

RELATO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA UNIDADE DE APRENDIZAGEM SOBRE PARTÍCULAS ELEMENTARES E INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS NO ENSINO MÉDIO¹

(Describing the implementation of a learning unit on elementary particles and interactions at high school level)

Lisiane Araujo Pinheiro [lisi.ap@terra.com.br]
UFRGS/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Sayonara Salvador Cabral da Costa [sayonara@puhrs.br]
PUCRS/Faculdade de Física/

Resumo

Relata-se a implementação de uma Unidade de Aprendizagem sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais com uma turma de terceiro ano de uma escola pública de Ensino Médio de Porto Alegre, enfatizando as atividades propostas, especialmente a construção, apresentação e avaliação de mapas conceituais construídos pelos alunos em pequenos grupos.

Palavras-chave: Partículas Elementares. Interações Fundamentais. Ensino de Física Moderna e Contemporânea. Mapas Conceituais.

Abstract

This paper presents a report on the implementation of a Learning Unit about Elementary Particles and Fundamental Interactions with third year students of a public high school in Porto Alegre, Brazil focusing the proposed activities especially the building, presentation and evaluation of the concept maps constructed by the students in small group.

Keywords: Elementary Particles. Fundamental Interactions. Modern and Contemporary Physics Education. Concept Maps.

Introdução

Os currículos utilizados na disciplina de Física da escola de nível médio ainda guardam características que não atendem aos anseios dos estudantes nas aulas de Ciências, nem às Orientações Educacionais Complementares dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. As aulas de Ciências têm essencialmente uma abordagem conteudista, sem a preocupação com a relação desse conteúdo com a tecnologia e o seu uso e as discussões sobre a natureza da ciência que acontecem na sociedade. Segundo as orientações curriculares, espera-se que a escola de nível médio contribua para a formação de um cidadão cientificamente alfabetizado. Dessa forma os temas contemporâneos são imprescindíveis no currículo das aulas de Física (Kawamura; Hosoume, 2003). Com este objetivo, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM (2000) propõem a inserção da Física Moderna e Contemporânea como meio para se discutir o desenvolvimento da ciência via História e Filosofia da Ciência.

Assim, essa nova proposta curricular possibilita uma alteração na seleção de conteúdos, que podem ser trabalhados com diferentes ênfases, de acordo com os objetivos propostos. Também propõe que esses conteúdos interajam com os demais, não só com outros conteúdos relacionados às Ciências, mas com todas as áreas do conhecimento (Kawamura; Hosoume, 2003).

Segundo Ostermann e Cavalcante (2001), ao repensar o currículo utilizado na disciplina de Física, temos que enfatizar conteúdos potencialmente significativos, integrados com as demais áreas

¹ Trabalho apresentado na VII RELAEF e selecionado para publicação na revista Experiências em Ensino de Ciências.

de conhecimento e contextualizados no mundo contemporâneo e minimizando a abordagem formalística da Física.

Contudo, para aumentarmos a qualidade do ensino não basta apenas alterarmos o currículo, temos que rever as formas de avaliação utilizadas (Kawamura; Hosoume, 2003; Silva, 2009). A avaliação tem que ser condizente com esta nova abordagem. Deve propor desafios aos estudantes, de forma que esses busquem recursos cognitivos e pessoais para resolvê-los. Essas atividades devem proporcionar o desenvolvimento e o estabelecimento de conexões entre conceitos, seu espírito cooperativo e de responsabilidade, sem deixar de considerar seus conhecimentos prévios e sua forma de pensar (Kawamura; Hosoume, 2003).

Uma proposta condizente com este ponto de vista é a utilização de mapas conceituais na avaliação escolar. O estímulo à utilização de mapas conceituais vem sendo feito nas últimas décadas em diversas áreas do conhecimento (Novak, 2000).

Os mapas conceituais explicitam a organização conceitual que o estudante atribui a um determinado conhecimento. Dessa forma, propicia informações sobre o tipo de estrutura que o estudante imagina para um determinado conhecimento. Além disso, pela sua característica de um recurso dinâmico, possibilita a investigação das mudanças ocorridas na estrutura cognitiva do estudante durante a instrução (Moreira, 2006a).

Para o estudante, a tarefa de elaborar um mapa conceitual é desafiadora, pois requer criatividade e reflexão sobre o tema tratado. E para o professor, possibilita uma avaliação mais ampla da aprendizagem de seu aluno. Os mapas conceituais propiciam a análise da interação do estudante com o material didático utilizado, assim como a interação entre professor e estudante durante a elaboração dos mesmos (Paulo, 2006).

Assim ao unirmos as novas propostas curriculares e avaliativas, percebemos que alguns assuntos apresentam maior potencialidade para os objetivos pretendidos. Dessa forma, um tema considerado adequado para uma nova abordagem foi a Física Moderna e Contemporânea (FMC), especificamente o tópico Partículas Elementares e Interações Fundamentais.

Segundo uma extensa revisão bibliográfica, feita por Ostermann e Moreira (2000), existem inúmeras propostas de inserção de tópicos de FMC devido a sua influência crescente no cotidiano da sociedade aliada à motivação inerente dos estudantes em discutirem assuntos veiculados pela mídia. Outro aspecto não menos importante diz respeito à possibilidade de acompanhar o desenvolvimento de idéias predominantemente trabalhadas a partir do século XX, permitindo desmistificar o trabalho científico como obra predestinada para alguns indivíduos apenas.

Este tema é retomado por Moreira (2007) ao discutir a Física dos Quarks analisando o seu desenvolvimento à luz de epistemologias do século XX.

