupos não deu muita importância para as discussões que a professora-pesquisadora propôs, mas ao longo de desenvolvimento do trabalho a maioria dos alunos compreendeu a importância do momento reservado para o diálogo, tanto intra como intergrupos. Ao final do trabalho, pode-se perceber que o posicionamento inicial de defender suas opiniões a qualquer custo foi dando lugar a pequenas discussões, em sua maioria, construtivas entre os alunos.

#### 4.2.5 Aplicação e resultados do pós-teste

Na última aula da UA, cada grupo entregou a terceira versão do mapa conceitual sobre partículas elementares descritos no capítulo anterior. Depois disso, os alunos foram solicitados a responder o mesmo questionário que haviam

respondido no primeiro dia da UA - Apêndice 2 – além de algumas perguntas envolvendo opiniões sobre a UA desenvolvida. Essas últimas serão apresentadas na próxima seção. Nesta aula estavam presentes vinte e dois alunos, dois a menos do que quando foi aplicado o chamado pré-teste.

O Quadro 22 apresenta, para efeitos de comparação, os resultados obtidos no pré e pós-teste.

Questões	Pré-teste (N=24)	Pós-teste (N=22)
<b>1. O que é um átomo?<sup>4</sup></b>		
a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.	2	1
b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.	14	5
c) Uma partícula básica da matéria.	3	13
d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.	5	2
e) Não sei.	0	0
<b>2. O que constitui os átomos?</b>		
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	20	11
b) Léptons e quarks.	1	11
c) Partículas alfa e beta.	0	0
d) Partículas positivas e negativas.	3	0
e) Não sei	0	0
<b>3. O que são prótons?</b>		
a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	3	6
b) Partículas elementares porque são indivisíveis.	0	1
c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.	20	4
d) Partículas constituídas por quarks.	1	11
e) Não sei.	0	0
<b>4. O que são elétrons?</b>		
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	2	6
b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.	21	9
c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.	0	6
d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.	1	1
e) Não sei.	0	0
<b>5. O que são nêutrons?</b>		
a) Partículas elementares porque são indivisíveis.	3	1
b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.	16	5
c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.	4	5
d) Partículas constituídas por quarks.	0	10
e) Não sei.	1	1
<b>6. O que é um modelo atômico?<sup>5</sup></b>		
a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.	20	14
b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.	3	1
c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.	0	2
d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.	0	4
e) Não sei	1	0
<b>7. Como um modelo atômico é construído?</b>		

<sup>4</sup> Um aluno não respondeu esta questão no pós-teste.

<sup>5</sup> Um aluno não respondeu a esta questão no pós-teste.

a) Por meio da imaginação dos cientistas.	1	2
b) Por meio de observações da natureza.	2	0
c) Por meio de observações experimentais.	9	0
d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.	11	20
e) Não sei.	1	0
<b>8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?</b>		
a) Rutherford.	6	4
b) Thomson.	4	8
c) Bohr.	1	5
d) Quântico.	8	5
e) Não sei.	5	0
<b>9. O que é uma partícula elementar?<sup>6</sup></b>		
a) O mesmo que um átomo.	4	1
b) Um conjunto de prótons.	1	0
c) A menor porção de matéria conhecida.	13	20
d) Um conjunto de elétrons.	4	1
e) Não sei.	1	0
<b>10. Como são detectadas as partículas elementares?</b>		
a) Usando um microscópio.	4	0
b) Por meio de sua observação direta na Natureza.	0	1
c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.	13	19
d) Com o uso de telescópios especiais.	6	1
e) Não sei.	1	1
<b>11. O que é um quark?<sup>7</sup></b>		
a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	6	6
b) Um átomo ionizado.	2	0
c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.	2	14
d) Um conjunto de prótons.	4	0
e) Não sei.	10	1
<b>12. Quantos quarks existem?</b>		
a) 1	2	0
b) 4	4	2
c) 6	0	19
d) 8	2	1
e) Não sei.	16	0
<b>13. O que significa dizer que o quark tem cor?</b>		
a) Que eles variam a sua coloração em função da luz que incide sobre eles.	4	3
b) A cor é a propriedade que define a massa dos quarks.	3	7
c) Esta é a propriedade que define a carga elétrica dos quarks.	4	3
d) É uma propriedade dos quarks, assim como a carga elétrica	4	9
e) Não sei.	9	0
<b>14. O que é um lépton?</b>		
a) Um átomo ionizado.	6	1
b) Uma partícula elementar que constitui a matéria.	3	16
c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.	1	4
d) Um conjunto de elétrons.	7	1
e) Não sei.	7	0
<b>15. Quantos léptons existem?</b>		
a) 1	0	1
b) 4	2	5

<sup>6</sup> Um aluno deixou a questão em branco no pré-teste.

<sup>7</sup> Um aluno não respondeu a esta questão no pós-teste.



c) 6	3	16
d) 8	2	0
e) Não sei.	17	0
<b>16. O que é o modelo padrão?</b>		
a) A teoria mais simples para explicar a natureza das partículas elementares.	8	6
b) Uma teoria sobre as partículas elementares baseada na Física Clássica.	7	1
c) Uma teoria baseada na intuição dos cientistas sobre o comportamento das partículas elementares.	5	5
d) Uma teoria que representa o conhecimento atual sobre a natureza da matéria.	3	10
e) Não sei.	1	0
<b>17. Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o modelo padrão?</b>		
a) Prótons, elétrons e nêutrons.	14	3
b) Léptons e quarks.	7	18
c) Apenas o elétron.	1	0
d) Apenas o fóton.	0	1
e) Não sei.	2	0
<b>18. Quais as forças fundamentais existentes na Natureza?</b>		
a) Força de atrito, força peso, força atômica e força molecular.	3	0
b) Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.	3	19
c) Força centrípeta, força centrífuga, força elétrica e magnética, força gravitacional.	9	1
d) Força eletromagnética, força de atrito, força gravitacional e força nuclear.	9	2
e) Não sei.	0	0
<b>19. Quais seriam as partículas mediadoras das interações fundamentais da Natureza?</b>		
a) Partículas alfa e beta.	0	1
b) Prótons, elétrons e nêutrons.	7	0
c) Glúons, fótons, partículas Z e W e o gráviton.	2	21
d) Partículas positivas e negativas.	11	0
e) Não sei.	4	0
<b>20. Que tipo de interação predomina no núcleo atômico?</b>		
a) Interação nuclear forte.	4	13
b) Interação eletromagnética.	14	7
c) Interação gravitacional.	2	2
d) Interação nuclear fraca.	3	0
e) Não sei.	1	0
<b>21. O que são partículas virtuais?<sup>8</sup></b>		
a) São as partículas mediadoras das interações dos campos de força.	13	11
b) Partículas responsáveis pela carga elétrica dos prótons.	1	2
c) Partículas responsáveis pela massa dos elétrons.	0	5
d) Partículas responsáveis pela cor dos quarks.	3	1
e) Não sei.	7	2
<b>22. O que seria o gráviton?</b>		
a) Uma partícula elementar assim como o próton.	0	1
b) Uma das partículas que compõem o nêutron.	0	0
c) A partícula responsável pela carga elétrica dos átomos.	0	0
d) A partícula mediadora da interação gravitacional.	20	21
e) Não sei.	4	0
<b>23. O que é o bóson de Higgs?</b>		
a) É uma partícula que interage fortemente com a matéria.	2	3

<sup>8</sup> Um aluno não respondeu esta questão no pós-teste.

b) É uma das partículas que formam os átomos.	0	0
c) Especula-se que esta é a partícula responsável pela massa das demais partículas elementares.	7	18
d) É uma partícula que forma os prótons.	1	0
e) Não sei.	14	1
<b>24. O que são mésons?</b>		
a) Partículas responsáveis pelas interações entre prótons e elétrons.	1	6
b) Partículas mediadoras da interação forte residual.	2	5
c) Uma das partículas que compõem o nêutron.	4	5
d) Partículas com carga elétrica equivalente à metade da carga elétrica de elétrons e prótons.	9	4
e) Não sei.	8	2
<b>25. O que são antipartículas?</b>		
a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da Natureza.	1	1
b) Partículas com todas as características contrárias a de sua correspondente na matéria.	8	10
c) Partículas iguais a suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.	9	10
d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.	2	1
e) Não sei.	4	0
<b>26. O que é a matéria escura?</b>		
a) É a matéria responsável pela formação dos buracos negros.	5	6
b) É a matéria que forma uma pequena parte do Universo.	4	1
c) Ainda não sabemos o que é a matéria escura, mas sua existência foi concluída através da análise de efeitos gravitacionais.	3	12
d) É a matéria responsável pela formação de todas as galáxias.	4	1
e) Não sei.	8	2
<b>27. O que é o Modelo Padrão Supersimétrico?<sup>9</sup></b>		
a) Uma extensão do Modelo Padrão das partículas elementares.	6	9
b) Uma nova teoria que pretende explicar do que a matéria é feita.	2	0
c) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.	4	8
d) Uma nova teoria, baseada na Física Clássica, que pretende explicar do que a matéria é feita.	3	1
e) Não sei.	9	3
<b>28. O que são as supercordas?</b>		
a) Teoria que explica como o Universo funciona, através dos princípios da Física Clássica.	1	3
b) Teoria que pretende unificar as interações fundamentais da natureza.	1	9
c) Uma teoria que explica o surgimento do Universo.	1	0
d) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.	8	4
e) Não sei.	13	6
<b>29. O que é o Large Hadron Collider (LHC)?</b>		
a) Um telescópio espacial.	3	1
b) Um experimento capaz de criar buracos negros com um campo gravitacional tão intenso quanto os existentes no espaço sideral.	2	1
c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.	1	1
d) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o <i>Big Bang</i> .	12	18
e) Não sei.	6	1

Quadro 23: Questões do pré e pós-teste e número de respostas em cada alternativa.

<sup>9</sup> Um aluno não respondeu a esta questão no pós-teste.

Assim como no pré-teste, os alunos levaram cerca de trinta minutos para responder as questões. Abaixo, relata-se a análise do pré e pós-testes realizados.

Na questão 1 que perguntava o que é um átomo, no pré-teste a maioria respondeu que o átomo *era uma partícula indivisível formada por prótons, elétrons e nêutrons*; no pós-teste, responderam que o átomo *era uma partícula básica da matéria*. A resposta que esperávamos era *a menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico*. Em geral, apesar de a maioria ter evoluído no entendimento deste conceito, não interpretando o átomo como indivisível, não conseguiu identificá-lo como esperado. Uma das hipóteses é de que eles não tenham claro o que significa o elemento químico: por outro lado, o termo “básico”, pode ter sido interpretado como presente em qualquer matéria.

Na questão 2, que tratava sobre a constituição atômica, no pré-teste, a maioria dos alunos respondeu que os átomos são constituídos por prótons, elétrons e nêutrons. No pós-teste, metade da turma continuou apresentando a mesma resposta e a outra metade respondeu que os átomos eram formados por léptons e quarks. Na verdade nenhuma das duas repostas está errada, apesar de a segunda ser mais específica de que a primeira. Talvez seja necessário se questionar sobre a pergunta elaborada; no entanto se esta pergunta não tivesse sido elaborada desta forma, no pré-teste, os alunos não seriam capazes de respondê-la.

Na questão 3, que perguntava o que são prótons, no pré-teste os alunos responderam que os prótons eram partículas elementares porque possuíam carga elétrica  $+e$ . E no pós-teste responderam que eram partículas constituídas por quarks. A resposta dada a esta questão aparentemente demonstra que a maioria dos alunos compreendeu que os prótons não são partículas elementares.

Na questão 4, que perguntava o que são elétrons, no pré-teste os alunos responderam que os elétrons são partículas elementares porque possuem carga elétrica  $-e$ , e esta resposta foi mantida no pós-teste por nove alunos; talvez as propriedades das partículas elementares (por exemplo, cor, sabor), comparadas com a carga elétricas, pode ter influenciado esta escolha. De qualquer forma, doze alunos escolheram alternativas mais coerentes: seis a alternativa considerada correta (indivisibilidade) e seis apontaram como constituintes do átomo.

Na questão 5, que perguntava o que são nêutrons, no pré-teste a maioria dos alunos respondeu que os nêutrons eram partículas elementares porque sua carga elétrica é zero. No pós-teste, cerca de 50% (10 alunos) respondeu que os nêutrons são partículas constituídas por quarks. Assim como na questão 3, acredita-se que o mais importante em apresentarem esta resposta é que a partir dela pode-se inferir que os estudantes compreenderam que os prótons e os nêutrons não são partículas elementares, aparentemente alterando suas ideias iniciais sobre a constituição da matéria. Na verdade, estes alunos reconheceram que os prótons e nêutrons são constituintes da matéria, mas não são os constituintes mais básicos; estes são os quarks e léptons.

Na questão 6, que perguntava o que é um modelo atômico, tanto no pré como no pós-teste, a maioria dos alunos apresentou a mesma resposta. Disseram que um modelo atômico era uma representação, construída pelos cientistas da estrutura dos átomos. O interessante foi que no pré-teste houve menos dispersão de respostas do que no pós; provavelmente, algumas características dos modelos de partículas que foram discutidas (modelo matemático, representação do modelo – esquema) pode ter afetado a opção de resposta de uns poucos alunos.

Na questão 7, que perguntava aos estudantes sobre como um modelo atômico era construído, a maioria dos alunos assim como na questão anterior, escolheu a mesma resposta no pré e pós-teste. Disseram que um modelo atômico é construído integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.

Na questão 8, que perguntava sobre qual seria o modelo atômico mais aceito atualmente, tanto no pré, como no pós-teste, houve uma dispersão nas escolhas dos alunos, predominando, no pré-teste, o modelo quântico, enquanto, no pós-teste, predominou o de Thomson. Este resultado pode ser consequência da falta de entendimento do que seja um modelo, ou a interpretação do que seja “mais aceito”: aceito por quem? Pelos cientistas? Por eles, alunos? Talvez a pergunta não estivesse clara para os alunos.

Na questão 9, que perguntava o que era uma partícula elementar, a maioria dos alunos manteve no pós-teste a mesma resposta dada no pré-teste. Responderam que uma partícula elementar é a menor porção de matéria conhecida.

Na questão 10, que perguntava como as partículas elementares são detectadas, novamente, a maioria dos alunos manteve no pós-teste a mesma

resposta dada no pré-teste. Responderam que as partículas elementares são detectadas por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.

Na questão 11, que perguntava o que era um quark, no pré-teste predominou a resposta *não sei*, enquanto no pós-teste, *uma das características das partículas elementares, assim como a carga elétrica*. Esta resposta merece uma reflexão: nas questões 3 e 5, a maioria dos alunos admite que prótons e nêutrons são formados por quarks, mas não que os quarks sejam partículas elementares. Provavelmente eles não entenderam o papel dos quarks como partícula elementar, ou tenham confundido as propriedades dos quarks (cor, sabor, etc) com quark em si.

Na questão 12, que perguntava sobre o número de quarks, portanto, bem mais objetiva, no pré-teste, a maioria dos alunos respondeu *não sei*, enquanto, no pós-teste respondeu que existiam seis quarks, a resposta correta.

Na questão 13, que perguntava sobre o significado da cor para os quarks, no pré-teste, a maioria respondeu não saber o que significa dizer que um quark tem cor. No pós-teste, apesar de uma relativa dispersão, a maioria escolheu que a cor dos quarks era uma propriedade, assim como a carga elétrica. Nenhum aluno escolheu a opção *não sei*, o que poderia indicar que eles admitem a cor como uma propriedade da partícula, não necessariamente escolhendo a opção desejável.

Na questão 14, que perguntava o que era um lépton, no pré-teste a maioria dos alunos ficou dividida entre as respostas *um conjunto de elétrons* e *não sei*. Já no pós-teste, a maioria identificou-o corretamente como *uma partícula elementar que constitui a matéria*. Fazendo um contraponto entre a questão 9 e a 14, percebe-se o quanto é difícil compreender o conceito de partícula elementar, no entanto, identificá-las é muito mais fácil.

Na questão 15, que perguntava sobre o número de léptons existentes, enquanto no pré-teste, a maioria demonstrou desconhecimento, no pós-teste respondeu que existem seis léptons. Comparando-se os resultados do pós-teste entre na questão 12, na qual dezenove alunos apontaram a existência de seis quarks e questão 15, na qual dezesseis alunos apontaram a existência de seis léptons, resta uma indagação a respeito do propósito de incluir estas questões no teste: aparentemente nem todos que responderam corretamente relacionaram suas escolhas com a relação de simetria entre os dois tipos de partículas elementares. No

entanto, este objetivo talvez tenha sido atingido com aqueles alunos que responderam corretamente nas duas questões.

Na questão 16, que perguntava o que é o modelo padrão, tanto no pré-teste quanto no pós-teste, houve uma grande dispersão de respostas, predominando, no primeiro, a opção *é a teoria mais simples para explicar a natureza das partículas elementares*, e, no segundo, *é uma teoria que representa o conhecimento atual sobre a natureza da matéria*. Aparentemente, a maioria reconhece que o Modelo Padrão representa o que mais se conhece hoje sobre a natureza da matéria; por outro lado, a maioria não conseguiu identificar corretamente o modelo atômico mais aceito atualmente (questão 8); pode ser que, nessa última, o termo “modelo” tenha sido interpretado como tentativas de explicar o átomo ou a expressão “aceito atualmente” pode ter sido interpretada como “aceita por todos que ouviram falar dele”.

Na questão 17, perguntava-se sobre quais seriam as partículas elementares de acordo com o modelo padrão. Enquanto no pré-teste, a maioria escolheu *prótons, elétrons e nêutrons*, no pós-teste, a escolha foi *quarks e léptons*, demonstrando um progresso conceitual em relação à situação inicial de aprendizagem.

Na questão 18, que perguntava sobre quais são as forças fundamentais da natureza, no pré-teste, as escolhas preferenciais foram *força centrípeta, centrífuga, elétrica e magnética e gravitacional, e a força eletromagnética, atrito, gravitacional e nuclear*. No pós-teste, a maioria escolheu corretamente a opção *força eletromagnética, gravitacional, nuclear forte e fraca*, reforçando o comentário feito na questão anterior.

O mesmo ocorreu na questão 19, que era perguntado quais seriam as partículas mediadoras das forças fundamentais da natureza; a dispersão das respostas, no pré-teste, em que predominou que as partículas mediadoras seriam *partículas positivas e negativas*, cedeu lugar, no pós-teste, à praticamente a unanimidade na escolha da alternativa correta, os *glúons, fótons, gráviton e partículas Z e W*.

Na questão 20, que perguntava sobre qual interação predominava no núcleo atômico, no pré-teste os alunos responderam que a interação eletromagnética é a predominante. No pós-teste apontaram a interação nuclear forte.