Estes e outros argumentos a favor da inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio também são discutidos por Pinheiro et al. (2009), resumidos pelos seguintes argumentos: i) necessidade de revitalização e atualização do currículo de Física no Ensino Médio de forma que este novo currículo propicie uma alfabetização científica adequada ao momento atual; ii) possibilidade de usar a história da Ciência para interpretar o papel e a natureza da Ciência ao longo da história humana; iii) motivação que poderá atrair o estudante para o mundo da Física; iv) promoção da interação do estudante com o mundo tecnológico atual.

Assim, de acordo com as justificativas expostas acima, optou-se, como dito anteriormente, pela inserção do tópico Partículas Elementares e Interações Fundamentais no currículo do Ensino Médio. Acredita-se na potencialidade desse assunto para desenvolver vários aspectos importantes de uma educação científica eficaz, como: a contextualização desse assunto no panorama científico atual, sua potencialidade para análises epistemológicas, o grande interesse despertado pela grande divulgação científica sobre o assunto e a possibilidade de relacionar a Física com as demais áreas do conhecimento.

Alguns pesquisadores têm trabalhado com esse tema juntos a estudantes de Ensino Médio e/ou com formação inicial e continuada de professores. Dentre eles podemos citar: Ostermann (1999), Ostermann e Cavalcanti (2001), Moreira (2004, 2007, 2009), Helayël-Neto (2005), Abdalla (2005).

Nessa linha, o presente trabalho apresenta um relato sobre a elaboração e implementação de uma Unidade de Aprendizagem (UA) sobre Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio, sob a perspectiva do Modelo Padrão, minimizando ao máximo o formalismo matemático. A primeira autora é também a professora do grupo com o qual a unidade foi trabalhada.

Elaboração da Unidade de Aprendizagem

Do ponto de vista da aprendizagem, a abordagem metodológica escolhida para a elaboração da UA está pautada na teoria sócio-interacionista de Vygotsky (1991; 1993) complementada pela teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Ausubel et al, 1980; Moreira, 2006b). Além disso, usou-se aspectos da história e da filosofia da ciência.

Coerente com esse referencial foi elaborado um questionário com o objetivo de identificar e caracterizar as concepções dos estudantes sobre a estrutura da matéria, previamente à discussão em sala de aula. Esse estudo exploratório foi primeiramente aplicado a 120 alunos do 3º ano do Ensino Médio, no ano de 2008 provenientes de duas escolas da rede pública de Porto Alegre, nas quais a primeira autora atuava. O objetivo foi o de testar sua confiabilidade na obtenção de dados para o qual foi proposto. Foram elaboradas vinte e nove questões de múltipla escolha e uma questão discursiva. A partir desses dados foi elaborado um texto, para professores de Ensino Médio, sobre o tema Partículas Elementares e Interações Fundamentais por meio de uma pesquisa extensa e cuidadosa na literatura especializada.

O texto foi construído ao longo de 2009 e relata acontecimentos históricos que se sucederam e conduziram às teorias mais importantes para a construção do conhecimento atual sobre partículas elementares, juntamente com uma análise histórico-crítica da evolução dessas idéias e teorias. Nele também foram tratados aspectos como as características da evolução da Ciência, por meio de uma perspectiva epistemológica, baseada nos trabalhos de Gaston Bachelard (Bachelard, 1979; Lopes, 1996).

Nesse texto estão relatadas, por meio de uma abordagem cronológica e comentada criticamente à luz da epistemologia de Bachelard, desde as primeiras idéias gregas sobre a constituição da matéria até o Modelo Padrão aceito atualmente na Física de Partículas. O texto está dividido em cinco grande capítulos, o primeiro aborda as primeiras conjecturas gregas sobre a constituição da matéria, a proposta de átomo feito por Leucipo, a teoria dos quatro elementos e a condução e divulgação dessas propostas até o final da Idade Média. O segundo capítulo enfatiza o papel da revolução científica, o trabalho de Galileu Galilei entre outros e a elaboração da Teoria Cinética dos Gases e suas implicações em relação ao conceito de átomo. O terceiro capítulo relata as diversas contribuições que a ciência recebeu, ao longo do século XIX, até a identificação do elétron. O capítulo quatro discute o desenvolvimento do Modelo Padrão. Nesse capítulo está descrito o conteúdo específico de Física de Partículas, como *quarks* e *léptons*; *bárions* e *mésons*; *partículas mediadoras/virtuais* (*fótons*, *glúons*, *partículas W e Z*, *grávitons*); *interações fundamentais* (*gravitacional*, *eletromagnética*, *forte e fraca*); *propriedades fundamentais da matéria* (*massa*, *carga elétrica*, *carga cor e carga fraca*). E no último capítulo são discutidas as limitações do Modelo Padrão, como o *bóson de Higgs*, “*o problema da gravidade*”, *matéria escura*, *antimatéria* e as possíveis expansões para esse modelo.

Este foi um texto elaborado para professores de Ensino Médio; para utilizá-lo na UA foram feitas algumas adaptações necessárias para o trabalho com estudantes de Ensino Médio. Contudo, a

divisão relatada acima não mudou, apenas alguns tópicos sofreram algumas alterações devido a sua complexidade.

Após a elaboração do texto, do professor e adaptação para os alunos, foram programadas as atividades da UA. Inicialmente, foram previstas quinze horas-aula de cinquenta minutos, contudo essa atividade se estendeu por mais duas horas-aula.

Relembrando que a UA está baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, foi proposto que os alunos assistissem ao filme “O discreto charme das partículas elementares”, produzido pela TV Cultura de São Paulo, baseado no livro homônimo de Maria Cristina Batoni Abdalla (2006). A intenção foi a de usar o filme como um organizador prévio, alimentando e/ou construindo os subsunçores necessários para o desenvolvimento do conteúdo da UA. Após a apresentação do filme foi proposta a primeira atividade da UA. Essa era composta por questões referentes aos temas abordados no filme, para serem respondidas em grupo e discutidas em um seminário na aula seguinte.

Tal atividade era composta por quatro questões diferentes para cada grupo, sendo a quinta a mesma para todos os grupos. Essa questão solicitava que, após assistirem ao filme, explicassem qual era a concepção que tinham apreendido sobre como a matéria era constituída.

Após a apresentação do seminário os alunos receberam mais uma tarefa e a primeira parte do texto descrito inicialmente. Cabe ressaltar que o texto adaptado para os alunos foi dividido em duas partes. Na primeira parte estavam presentes os relatos das idéias gregas até o final do século XIX. Sobre esses tópicos, foi proposta a segunda atividade da UA aos alunos. A atividade consistia em elaborar uma linha do tempo na qual estivessem descritas as propostas/teorias mais importantes para a elaboração do conceito de partícula elementar. Esse trabalho deveria ser apresentado aos colegas em data previamente agendada.

A terceira atividade da UA implica a leitura da segunda parte do texto, na qual está descrita a elaboração do Modelo Padrão e suas limitações. A atividade consiste na elaboração de mapas conceituais sobre as partículas elementares. Os mapas também deveriam ser apresentados aos demais colegas em data previamente agendada.

Ainda fizeram parte da UA a aplicação de um pré-teste, de um pós-teste e de um questionário de opinião.

Descrição da aplicação da UA e resultados parciais

A aplicação da UA começou com a realização de um teste (pré-teste) que buscava identificar as concepções dos alunos sobre a estrutura da matéria. Esse teste foi o mesmo aplicado anteriormente para a eleição dos tópicos presentes no texto. O desempenho dos alunos nesse teste foi muito semelhante ao desempenho apresentado pelo primeiro grupo, demonstrando um conhecimento superficial sobre o tema.

Na aula seguinte, foi apresentado e discutido o filme “O discreto charme das partículas elementares”. Logo após o filme, a professora/pesquisadora abriu espaço para perguntas e elas não faltaram. De uma forma geral os alunos procuravam uma utilidade para todos os conceitos apresentados, por exemplo, uma aluna perguntou: “*Para que servem os neutrinos?*”. Após ouvir e responder às perguntas a professora/pesquisadora fez uma breve organização dos conceitos apresentados no filme. Essa exposição partiu das concepções dos alunos, expostas no pré-teste, para que pudessem aumentar sua compreensão dos novos conceitos. Após esse momento de discussão, os alunos receberam como tarefa algumas perguntas sobre assuntos tratados no filme para serem apresentadas na aula seguinte e discutidas em um seminário. Para realizar essa tarefa os alunos se dividiram em trios, com colegas anteriormente escolhidos por eles e que deveriam permanecer os

mesmos até o fim da UA; no total se formaram oito grupos. Como já foi dito, cada grupo recebeu cinco questões: quatro diferentes e uma igual para todos.

O seminário foi realizado na aula seguinte. Antes da apresentação alguns alunos procuraram a professora/pesquisadora para fazer algumas perguntas sobre o conteúdo abordado. Todos os grupos realizaram a tarefa solicitada, a maioria apresentou respostas bem elaboradas e condizentes com as discussões realizadas. Houve poucos erros conceituais. Durante a apresentação a turma se mostrou interessada e participativa. Algumas perguntas feitas na aula anterior foram retomadas. Essa nova discussão demonstrou uma afinidade maior dos alunos com o conteúdo. Quanto à avaliação, cada grupo foi avaliado pela coerência nas respostas dadas as suas perguntas e a participação no seminário.

Ao finalizar o seminário, os alunos receberam cópias da primeira parte do texto e a tarefa proposta foi a elaboração de uma linha do tempo com os eventos/propostas mais significativos para a elaboração do conceito de partícula elementar. Para isso, os alunos foram orientados a fazer uma leitura crítica do texto e expor suas idéias durante a apresentação da sua linha do tempo, em uma data previamente agendada. Antes da apresentação os alunos tiveram uma hora-aula para tirar suas dúvidas com a professora/pesquisadora.

A intenção desta atividade 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 desenvolvem devido a um processo linear e cumulativo e, assim, iniciando um processo de desmistificação do método científico.

Todos aos grupos realizaram a atividade, a maioria apresentou uma boa compreensão do texto e elaboraram uma apresentação coerente.

Quanto à avaliação desta atividade, foi priorizada a coerência nos fatos apresentados pelos alunos. A maioria dos trabalhos apresentou fatos coerentes que corroboravam seus antecessores. Alguns trabalhos foram excessivamente resumidos, o que prejudicou sua compreensão.

Na aula seguinte os alunos receberam a segunda parte do texto, essa parte descreve a elaboração do Modelo Padrão e suas limitações. Também receberam a próxima atividade da UA: ler o texto e elaborar um mapa conceitual sobre partículas elementares. Inicialmente receberam instruções sobre o que é um mapa conceitual e como elaborá-lo. Esse mapa deveria ser apresentado aos demais colegas em data previamente agendada. Os alunos tiveram disponível uma hora-aula antes da apresentação para resolver dúvidas sobre o conteúdo abordado e sobre a elaboração dos mapas conceituais.

Por estarmos discutindo resultados parciais, faremos uma descrição apenas dos mapas conceituais apresentados por dois grupos.

O primeiro mapa conceitual a ser discutido foi elaborado pelo grupo C. Esse mapa conceitual pode ser visto na Figura 1.