Na questão 21, que perguntava o que são partículas virtuais, no pré-teste a maioria dos alunos respondeu que as partículas virtuais são partículas mediadoras das interações nos campos de forças. No pós-teste esta resposta foi mantida.

Na questão 22, perguntava-se o que era o gráviton, no pré-teste os alunos responderam que o gráviton é a partícula mediadora da interação gravitacional. O que foi mantido como resposta no pós-teste.

Ainda que não se tenha uma explicação para o resultado do pré-teste da questão anterior, o mesmo não pode ser dito sobre o da presente questão: a palavra gráviton lembra a interação gravitacional.

Na questão 23, a pergunta foi sobre o que é o bóson de Higgs, no pré-teste a maioria respondeu que não sabia o que era. No pós-teste, a maioria optou pela especulação de que o bóson de Higgs era a partícula responsável pela massa das demais partículas elementares.

Na questão 24, que perguntava o que são mésons, no pré-teste, a maioria dos alunos escolheu a alternativa *partículas com carga elétrica equivalente à metade da carga elétrica de elétrons e prótons e não sei*. No pós-teste, houve muita dispersão nas respostas; provavelmente, algumas alternativas confundiram aqueles menos atentos (*são partículas responsáveis pelas interações entre prótons e elétrons*). O mesmo número de alunos (cinco, em cada uma) escolheu as alternativas *uma partícula que compõe o núcleo e partículas mediadoras da interação forte residual*. E a resposta esperada era essa última.

Na questão 25, perguntava-se o que são as anti-partículas; tanto no pré quanto no pós-teste, duas alternativas foram as selecionadas pela maioria dos alunos: *partículas com todas as características contrárias a de sua correspondente na matéria e partículas iguais a suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta*.

Na questão 26, que perguntava o que é a matéria escura, prevaleceu, no pré-teste, o *não sei*, enquanto, no pós-teste, houve uma predominância da resposta considerada correta, *não sabemos o que é a matéria escura, mas sua existência foi concluída através da análise de efeitos gravitacionais*.

Na questão 27, que perguntava o que é o modelo padrão supersimétrico, no pré-teste a maioria respondeu que não sabia, enquanto, pós-teste, houve uma polarização entre a resposta correta, de que *ele é uma extensão do modelo padrão*

*e uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.*

Na questão 28, que perguntava o que são supercordas, no pré-teste, prevaleceu os alunos que responderam que não sabiam. No pós-teste, ainda que o um número maior de alunos tenha escolhido a alternativa correta (uma teoria que pretende unificar as interações fundamentais da natureza) houve uma certa dispersão, incluindo a opção de *não sei*.

Na questão 29, que perguntava o que é o *Large Hadron Collider* (LHC), tanto no pré quanto no pós-teste, a maioria escolheu a alternativa correta: *acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o Big Bang*. Provavelmente, a mídia em torno do LHC foi o maior responsável por este resultado.

Para a questão 30, cujo enunciado era: *descreva, livremente com suas próprias palavras, como você acha que é constituída a matéria. Use desenhos se achar melhor. Por favor, não deixe de responder esta pergunta*, as respostas que apresentaram maior consistência de conhecimento e informações recorrentes são apresentadas a seguir. Cada uma delas representa a resposta de apenas um aluno.

Resposta 1:

*“A matéria é constituída por prótons, elétrons e nêutrons. Estes são formados pelos quarks e pelos léptons, que interagem entre eles por meio dos bósons mediadores. Este conjunto forma o átomo e o conjunto de átomos forma a matéria.”*

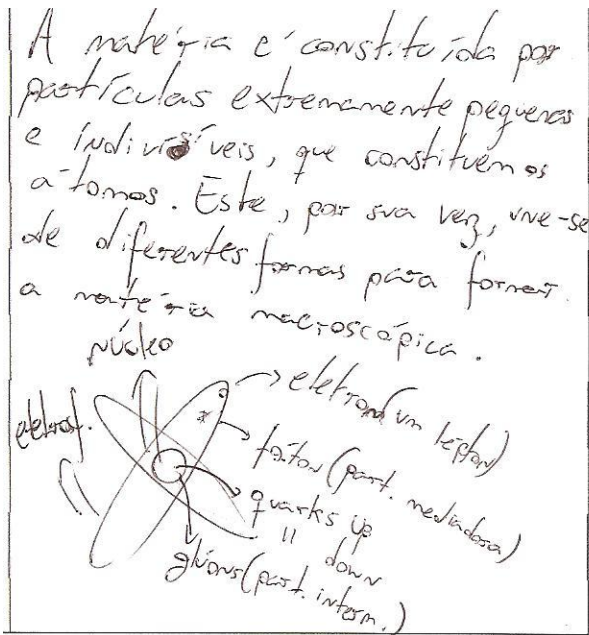
Comentário: mesmo não reconhecendo o elétron como um lépton claramente, a resposta apresenta o reconhecimento de conceitos importante como a identificação de que mesmo prótons e nêutrons não são mais considerados partículas elementares, e que são formados pelos léptons e quarks.

Resposta 2:

*“A matéria é constituída por partículas extremamente pequenas e indivisíveis, que constituem os átomos. Este, por sua vez, une-se de diferentes formas para formar a matéria macroscópica.”*

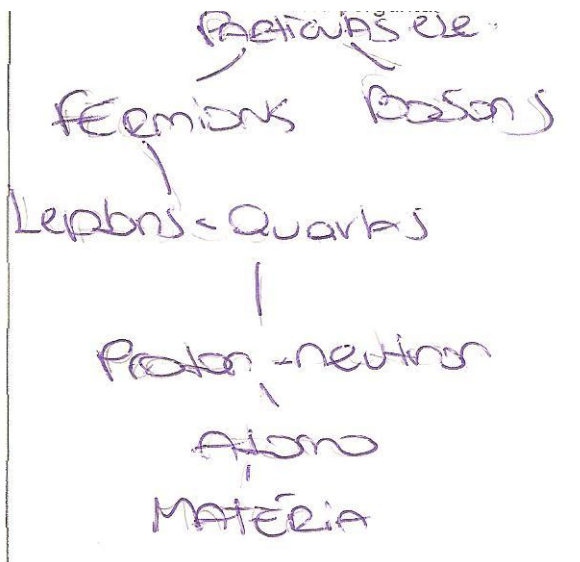
Esta resposta foi complementada pelo desenho abaixo:





Comentário: o aluno reconhece que a matéria é formada por partículas elementares e apresenta algumas delas em seu desenho. Ele representa o núcleo formado por quarks up, down e pelo glúons. A eletrosfera é representada pela presença do elétron e do fóton.

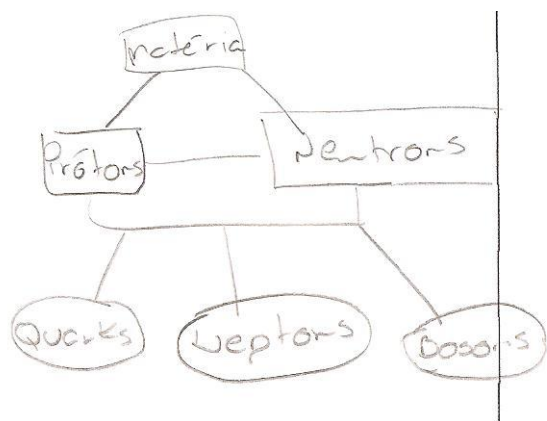
Resposta 3:



Comentário: tentando fazer um pequeno mapa conceitual, o aluno apresenta a constituição da matéria. Mesmo que de forma muito simplificada, a resposta representa que este aluno já conseguiu compreender que as partículas elementares são a base da matéria. Também, reconhece que as partículas elementares são formadas por dois grupos, os férmions e bósons. E que os léptons e quarks, que

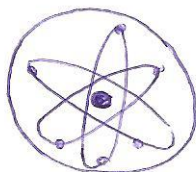
são férmions, são os constituintes do próton e do nêutron, e conseqüentemente os formadores dos átomos e da matéria. Mesmo sem apresentar os bósons e seu papel na constituição da matéria, o aluno apresenta um conhecimento mais evoluído sobre o tema.

Resposta 4:



Comentário: muito parecida com a resposta anterior, mas com uma hierarquia oposta de apresentação o aluno apresenta sua concepção sobre a estrutura da matéria. Sobre esta resposta, pode-se dizer que mesmo incompleta, apresenta que o aluno alterou sua concepção sobre a matéria, pois reconhece o papel dos léptons, quarks e bósons na constituição da matéria.

Resposta 5:



Comentário: considerou-se importante a apresentação desta resposta para que se chamasse a atenção para um fator muito importante na teoria da aprendizagem significativa: o envolvimento do aluno com o tema tratado. Não é suficiente apenas um material potencialmente significativo e subsunçores adequados, é necessário que o aluno manifeste disposição para relacionar, de maneira não arbitrária, o novo material a sua estrutura cognitiva.

Quanto às questões de múltipla escolha pode-se inferir que as questões classificadas como gerais no pré e pós-teste apresentaram um pequeno aumento no número de acertos. Já nas questões classificadas como específicas este aumento foi significativo. E nas questões que se referiam à História e Filosofia da Ciência, o número de acertos manteve-se estável no pré e pós-teste.

As respostas à questão discursiva permitiram inferir que houve, para a maioria dos alunos, o reconhecimento do papel dos quarks, léptons e bósons mediadores na estrutura da matéria.

#### 4.2.6 Questionário de opinião sobre a UA

Após responderem o pós-teste, os alunos foram solicitados para que respondessem um questionário de opinião sobre a UA. O questionário era composto por três questões que estão expressas abaixo, assim como algumas respostas apresentadas pelos alunos, que traduzem, de certa forma, a opinião dos seus pares. Manteve-se, na fala destes alunos a forma como eles se expressaram.

Questão 1: O que a discussão sobre o tema *Partículas Elementares e Interações Fundamentais* trouxe, de novo, em termos de conhecimento de Física para você?

*“Eu pensava que o átomo fosse a menor partícula existente até hoje, mas vi que ela é constituída por muitas outras partículas , que parece existir uma simetria entre elas.”*

*“Mudou o modo em que eu pensava, dessa coisa do átomo ser a menor partícula, sendo que já foi descoberto o que ele contém.”*

*“Eu conheci os quarks e as interações da natureza coisas que eu não fazia ideia da existência.”*

*“Trouxe bastante conhecimento, porque antes eu não sabia que o átomo era formado por várias partículas.”*

*“Aprofundou muito mais meus conhecimentos, que então só iria até o átomo e agora descobri muito mais coisas.”*

*“A discussão sobre esse tema me levou a ter um conhecimento maior sobre a história da Física e de como ela está presente em nossa vida e na constituição do mundo.”*

*“Sim, pois tínhamos apenas uma base do que eram as partículas elementares, e com essas discussões nos aprofundamos no assunto. Descobrimos que existem várias partículas elementares, e não apenas prótons, elétrons e nêutrons.”*

*“Me proporcionou conhecer mais aprofundadamente os átomos e como eles são formados, descobri várias partículas que nem imaginava que existiam.”*

*“A discussão trouxe um elucidamento muito maior e mais aprofundado a respeito da constituição da matéria, e sobre as forças que regem a natureza.”*

*“Esta é uma matéria que poucos colégios fornecem em seus currículos. Podemos ter uma compreensão maior sobre a matéria.”*

*“O tema partículas elementares me trouxe mais conhecimento sobre o que existe dentro da matéria, antes eu conhecia apenas prótons, nêutrons e elétrons, agora toda a diversidade de grupos e subgrupos de partículas.”*

*“Trouxe uma nova perspectiva sobre a constituição da matéria.”*

*“Pude tomar conhecimento de muitas interações que eu nem sabia que existiam.”*

*“Essa discussão foi muito interessante, pois após esses estudos eu tive uma mudança de ideias sobre o assunto. Houve o aprendizado desde a menor partícula da matéria até a maior e assim toda sua estrutura foi desmistificada e a sua importância reconhecida.”*

*“De que existe partículas e interações que são muito importantes que eu não tinha conhecimento.”*

*“Mais ou menos, pois acho que o conhecimento que tinha antes já era bem elevado para o que estudava.”*

Pode-se depreender que a maioria reconhece a importância do conhecimento e sua ignorância preliminar a respeito da proposta mais atual para explicar a estrutura da matéria: não conhecia a teoria do Modelo Padrão e seus componentes; quarks, léptons e bósons. Relata o desconhecimento da relação entre partículas elementares e interações fundamentais. Além disso, reconhecem a importância da história da ciência para o seu desenvolvimento cultural e social, que é objeto da questão seguinte.

Questão 2: Após conhecer um pouco da história da Física, comente se ocorreu alguma mudança na sua concepção de que é ciência e de como esses conhecimentos são construídos?

*“Houve uma vasta expansão com relação ao que eu conhecia anteriormente. Os conhecimentos são construídos através da inteligência coletiva e nos estudos com base em diversos outros trabalhos.”*

*“Sim, pude perceber que a ciência é formada a partir de muitos conceitos que foram provados e testados por muito tempo.”*

*“Sim, percebi que não existem descobertas, e sim uma longa linha de pensamento, que faz se concretizar as teorias.”*

*“Antes eu tinha a ideia de que os físicos do passado eram extremamente inteligentes e descobriam as coisas por seus altos níveis de intelectualidade, hoje sei que cada físico complementava a ideia do outro.”*

*“Amadureci a forma de pensar sobre o tempo e o espaço. A matéria mostra que a vida não é feita de respostas, mas sim de perguntas. Pode se ver que há muito que descobrir e isso mostra o quanto somos pequenos.”*

*“Após esses trabalhos, compreendi que a ciência é constituída através da colaboração de diversos pesquisadores e da sucessiva complementação e aperfeiçoamento das teorias científicas.”*

*“Ocorreu mudanças na minha concepção, por exemplo, que os modelos dos cientistas evoluíram de cientista para cientista, pois a ideia anterior não era esquecida e sim complementada e assim fazendo as mudanças necessárias a partir daí.”*

*“Sim, a ciência parecia mais abstrata e longe do nosso dia a dia. Aprendi também que os conhecimentos da ciência são constituídos pouco a pouco com o acréscimo de cada cientista.”*

*“Mudou muito, achava que a Física era só cálculos e mais cálculos. Física é tudo no mundo.”*

*“Eu percebi que a Física é inconstante, ou seja, o que estamos aprendendo hoje na escola, pode ser diferente do que nossos filhos irão aprender.”*

*“Mudou, ciência é aquele conhecimento, aquela procura para saber coisas que o mundo ainda não conhece. E isso só vai aumentando, quanto mais a gente procura, mais perguntas a gente tem.”*

*“Mudou, porque as pessoas são acostumadas a saber por acontecimentos científicos. Mas com este trabalho em que vimos detalhadamente cada partícula e que foram surgindo através das hipóteses e que são de anos atrás não por um cientista, mas sim por vários.”*

*“O que eu percebi é que a Física teve grandes gênios que começaram hipóteses e outros terminaram a algumas não temos certeza ainda.”*

*“Não, pois não presto atenção nos acontecimentos físicos nem na ciência e sua evolução.”*

Ao responderem esta pergunta, os alunos externalizaram sua revisão de conceitos sobre a história da ciência, pois, a maioria dos alunos reconhece o trabalho científico como uma construção humana, que contou com a contribuição de muitos pesquisadores, desmistificando a imagem do cientista gênio, trabalhando solitário, dentro de um laboratório. E mais, aparentemente, compreendem que a ciência está em constante construção: o que é certeza hoje pode estar superado amanhã.

Ressaltaram que uma teoria científica não é construída a partir de uma única ideia, mas sim de uma longa linha de pensamentos e ideias que vão sendo discutidas, testadas, refutadas ou corroboradas.

Externalizaram que suas concepções sobre a Física mudaram, deixando de ver esta área do conhecimento apenas como um monte de cálculos e reconhecendo seu papel no mundo.

Também reconhecem a Física como uma ciência viva, que se desenvolve junto com a humanidade; e externalizaram a importância das perguntas para o seu desenvolvimento, ou melhor, para o desenvolvimento da humanidade, além de reconhecer o quanto o ser humano é pequeno frente à natureza.

Questão 3: Comente sobre o desenvolvimento do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Qual é a sua opinião sobre as aulas (filme, exposições e textos)? E sobre as atividades (seminário, linha do tempo e mapas conceituais)?

*“Todas as atividades foram muito proveitosas, pois o aprendizado foi feito fora dos métodos tradicionais de ensino e isso com certeza atrai a atenção dos alunos. De todos os citados o filme, o seminário e os mapas conceituais como os mais interessantes.”*

*“Na minha opinião foi muito legal poder ver a Física por um lado filosófico que eu não conhecia, e os filmes e atividades extras, apresentações me ajudaram a entender um pouco mais a história e um pouco da composição da Física.”*

*“Achei muito interessante mais achei este assunto um pouco confuso, e não estou certa de entendi todo o conteúdo direito.”*

*“É muito boa esta diversidade de aulas com filmes e outras coisas, pois sai da ‘mesmice’ de prova e mais prova.”*

*“As aulas e as atividades foram boas e bem elaboradas. Achei pouco o tempo para apresentá-las, mas as aulas diferenciadas foram legais.”*

*“Tais aulas foram, de fato, atípicas, pois trabalhamos de forma diferente da comum, buscando, acima da nota e aprovação, o aprendizado sobre a matéria de Física. Talvez seja esse tipo de aula que necessitam ser aplicadas no Ensino Médio.”*

*“Achei as aulas dinâmicas, foi um jeito diferente de se aprofundar em um assunto tão abrangente, tive certa dificuldade na última atividade dos mapas conceituais, talvez por ter tido uma interpretação ‘errada’ do assunto, porém no mais o trabalho foi interessante e valeu a pena.”*

*“Achei as aulas dinâmicas e diferentes. Fazendo com que a turma participasse mais das aulas e aprendesse com os trabalhos.”*

*“Ficou bem fácil entender o conteúdo, que até então era muito complicado, as aulas também ficaram mais divertidas com os trabalhos em grupo.”*

*“Foi uma maneira diferente, criativa e cansativa de aprender a matéria, talvez se ela tivesse sido dada da forma convencional, não tivéssemos aprendido tanto.”*

*“Foi bem criativo isso tudo, os alunos levaram isso mais para seu próprio conhecimento e é um assunto bem interessante.”*

*“Muito bom, aprendi muito com o filme de uma maneira divertida. Com as atividades pude ver os pontos de vista e dos outros.”*

*“Aulas de filme, exposição e textos, foram muito interessantes, facilitou o aprendizado do conteúdo, sem torná-lo chato. Fez com que os alunos se interessassem para fazer um bom trabalho.”*

*“Acho que foi bem criativo, diferente e deu para aprendermos sobre o assunto, mas os trabalhos foram bastante complexos para quem não fazia a mínima ideia o que era uma partícula muito menos o modelo padrão, a gente se virou como achamos melhor, se já tivéssemos uma noção do assunto, os trabalhos sairiam um pouco melhores, mas em geral todos foram bem.”*

*“As aulas foram boas, mas para mim, a outra matéria é muito mais interessante, mas as aulas realmente não foram chatas, como pensei que seriam. Os trabalhos sim, achei muito cansativos e repetitivos.”*

Apesar de alguns alunos considerarem a dinâmica e/ou as aulas confusas, complicadas, cansativas e repetitivas, a maioria demonstrou que gostou tanto do assunto como das dinâmicas de sala de aula, identificando a diversificação das aulas e avaliações como positivas e considerando que esse tipo de aula e de atividades deveria ser utilizado mais vezes no Ensino Médio, pois são dinâmicas e proporcionaram a oportunidade de se aprofundarem em um tema. Reconhecem que este tipo diferente de aula requer muito esforço e dedicação.



## CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a análise parcial de cada atividade da UA, apresenta-se, a seguir, uma análise integrada dos resultados obtidos, desta vez, comparando-se com os objetivos da presente dissertação.

Quanto ao objetivo geral, a experiência realizada com este grupo de alunos corrobora que é possível introduzir o tópico *Partículas Elementares e Interações Fundamentais* no Ensino Médio. No presente caso, isso foi feito por meio de uma UA, fundamentada em teorias educacionais, psicológicas e epistemológicas, cujos instrumentos/recursos e atividades são agora retomados.

O papel do organizador prévio, o filme *O discreto charme das partículas elementares*, foi fundamental para apresentar aos alunos o novo tema. Seu apelo ao público jovem facilitou muito sua compreensão. O momento reservado para discussão deste organizador também foi muito enriquecedor, os alunos participaram ativamente, demonstrando interesse e curiosidade sobre o tema.

O trabalho com o texto também apresentou uma nova face da Física aos alunos, proporcionando momentos de questionamentos e considerações importantes acerca da história da ciência. Mesmo com as reclamações dos alunos sobre o tamanho do texto, pelos trabalhos apresentados, percebe-se que a maioria da turma leu o texto. Para a professora-pesquisadora, a construção do texto significou que é possível apresentar aos estudantes um novo olhar sobre Física; tratando os temas dessa disciplina de uma forma questionadora, e para isso, tanto a história da ciência como a epistemologia de Gaston Bachelard foram fundamentais.

O uso dos mapas conceituais proporcionou uma interação muito maior com a turma. Desde o momento da sua elaboração, que proporcionou a discussão no grupo, até a sua apresentação para os demais colegas, proporcionando trocas muito significativas e, porque não dizer, quase inéditas dentro de uma sala de aula. Quando os grupos explicavam seus mapas percebia-se que sua compreensão ia muito além do que estava representado no mapa. Por exemplo, durante muitas explicações era possível identificar a presença das palavras de ligação entre os conceitos, mas na maioria dos mapas elas não estavam presentes. Se esta atividade não houvesse sido planejada, muito do que os alunos poderiam expressar de conhecimento teria sido perdido. A explicação dos mapas foi fundamental. E isso também foi reconhecido pelos alunos, que na entrega do terceiro mapa, fizeram

questão de dar uma breve explicação sobre o seu trabalho. Com o desenvolvimento da atividade, este momento também proporcionou aos alunos uma revisão do que é ser aluno; será que o papel do aluno é só ouvir, recebendo informações de forma unidirecional, do professor para o aluno? Ou ele deve buscar contribuir efetivamente para a sua formação, ouvindo, tendo oportunidade de falar, de expressar o que entendeu e de ser ouvido pelos demais?

A importância da interação intra e intergrupos foram explicitados durante as apresentações dos mapas. Este momento de interação, que segundo Vygotsky é fundamental para o desenvolvimento cognitivo, foi fundamental para identificar indícios de aprendizagem significativa. O papel da interação entre pares e entre professor-aluno também é evidenciado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Sua proposta de organização para o ensino e o papel do professor, priorizam a dinamicidade desta relação, apresentando a importância do aluno ouvir e ser ouvido. E um bom momento para isso foi proporcionado pelo trabalho com os mapas conceituais, que além de aplicarem os conceitos importantes da teoria da aprendizagem significativa, propiciam os momentos de interação social fundamentais para o desenvolvimento cognitivo, segundo Vygotsky. Além disso, a epistemologia de Bachelard apresenta uma análise importante sobre o desenvolvimento científico; seu olhar questionador propicia ao estudante a reflexão sobre como o conhecimento científico foi elaborado, qual foi o papel do homem e da sociedade neste desenvolvimento.

Sobre a construção dos mapas conceituais, constatou-se que os alunos precisam de tempo para aprender a elaborar os mapas conceituais; provavelmente, se os alunos tivessem sido instruídos e motivados a elaborá-los desde o início do ano, ter-se-ia usado o tempo, prioritariamente, para a discussão das dúvidas referentes ao conteúdo.

Tudo isso também foi facilitado pela escolha de um assunto motivador, que proporciona uma visão da Física espetacular ao estudante: procurando conhecer a estrutura da matéria, o tema proporciona uma visão do passado, a identificação do presente e a perspectiva de futuro de uma ciência, apresentando o conhecimento vivo e repleto de perguntas ainda não respondidas.

## 5.1. Considerações finais

A escolha de um tema motivador, que promova o envolvimento dos alunos e desperte sua curiosidade e atenção, facilita a instrução. Em geral, os temas referentes à Física Moderna e Contemporânea apresentam esse potencial, além disso, é importante considerar que a cada dia estão mais presentes na nossa vida. E por sua importância, é fundamental que a escola acompanhe estas mudanças e as transmita para seus alunos.

A grande dispersão e desinteresse relatado por muitos professores, muitas vezes é proveniente da metodologia utilizada em sala de aula. O adolescente precisa que o professor o envolva em uma metodologia de ensino dinâmica, que mude o papel tradicional de aluno-expectador, para o papel de aluno-participante e construtor do seu conhecimento. Ele precisa ser encorajado a participar do processo de aprendizagem, por meio de atividades que o desafiem, e por temas que instiguem sua curiosidade.

É claro que todas estas mudanças propostas não são feitas unicamente pelo professor, é necessário que a escola, a família e que a sociedade se engajem. E no caso do setor público, já que este estudo foi realizado em uma escola pública, as diretrizes governamentais também devem se fazer presente, proporcionando ao professor uma jornada de trabalho condizente com as suas atribuições e com possibilidade de aperfeiçoamento, como por exemplo, tempo para se atualizar, preparar aulas e demais atividades desenvolvidas na sala de aula, um momento para fazer a correção destas atividades e momentos de interação com os demais colegas, para que por meio da troca de experiências construam metodologias condizentes com suas realidades escolares, pois só assim será possível promover um ensino significativo.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, M. C. B. (2005). Sobre o discreto charme das partículas elementares. *Física na Escola*, 6(1):38-44.
- ABDALLA, M. C. B. (2006). *O discreto charme das partículas elementares*. São Paulo: Unesp, 352 p.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2002). Rutherford's enlarged: a content-embedded activity to teach about nature of science. *Physics Education*, 37(1): 64-68.
- ALLDAY, J. (1997). The nature of force in particle physics. Apud OSTERMANN MOREIRA (2000).
- AMALDI, U. (1995). *Imagens da Física: as idéias e as experiências, do pêndulo aos quarks*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA, (2007).
- ARRUDA, S.M.; TOGINHO FILHO, D.O. (2004). Laboratório caseiro de Física Moderna. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21: 372-389.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. (1978). Educational psychology: a cognitive View. In/Apud MOREIRA (2006).
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- BACHELARD, G. (1979). *O novo espírito científico*. São Paulo: Abril Cultural, 354 p.
- BACHELARD, G. (2005). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto, 341 p.
- BACHELARD, G.(1991). *A filosofia do não*. Lisboa: Editorial Presença, 136 p.
- BAROJAS, J. (Ed.) (1988). *Cooperative networks in physics education*. Apud OSTERMANN; MOREIRA (2000).
- BONJORNO, J.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. (2003). *Física: história & cotidiano 3*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).
- CABRAL, F.; LAGO, A. (2002) *Física 3*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).
- CARRON, W.; GUIMARÃES, O. (2003). *Física: volume único - coleção base*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).
- CARSTENS-WICKHAM, B. (2001). The Atomic Era: a new interdisciplinary course combining physics, the humanities and social sciences. *Physics Education*, 36(3): 212-217.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. (2001). Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no Ensino Médio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8(3): 298-316.

CAVALCANTE, M; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. (2001). O uso da *Internet* na compreensão de temas de Física Moderna para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 23(1): 108-112.

CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C. (2001). Uma oficina de Física Moderna que vise sua inserção no Ensino Médio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(3): 298-316.

CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C.; SOUZA, D.F.de; MUZINATTI, J. (2002). Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. *Física na Escola*, 3(1): 24-29.

CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C.; HAAG, R. (2005). Experiências em Física Moderna. *Física na Escola*, 6(1): 75-82.

DAMÁSIO, F., CALLONI, G. (2007). Uma proposta de inserção de Física de Partículas na educação básica através de um hipertexto. *Atas do II Encontro Estadual de Ensino de Física do RS*: 59-62.

DE LA FUENTE, A.M.; PERROTTA, M.T.; DIMA, G.; GUTIÉRREZ, E.; CAPUANO, V.; FOLLARI, B. (2003). Estructura atômica: análisis de las ideas de los estudiantes (8º de EGB). *Enseñanza de la Ciencia*, 21(1): 123-134.

DEL PINO, J. C.; PIZZATO, M.C. (2009). Lições do Rio Grande – Ciências da natureza e suas tecnologias: Química. In: Referências curriculares do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria de Estado da Educação, Porto Alegre: SE/DP.

DIAS, N.L.; PINHEIRO, A.G.; BARROSO, G.C. (2002). Laboratório virtual de Física Nuclear. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2): 232-236.

FARIA, I. R.; SILVA, J. G. da; CHINELLI, M. V. (2005). Projeto de Reorientação Curricular para o Estado do Rio de Janeiro. Ensinos Médio e Fundamental (2º segmento) - Química Para o Ensino Médio. Disponível em: <<http://omnis.if.ufrj.br/~curriculo/15-exatas-quimica.pdf>> Acesso em: 03/06/11.

FARMELO, G. (1992). Teaching particle physics in the open university's science foundation course. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

FERREIRA, A. A.; LOURENÇO, M. F.; MARCASSA, L. G.; BAGNATO, V.S. (1999). Espalhamento: observando o desconhecido indiretamente. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 21(1): 122-126.

FINI, M. I. (2008). Proposta curricular do Estado de São Paulo: Química. Disponível em: <[http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop QUI COMP \\_red\\_md\\_20\\_03.pdf](http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portals/18/arquivos/Prop QUI COMP _red_md_20_03.pdf)> Acesso em: 03/06/11.

FUNDAMENTAL PARTICLES AND INTERACTIONS CHART COMMITTEE (1988). Fundamental particles and interactions. A wall chart of modern physics. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

GASPAR, A. (2003). Física: *Eletromagnetismo e Física Moderna 3*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).

GARCÍA, Á. F. (1998). Física com ordenador – Curso interactivo de Física en internet. In: CAVALCANTE, TAVOLARO, SOUZA e MUZINATTI (2002).

GIL et al., (1987). La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

GONZÁLEZ, M.H.; PÉREZ, J.L.P. (2000). Un currículo para el estudio de la historia de la ciencia en secundaria (la experiencia de seminario Orotava de historia de la ciencia). *Enseñanza de la Ciencia*, 18(1): 105-112.

GUERRA, A.; REIS, J.C.; BRAGA, M. (2002). Um julgamento no Ensino Médio – uma estratégia para trabalhar a ciência sob enfoque histórico-epistemológico. *Física na Escola*, 3(1): 8-11.

GUTIÉRREZ, E.E.; CAPUANO, V.C.; PERROTTA, M.T.; DE LA FUENTE, A.M.; FOLLARI, B.R. (2000). ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear? *Enseñanza de la Ciencia*, 18(2): 247-254.

IHMC Cmap Tools. Disponível em <http://cmap.ihmc.us/>. Acesso em: 10/05/09.

IPARRAGUIURRE, L.M. (2007). Una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de un tema de Física. *Enseñanza de la Ciencia*, 25(3): 423-434.

JOHANSSON, K.E.; NILSSON, C.; ENGTEDT, J.; SANDQVIST, A. (2001). Astronomy and particles physics research classes for secondary school students. *American Journal of Physics*, 69(5): 576-581.

JONES, D. G. C. (1992). Cosmology and particle physics. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

KAWAMURA, M.R.D.; HOSOUME, Y. (2003). A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. *Física na Escola*, São Paulo, 4(2): 22-27.

LEDERMAN, L. (1982). Unraveling the mysteries of the atom. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO (LDB) (1996). Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>> Acesso em: 23/05/10.

LOBATO, T.; GRECA, I.M. (2005). Análise de inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física de Ensino Médio. *Ciência e Educação*, 11(1): 119-132.

LOPES, A.R.C. (1996). Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3): 248-273.

LOZADA, C. de O.; ARAÚJO, M. S. T. de. (2007). Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do modelo padrão. *Anais do VI ENPEC*, Florianópolis.

MARQUES, A.J.; SILVA, C.E. da. (2005). Utilização da Olimpíada Brasileira de Astronomia como introdução à física moderna no Ensino Médio. *Física na Escola*, 6(2): 34-35.

MARTENSSON-PENDRILL, A. (2006). The Manhattan Project – a part of physics history. *Physics Education*, 41(6): 493-501.

MARTINS, A. F. (2007a). História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1): 112-131.

MARTINS, A. F. (2007b). Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em Ensino de Ciências. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis, SC, 26/11/2007 a 01/12/2007.

MASSONI, N.T.; MOREIRA, M.A. (2007). O cotidiano de uma sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física para futuros professores de Física. *Investigação em Ensino de Ciências*, 12(1): 7-54.

MEDEIROS, A. (2007). Eric Rogers e o ensino de física moderna. *Física na Escola*, 8(1): 40-42.

MELO, A.C.S. de (2005). *Contribuições da Epistemologia Histórica de Bachelard no Estudo da Evolução das Idéias da Óptica*. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina.

MENEZES, L. C. (coord.) (1999). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. In: Parâmetros Curriculares do Ensino Médio. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 23/05/10.

MENEZES, L.C. (2000). Uma Física para um novo Ensino Médio. *Física na Escola*, 1(1): 6-8.

MENEZES, L. C. (coord.) (2002). Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. In: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_CNMT.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_CNMT.pdf)>. Acesso em: 23/05/10.

- MONTEIRO, M.; NARDI, R. (2007). Tendências das pesquisas sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea apresentadas no ENPEC. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis, SC, 26/11/2007 a 01/12/2007.
- MOREIRA, M.A. (1989). Um mapa conceitual sobre partículas elementares. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).
- MOREIRA, M.A. (1990). Um mapa conceitual para interações fundamentais. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).
- MOREIRA, M.A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: E.P.U.
- MOREIRA, M.A. (2002). Investigación en educación en ciencias: métodos cualitativos. *Actas del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*, 4: 25-53.
- MOREIRA, M. A. (2004). Partículas e interações. *Física na Escola*, 5(2): 10-14.
- MOREIRA, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília.
- MOREIRA, M.A. (2007). A física dos quarks e a epistemologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(2): 161-173.
- MOREIRA, M.A. (2008a). A teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. In: MASINI, E.F.S.; MOREIRA, M.A., et al. *Aprendizagem significativa: condições para a ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos*. São Paulo: Vetor.
- MOREIRA, M.A. (2008b). Negociação de significados e aprendizagem significativa. *Ensino, Saúde e Ambiente*, 1(2): 2-13.
- MOREIRA, M.A. (2009). O modelo padrão da Física de Partículas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(1):1306-1306-11.
- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T.; OSTERMANN, F. (2007). “História e Epistemologia da Física” na licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1): 127-134.
- MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T. (2009). Física de partículas y visiones epistemológicas contemporáneas en la formación posgraduada de profesores de Física. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(1): 57-64.
- MOREIRA, M. A.; VEIT, E. A. (2010). *Ensino Superior: bases teóricas a metodológicas*. São Paulo:
- MOREIRA, M. A. (2011). Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2): 43-63.



NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. (1984). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

OLIVEIRA, F. F., VIANNA, D. M., GERBASSI, R. S. (2007). Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores? *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(3): 447-454.

OSTERMANN, F. (1999). Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 21(3): 415-436.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". *Investigação em Ensino de Ciências*, 5(1): 23-48.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. (2001). Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(2): 135-151.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. (2001). Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. *Física na Escola*, 2(1): 13-19.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L.M. (2006). Preparing teachers to discuss superconductivity at high school level: a didactical approach. *Physics Education*, 41(1): 31-41.

PASCOLINI, A.; PIETRONI, M. (2002). Feynman diagrams as metaphors: borrowing the particle physicist's imagery for science communication purpose. *Physics Education*, 37(4): 324-328.

PAULO, I.J.C. de (1997). Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de física moderna no ensino de nível médio. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

PAULO, I.J.C.; MOREIRA, M.A. (2004). Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(2): 63-73.

PEDUZZI, L.O.Q. (2004). Física e filosofia: uma aproximação através de um texto na disciplina estrutura da matéria. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(2): 5-20.

PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F. (2007). Uma análise da produção acadêmica recente sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Brasil. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis, SC, 26/11/2007 a 01/12/2007.

PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F. (2009). Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigação em Ensino de Ciências*, 14(3): 393-420.

PESA, M.A.; GRECA, I.M. (2000). Las epistemologias de Bachelard, Laudan y Feyerabend. *Actas del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*, 2: 5-30.

PINHEIRO, L.A.; COSTA, S.S.C. (2009). Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(3): 101-116.

PINHEIRO, L.A.; COSTA, S.S.C.; MOREIRA, M.A. (2009). Projetando o ensino de partículas elementares e interações fundamentais no Ensino Médio. *Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória, ES, 26/01/2009 à 30/01/2009.

PINKER, S. (2007). *The stuff of thought: language as a window into human nature*. Apud TENFEN (2011).

RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. de T. (2003). *Os fundamentos da física 3*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).

FRESCHI, M.; RAMOS, M.G. (2009). Unidade de aprendizagem: um processo em construção que possibilita o trânsito entre o senso comum e o conhecimento científico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1): 156-170.

RICARDO, E.L. (2003). Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. *Física na Escola*, 4(1): 8-11.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSZTAJN, A. (2008). Os Parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências do Ensino Médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 13(3): 257-274.

RYDER, L. (1992). The standard model. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L.O.Q. (2004). Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental. *Ciência e Educação*, 10(2): 259-276.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. (2003). *Física volume único – coleção ensino médio atual*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).

SCOTT, A.J. (2004). 3-D spreadsheet simulation of a modern particle detector. *Physics Education*, 39(1): 91-95.