A avaliação dos mapas conceituais foi feita baseada não apenas no próprio mapa, mas principalmente na explicação que os grupos deram de seus mapas, pois uma análise isolada dos mapas, sem diálogo, diz muito pouco sobre as relações que estabeleceram e a compreensão que tiveram do assunto tratado. Ao fazer esta avaliação, também temos que considerar que aprender a elaborar um mapa conceitual é um processo que leva bastante tempo; talvez o mais adequado fosse inserir essa atividade nos demais temas tratados durante o ano letivo de modo que os alunos adquirissem mais familiaridade com a ferramenta.

Quanto ao mapa da Figura 1, podemos constatar que o grupo usou um grande número de conceitos para elaborar seu mapa conceitual. Mas, devido à complexidade do tema abordado e como um mapa conceitual é uma construção pessoal, o grupo usou os conceitos que mais chamaram sua atenção.

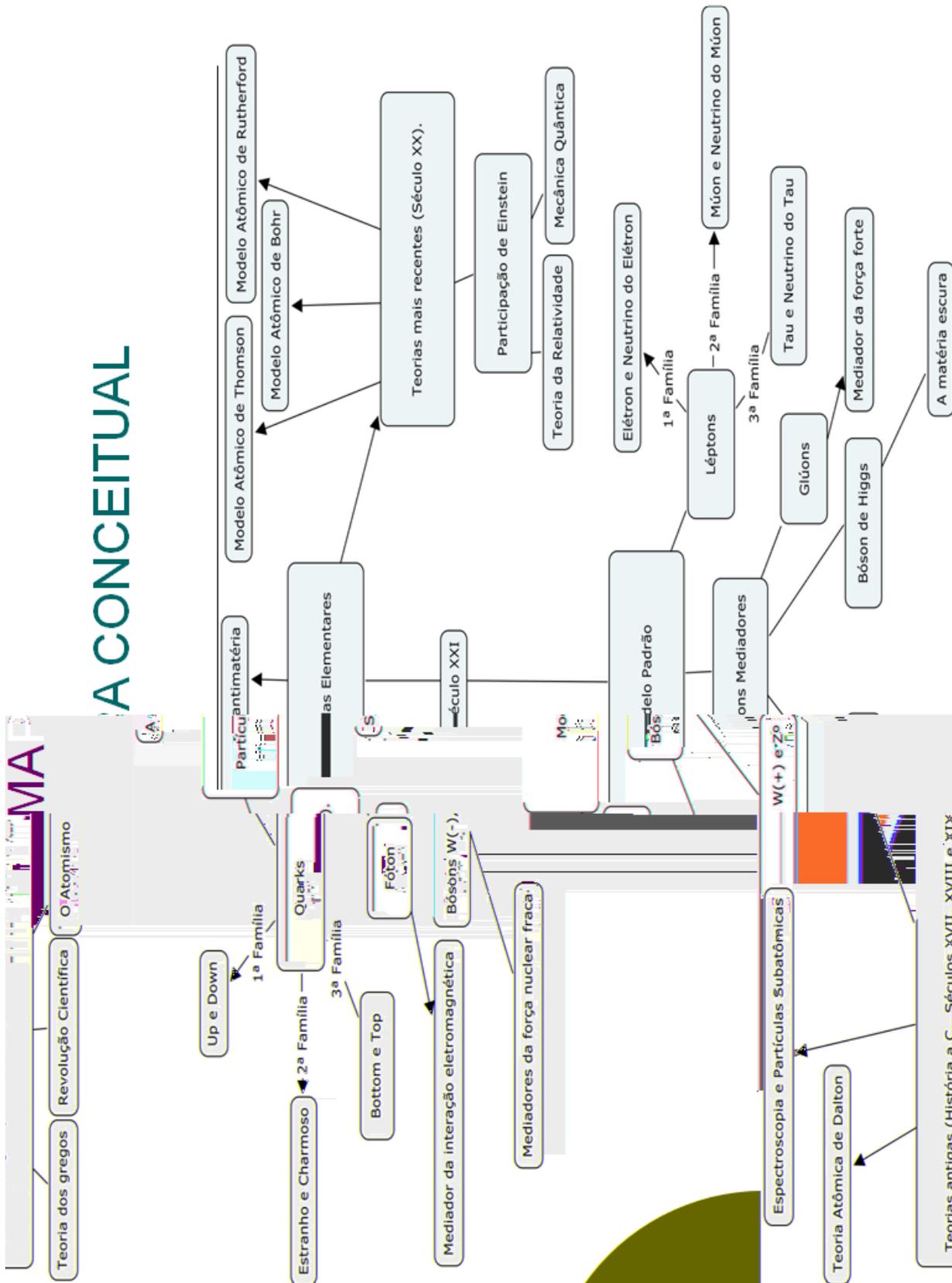


Figura 1: Primeiro mapa conceitual sobre Partículas Elementares elaborado pelo grupo C.

Também podemos perceber que classificaram seu mapa em quatro eixos: teorias antigas, teorias mais recentes, antimatéria e modelo padrão.

Quanto à presença do eixo “*teorias antigas*”, justificaram sua presença no mapa pelo importante papel desempenhado por essas teorias na construção do conceito de partícula elementar. Apresentaram argumentos e relações coerentes com o que foi tratado no texto. Aparentemente demonstraram compreender a complexidade da construção do conceito de partícula elementar e as diversas contribuições das diferentes áreas da ciência.

Sobre o eixo das “*teorias mais recentes*”, justificaram sua presença, relacionando a elaboração do conceito de partícula elementar às bases da Física Moderna.