SILVA, D. N. (2003). *Física Paraná - volume único – série novo Ensino Médio*. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA (2007).

SILVA, N. S. da (2005). Orientações pedagógicas: Introdução ao conceito de átomo. Centro de referência virtual do professor – Estado de Minas Gerais. Disponível em: <[http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/index.asp?id\\_projeto=27&ID\\_OBJETO=41994&tipo=ob&cp=996633&cb=&n1=&n2=Orienta%E7%F5es%20Pedag%F3gicas&n3=Fundamental%20-%206%BA%20ao%209%BA&n4=Ci%EAncias&b=s](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.asp?id_projeto=27&ID_OBJETO=41994&tipo=ob&cp=996633&cb=&n1=&n2=Orienta%E7%F5es%20Pedag%F3gicas&n3=Fundamental%20-%206%BA%20ao%209%BA&n4=Ci%EAncias&b=s)> Acesso em: 03/06/11.

SPOHR, C. B., OSTERMANN, F., PUREUR, P. (2007). A supercondutividade no ensino de Física fundamentada na epistemologia contemporânea. *Atas do II Encontro Estadual de Ensino de Física do RS*: 47-57.

STANNARD, R. (1990). Modern physics for the young. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

STAUB, A. C. A. (2007). História e a Filosofia da Ciência em uma disciplina de evolução dos conceitos da Física. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis, SC, 26/11/2007 a 01/12/2007.

TALAVERA, A. C.; PIAZZI, P.; CARVALHO, L. T.; SILVEIRA, E. M. (2005). *Física: Ensino Médio*: volume único. Apud VALENTE; BARCELLOS; SALEM e KAWAMURA, (2007).

TENFEN, D. N. (2011). *Mapas conceituais como ferramenta para a organização do conhecimento em uma disciplina sobre a história da Física*. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – Universidade Federal de Santa Catarina.

TERRAZAN, E.A. (1992). A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

TERRAZAN, E.A. (1994). Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

TV Cultura de São Paulo (2008). O discreto charme das partículas elementares. Disponível em <[www.tvcultura.com.br/particulas](http://www.tvcultura.com.br/particulas)> Acesso em: 10/01/11.

VALADARES, E.C.; MOREIRA, A.M. (2004). Ensinando física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21: 359-371.

VALADARES, E.C e MOREIRA, M.A. (1998). Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

VALENTE, L; BARCELLOS, M. E.; SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. (2007). Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: expectativas e tendências. *Anais do VI ENPEC*, Florianópolis, SC, 26/11/2007 a 01/12/2007.

VAN DER BERG, E.; HOEKZEMA, D. (2006). Teaching conservation laws, symmetries and elementary particles with fast feedback. *Physics Education*, 41(1): 47-56.

VEIT et al., (1987). O efeito fotoelétrico no 2º grau via microcomputador. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

VYGOTSKY, L.S. (2002a). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.

VYGOTSKY, L.S. (2002b). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

WILLIAMS, G. (2005). Antimatter and 20 th century science. *Physicis Educacion*, 40(3): 238-244.

WILSON, B. (1992). Particle physics at A-level - a theacher's viewpoint. Apud OSTERMANN, MOREIRA (2000).

WOLFF, J. F. de S.; MORS, P. (2005). Relatividade no Ensino Médio: uma experiência com motivação na História. *Atas do I Encontro Estadual de Ensino de Física do RS*: 49-56.

## APÊNDICES

**APÊNDICE 1: Quadro-resumo com os artigos selecionados na pesquisa bibliográfica.**

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	OSTERMANN, F. (1999). Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 21(3): 415-436.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Divulgação do tema e sugestão de atualização curricular para o Ensino Médio.	Não cita.	Professores de Ensino Médio.	Tradução e adaptação de materiais provenientes do curso <i>Topics in Modern Physics</i> organizado no <i>Fermi National Accelerator Laboratory (Fermilab)</i> .	Motivar professores de Ensino Médio a abordar este tópico em suas aulas. Ressaltando a sua aplicabilidade e enfatizando que esta deve ser feita priorizando uma aprendizagem significativa. Também ressalta a oportunidade que o tema propicia para que sejam tratados temas relacionados a história e filosofia da ciência, assim como é possível desmistificar o processo de produção do conhecimento científico. Além de ressaltar o caráter provisório do conhecimento.
Revisão de literatura.	OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". <i>Investigação em Ensino de Ciências</i> , 5(1): 23-48.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Revisão de literatura sobre Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	Não cita.	Artigos, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegação pela <i>Internet</i> .	Revisão de literatura.	Necessidade de atualização curricular. Existe um grande número de artigos que apresentam temas de Física Moderna e Contemporânea em forma de divulgação ou como bibliografia de consulta para professores. Contudo, existem poucos trabalhos que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem. Também são poucos os trabalhos que abordam as concepções alternativas dos estudantes sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Diretrizes e Bases da Educação.	MENEZES, L.C. (2000). Uma Física para um novo Ensino Médio. <i>Física na Escola</i> , 1(1): 6-8.	Brasil.	Ensino de Ciências.	Diretrizes que nortearam a elaboração dos novos parâmetros curriculares nacionais na área de Ciências da Natureza e Matemática.	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, dez 96) e Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.	Professores de Ciências.	Conceitos importantes para um aprendizado adequado em Física: interface entre as diversas áreas do conhecimento; compreensão da linguagem específica da área de conhecimento; contextualizar o conhecimento.	Discutir o novo ensino médio proposto pelas novas leis educacionais.
Investigação didática.	GUTIÉRREZ, E.E.; CAPUANO, V.C.; PERROTTA, M.T.; DE LA FUENTE, A.M.; FOLLARI, B.R. (2000). ¿Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear. <i>Enseñanza de la Ciencia</i> , 18(2): 247-254.	Argentina	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Inicialmente, fazer um levantamento sobre os conhecimentos prévios dos alunos sobre temas de física moderna relacionados com radioatividade, estrutura atômica e energia nuclear. Usar estes dados para implementar estratégias de ensino que melhorem a aprendizagem e aproximem os conhecimentos dos alunos do conhecimento científico.	Não cita.	Alunos de 4º y 5º año del actual nivel de enseñanza media (16 a 18 años).	A versão preliminar do questionário foi elaborada com base em um conjunto de entrevistas clínicas. Para verificar sua eficácia e ajustá-lo este questionário foi respondido por um grupo de estudantes, com características similares ao do grupo que se tinha como objetivo alcançar. Após os devidos ajustes, o questionário utilizado no estudo exploratório era composto por onze perguntas, três sobre radioatividade, quatro sobre estrutura atômica e quatro sobre energia nuclear.	Quanto as questões relativas a radioatividade os alunos demonstraram pouco conhecimento sobre o tema, também deixaram transparecer em suas respostas o forte caráter social do uso deste tipo de energia no país. Com base nestes dados também se pode constatar a importância dos meios de comunicação como importantes formadores de opinião. Quanto a estrutura da matéria, as respostas demonstraram que os alunos não tem conhecimento, por exemplo, sobre as dimensões de um átomo. E assim como nas questões relativas a radioatividade, os alunos relacionaram a energia nuclear a perigo e contaminação. Essa associação provavelmente foi desencadeada pela grande influência dos meios de comunicação na formação da opinião destes estudantes. Neste tema, também demonstraram desconhecimento quanto a fissão nuclear e as centrais nucleares do seu país.



Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
História e Filosofia da Ciência.	GONZÁLEZ, M. H.; PÉREZ, J. L. P. (2000). Un currículo para el estudio de la historia de la ciencia en secundaria (la experiencia del seminario Orotava de historia de la ciencia. <i>Enseñanza de la Ciencia</i> , 18(1): 105-112.	Espanha.	História e Filosofia da Ciência.	Usar a história da ciência para ensinar ciência. Pois analisando a história do conhecimento de uma forma unificada podemos proporcionar aos estudantes uma visão que privilegia as inter-relações entre as diferentes áreas da ciência. Além de enfatizar o papel da humanidade na elaboração e na utilização do conhecimento científico.	Não cita.	dos asignaturas para los niveles de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO) y del bachillerato.	Elaboração de uma disciplina de história da ciência para dois níveis de ensino, a ESO e para o bachillerato. As propostas são independentes, mas complementares. Ambas, inicialmente trataram de diferenciar a ciência da pseudociência. Partindo do que o estudante conhece o professor tentou mostrar uma nova visão sobre assunto. Para isso foram escolhidos os seguintes assuntos de acordo com o nível de ensino. Para o ESO: Matemática: números, operações e a representação e organização do espaço. Ciências da natureza: estrutura das substâncias, mudanças químicas, a Terra, o Universo, força e movimento. Tentou-se delimitar historicamente o surgimento da matemática como linguagem e da física, química e biologia como ciência. Para o bachillerato: filosofia, física, biologia, medicina e tecnologia. A intenção foi apresentar a ciência como produto do intelecto e do trabalho humano, assim como ressaltar que a ciência é um campo de conhecimento em transformação. Dessa forma, metade deste programa foi reservada para a ciência contemporânea.	Apresenta uma proposta de trabalho para a inserção de história e filosofia da ciência como meio para executar a interdisciplinaridade proposta na diretriz educacional espanhola. Também apresenta o projeto <i>Seminario Orotava de Historia de la Ciencia</i> .

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. (2001). Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. <i>Caderno Catarinense de Ensino de Física</i> , 18(2): 135-151.	Brasil	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Descrição de uma experiência de ensino-aprendizagem de dois tópicos de Física Contemporânea – partículas elementares e supercondutividade – em escolas de nível médio.	No tópico supercondutividade, foi utilizada a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).	Doze alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidad e Federal do Rio Grande do Sul.	A pesquisa desenvolveu-se ao longo de três anos, incluindo a seleção de tópicos, a elaboração de materiais didáticos, a preparação de professores em formação inicial e a implementação em sala de aula.	Os alunos consideraram muito importante a atualização dos currículos de Física do Ensino Médio, e classificaram como uma alternativa promissora a inserção de tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio. Dos doze estagiários participantes, dez afirmaram com convicção a intenção de incorporar, nas suas futuras aulas, tópicos atuais de Física. Quanto à formação, os alunos envolvidos reconheceram a validade da experiência, pois apenas dois alunos haviam tomado contato anteriormente com os temas trabalhados no estágio. Como um obstáculo encontrado pelos estagiários a inserção de temas atuais no Ensino Médio, foi mencionado à inexistência destes conteúdos no exame vestibular. Quanto aos alunos do Ensino Médio, a experiência mostrou que é possível motivá-los e despertar sua curiosidade científica com tópicos de Física Moderna e Contemporânea como também ele pode aprender conceitos nesta área. A pesquisa também evidenciou os problemas que o ensino de Física enfrenta ao não desenvolver aspectos conceituais da Física, recai em uma ênfase excessiva nas fórmulas e em problemas de simples aplicação das mesmas. Este tipo de abordagem acaba por negligenciar conceitos fundamentais para uma real compreensão da Física.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	CAVALCANTE, M.; PIFFER, A.; NAKAMURA, P. (2001). O uso da <i>Internet</i> na compreensão de temas de Física Moderna para o Ensino Médio. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 23(1): 108-112.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar um recurso educacional disponível na <i>Internet</i> sobre o experimento de espalhamento de partículas alfa ( $\alpha$ ) que possibilitou a identificação do núcleo atômico (FERREIRA, A. A.; LOURENÇO, M. F.; MARCASSA, L. G.; BAGNATO, V. S. (1999). Espalhamento: observando o desconhecido indiretamente. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 21(1), pp. 122-126) acrescentando novos subsídios a este trabalho.	Não cita.	Alunos de graduação do curso de licenciatura em Física e professores de Física atuantes no Ensino Médio.	Descrição do aparato experimental e análise dos resultados obtidos. Com dicas e sugestões de como utilizar o aplicativo.	Com a intenção de acrescentar novos subsídios ao recurso educacional apresentado, sugerem-se alguns aspectos interdisciplinares.
Bibliografia de consulta para professores.	OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. (2001). Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. <i>Física na Escola</i> , 2(1): 13-19.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Aumentar a qualidade do ensino de Física inserindo na escola de nível médio a na formação de professores tópicos de física moderna e contemporânea.	Não cita.	Professores de Ensino Médio.	Elaboração de material didático para a implementação de assuntos de física moderna e contemporânea no ensino médio, em especial um pôster sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio.	Divulgação de um material didático na forma de pôster que possa contribuir para a atualização curricular no ensino médio inserindo o tópico partículas elementares e interações fundamentais.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. (2001). Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no Ensino Médio. <i>Caderno Catarinense de Ensino de Física</i> , 8(3): 298-316.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Discussão de fundamentos de física moderna e contemporânea. Promover a compreensão dos fenômenos da interferência e difração, bem como o comportamento corpuscular da radiação, fornecendo a base para o entendimento adequado do princípio da dualidade onda-partícula.	Não cita.	Professores de Ensino Médio e alunos dos Ensinos Fundamentais e Médio.	Construção de material didático de baixo custo. O equipamento permite, através de uma metodologia adequada, a execução de uma série de experiências que busca aumentar a compreensão dos fenômenos da interferência e difração, bem como o comportamento corpuscular da radiação, fornecendo a base para o entendimento do princípio da dualidade e conseqüentemente, um amplo panorama da física moderna.	Além dos conceitos relevantes para a formação de professores de Física, a proposta assumiu uma abordagem universal que permite uma melhor compreensão das formas contemporâneas de linguagem e de um melhor domínio dos conceitos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	JOHANSSON, K.E.; NILSSON, C.; ENGTEDT, J.; SANDQVIST, A. (2001). Astronomy and particles physics research classes for secondary school students. <i>American Journal of Physics</i> , 69(5): 576-581.	Suécia.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	O curso foi elaborado com a intenção de suprir a falta de conteúdos contemporâneos nas aulas de Física.	Não cita.	22 estudantes do Ensino Médio.	Em um curso extracurricular sobre astronomia e partículas elementares, um grupo de alunos estudou sobre a rotação da Via Láctea, colisões entre partículas de altas energias e a origem do Universo. A combinação entre fazer suas próprias medições a respeito da Via Láctea com um pequeno rádio telescópio, o uso de dados científicos de colisões de partículas de altas energias e ter o <i>Big Bang</i> explicados pelos cientistas criou um curso atraente e fascinante sobre ciência contemporânea. Os autores são integrantes do projeto educacional <i>Hands on CERN</i> . Uma das atividades descritas foi o trabalho em que os estudantes utilizaram dados do detector <i>DELPHI</i> , disponíveis na <i>Internet</i> , para reconstruir rastros criados durante as colisões de partículas.	Além de se familiarizarem com o método científico, os alunos tiveram a chance de aprender sobre partículas elementares, assim como conhecerem modernos experimentos que tentam compreender a evolução do Universo, e relacionam a física de partículas com a cosmologia. Discutiram sobre a composição da galáxia e o efeito Doppler. Fizeram suas próprias medições da rotação da nossa galáxia e aprenderam que existem muitos movimentos fora do nosso sistema solar. Dessa forma os estudantes tiveram o privilégio de conhecer processos fundamentais da natureza que apenas os cientistas tinham acesso. Este curso apresentou muito interesse por parte dos estudantes.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	CARSTENS-WICKHAM, B. (2001). The Atomic Era: a new interdisciplinary course combining physics, the humanities and the social sciences. <i>Physics Education</i> , 36(3): 212-217.	Estados Unidos.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Proporcionar aos estudantes uma visão que inter-relaciona ciências naturais e sociais.	Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).	Alunos de graduação integrantes do ensino superior americano que já haviam cursado disciplinas introdutórias de Física e Sociologia.	Foi desenvolvido um curso no qual ciências naturais e sociais se integraram. Nele foram examinadas as inter-relações entre eventos culturais, sociais, históricos e políticos, além do desenvolvimento da Física na Europa e nos Estados Unidos na primeira metade do século XX. Foram tratados os temas Física, Sociologia e língua alemã. As atividades didáticas consistiram em leituras, apresentações no <i>PowerPoint</i> , vídeo clipes, filmes, <i>slides</i> , materiais de áudio a alguns trabalhos em grupo.	O curso apresentou grande aceitação por parte dos alunos. Isto se deu provavelmente pela oportunidade que os estudantes dos cursos de Ciências Humanas e Sociais e Física tiveram em conhecer pontos de vista tão diferentes dos normalmente apresentados em seus cursos.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C.; SOUZA, D.F.de; MUZINATTI, J. (2002). Uma aula sobre o efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. <i>Física na Escola</i> , 3(1): 24-29.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea. Especificamente a discussão sobre a dualidade da luz e os reflexos desta interpretação para o desenvolvimento da física moderna.	Não cita.	Professores de Ensino Médio.	Por meio de uma abordagem conceitual sobre o efeito fotoelétrico, se propõe a utilização de recursos educacionais. Tais como a realização de experimentos, simulações computacionais disponíveis na <i>Internet</i> e a realização de um debate em sala de aula sobre o comportamento dual da luz.	Contribuição para a desmistificação do papel da ciência por meio de uma prática contextualizada e interdisciplinar.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	ABD-EL-KHALICK, F. (2002). Rutherford's enlarged: a content-embedded activity to teach about nature of science. <i>Physics Education</i> , 37(1): 64-68.	Estados Unidos.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Promover a compreensão da natureza da ciência por meio do experimento de Rutherford.	Não cita.	Professores de ensino fundamental e médio, alunos do ensino médio.	Por meio do experimento pretende-se analisar alguns aspectos da natureza da ciência, tais como: a natureza observacional e inferencial do conhecimento científico, a distinção entre observação e interferência, a natureza dos modelos científicos, o papel da criatividade e da imaginação nos modelos científicos gerados.	Baseados em diferentes versões de um questionário aberto e com a análise de entrevistas individuais, constatou-se que a atividade foi eficaz, pois ajudou os participantes a desenvolver opiniões sobre a natureza observacional e inferencial da ciência, a natureza dos modelos científicos, o papel da criatividade e da imaginação nos modelos científicos gerados.
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	DIAS, N.L.; PINHEIRO, A.G.; BARROSO, G.C. (2002). Laboratório virtual de Física Nuclear. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 24(2): 232-236.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentação de um programa desenvolvido para simular um conjunto de equipamentos (detector e contador de radiação, fontes radioativas a placas absorvedoras) usados em um laboratório básico de física nuclear.	Não cita.	Professores de Física.	Programa que simula um detector de radiação do tipo Geiger-Müller (GM), um contador de radiação semelhante em muitos aspectos aos contadores comerciais disponíveis, três amostras radioativas e três placas absorvedoras.	A proposta busca suprir a falta de laboratórios de física moderna, sugerindo o uso do programa elaborado, que simula em muitos aspectos, os equipamentos reais e fornece resultados semelhantes.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	PASCOLINI, A.; PIETRONI, M. (2002). Feynman diagrams as metaphors: borrowing the particle physicist's imagery for science communication purpose. <i>Physics Education</i> , 37(4): 324-328.	Itália	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Implementar o currículo do ensino médio com temas de física moderna e contemporânea. Dessa forma propõe-se o ensino do tema física de partículas utilizando os diagramas de Feynman e excluindo seu formalismo matemático. Com esta metodologia esperasse transmitir muitos conceitos importantes sobre a física de partículas, tais como: antimatéria, leis de conservação, criação e destruição de partículas, partículas reais e virtuais. Para isso foi desenvolvido um brinquedo com três elementos: elétrons, fótons e partículas mediadoras.	Não cita.	Estudantes de Ensino Médio.	Com o objetivo de evitar uso de imagens do mundo macroscópico para promover a compreensão do mundo microscópico, desenvolveu-se um brinquedo, que representa o diagrama de Feynman e tem o papel de reproduzir estas imagens metaforicamente. A atividade se desenvolveu em pequenos grupos que ao receberem as peças necessárias para montar os brinquedos, também receberam uma lista de questões que deveriam ser resolvidas com o uso deste. Estas questões abordavam sobre a possibilidade de ocorrência de interações. Um mês após propor esta atividade, os estudantes foram solicitados a responder um questionário sobre o tema tratado anteriormente.	A possibilidade de manipulação foi um dos aspectos que levaram ao sucesso da atividade. As respostas dadas ao questionário, feito um mês depois, são encorajadoras, o percentual de respostas corretas foi de 60%. No total, 21 estudantes responderam o questionário, 15 demonstraram compreensão a respeito das leis de conservação. Aproximadamente 80% dos estudantes acertou entre 5 e 9 respostas corretas. O próximo passo do projeto é aperfeiçoar o instrumento e distribuí-lo em escolas e museus de ciência.
História e Filosofia da Ciência.	GUERRA, A.; REIS, J.C.; BRAGA, M. (2002). Um julgamento no ensino médio – uma estratégia para trabalhar a ciência sob enfoque histórico-epistemológico. <i>Física na Escola</i> , 3(1): 8-11.	Brasil	Ensino de Ciências.	O artigo apresenta uma atividade que tem como objetivo introduzir nos cursos de Física de nível médio discussões histórico-filosóficas sobre ciência.	Abordagem histórica-epistemológica da ciência.	Alunos do 1º ano do ensino médio.	Inicialmente foram escolhidos momentos cruciais, na história da ciência, em especial na história da física, para serem trabalhados. Após este momento, o trabalho se volta para a construção de estratégias concretas de ação em sala de aula que leve o aluno a ler e refletir sobre o assunto tanto no horário de aula, como no horário extra-classe. Assim, os autores apresentam a proposta de um "julgamento". Para realizarem a tarefa, os alunos tinham 2 meses para se preparar. Durante este período apresentaram, relatórios regulares sobre o trabalho.	Os alunos demonstraram grande envolvimento com a tarefa. Isso pode ser percebido no desempenho apresentado. A atividade apresentou uma nova face da física para os estudantes, além de incentivá-los a serem mais críticos em relação aos conhecimentos adquiridos.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Diretrizes e bases da educação.	KAWAMURA, M.R.D.; HOSOUME, Y. (2003). A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. <i>Física na Escola</i> , 4(2): 22-27.	Brasil.	Ensino de Física.	O artigo apresenta de uma forma resumida, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+).	Parâmetros Curriculares Nacionais.	Professores de Ensino Médio.	O artigo apresenta as mudanças sugeridas para a educação em nível médio, especialmente a disciplina de física. Enfatiza que para que estas mudanças sejam efetivas devem ser realizadas pelos professores, e que certamente não ocorrerão imediatamente, esse processo levará algum tempo. De uma forma geral, esta legislação propõe uma grande mudança na escola e para auxiliar nesta etapa foram publicados os PCN+.	Alerta sobre a importância destas mudanças e sua implementação na sala de aula. Lembrando que esse é um processo lento. Também enfatiza a importância da articulação entre as competências, conhecimentos e estratégias a serem propostos e desenvolvidos. Além de lembrar a importância da discussão, das trocas de experiências e vivências.
Diretrizes e bases da educação.	RICARDO, E.L. (2003). Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. <i>Física na Escola</i> , 4(1): 8-11.	Brasil.	Ensino de Física.	São discutidos alguns conceitos presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ressalta a dimensão da reforma pretendida e a necessidade de rever não só os conteúdos a ensinar, mas as concepções e práticas educacionais correntes.	Lei de Diretrizes Curriculares Nacionais e nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.	Professores de Ensino Médio.	O artigo discute sobre o que se espera do novo ensino médio. Enfatiza a mudança do seu caráter, que deixou de ser um nível intermediário para ser a etapa final da educação básica. Dessa forma ele precisa fornecer subsídios para que o aluno tenha autonomia intelectual. Assim, devesse proporcionar uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na comunidade. Dessa forma, o ensino deve estar contextualizado a realidade do aluno. A interdisciplinaridade também contribuiu para essa compreensão mais ampla do mundo, pois proporciona o diálogo com as demais áreas do conhecimento.	O artigo apresenta as novas diretrizes para a educação em nível médio no Brasil.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Investigação didática.	DE LA FUENTE, A.M.; PERROTTA, M.T.; DIMA, G.; GUTIÉRREZ, E.; CAPUANO, V.; FOLLARI, B. (2003). Estructura atômica: análisis de las ideas de los estudiantes (8º de EGB). <i>Enseñanza de la Ciencia</i> , 21(1): 123-134.	Argentina	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Neste trabalho especificamente se buscou conhecer as idéias dos estudantes sobre a estrutura atômica. Esta pesquisa faz parte de um projeto que pretende conhecer as idéias dos estudantes sobre o tema de física moderna propostos pelo currículo escolar argentino. E então implementar estratégias de ensino que aumentem a aprendizagem.	Não cita.	78 estudantes del tercer ciclo de la educación general básica (EGB) en la República Argentina, jóvenes de 12 a 14 años.	Por meio de um questionário, elaborado pelos autores a devidamente validado, os alunos expressaram suas idéias sobre a estrutura da matéria. Contudo, previamente estes alunos já haviam recebido instrução sobre o tema tratado. O questionário é composto por quatorze questões, que perguntam sobre a estrutura atômica e a constituição da matéria. Também estão presentes questões sobre a existência de alguma diferença entre os átomos; sobre o movimento da suas diferentes partes sua massa e seu tamanho; suas interações e a possibilidade de fissão ou fusão. E por fim, pergunta-se sobre a origem das informações fornecidas pelos estudantes.	O estudo constatou que os alunos não têm idéias claras sobre o tema abordado. Contudo, argumenta que provavelmente isso se deve a falta de uma estrutura cognitiva na qual estes conceitos tenham sentido. Reconhecem a existência do átomo, mas o relacionam com o modelo do sistema planetário, onde o núcleo é central e estático e os elétrons giram ao seu redor, mas não sabem por que isso acontece. Não conseguiram explicar a diferença entre os átomos, nem aspectos relativos a fusão e a fissão. Quanto aos quarks os alunos demonstraram desconhecer o tema, o que era provável que ocorresse, pois durante a instrução prévia esse tema não foi tratado. E por fim justificaram a origem de suas informações como transmitidas pela escola, minimizando a influência dos meios de comunicação na elaboração das suas idéias sobre o tema. O que podemos interpretar como: as idéias aceitas cientificamente sobre a estrutura atômica não foram socializadas. Além de considerar que a falta de estímulo na natureza visível sobre o tema tenha levado os estudantes a esquecer o que viram na escola.



Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	PAULO, I.J.C.; MOREIRA, M.A. (2004). Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. <i>Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , 4(2): 63-73.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Abordar como ocorre a construção de importantes conceitos quânticos na mente de estudantes do ensino médio.	Epistemologia de Gaston Bachelard, principalmente o conceito de obstáculo epistemológico. A teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.	100 estudantes do ensino médio de duas escolas da rede particular de ensino.	Foi investigada a compreensão de conceitos referentes à mecânica quântica, tais como: conceitos fundamentais da MQ na Interpretação de Copenhague (não determinismo e complementaridade), sendo que numa das escolas, isso ocorreu após o ensino do tópico "ondulatória", na perspectiva do ensino da física clássica, e na outra escola, antes do ensino desse tópico.	Relata-se que os alunos não apresentaram dificuldades em apresentar os conceitos quânticos abordados que sejam maiores que as dificuldades em aprender conceitos clássicos. Além disso, foram identificadas algumas concepções com relação aos conceitos de complementaridade e não determinismo que podem fornecer subsídios sobre como os aprendizes constroem uma aprendizagem potencialmente significativa sobre os conceitos fundamentais da MQ.
Bibliografia de consulta para professores.	MOREIRA, M. A. (2004). Partículas e interações. <i>Física na Escola</i> , 5(2): 10-14.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Usando mapas conceituais, o texto procura motivar os professores de ensino médio a introduzir tópicos de física moderna e contemporânea em suas aulas. Sugere-se o tema partículas elementares e interações fundamentais. Também sugere que esse deve ser tratado sem ilustrações, pois, essas acabam tolhendo a imaginação dos alunos e até mesmo dificultando a aprendizagem de certos conceitos.	Teoria dos mapas conceituais.	Professores de Física atuantes no Ensino Médio.	Com o auxílio dos mapas conceituais, buscou-se promover a aprendizagem do tema partículas elementares e interações fundamentais. Para isso o tema foi tratado conceitualmente.	Argumenta que não é necessária nenhuma habilidade especial para a introdução destes temas na escola média, pois se os estudantes são capazes de desenvolver as habilidades necessárias para a compreensão de tópicos como Cinemática ou Dinâmica, também são capazes de desenvolver as habilidades necessárias para compreender tópicos de física moderna e contemporânea. Também argumenta que esses assuntos podem ter uma grande aceitação por parte dos estudantes, pois são assuntos atuais e despertam grande interesse.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	SCOTT, A.J. (2004). 3-D spreadsheet simulation of a modern particle detector. <i>Physics Education</i> , 39(1): 91-95.	Estados Unidos.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Por meio de uma planilha da Microsoft Excel, simulou-se um detector de partículas. A planilha modela as potencialidades de um detector de partículas real.	Não cita.	secondary level	Com o uso da planilha os professores poderão ilustrar conceitos como a força de Lorentz, o vetor momentum e a espectroscopia carga/massa. Usando esta simulação é possível identificar até 30 partículas carregadas por colisão. Além de outras tantas colisões serem possíveis por meio da variação dos parâmetros presentes na simulação. Sugere-se que o professor utilize esta ferramenta como um recurso multimídia ou com atividades tipo lápis e papel. No final da atividade o autor sugere que se façam três perguntas aos alunos com o objetivo de se promover uma discussão sobre o trabalho desenvolvido, são elas: 1ª) Como você poderia determinar o vetor, formado por três componentes, da partícula após a colisão, mas um pouco antes que ele comece a ficar torto por ação do campo magnético? 2ª) ( <i>Why is the determination of the momentum parallel to the magnetic field, as determined by the dip angle in the side view, only an estimate?</i> ) 3ª) Uma vez que a partícula está perdendo energia através de interações eletromagnéticas com o gás, qual é a diferença entre a trajetória real e uma trajetória helicoidal?	Divulgação de uma proposta para implementação das aulas de física moderna e contemporânea.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	VALADARES, E.C.; MOREIRA, A.M. (2004). Ensinando física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 21: 359-371.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna no ensino médio.	Não cita.	Professores de Física atuantes no ensino médio.	A proposta sugere a inserção de tópicos de física moderna no currículo do ensino médio. Os tópicos sugeridos são: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Propõe-se a apresentação destes tópicos por meio da análise de suas aplicações no cotidiano, explicitando essas aplicações por meio de experimentos de baixo custo.	Divulgação de uma proposta para a implementação das aulas de física moderna e contemporânea.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C. (2004). Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no Ensino Médio. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 21: 372-389.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Discussão de fundamentos de física moderna e contemporânea, a partir do estudo do princípio da dualidade onda-partícula.	Não cita.	Professores de ensino médio e alunos dos Ensinos Fundamentais e Médio.	Construção de material didático de baixo custo que foi apresentado aos professores por meio da realização de oficinas. O equipamento permite, por meio de uma metodologia adequada, a execução de uma série de experiências que buscam aumentar a compreensão dos fenômenos de interferência e difração, bem como o comportamento corpuscular da radiação, fornecendo a base para a compreensão do princípio da dualidade e conseqüentemente, um amplo panorama da física moderna.	Além dos conceitos relevantes para a formação de professores de Física, a proposta assumiu uma abordagem universal que permite um melhor compreensão das formas contemporâneas de linguagem e de um melhor domínio dos conceitos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	ARRUDA, S.M.; TOGINHO FILHO, D.O. (2004). Laboratório Caseiro de Física Moderna. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 21: 372-389.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Proposta de experimentos de física moderna elaborados com materiais de baixo custo.	Não cita.	Professores de Física atuante no ensino médio.	Proposta de experimentos de física moderna, como: a produção de altas tensões com bobina de Tesla, montagem de redes de difração com CDs, a utilização de lâmpadas comerciais para a obtenção de espectros, o efeito fotoelétrico com lâmpadas comerciais de mercúrio. Esses experimentos tem caráter demonstrativo e podem ser utilizados no ensino fundamental e médio ou para a divulgação científica.	A intenção do artigo é motivar os professores a inserirem tópicos de física moderna por meio de experimentos de baixo custo.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L.O.Q. (2004). Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental. <i>Ciência e Educação</i> , 10(2): 259-276.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar os resultados referentes a um módulo didático sobre física moderna.	Ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Aprendizagem centrada em eventos (ACE).	Estudantes de 8ª série do Ensino Fundamental.	Um módulo didático foi desenvolvido, aplicado e avaliado abrangendo a física moderna e voltado à sala de aula do ensino fundamental no contexto histórico do Projeto Manhattan (1941-1945). Entre os conteúdos de ciência contemplados estão a fissão nuclear, a radiação, a pesquisa e o uso de armas químicas e biológicas e a energia a partir de uma situação problema propiciada pela técnica psicoterápica RPG – <i>Roleplaying Game</i> ou <i>Jogo de Papéis</i> .	Apesar da complexidade do projeto, podemos relatar, brevemente a boa aceitação do módulo didático, constatado a partir da receptividade dos estudantes frente a ela. Além da constatação da importância deste trabalho para colaborar na formação de cidadãos mais familiarizados com a ciência e suas interferências no mundo. Quanto ao conhecimento específico, pode ser constatado o aumento de seu conhecimento sobre o assunto.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	PEDUZZI, L. O. Q. (2004). Física e filosofia: uma aproximação através de um texto na disciplina estrutura da matéria. <i>Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências</i> , 3(2): 05-20.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Estabelecer uma maior aproximação entre a Física e a Filosofia da Ciência na abordagem de conteúdos relativos à disciplina Estrutura da Matéria I, do curso de Física da Universidade Federal de Santa Catarina.	Enfoque histórico e epistemológico no desenvolvimento de tema.	Alunos da disciplina Estrutura da Matéria I do curso de Física (Licenciatura e Bacharelado) da Universidade Federal de Santa Catarina.	O texto "Tópicos de Física Moderna: introdução a Mecânica Quântica" dividido em sete capítulos compreendendo 167 páginas, representa o produto do estágio atual da pesquisa.	A avaliação do texto por parte dos alunos foi positiva, sugeriram algumas modificações com o intuito de melhorá-lo. Os alunos não relataram dificuldades relativas a filosofia da ciência, o que ocorreu, provavelmente, devido as discussões teóricas realizadas pelo professor em sala de aula. Isso indica que o texto não é autônomo, é necessária a interferência de um professor na sua utilização.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	WOLFF, J. F. de S.; MORS, P. (2005). Relatividade no Ensino Médio: uma experiência com motivação na História. <i>Atas do I Encontro Estadual de Ensino de Física do RS</i> : 49-56.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea. Elaboração de material didático apropriado para uso no ensino médio sobre a teoria da relatividade especial.	Teoria sócio-interacionista de Vigotsky e teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak.	87 alunos de três turmas de 3ª série do Ensino Médio.	Foi investigada a compreensão de conceitos referentes à teoria da relatividade especial, tais como: a relatividade da simultaneidade, dilatação temporal, contração do comprimento e energia relativística, como consequência dos dois postulados desta teoria.  Os temas foram apresentados por meio de um texto desenvolvido para os alunos com um enfoque histórico. Foi estimulada a discussão durante as aulas, que assim como os questionários aplicados antes e depois da implementação da proposta e as avaliações escritas foram utilizadas na análise da proposta.	Os resultados sugerem uma mudança significativa nos subsunçores dos alunos no que diz respeito à questões de conhecimento geral da Física, assim como na mudança de paradigma quanto a existência do método científico como nos conceitos relativos à teoria da relatividade especial.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	ABDALLA, M. C. B. (2005). Sobre o discreto charme das partículas elementares. <i>Física na Escola</i> , 6(1):38-44.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Divulgação do tema e sugestão de implementação curricular para o ensino médio.	Não cita.	Alunos de Ensino Médio.	Descrição histórica dos componentes do modelo padrão das partículas elementares. Comentário sobre os experimentos em que foram identificados e aplicações tecnológicas que estes experimentos geraram. A linguagem utilizada é adequada a estudantes do ensino médio.	O trabalho não apresenta discussão dos resultados, pois seu objetivo foi apresentar o material elaborado.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	MARQUES, A. J.; SILVA, C. E. da. (2005). Utilização da Olimpíada Brasileira de Astronomia como introdução à Física Moderna no Ensino Médio. <i>Física na Escola</i> , 6(2): 34-35.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio por meio de projetos paralelos.	Não cita.	Alunos de 1º e 2º anos do ensino médio.	Por meio da Astronomia fazer um aprofundamento conceitual da física moderna e contemporânea. Para isso os alunos tiveram disponível e oferecido extracurricular, aulas sobre Astronomia. Nestas aulas também foram abordados temas referentes à física moderna e contemporânea, tais como: relatividade especial e geral, mecânica quântica e física nuclear.	Boa aceitação por parte dos alunos o que fez com que o projeto extracurricular continuasse mesmo após a Olimpíada Brasileira de Astronomia. Os temas sobre física moderna e contemporânea foram abordados com mais profundidade, mas sempre buscando a contextualização por meio da Astronomia.
Instrumentação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea.	CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C.; HAAG, R. (2005). Experiências em Física Moderna. <i>Física na Escola</i> , 6(1): 75-82.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea. Especificamente discutir o conceito de <i>quantum</i> de energia.	Não cita.	Professores de Física atuantes no ensino médio.	Por meio de experimentos se propõe a discussão do conceito de <i>quantum</i> de energia. Para isso são propostos experimentos que permitam estudar espectros de emissão e absorção.	Contribuir para o enriquecimento das atividades experimentais como estratégia para o ensino de física moderna no ensino médio.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	WILLIAMS, G. (2005). Antimatter and 20 th century science. <i>Physics Education</i> , 40(3): 238-244.	Reino Unido.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Fornecer subsídios para que o professor sinta-se suficientemente informado sobre o tema para um bom trabalho em sala de aula.	Não cita.	Professores de Física.	Apresentação de uma breve história da antimatéria, demonstrando como ela é um bom exemplo do trabalho científico desenvolvido no século XX, incorporando a mecânica quântica e a relatividade e demonstrando como o conceito de massa foi se desenvolvendo ao longo do tempo.	O trabalho não apresenta discussão dos resultados, pois seu objetivo foi apresentar o material elaborado.
Revisão de Literatura.	LOBATO, T.; GRECA, I.M. (2005). Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física de Ensino Médio. <i>Ciência e Educação</i> , 11(1): 119-132.	Portugal.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Relato de um estudo sobre os currículos de física moderna de alguns países, em especial sobre a teoria quântica, tentando identificar os conteúdos selecionados e a maneira como estes se integram nas orientações curriculares gerais.	Não cita.	Currículos de física moderna dos seguintes países: Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá, Austrália, Itália e Finlândia.	Foram investigados os conteúdos abordados nos currículos de física moderna de diversos países. Para isso foi considerado que estes países possuem estruturas sociopolíticas consideravelmente diferentes, o que influencia a maneira como as orientações curriculares são definidas.	O reconhecimento da importância de conteúdos de física moderna é notório em todos os países pesquisados. Para tratar estes temas, alguns países propõem uma "abordagem tradicional", que utiliza a via histórica, tais como: Portugal, Espanha, Itália e Finlândia. Contudo, nos demais países pesquisados essa abordagem tem sido pouco utilizada. De todo modo, os conteúdos escolhidos e as formas como se propõe serem tratados, ainda requerem muita pesquisa para saber se, de fato, conseguem contribuir para que os estudantes entendam melhor o mundo microscópico.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	OSTERMANN, F.; FERREIRA, L.M. (2006). Preparing teachers to discuss superconductivity at high school level: a didactical approach. <i>Physics Education</i> , 41(1): 31-41.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea.	Não cita.	Professores de Física atuantes no ensino médio.	Por meio de uma linguagem adequada ao ensino médio, é proposta uma discussão sobre as principais propriedades dos supercondutores. Fazem parte do texto os seguintes assuntos: condução eletrônica em metais, corrente elétrica, resistência elétrica, a relação entre a resistência e a temperatura, supercondutividade, (resistência elétrica zero, efeito Meissner), transição de fase eletrônica, materiais supercondutores.	O trabalho não apresenta discussão dos resultados, pois seu objetivo foi apresentar o material elaborado.
Bibliografia de consulta para professores.	MARTENSSON-PENDRILL, A. (2006). The Manhattan Project – a part of physics history. <i>Physics Education</i> , 41(6): 493-501.	Suécia.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Motivar o ensino de física moderna e contemporânea por meio de um tema instigante.	Enfoque histórico no desenvolvimento do tema.	Professores de Física.	Um novo olhar sobre o projeto Manhattan, no qual as aplicações militares são comentadas. Descreve-se como o trabalho científico é moldado pelos eventos sociais. O trabalho ressalta sua potencialidade para tratar o tema de forma interdisciplinar.	O trabalho não apresenta discussão dos resultados, pois seu objetivo foi apresentar o material elaborado.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	VAN DER BERG, E.; HOEKZEMA, D. (2006). Teaching conservation laws, symmetries and elementary particles with fast feedback. <i>Physics Education</i> , 41(1): 47-56.	Holanda.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar uma proposta para o ensino de física de partículas.	Não cita.	Alunos dos dois últimos anos do ensino secundário holandês.	Com o objetivo de dar sentido as aulas que abordam o tema física de partículas, para que não se torne só mais uma lista de partículas sem sentido. O trabalho propõe uma abordagem centrada nas leis de conservação, nas relações de simetria e na utilização de diagramas de Feynman simplificados para aumentar a compreensão dos alunos sobre o tema tratado. Para avaliar a aprendizagem do aluno, foram propostas uma série de pequenas atividades que o aluno realizava individualmente e em seguida discutia com o professor.	Mesmo descrevendo o andamento de duas aulas o artigo não apresenta resultados de pesquisa.



Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	DAMASIO, F., CALLONI, G. (2007). Uma proposta de inserção de Física de Partículas na educação básica através de um hipertexto. <i>Atas do II Encontro Estadual de Ensino de Física do RS</i> : 59-62.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea. Apresentação de material didático desenvolvido sobre física de partículas.	Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.	Professores e estudantes do Ensino Básico.	O material didático propõe a introdução do tópico partículas elementares no currículo da educação básica. O material propõe e discussão sobre o que é o átomo e a evolução deste conceito ao longo dos séculos. Apresenta Murray Gell-Mann, a tecnologia dos acelerados de partículas, discute a bomba atômica, as interações fundamentais, detecção de píons, múons, etc. Apresenta quarks e bósons. Para terminar apresenta o campo e o bóson de Higgs, a teoria das cordas e supercordas. O texto descrito acima serviu de subsídio para a elaboração do um hipertexto, no qual foram acrescentados materiais interativos como a reprodução do experimento realizado por Rutherford.	O trabalho não apresenta discussão dos resultados, pois seu objetivo foi apresentar o material elaborado.
Investigação didática.	OLIVEIRA, F. F., VIANNA, D. M., GERBASSI, R. S. (2007). Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores? <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 29(3): 447-454.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea. Elaboração de material didático sobre raios X.	Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS).	Professores de Física atuantes no Ensino Médio (6 haviam concluído algum curso de pós graduação e 4 possuíam apenas o curso de graduação).	Pesquisa de opinião de professores de Física atuantes no ensino médio sobre a inserção do tópico raios X, com enfoque CTS, no currículo do ensino médio.	A análise dos dados obtidos com a pesquisa demonstra a possibilidade da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea, em especial, raios X no currículo do ensino médio. Considerando os dados obtidos com a pesquisa foram elaborados dois módulos didáticos, independentes, mas complementares sobre raios X.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	MOREIRA, M. A. (2007). A Física dos quarks e a epistemologia. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 29(2): p.161-173.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar, conceitualmente, a física dos quarks. Motivar professores de ensino médio a abordar este tópico em suas aulas.	Na discussão epistemológica, temos: Larry Laudan (problemas conceituais e problemas empíricos), Gaston Bachelard (obstáculo epistemológico e noção-obstáculo).	Professores de Física atuantes no ensino médio.	Por meio de uma evolução histórica, conta-se a história dos quarks. Os fatos que ilustram esse tema são utilizados para exemplificar questões epistemológicas. Durante a narrativa não foi feito em nenhum momento o uso de imagens de partículas elementares, pois o autor acredita que estas podem reforçar obstáculos epistemológicos o que poderia prejudicar a aprendizagem significativa.	Motivar professores de ensino médio a abordar este tópico em suas aulas. Enfatizando a importância de que a aprendizagem seja significativa. Para que isso aconteça, sugere, por exemplo, que não seja usada nenhum tipo de imagens para representar as partículas elementares, pois essas poderiam atuar como obstáculos epistemológicos para o aprendiz. Também enfatiza que a história dos quarks é adequada para se discutir o papel da teoria e da experimentação na Física.
Investigação didática.	LOZADA, C. de O.; ARAÚJO, M. S. T. de. (2007). Física de Partículas Elementares no Ensino Médio: as perspectivas dos professores em relação ao ensino do modelo padrão. <i>Anais do VI ENPEC</i> , Florianópolis.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar os resultados de uma pesquisa qualitativa com professores de Física do ensino médio realizada durante a 16ª Oficina de Física "César Lattes" – Partículas Elementares, promovida pelo Instituto de Física Gleb Wataghin da UNICAMP.	Não cita.	19 professores de Física atuantes no ensino médio.	Foi realizado um levantamento com o objetivo de apurar alguns aspectos relativos à formação dos professores de Física e a sua prática docente (as metodologias, os conteúdos e trabalhos que desenvolvem com os alunos, bem como as dificuldades que os alunos apresentam no processo de aprendizagem em Física).	Os resultados evidenciam não somente a predisposição dos professores em ensinar física de partículas no ensino médio, bem como a preocupação em aliar o ensino de física de partículas com suas aplicações, buscando um ensino mais contextualizado.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	SPOHR, C. B., OSTERMANN, F., PUREUR, P. (2007). A supercondutividade de no ensino de Física fundamentada na epistemologia contemporânea. <i>Atas do II Encontro Estadual de Ensino de Física do RS</i> : 47-57.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Atualização curricular por meio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea. Apresentar o material didático desenvolvido sobre supercondutividade.	Teoria sócio-interacionista de Vigotsky e epistemologias de Popper, Kuhn, Lakatos e Laudan, enfatizando a convergência destas teoria em relação a oposição ao empirismo-indutivismo.	Alunos do 3º ano do Ensino Médio.	Foi apresentada uma proposta de inserção do tema supercondutividade no ensino médio. Os conceitos específicos abordados no material desenvolvido foram: o modelo de um metal, corrente e resistividade elétrica, supercondutor X condutor perfeito, materiais supercondutores, indução magnética, propriedades do estado supercondutor (resistividade nula, efeito Meissner, levitação magnética), transição do estado normal para o estado supercondutor com uma mudança de estado físico, teoria BCS – analogias, resistividade nula e pares de Cooper, efeito Colchão e aplicações. Estes tópicos foram apresentados por meio de um texto disponível aos alunos pela <i>Internet</i> . A avaliação é descrita como qualitativa, nela estavam presentes um questionário inicial que mapeou o conhecimento dos alunos a respeito do conteúdo e orientou os autores na elaboração do texto que seria disponibilizado. A participação dos alunos durante as aulas também será avaliada. A avaliação será finalizada com um teste que eu tem como objetivo avaliar a aprendizagem do aluno, além de um questionário de atitudes e entrevistas.	O trabalho não apresenta discussão dos resultados, pois seu objetivo foi apresentar o material elaborado.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Revisão de literatura.	MONTEIRO, M. A., NARDI, R. (2007). Tendências das pesquisas sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea apresentadas nos ENPEC. <i>Anais do VI ENPEC</i> , Florianópolis.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Revisão de literatura sobre física moderna e contemporânea baseada nos trabalhos apresentados nos ENPEC.	Não cita.	Total de artigos apresentados nos ENPEC.	Revisão de literatura.	Aumento no número de pesquisas sobre física moderna e contemporânea no nível médio. Também foi constatado que as pesquisas visam a inserção (atualização curricular) do tema citado acima na educação e trazem a formação de professores como foco temático não apresentam referências teóricas sobre esta temática.
História e Filosofia da Ciência.	STAUB, A. C. A. (2007). História e a Filosofia da Ciência em uma disciplina de evolução dos conceitos da Física. <i>Anais do VI ENPEC</i> , Florianópolis.	Brasil.	História e Filosofia da Ciência.	Busca analisar a pertinência e as possíveis contribuições da abordagem histórico-filosófica no estudo da ciência óptica em um contexto específico.	Epistemologia de Gaston Bachelard.	Alunos da disciplina Evolução dos Conceitos da Física do curso de Física da Universidad e Federal de Santa Catarina no ano de 2004.	Inicialmente foi elaborado um texto que explora um diálogo entre conceitos da epistemologia histórica de Gaston Bachelard, priorizando as discussões apresentadas em sua obra <i>La Actividad Racionalista de La Física Contemporanea</i> (1979) e a história da óptica (A epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução da Óptica: as controvérsias acerca da natureza da luz). O texto foi avaliado sob forma de um questionário, entrevistas semi-estruturadas e observação livre.	Reconhecimento por parte dos alunos sobre a importância do enfoque histórico e epistemológico para a formação de uma visão mais rica sobre o desenvolvimento da ciência, em particular a óptica. Especificamente sobre o texto, relatou-se a pertinência do estudo histórico da óptica à luz do referencial citado. Afirmando a importância de pontos centrais na epistemologia de Bachelard, como a descontinuidade da ciência, o uso equivocado de analogias, metáforas e imagens na ciência e no ensino.
Diretrizes e bases da educação.	MEDEIROS, A. (2007). Eric Rogers e o ensino de física moderna. <i>Física na Escola</i> , 8(1): 40-42.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Descrever a opinião de Eric Rogers sobre a importância do ensino de física moderna.	Ensino por compreensão.	Professores de Física.	Descreve o discurso de abertura feito por Rogers na Conferência Internacional sobre Ensino de Física realizada em Copenhague em 1969.	Rogers defende a inserção de conteúdos de física moderna, pois considera importante a compreensão destes temas para que um cidadão possa se inteirar e participar ativamente do mundo em que vive.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Revisão de literatura.	VALENTE, L.; BARCELLOS, M. E.; SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. (2007). Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: expectativas e tendências. <i>Anais do VI ENPEC</i> , Florianópolis.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Analisar as tendências para a inserção de conhecimentos de física moderna e contemporânea e por meio dos livros didáticos recentes.	Não cita.	9 livros didáticos.	Foi feita uma investigação para que se compreenda de que forma as tendências de inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio respondem às expectativas da comunidade de pesquisa em Ensino de Física. Para isso, procuramos explicitar as justificativas para a inserção desses novos conteúdos, expressas no âmbito da pesquisa em ensino e em orientações curriculares recentes, confrontando-as com as edições atuais dos textos didáticos de ensino médio. Ainda, tendo em vista as reflexões propostas no âmbito da transposição didática, confrontamos os conteúdos desses livros a conhecimentos que adotamos como um "saber de referência".	Essa análise sinaliza que as principais justificativas para a inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio não estão incorporadas nos livros didáticos e apontam para a necessidade de que venham a ser melhor discutidas em propostas futuras. Os aspectos que levaram a essa conclusão foram: os conteúdos referentes à física moderna e contemporânea são apresentados como unidades independentes no fim dos capítulos e sua abordagem é meramente informativa. Também caracterizam a simples transposição de conteúdos dos livros-texto utilizados no ensino superior. Não privilegiam aspectos internos do conhecimento científico. Falta de interação entre o tópico tratado e sua aplicação tecnológica. Em alguns livros as aplicações aparecem na forma de "box", o que caracteriza sua desarticulação com o texto. Dessa forma, verificou-se que a maioria dos livros didáticos trata esses tópicos como os demais tópicos pertencente à física clássica, essencialmente formal, abstrato e com fins no conhecimento de Física em si próprio.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Revisão de literatura.	PEREIRA, A. P. de; OSTERMANN, F. (2007). Uma análise da produção acadêmica recente sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Brasil. <i>Anais do VI ENPEC</i> , Florianópolis.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Revisão de literatura sobre o ensino de física moderna e contemporânea.	Não cita.	34 artigos.	Revisão de literatura.	Observou-se que apenas 11 artigos apresentaram propostas testadas em sala de aula e apenas 5 levantaram concepções dos professores e alunos acerca dos temas de física moderna e contemporânea. Também observou-se que a maioria dos autores apenas faz referências aos Parâmetros Curriculares Nacionais não assumindo de forma explícita o referencial teórico adotado. Assim, dos artigos analisados, apenas 9 fundamentam-se em teorias de ensino e aprendizagem, estratégias didáticas ou epistemologias contemporâneas. Contatou-se que mesmo com o crescente número de trabalhos sobre o referido tema, a maioria destes se refere à divulgação de recursos didáticos e textos apresentados como bibliografia de consulta para professores de nível médio.
História e Filosofia da Ciência.	IPARRAGUIURE, L.M. (2007). Una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de un tema de física. <i>Enseñanza de la Ciencia</i> , 25(3): 423-434.	Argentina	Ensino de Física.	Discussão do processo para a elaboração de uma proposta orientada para melhorar o ensino da óptica no ensino médio. Para isso utilizou-se a história da ciência como meio de se desenvolver uma metodologia ativa, na qual se faça uso de problematizações e questionamentos.	A teoria da Aprendizagem Significativa.	Professores de Física atuantes no ensino médio.	A proposta se baseia na importância do processo de construção do conhecimento. Pois assim o aluno tem a oportunidade de perceber que o conhecimento surge da tentativa de resolver um problema. O que pode ser muito bem desenvolvido tendo como guia a história da ciência. Dessa forma a proposta metodológica sugere que os temas tratados sigam a sua evolução histórica.	Ressalta que a história da ciência pode ser uma proposta eficiente para aumentar o interesse dos alunos de ensino médio pela ciência e conseqüentemente melhorar o seu aprendizado.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Revisão de literatura.	MARTINS, A. F. (2007). Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em Ensino de Ciências. <i>Anais do VI ENPEC</i> , Florianópolis.	Brasil.	Epistemologia.	Trazer algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard para a em Ensino de Ciências, em especial em Ensino de Física.	Não cita.	Não cita.	Buscou-se analisar um conjunto restrito de trabalhos de diversos "campos" da didática das ciências (relacionado ao Movimento de Concepções Alternativas, ao Modelo de Mudança Conceitual, e à discussão de bases teóricas de propostas construtivistas) em que o discurso epistemológico encontra-se presente. Mostra-se a existência de um diálogo frutífero entre o pensamento de Bachelard, notadamente as noções de obstáculo epistemológico e de perfil epistemológico, e questões teórico-metodológicas oriundas desses estudos.	Conclui-se que, apesar da pouca atenção dada à epistemologia de Gaston Bachelard, a perspectiva oferecida por esse referencial permanece atual, e tem muito mais a oferecer do que aquilo que tem sido efetivamente considerado nos trabalhos da área.
História e Filosofia da Ciência.	MARTINS, A.F. (2007). História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. <i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i> , 24(1): 112-131.	Brasil.	Ensino de Ciências.	Relatar os resultados de uma pesquisa empírica, de natureza diagnóstica, que buscou investigar as principais dificuldades e experiências de 3 grupos de indivíduos acerca do uso da História da Ciência para fins didáticos. Assim como também pretende oferecer subsídios para que, a partir da compreensão das dificuldades enfrentadas pelos professores, possamos refletir sobre formas de ação que venham a contribuir para a inserção de elementos História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências. Além disso, a pesquisa objetiva trazer dados que podem informar e reorientar os currículos das licenciaturas no que se refere à História e Filosofia da Ciência.	Não cita.	82 sujeitos, entre licenciados, alunos de pós-graduação e professores da rede pública.	Este estudo diagnóstico tem um caráter essencialmente descritivo e qualitativo. Por meio de um questionário, buscou-se conhecer o perfil dos sujeitos envolvidos na pesquisa, assim como suas concepções acerca da História e Filosofia da Ciência.	O conhecimento pedagógico do conteúdo, a ser melhor considerado nos cursos de formação inicial, parecer ser decisivo na superação de visões ingênuas sobre o trabalho com a História e Filosofia da Ciência. Apesar da grande importância atribuída pelos entrevistados à História e Filosofia da Ciência, poucas são as propostas implementadas em sala de aula, o que reforça a dificuldade da elaboração de uma proposta com qualidade para o tema.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	MASSONI, N.T.; MOREIRA, M.A. (2007). O cotidiano de uma sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física para futuros professores de física. <i>Investigações em Ensino de Ciências</i> , 12(1): 7-54.	Brasil.	Epistemologia.	Descrição do processo de construção de uma compreensão descritiva contextualizada da cultura da sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física, que faz parte da formação de futuros professores.	Não cita.	Estudantes de graduação em Física.	A pesquisa foi realizada por meio de observação participante, enculturação e imersão no cenário natural dos eventos. O curso foi dividido em duas partes; a primeira apresentou as teorias de epistemólogos contemporâneos, e a segunda da história da ciência. Esta organização do trabalho procurava identificar uma visão contemporânea da natureza da ciência.	Os alunos consideram a disciplina importante para a sua formação. Mesmo assim, estavam mais preocupados em descobrir uma maneira de passar estas idéias para seus alunos, ou futuros alunos, do que em questionar suas próprias visões. É importante que os professores adotem posições mais críticas e visões mais contemporâneas. Isto propiciará aos alunos uma visão muito mais crítica e reflexiva. Para isso, constatou-se que apenas uma disciplina no final da graduação em Física talvez não seja suficiente para provocar a mudança necessária. Talvez fossem necessárias mais oportunidades ao longo do curso, em especial nos currículos de formação de professores. Além de reconhecerem a importância de estarem bem preparados, com sólidos conhecimentos da Física e sobre a Física. Também reconheceram que a Física ensinada no ensino médio deve ir além da mecânica newtoniana, os alunos desse nível de ensino devem ter uma educação voltada para a cidadania, e para isso é necessário que sejam capazes de compreender o mundo atual. Dessa forma o ensino de uma física mais atual se faz urgente.



Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T., OSTERMANN, F. (2007). "História e Epistemologia da Física" na licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 29(1): 127-134.	Brasil.	História e Epistemologia da Ciência.	Descrição da implementação da disciplina História e Filosofia da Ciência no currículo de formação de professores de física. Também é apresentada uma análise quantitativa das mudanças ocorridas nas concepções dos alunos sobre a natureza da ciência.	Não cita.	Estudantes de graduação em Física.	Este trabalho é a terceira etapa da análise de dados de um estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de física. Nesta etapa foi realizada uma análise quantitativa de pré e pós-teste através dos resultados da aplicação de um questionário contendo vinte e cinco perguntas/afirmações sobre a natureza da ciência. O objetivo desta análise foi verificar se houve evolução das visões do grupo de estudantes e se foi estatisticamente significativa, por influência das estratégias de ensino da disciplina História e Epistemologia da Física.	Quanto aos testes, observou-se um aumento significativo em seus escores no pós-teste. A análise do trabalho desenvolvido atribuiu este desempenho às dimensões e à estratégia de ensino desenvolvida na disciplina. E lembrando que a análise quantitativa é complementar à análise qualitativa desenvolvida em outras etapas do estudo.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Diretrizes e bases da educação.	RICARDO, E.C.; ZYLBERSZTAJN, A. (2008). Os Parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências do Ensino Médio: uma análise a partir da visão de seus elaboradores. <i>Investigações em Ensino de Ciências</i> , 13(3): 257-274.	Brasil.	Ensino de Ciências.	Oferecer esclarecimentos acerca dos pressupostos fundamentais presentes nos PCN e PCN+, especificamente em relação a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Discutindo sobre a noção de competências, interdisciplinaridade e contextualização, a partir do ponto de vista de seus autores.	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, dez 96), Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e Orientação Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.	Professores de ensino médio.	As dificuldades enfrentadas pelos professores para implementarem em sua sala de aula as recomendações expressas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, dez 96), Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e Orientação Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Para isso utilizou-se entrevistas semi-estruturadas como alternativa metodológica. Os temas que estruturaram as entrevistas foram: I) entrada da noção de competências, de interdisciplinaridade de contextualização nos PCN e PCN+; II) intenção/compreensão da noção de competências de interdisciplinaridade de contextualização pelos autores dos PCN e PCN+ e III) relação entre essas noções, os conteúdos disciplinares com os demais princípios fundamentais das DCNEM. É interessante citar que estas entrevistas foram feitas após a elaboração dos documentos, dessa forma suas respostas podem expressar uma releitura atual do processo.	A noção de competência ocupa uma posição central nos documentos analisados, contudo não há um conceito explícito do que se entende por competências e habilidades. Contudo, podemos dizer que o discurso sobre competências desse documento é a ampliação dos objetivos educacionais para além de informações disciplinares restritas. Trata-se de redirecionar não somente o que se ensina, mas como se dá essa prática e com quais perspectivas formadoras. A interdisciplinaridade e a contextualização são eixos norteadores de um currículo por competências. Busca-se nesse contexto principal a consolidação entre a teoria e a prática. Assim, a interdisciplinaridade servira como uma forma de evitar a compartimentalização dos saberes. Os PCN+ reforçam a necessidade de rever as práticas escolares e se apresentam como uma ponte entre o conhecimento e as competências, sendo que é a partir destas que será possível a interdisciplinaridade e não pelos conteúdos em si.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores.	MOREIRA, M. A. (2009). O modelo padrão da Física de Partículas. <i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i> , 31(1): 1306-1306-11.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar o modelo padrão das partículas elementares, suas limitações e sua possível superação.	Por meio da epistemologia de Gaston Bachelard expõe a importância da superação das teorias científicas para a evolução da ciência.	Professores de Física atuantes no ensino médio.	O modelo padrão é apresentado de um modo simplificado. Também são comentadas as questões até então não respondidas por esta teoria, como a assimetria entre matéria-antimatéria, a energia escura e a matéria escura, o campo de Higgs e a inadequação da gravidade à teoria quântica (gravidade quântica) e sua possível superação.	Ao apresentar o modelo padrão destaca sua elaboração e suas limitações. Mas também o apresenta como uma teoria inacabada, e sugere que isso seja abordado com os estudantes de forma que percebam que a Física é uma ciência em construção e que as teorias científicas são verdades provisórias. As perguntas sem resposta para o modelo padrão são sugestões de como apresentar uma Física viva e em constante renovação para o estudante.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	MOREIRA, M.A.; MASSONI, N.T. (2009). Física de partículas y visiones epistemológicas contemporâneas em la formación postgraduada de profesores de Física. <i>Experiências em Ensino de Ciências</i> , 4(1): 57-64.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Descreve a aplicação de um módulo didático sobre física de partículas em uma disciplina de física moderna e contemporânea, em um curso de pós-graduação. Também comenta sobre a influência provocada por uma disciplina de Epistemologia, anteriormente cursada, nas concepções destes professores sobre o objeto de estudo e sobre suas visões sobre a natureza da ciência.	Epistemologia de Popper, Kuhn, Lakatos, Bachelard, Laudan, Toulmin, Maturana, Feyerabend e Bung. Além de tratamento histórico aos temas abordados.	Professores de Física.	O estudo foi dividido em duas etapas, a primeira foi realizada uma observação participativa na disciplina Epistemologia e Ensino de Física, na qual foram discutidos os seguintes epistemólogos: Popper, Kuhn, Lakatos, Bachelard, Laudan, Toulmin, Maturana, Feyerabend e Bung. Após alguns meses, o objetivo foi tentar identificar indícios de visões epistemológicas presentes nas discussões, formas de raciocínio, palavras e atitudes diante dos novos conceitos estudados.	Por meio da análise das opiniões dos professores não foi possível concluir se houve uma transformação acabada nas concepções epistemológicas e nos conceitos e princípios da física de partículas. Mas observou-se que as questões históricas-epistemológicas podem ser uma opção para que os professores passem a discutir estas idéias e conceitos com seus alunos, assim é possível que comecem a desenvolver um processo de reflexão sobre sua prática pedagógica. Também ressalta que estas transformações são processos lentos, que pressupõe mudanças de postura, de crenças e cultura.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Bibliografia de consulta para professores	PINHEIRO, L.A.; COSTA, S.S.C. da; MOREIRA, M.A. (2009). <i>Projetando o ensino de partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física</i> , Vitória, ES.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Apresentar um texto elaborado sobre partículas elementares e interações fundamentais que faz parte de uma unidade de aprendizagem sobre o tema citado.	Teoria da mediação de Vygotsky, teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e um tratamento histórico e epistemológico baseado em Gaston Bachelard.	Professores de Física atuante no ensino médio.	Inicialmente foi elaborado um questionário que tinha como objetivo identificar as concepções prévias dos alunos. A partir deste instrumento foi elaborado um texto que faz uma análise histórica crítica das idéias e teorias relevantes para a construção do conceito atual de partícula elementar embasado na epistemologia de Gaston Bachelard.	Quanto aos dados colhidos pelo questionário, pode-se identificar que os alunos apresentavam pouco ou quase nenhum conhecimento sobre a constituição da matéria. Quanto ao texto elabora o trabalho tem como objetivo apresentar o material elaborado.
Propostas didáticas testadas em sala de aula.	PINHEIRO, L.A.; COSTA, S.S.C. da; MOREIRA, M.A. (2009). <i>Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. Experiências em Ensino de Ciências</i> , 4(3): 101-116.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Relata-se a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais. Enfatizando as atividades propostas, especialmente a construção, apresentação e avaliação de mapas conceituais construídos pelos alunos em pequenos grupos.	Teoria sócio-interacionista de Vygotsky, teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e um tratamento histórico e epistemológico baseado em Gaston Bachelard.	Alunos do 3º ano do ensino médio.	Da unidade de aprendizagem faziam parte: um pré-teste que tinha como objetivo identificar as concepções prévias dos alunos sobre o tema abordado. Realização de um seminário motivado pelo filme "O discreto charme das Partículas Elementares", produzido pela TV Cultura de São Paulo, baseado no livro homônimo de Maria Cristina Batoni Abdalla (2006). Atividades relacionadas a um texto elaborado para a unidade de aprendizagem (PINHEIRO, L.A.; COSTA, S.S.C. da; MOREIRA, M.A. (2009)). Dentre estas atividades estavam a construção e apresentação de mapas conceituais sobre as partículas elementares.	Constatou-se a potencialidade do uso dos mapas conceituais como forma de avaliação, contudo é importante reservar um período de tempo significativo para a atividade. Pois se identificou dificuldades na elaboração dos mapas durante a atividade, alguns problemas relacionavam-se a dificuldade de compreensão de alguns conceitos fundamentais para a elaboração de um mapa conceitual, por exemplo, os alunos tiveram problemas quanto ao uso de palavras-chave.

Classificação	Referência	País	Área	Objetivos	Base teórica	Sujeitos envolvidos na pesquisa	Fatores investigados/metodologia	Resultados/Fatores relevantes
Revisão de literatura.	PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F. (2009). Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. <i>Investigação em Ensino de Ciências</i> , 14(3): 393-420.	Brasil.	Ensino de Física Moderna e Contemporânea.	Revisão de literatura sobre física moderna e contemporânea no ensino médio.	Não cita.	102 artigos.	Revisão de literatura.	Mesmo com o crescente número de artigos publicados sobre o tema a maioria dos artigos ainda se refere a bibliografia de consulta para professores. Mesmo com o considerável número de estudos envolvendo propostas didáticas inovadoras, há poucos trabalhos que investigam os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimento relativo a temas de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.

## APÊNDICE 2: Questionário sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Física

Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física – Mestrado Profissional em Ensino de Física

### Questionário sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Prezado Aluno,

Este questionário tem por finalidade identificar suas concepções a respeito do tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais. Se você não souber a resposta para uma determinada questão, use a alternativa “Não sei”, mas não faça isso por comodidade. A idéia é que você escolha a alternativa que mais se ajuste às suas concepções sobre esse assunto. Portanto, pedimos que não “chute” para ver-se logo livre. Pense um pouco antes de responder.

<p>1. O que é um átomo?</p> <p>a) A menor porção de matéria que caracteriza um ser vivo.</p> <p>b) Uma partícula indivisível formada de prótons, elétrons e nêutrons.</p> <p>c) Uma partícula básica da matéria.</p> <p>d) A menor parte da matéria que caracteriza um elemento químico.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>2. O que constitui os átomos?</p> <p>a) Prótons, elétrons e nêutrons.</p> <p>b) Léptons e quarks.</p> <p>c) Partículas alfa e beta.</p> <p>d) Partículas positivas e negativas.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>3. O que são prótons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.</p> <p>b) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>c) Partículas elementares porque possuem carga elétrica +e.</p> <p>d) Partículas constituídas por quarks.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>4. O que são elétrons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>b) Partículas elementares porque possuem carga elétrica -e.</p> <p>c) Partículas elementares porque são constituintes dos átomos.</p> <p>d) Partículas elementares porque sua massa é muito pequena comparada com a do próton.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>5. O que são nêutrons?</p> <p>a) Partículas elementares porque são indivisíveis.</p> <p>b) Partículas elementares porque sua carga elétrica é zero.</p> <p>c) Partículas elementares porque sua massa é aproximadamente a mesma massa do próton.</p> <p>d) Partículas constituídas por quarks.</p> <p>e) Não sei.</p>	<p>6. O que é um modelo atômico?</p> <p>a) Uma representação, construída pelos cientistas, da estrutura dos átomos.</p> <p>b) Um modelo tomado como referência para permitir cálculos matemáticos.</p> <p>c) Um modelo pensado para átomos de pequeno número atômico.</p> <p>d) Um modelo que pode ser pensado esquematicamente.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>7. Como um modelo atômico é construído?</p> <p>a) Por meio da imaginação dos cientistas.</p> <p>b) Por meio de observações da natureza.</p> <p>c) Por meio de observações experimentais.</p> <p>d) Integrando-se dados experimentais e teorias que se ajustam.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>8. Qual é o modelo atômico mais aceito atualmente?</p> <p>a) Rutherford.</p> <p>b) Thomson.</p> <p>c) Bohr.</p> <p>d) Quântico.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>9. O que é uma partícula elementar?</p> <p>a) O mesmo que um átomo.</p> <p>b) Um conjunto de prótons.</p> <p>c) A menor porção de matéria conhecida.</p> <p>d) Um conjunto de elétrons.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>10. Como são detectadas as partículas elementares?</p> <p>a) Usando um microscópio.</p> <p>b) Por meio de sua observação direta na Natureza.</p> <p>c) Por meio de observações indiretas com o auxílio de aceleradores de partículas, câmaras de bolhas, detectores de raios cósmicos, etc.</p> <p>d) Com o uso de telescópios especiais.</p> <p>e) Não sei.</p>
--	--

<p>11. O que é um quark?</p> <p>a) Uma partícula elementar que constitui a matéria.  b) Um átomo ionizado.  c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.  d) Um conjunto de prótons.  e) Não sei.</p> <p>12. Quantos quarks existem?</p> <p>a) 1  b) 4  c) 6  d) 8  e) Não sei.</p> <p>13. O que significa dizer que o quark tem cor?</p> <p>a) Que eles variam a sua coloração em função da luz que incide sobre eles.  b) A cor é a propriedade que define a massa dos quarks.  c) Esta é a propriedade que define a carga elétrica dos quarks.  d) É uma propriedade dos quarks, assim como a carga elétrica.  e) Não sei.</p> <p>14. O que é um lépton?</p> <p>a) Um átomo ionizado.  b) Uma partícula elementar que constitui a matéria.  c) Uma característica das partículas elementares, assim como a carga elétrica.  d) Um conjunto de elétrons.  e) Não sei.</p> <p>15. Quantos léptons existem?</p> <p>a) 1  b) 4  c) 6  d) 8  e) Não sei.</p> <p>16. O que é o Modelo Padrão?</p> <p>a) A teoria mais simples para explicar a natureza das partículas elementares.  b) Uma teoria sobre as partículas elementares baseada na Física Clássica.  c) Uma teoria baseada na intuição dos cientistas sobre o comportamento das partículas elementares.  d) Uma teoria que representa o conhecimento atual sobre a natureza da matéria.  e) Não sei.</p> <p>17. Qual (quais) é (são) a (s) partícula (s) elementar (es) de acordo com o Modelo Padrão?</p> <p>a) Prótons, elétrons e nêutrons.  b) Léptons e quarks.  c) Apenas o elétron.  d) Apenas o fóton.  e) Não sei.</p>	<p>18. Quais as forças fundamentais existentes na Natureza?</p> <p>a) Força de atrito, força peso, força atômica e força molecular.  b) Força eletromagnética, força nuclear forte, força nuclear fraca e força gravitacional.  c) Força centrípeta, força centrífuga, força elétrica e magnética, força gravitacional.  d) Força eletromagnética, força de atrito, força gravitacional e força nuclear.  e) Não sei.</p> <p>19. Quais seriam as partículas mediadoras das interações fundamentais da Natureza?</p> <p>a) Partículas alfa e beta.  b) Prótons, elétrons e nêutrons.  c) Glúons, fótons, partículas Z e W e o gráviton.  d) Partículas positivas e negativas.  e) Não sei.</p> <p>20. Que tipo de interação predomina no núcleo atômico?</p> <p>a) Interação nuclear forte.  b) Interação eletromagnética.  c) Interação gravitacional.  d) Interação nuclear fraca.  e) Não sei.</p> <p>21. O que são partículas virtuais?</p> <p>a) São as partículas mediadoras das interações dos campos de força.  b) Partículas responsáveis pela carga elétrica dos prótons.  c) Partículas responsáveis pela massa dos elétrons.  d) Partículas responsáveis pela cor dos quarks.  e) Não sei.</p> <p>22. O que seria o gráviton?</p> <p>a) Uma partícula elementar assim como o próton.  b) Uma das partículas que compõem o nêutron.  c) A partícula responsável pela carga elétrica dos átomos.  d) A partícula mediadora da interação gravitacional.  e) Não sei.</p> <p>23. O que é o bóson de Higgs?</p> <p>a) É uma partícula que interage fortemente com a matéria.  b) É uma das partículas que formam os átomos.  c) Especula-se que esta é a partícula responsável pela massa das demais partículas elementares.  d) É uma partícula que forma os prótons.  e) Não sei.</p> <p>24. O que são mésons?</p> <p>a) Partículas responsáveis pelas interações entre prótons e elétrons.  b) Partículas mediadoras da interação forte residual.  c) Uma das partículas que compõem o nêutron.  d) Partículas com carga elétrica equivalente à metade da carga elétrica de elétrons e prótons.  e) Não sei.</p>
--	---