Quanto à inclusão do eixo “*antimatéria*”, percebe-se que o mesmo está à parte no mapa. Com sua presença no mapa, infere-se que os alunos compreenderam sua participação no temas abordado, contudo não conseguiram explicar com clareza sua relação com os demais conceitos.

Quanto ao eixo denominado “*Modelo Padrão*”, evidenciaram compreensão sobre quais as partículas fazem parte dessa teoria. Representaram *quarks* e *léptons* de acordo com suas respectivas famílias. Quanto às *interações fundamentais*, as relacionaram adequadamente aos seus respectivos *bósons*, contudo não incluíram a *interação gravitacional* e o *gráviton* ao mapa. Ao se referirem às *interações forte e fraca*, ainda usaram a terminologia força, contudo durante a apresentação isso não se repetiu. O *bóson de Higgs* está relacionado aos *bósons mediadores*. Segundo justificativas do grupo, o *bóson de Higgs* foi relacionado aos demais *bósons* devido à terminologia. O grupo também justificou sua presença no mapa devido ao grande destaque dado a essa partícula no filme, o que também justifica a sua ligação com a *matéria escura*.

Percebe-se que quase não usaram palavras-chave para explicitar a relação entre os conceitos. Mas considerando que ser lacônico é uma característica presente na grande maioria dos adolescentes, era provável eu apresentassem dificuldade em expressar por palavras as relações ou conexões entre os conceitos. Cabe ainda registrar que no mapa da Figura 1, a relação hierárquica parece adequada e a ligações tem coerência.

Na Figura 2 está apresentado o primeiro mapa conceitual elaborado pelo grupo E. Analisando o mapa dessa figura, pode-se perceber que o conceito mais abrangente é o de *partículas elementares*. Também percebemos que as áreas Física Quântica e Radiação foram considerados como conceitos importantes para o grupo. Relembrando, o que foi dito anteriormente, o mapa conceitual é uma construção pessoal. Dessa forma o grupo justifica a inserção dessas áreas como conceitos, pois os considera básicos para o trabalho desenvolvido com as partículas elementares.

Quanto às *interações*, relacionaram adequadamente as quatro *interações fundamentais*, contudo suas *partículas mediadoras* não estão presentes no mapa.

Os *quarks* foram apresentados adequadamente no mapa, porém quanto aos *léptons* o grupo apresentou dificuldade em relacionar cada um ao seu respectivo *neutrino*, pois posicionou o conceito neutrino em uma direção oposta a dos demais léptons. Após apresentar os *léptons* e *quarks* os relacionou com suas antipartículas.

O mapa apresenta alguns problemas como: incluíram *prótons* e os *nêutrons*, que não são partículas elementares. O mapa está dividido entre *partículas de matéria* e *bósons mediadores* e esses dois conceitos, tanto no mapa como na sua explicação dada pelo grupo, não se relacionam adequadamente.

Também foram constatados alguns problemas relacionados à hierarquia expressa no mapa e não utilizaram palavras-chave para relacionar os conceitos.

Após a apresentação do primeiro mapa conceitual dos alunos, a professora/pesquisadora apresentou, como exemplo, um mapa conceitual sobre partículas elementares publicado em uma revista de ensino de Física (Moreira, 2004) e propôs que os alunos refizessem seus mapas conceituais e os rerepresentassem na aula seguinte. Também se propôs a analisar e fazer comentário sobre cada mapa, contudo apenas dois grupos quiseram debater sobre seu trabalho. O grupo que tem