<p>25. O que são antipartículas?</p> <p>a) Partículas responsáveis pelas interações fundamentais da Natureza.</p> <p>b) Partículas com todas as características contrárias a de sua correspondente na matéria.</p> <p>c) Partículas iguais a suas correspondentes da matéria, mas com carga elétrica oposta.</p> <p>d) Partículas responsáveis por interações entre dois corpos.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>26. O que é a matéria escura?</p> <p>a) É a matéria responsável pela formação dos buracos negros.</p> <p>b) É a matéria que forma uma pequena parte do Universo.</p> <p>c) Ainda não sabemos o que é a matéria escura, mas sua existência foi concluída através da análise de efeitos gravitacionais.</p> <p>d) É a matéria responsável pela formação de todas as galáxias.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>27. O que o Modelo Padrão Supersimétrico?</p> <p>a) Uma extensão do Modelo Padrão das partículas elementares.</p> <p>b) Uma nova teoria que pretende explicar do que a matéria é feita.</p> <p>c) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.</p> <p>d) Uma nova teoria, baseada na Física Clássica, que pretende explicar do que a matéria é feita.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>28. O que são as supercordas?</p> <p>a) Teoria que explica como o Universo funciona, através dos princípios da Física Clássica.</p> <p>b) Teoria que pretende unificar as interações fundamentais da natureza.</p> <p>c) Uma teoria que explica o surgimento do Universo.</p> <p>d) Uma teoria recentemente elaborada para explicar, de forma simplificada, a natureza das partículas elementares.</p> <p>e) Não sei.</p> <p>29. O que é o <i>Large Hadron Collider</i> (LHC)?</p> <p>a) Um telescópio espacial.</p> <p>b) Um experimento capaz de criar buracos negros com um campo gravitacional tão intenso quanto os existentes no espaço sideral.</p> <p>c) Uma nova teoria para explicar a origem do Universo.</p> <p>d) É um acelerador de partículas projetado para recriar as condições encontradas instantes após o <i>Big Bang</i>.</p> <p>e) Não sei.</p>	<p>30. Descreva, livremente com suas próprias palavras, como você acha que é constituída a matéria. Use desenhos se achar melhor. Por favor, não deixe de responder esta pergunta.</p>
--	--



**Gabarito do pré-teste:**

Questões	Respostas
1	d
2	b
3	d
4	a
5	d
6	a
7	d
8	d
9	c
10	c
11	a
12	a
13	a
14	c
15	a
16	c
17	d
18	b
19	c
20	d
21	b
22	b
23	a
24	c
25	a
26	d
27	c
28	b
29	c
30	c
31	a
32	b

### **APÊNDICE 3: Roteiro de discussão sobre a primeira parte do texto “Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje.”**

1. Quanto ao desenvolvimento das propostas difundidas na Grécia Antiga; as novas propostas ignoravam as suas antecessoras? Qual era a relação entre novas e antigas propostas sobre a estrutura da matéria?
2. Por que as propostas gregas sobre a estrutura da matéria sobreviveram por tantos séculos? O que motivou esta aceitação?
3. *“Os conhecimentos, geralmente, são difundidos como uma continuidade de ideias apresentadas ao longo da história da ciência.”* Qual a sua opinião sobre a frase citada?
4. Por que a teoria atômica de Dalton foi considerada tão importante na história da ciência? O que a diferenciava de suas antecessoras?
5. O que muda na visão humana de ciência com os novos equipamentos científicos elaborados ao longo do século XIX?
6. Qual o papel da mecânica newtoniana no desenvolvimento científico até o final do século XIX? E com a chegada da “nova Física”, como ela foi interpretada?
7. Sobre a última frase do capítulo 4.2.3: *“...Já foi dito que uma hipótese científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma hipótese inútil”*. Como você interpreta esta frase? É possível que as dificuldades impulsionem a busca pelo conhecimento científico?
8. Ao final desta leitura, você pode afirmar que existe “a teoria científica correta”? Qual é a sua posição a respeito da afirmação: *“A ciência é elaborada com base em verdades universais”*.

## APÊNDICE 4: Construção de um mapa conceitual

### Construção de um mapa conceitual

O mapa conceitual pretende representar o que se sabe atualmente sobre Partículas Elementares, assim esse é o conceito mais abrangente do mapa.

Mas o que é um mapa conceitual?

Um mapa conceitual, de um modo geral, é um diagrama que indica relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos. O objetivo do uso de um mapa conceitual é explicitar a relação e a hierarquização dos conceitos por parte do autor do mapa dentro do tópico abordado [1]. Para isso o mapa conceitual pode ser elaborado segundo o esquema abaixo:

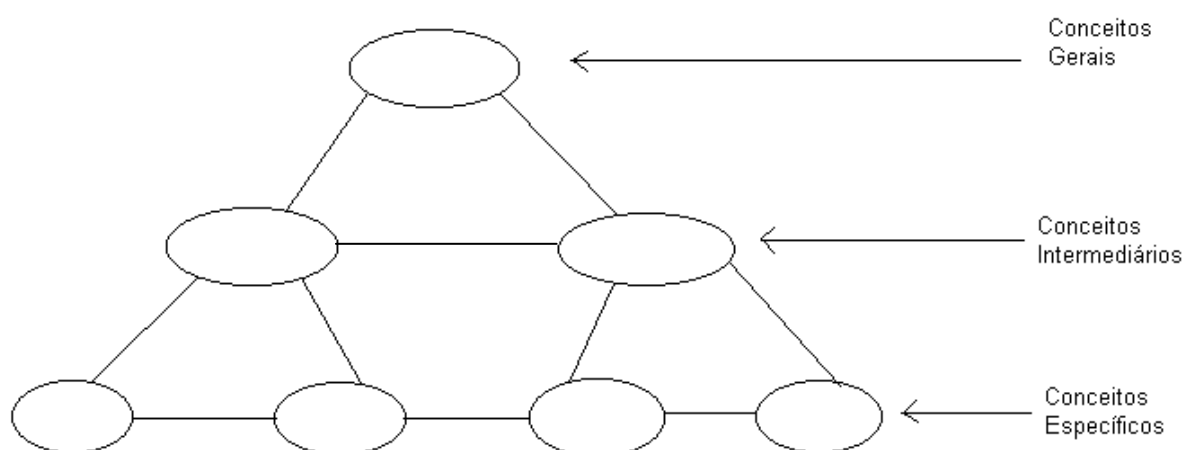


Figura 1: Um modelo de mapa conceitual.

Verticalmente, o mapa representa uma relação hierárquica bem estruturada, ou seja, os conceitos mais gerais são colocados no topo, os conceitos subordinados a esses ficam mais abaixo e os conceitos mais específicos na base do mapa. Um mapa conceitual não precisa ter apenas três níveis, ele pode ter tantos níveis quantos você julgar necessário, desde que estes respeitem as relações de hierarquia.

Horizontalmente, o mapa apresenta conceitos de mesma importância no conteúdo abordado. Mas podemos enfatizar essas relações aproximando os conceitos mais próximos e afastando os conceitos considerados não tão próximos. Para representar a relação entre esses conceitos usamos linhas para ligá-los. Essas linhas podem conter pequenas frases ou palavras que ajudem na compreensão do mapa [2].

É importante ressaltar que não existe um único mapa conceitual correto sobre cada tema escolhido; ele é dinâmico e varia com o seu nível de conhecimento. Contudo, é preciso cuidado para não cair em um relativismo onde “tudo vale”: alguns mapas são definitivamente pobres e sugerem falta de compreensão. Também é importante lembrar que um mapa conceitual não se explica por si só, ele precisa das explicações dadas por seu autor para ser compreendido [1].

Para fazer um mapa sugere-se que:

1. Escreva todos os conceitos que se relacionam com o conceito gerador do mapa;
2. Organizem-os em ordem de importância, os mais importantes estarão no topo do mapa, os conceitos intermediários vão logo abaixo e os menos inclusivos na base do mapa.
3. Represente a relação entre estes conceitos usando linhas para conectá-los. Você pode usar, sobre as linhas, palavras que facilitem a compreensão das relações entre conceitos. Estas relações não precisam ser apenas horizontais ou verticais, elas também podem ser cruzadas.
4. Você pode acrescentar exemplos ao mapa conceitual, se julgar necessário. Geralmente eles ficam embaixo do seu conceito correspondente, na base do mapa.

Referências:

[1] MOREIRA, Marco Antônio. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 14 Mai. 2009.

[2] MOREIRA, Marco Antônio. Mapas Conceituais e Diagramas V. Porto Alegre: E. do autor, 2006. 103 p.

## APÊNDICE 5: Explicação apresentada sobre um mapa conceitual sobre partículas elementares elaborado por um especialista.

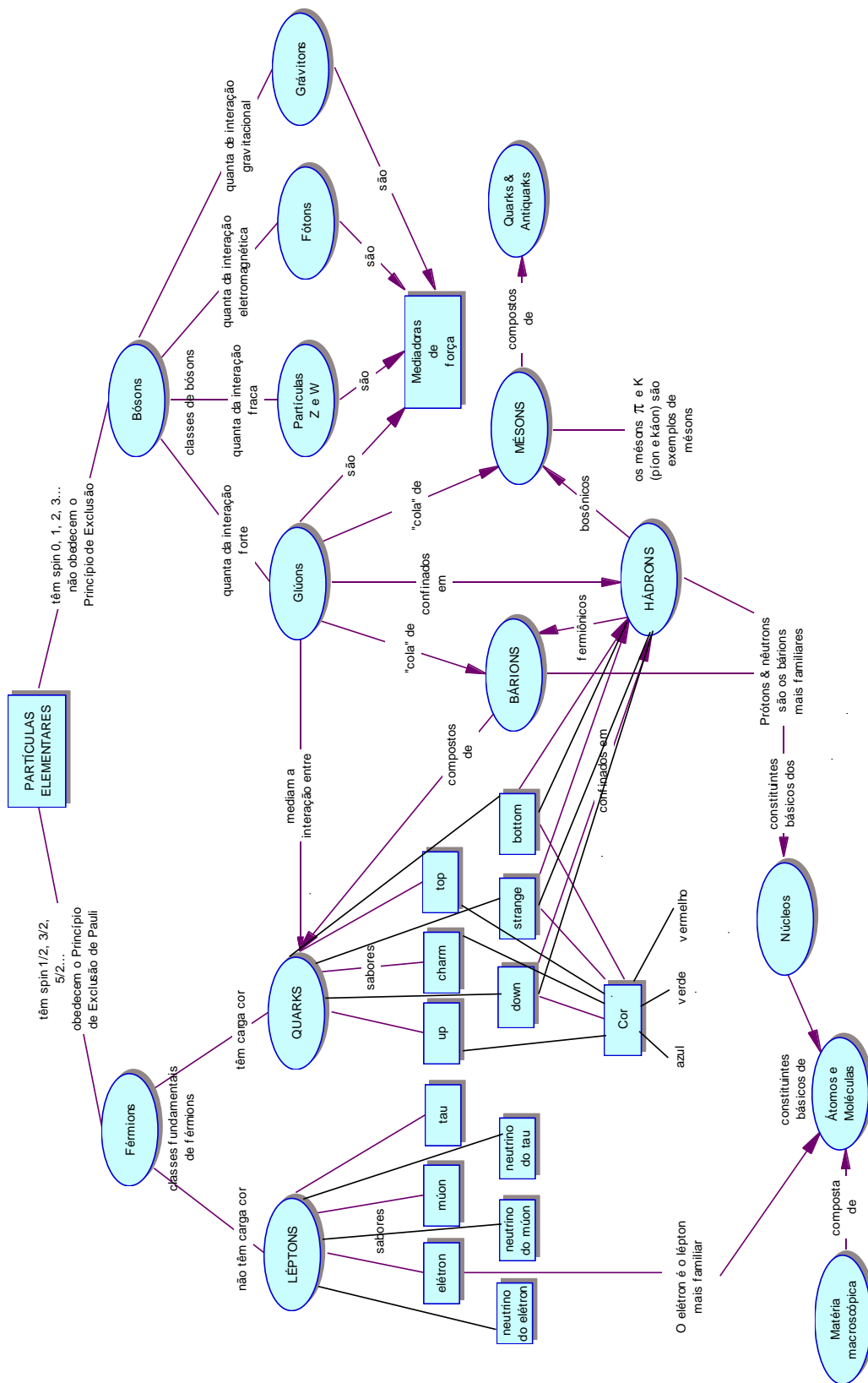


Figura 1: Um mapa conceitual sobre partículas elementares (M.A. Moreira, 2004)

*“Esse mapa representa como o autor relaciona os conhecimentos sobre as Partículas Elementares, e esse é o conceito hierarquicamente mais importante do mapa. Logo abaixo, temos duas grandes categorias de partículas: os férmions e os bósons. O que diferencia estas partículas é o seu spin<sup>10</sup>; férmions apresentam spin fracionário e obedecem ao princípio de Exclusão de Pauli<sup>11</sup>. Os bósons têm spin inteiro e não obedecem ao princípio de Exclusão de Pauli. Essa característica fica explícita pela frase que une os conceitos ao conceito principal. Então, descendo no mapa: os férmions são compostos por duas categorias: os léptons e os quarks, que são diferenciados por uma característica, a cor. Apenas os quarks apresentam esta propriedade. Olhando cada uma destas categorias, vemos que tanto os léptons como os quarks apresentam, cada um, seis sabores ou variedades. Os sabores de quarks são: up, down, charm, strange, top, botton. Que podem se apresentar em três cores: azul, verde e vermelho.*

*Os sabores de léptons são: elétron (o mais conhecido), neutrino do elétron, múon, neutrino do múon, tau e neutrino do tau. Observe que essas duas classes de férmions apresentam uma simetria, as duas são compostas por seis componentes. E mais, observe que cada um dos léptons tem o seu respectivo neutrino.*

*Atualmente, os quarks e os léptons são considerados os constituintes fundamentais da matéria, ou seja, eles são as partículas elementares.*

*Agora vamos conhecer os bósons. Podemos classificá-los pela interação que mediam.*

*Para a física moderna, força é interação. Há na natureza quatro formas pelas quais os corpos podem interagir, quatro forças básicas, chamadas interações fundamentais. Elas são: a interação gravitacional, a eletromagnética, a forte e a fraca.*

*A interação gravitacional é a interação entre corpos devidos à massa de cada um. É sempre atrativa e de longo alcance. É a interação de menor intensidade da Natureza, responsável por manter unidos planetas, estrelas e galáxias. A lei que descreve essa interação – a Lei da Gravitação Universal – foi formulada por Newton em 1672.*

---

<sup>10</sup> Quantidade característica da Física Quântica sem equivalente clássico e que pode ser compreendida como o momento angular intrínseco de uma partícula que toma valores característicos para tipos diferentes de partículas. O spin possui valores quantizados restritos a múltiplos inteiros ou semi-inteiros da constante de Planck [1, p. 214].

<sup>11</sup> Princípio da Física Quântica segundo o qual dois férmions idênticos não podem ocupar simultaneamente o mesmo estado quântico [1, p. 184].

*A interação eletromagnética é a interação entre corpos devido à sua carga elétrica. Tem longo alcance, pode ser atrativa ou repulsiva. É  $10^{40}$  vezes mais intensa do que a interação gravitacional. Mantém unidos todos os átomos e moléculas e é responsável por todas as formas pelas quais esses átomos e moléculas se agrupam formando as mais diversas substâncias e materiais. Coulomb, em 1785, foi o primeiro a descrever essa interação. Atualmente ela é descrita pela Eletrodinâmica Quântica<sup>12</sup>.*

*A interação forte é a interação que mantém o núcleo do átomo unido e fortemente estável. É a mais intensa das interações, cem vezes mais intensa que a interação eletromagnética, mas tem um alcance muito pequeno, não ultrapassa as dimensões do núcleo ( $10^{-15}$ m). Essa interação é devida a uma propriedade semelhante à carga elétrica, chamada cor, da qual falaremos em breve. A teoria que descreve essa força é a Cromodinâmica Quântica<sup>13</sup>.*

*A interação fraca relaciona-se com a desintegração radioativa. É responsável pela radioatividade natural e pelo brilho das estrelas, inclusive do Sol. Tem alcance ainda menor do que o da interação forte, quase nulo, mas mesmo assim é  $10^{10}$  vezes mais intensa que a interação gravitacional [2].*

*Os glúons são os responsáveis pela interação forte, as partículas Z e W pela interação fraca, os fótons pela interação eletromagnética e o gráviton é a partícula prevista teoricamente para mediar a interação gravitacional, mas ela ainda não foi detectada. Estas partículas são as responsáveis pelas interações nos campos de força por isso são chamadas de mediadoras de força.*

*Os glúons são considerados “a cola” que une os quarks para formar bárions e mésons; esses formam o grupo chamado de hádrons. Fazem parte deste grupo nossos velhos conhecidos, o próton e o nêutron, que são bárions, e conseqüentemente, também são hádrons. Os prótons e nêutrons são classificados como bárions porque são formados por quarks; o próton é formado por dois quarks up e um quark down, e o nêutron por dois quarks down e um quark up. Assim, sabemos que os bárions são formados por quarks. Já os mésons são formados por*

---

<sup>12</sup> Teoria que utiliza os conceitos da Mecânica Quântica e da Relatividade Especial na descrição dos campos eletromagnéticos, da radiação eletromagnética e de sua interação com a matéria, na qual o fóton é um quantum de radiação eletromagnética e a interação entre as cargas pode ser compreendida como uma troca de fótons entre estas [1, p. 75].

<sup>13</sup> Teoria quântica de campos busca descrever a interação forte por intermédio das interações entre quarks, antiquarks e glúons, guardando certo paralelo com a Eletrodinâmica Quântica. Em particular, a quantidade análoga à carga elétrica nestas interações é chamada de cor e o glúon é o análogo do fóton [1].

*um quark e um antiquark. Os antiquarks fazem parte da antimatéria que é constituída por antipartículas que possuem a mesma massa e um conjunto de cargas opostas (por exemplo, a carga elétrica tem o mesmo valor, mas sinal contrário) com relação à partícula associada. Tanto bárions como mésons formam um grupo conhecido como hádrons.*

*Mas o que significa isso? Significa que prótons e nêutrons, que são os constituintes do núcleo atômico, são formados por quarks, que se mantêm unidos por meio da sua interação com os glúons. Já a eletrosfera, é composta por elétrons, que são léptons. E esses dois grupos, hádrons e léptons, são os constituintes básicos dos átomos e moléculas, que compõem a matéria que conhecemos.*

*Observe que no mapa conceitual os conceitos considerados pelo autor como os mais abrangentes da teoria estão em retângulos, essa também é uma maneira de diferenciá-los no mapa. “*

*Referências:*

*[1] RODITI, Itzhak. Dicionário Houaiss de Física. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005. 248 p.*

*[2] GASPAR, Alberto. Física - Mecânica. São Paulo: Ática, 2003. 1 V.*



**APÊNDICE 6: O produto educacional: Do átomo grego ao modelo padrão: os indivisíveis de hoje.**