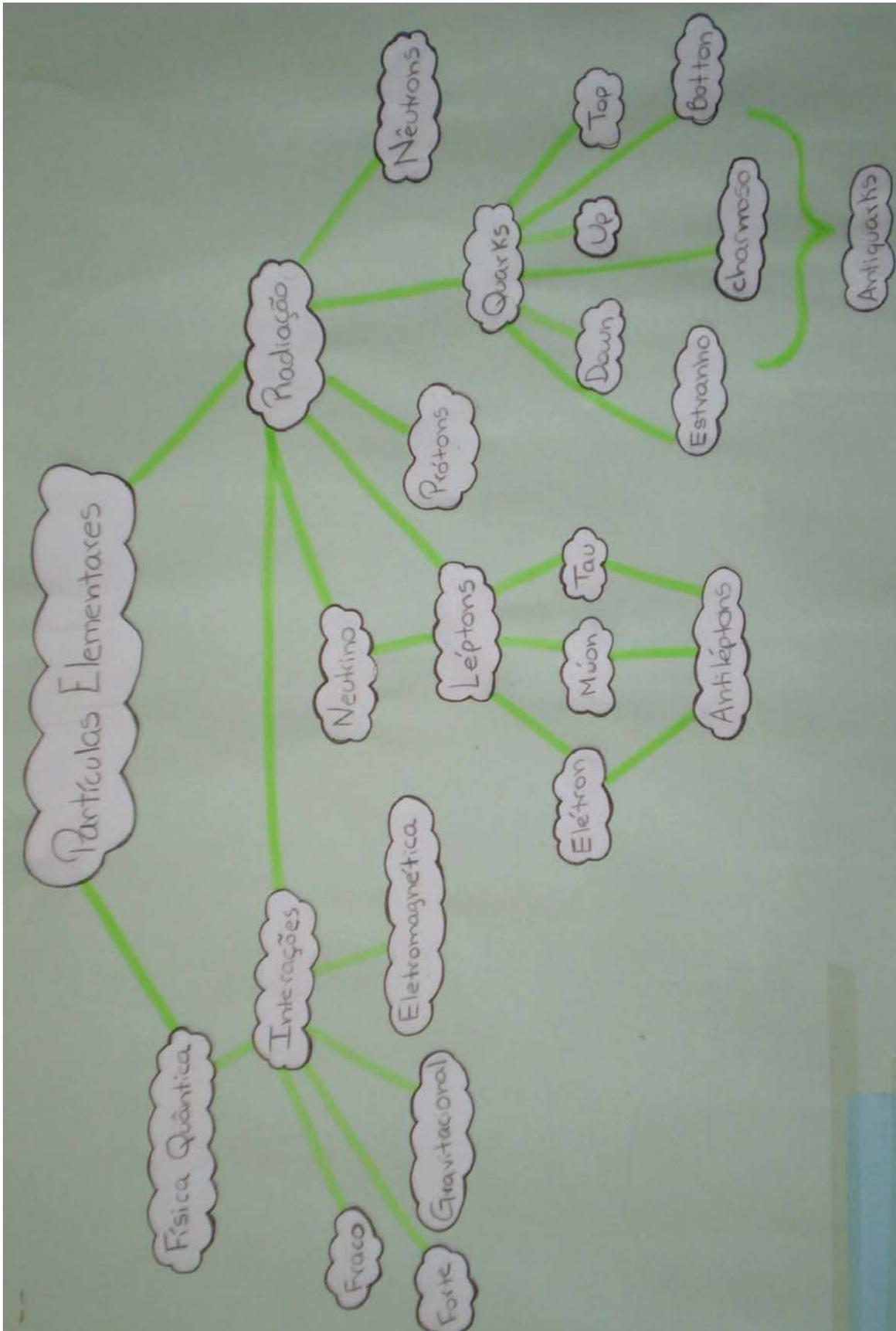


Figura 2: Primeiro mapa conceitual elaborado sobre Partículas Elementares pelo grupo E.

Quanto à apresentação do segundo mapa do grupo C, pode-se perceber claramente que o conceito central é o de partículas elementares. Também se nota que conseguiram dividir as partículas elementares em dois grandes grupos, *férmions* e *bósons*, e identificaram como fator de seleção o *spin* dessas partículas.

Em relação à classificação dos *léptons*, identificaram as três famílias e suas respectivas partículas. O mesmo pode-se dizer dos *quarks*.

No que se refere aos *bósons*, relacionaram cada um à sua *interação fundamental* e carga. Identificaram de cores diferentes a *interação gravitacional* e o *gráviton*, e explicaram que essa diferenciação foi feita porque essa interação ainda não se enquadra como as demais no Modelo Padrão.

Neste segundo mapa, surgem classificações que mesmo sendo descritas no texto haviam sido ignoradas no primeiro mapa, pela maioria dos grupos. Uma delas é a relação entre *bósons* e *quarks* na formação dos *hádrons*. Essa classificação chamou a atenção dos estudantes quando a professora/pesquisadora apresentou, como dito anteriormente, um mapa conceitual existente na literatura.

Antimatéria e *bóson de Higgs* aparecem à parte no mapa. Com essa classificação, percebe-se novamente que o grupo conseguiu reconhecer sua importância dentro do assunto abordado, todavia não pôde ou não soube estabelecer uma relação adequada com as partículas elementares. O mesmo vale para a matéria escura.

Neste mapa pode-se perceber que o uso das palavras-chave aumentou e que a hierarquia dos conceitos está representada de forma mais adequada.

Na Figura 4 temos o segundo mapa conceitual elaborado pelo grupo E. Nele ainda se nota algumas inadequações, pois esse foi um dos grupos que não se interessou em procurar a professora/pesquisadora para discutir sobre o mapa.

O mapa apresentado na Figura 4 não difere muito do apresentado na Figura 2 quanto os conceitos descritos. Mas agora o grupo dividiu o mapa por cores, palavras com a mesma importância apresentam cores iguais.

As áreas Física Quântica e Radiação continuaram no mapa como se fossem conceitos e a justificativa do grupo foi a mesma apresentada anteriormente.

Quanto às *interações*, vê-se que as quatro *interações fundamentais* são apresentadas com a mesma cor, o que segundo a classificação do grupo, significa que elas têm a mesma importância. As partículas mediadoras *fóton*, *glúon* e *partículas Z* e *W* são representadas pela mesma cor e o *gráviton* é representado por uma cor diferente. Essas partículas estão conectadas ao conceito de *bósons mediadores*.

Quanto às partículas de matéria, os problemas expressos no primeiro mapa (Figura 2) se repetem: os *neutrinos* não têm uma ligação adequada com os *léptons* e a relação de *quarks* e *léptons* com suas *antipartículas* não está adequadamente representada.

Outros problemas detectados no primeiro mapa ainda persistiram: *prótons* e *nêutrons* são apresentados como partículas elementares, as partículas de matéria não apresentam conexão com os *bósons mediadores*. A relação hierárquica ainda não está adequada e não apresentaram o uso de palavras-chave para representar a relação entre os conceitos.

Como foi dito anteriormente, poucos grupos quiseram debater sobre seus trabalhos. Dessa forma, ao apresentarem seus mapas conceituais refeitos novamente percebeu-se alguns problemas na elaboração dos mesmos. Tais problemas eram devido à falta de compreensão na elaboração do mapa conceitual, como falta de hierarquia, falta de palavras-chave para conectar os conceitos utilizados. Assim como alguns erros conceituais no conteúdo específico de Partículas Elementares.

Dessa forma foi proposto que os alunos refizessem outra vez esses mapas, mas deveriam, antes, procurar a professora/pesquisadora para discutir seus mapas.

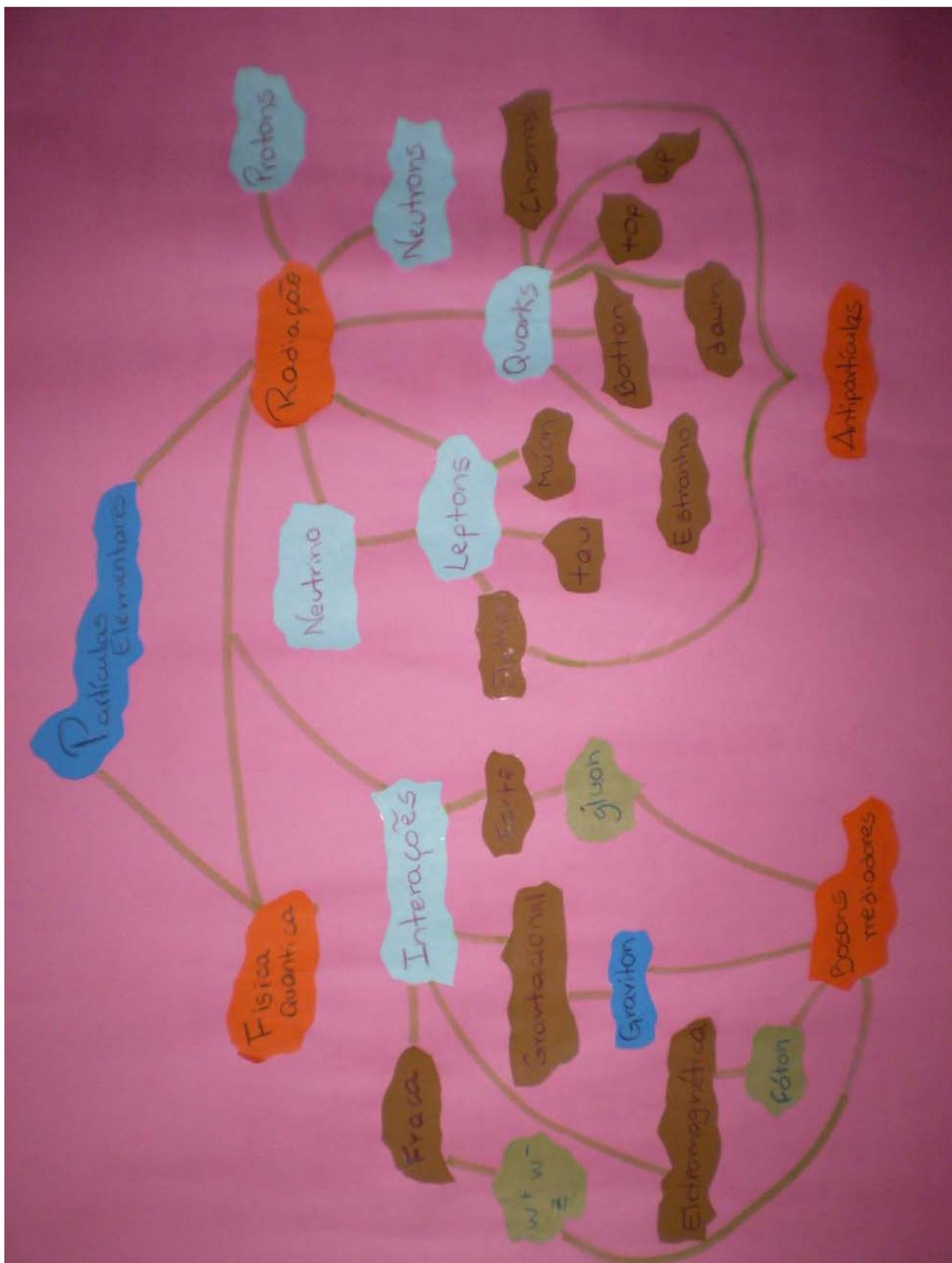


Figura 4: Segundo mapa conceitual sobre Partículas Elementares elaborado pelo grupo E.

Esta discussão foi então feita com todos os grupos. Nesse momento houve a oportunidade de conversar com cada grupo, discutindo com eles cada ponto do mapa apresentado. Essa discussão aumentou o número de horas-aula da UA, como havia sido dito anteriormente. Após a discussão, por falta de tempo, os grupos apresentaram o novo mapa conceitual apenas para a professora/pesquisadora.

Na discussão realizada com alunos do grupo C foi questionada a posição do fator de seleção dos *férmions*, que segundo eles havia sido digitado no lugar errado. Eles também foram questionados sobre o conceito de *interações fundamentais*. Foi sugerido que esse conceito fosse conectado com as respectivas interações. Mas mesmo assim o grupo fez o mapa tal como apresentado na Figura 5.

Como resultados dos comentários feitos com o grupo C, eles modificaram a posição do fator de seleção para os *férmions*. Mas em relação à pergunta que foi feita sobre o conceito de *interações fundamentais* o grupo optou por retirá-lo do mapa, pois consideraram que este conceito já estava sendo abordado implicitamente. Quanto à hierarquia e o uso de palavras-chave o mapa continuou com uma boa apresentação de ambos.

Na discussão feita com o grupo E, foi solicitado que melhorassem a relação hierárquica expressa no mapa. Relativamente a essa observação o grupo argumentou que já haviam feito essa relação ao usarem as cores no seu mapa. Na verdade, apresentaram um pouco de dificuldade em compreender a relação solicitada.

Também foram questionados quanto à posição do conceito *neutrino* no mapa e também aí apresentaram algumas dificuldades conceituais.

Sobre a falta de interação entre partículas de matéria e bósons mediadores foi solicitado que estabelecessem uma relação entre esses dois conceitos. Foi sugerido que o grupo explicitasse a relação de formação de prótons e nêutrons, por exemplo. Foram ainda questionados sobre os conceitos Física Quântica, Radiação, prótons e nêutrons.

Após essa discussão, o grupo E elaborou o seu terceiro mapa conceitual, apresentado na Figura 6.

Em relação a esse novo mapa, percebe-se que melhoram a relação hierárquica apresentada e ainda usam o sistema de cores para relacionar conceitos. Apresentaram a divisão entre *férmions* e *bósons* para partículas elementares, mas não justificaram essa distinção.

Relacionaram os *bósons mediadores* a suas respectivas interações, porém poderiam explicitar a relação escrevendo como conceito *interação fraca* e não apenas fraca. Isso também pode ser dito das demais interações. O *gráviton* foi apresentado de uma cor diferente, o que significa que essa partícula não se encaixa adequadamente no Modelo Padrão. Contudo, não estenderam essa relação para a *interação gravitacional*.

Quanto aos *quarks* estão relacionados de forma adequada, bem como os *léptons*. Mesmo que o mapa ainda mostre uma relação incompleta entre eles, durante a explicação o grupo descreveu as seis partículas integrantes do grupo dos *léptons*.

A relação entre *partículas de matéria* e *bósons mediadores* melhorou, relacionaram *quarks* e *glúons* na formação dos *prótons* e *nêutrons* e na constituição do núcleo atômico e os relacionaram com os elétrons na formação dos átomos.

Quanto ao uso de palavras-chave, foram usadas algumas, mas pouco expressivas, por exemplo: são, media, uni, forma.

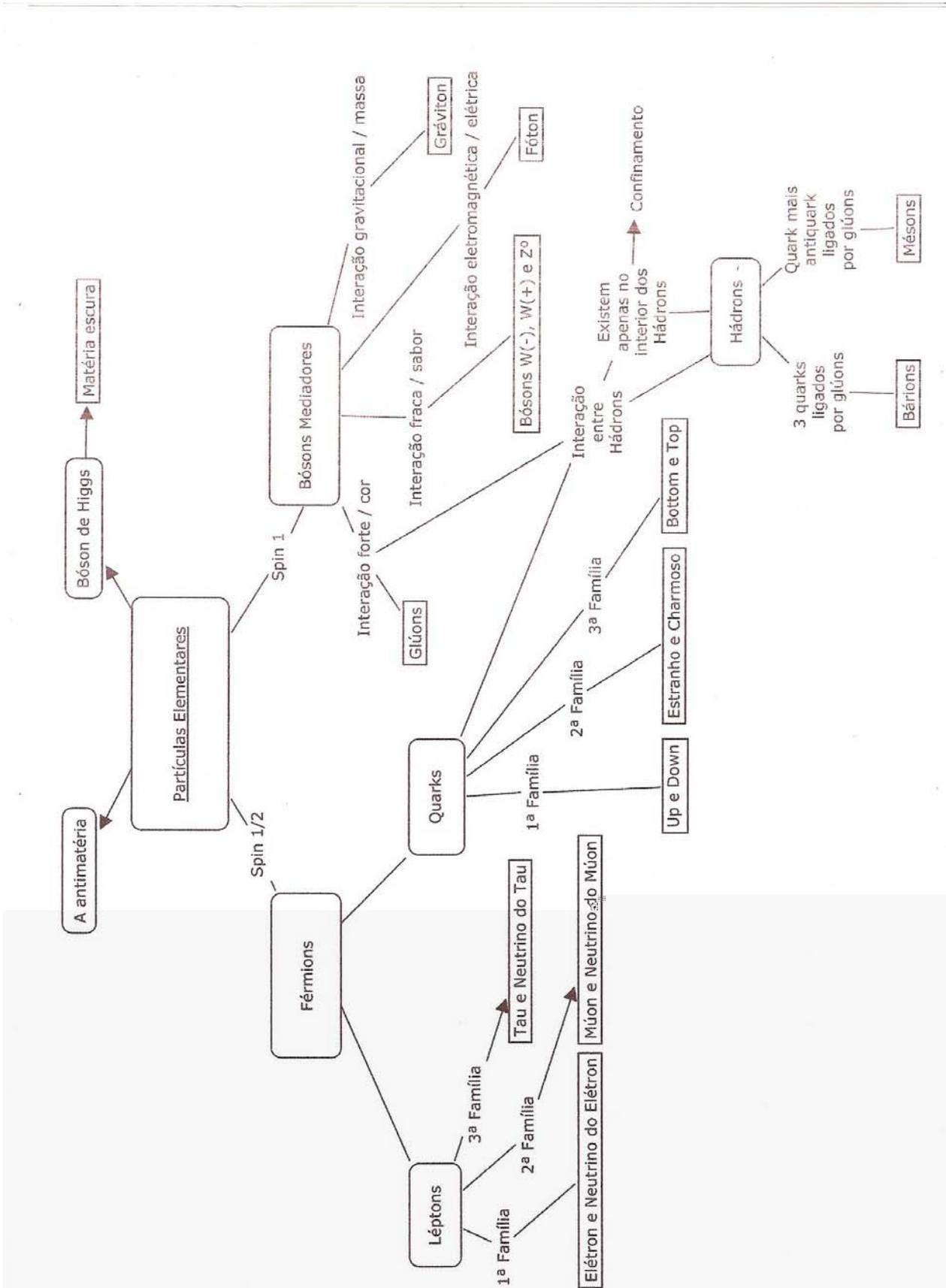


Figura 5: Terceiro mapa conceitual sobre Partículas Elementares elaborado pelo grupo C.

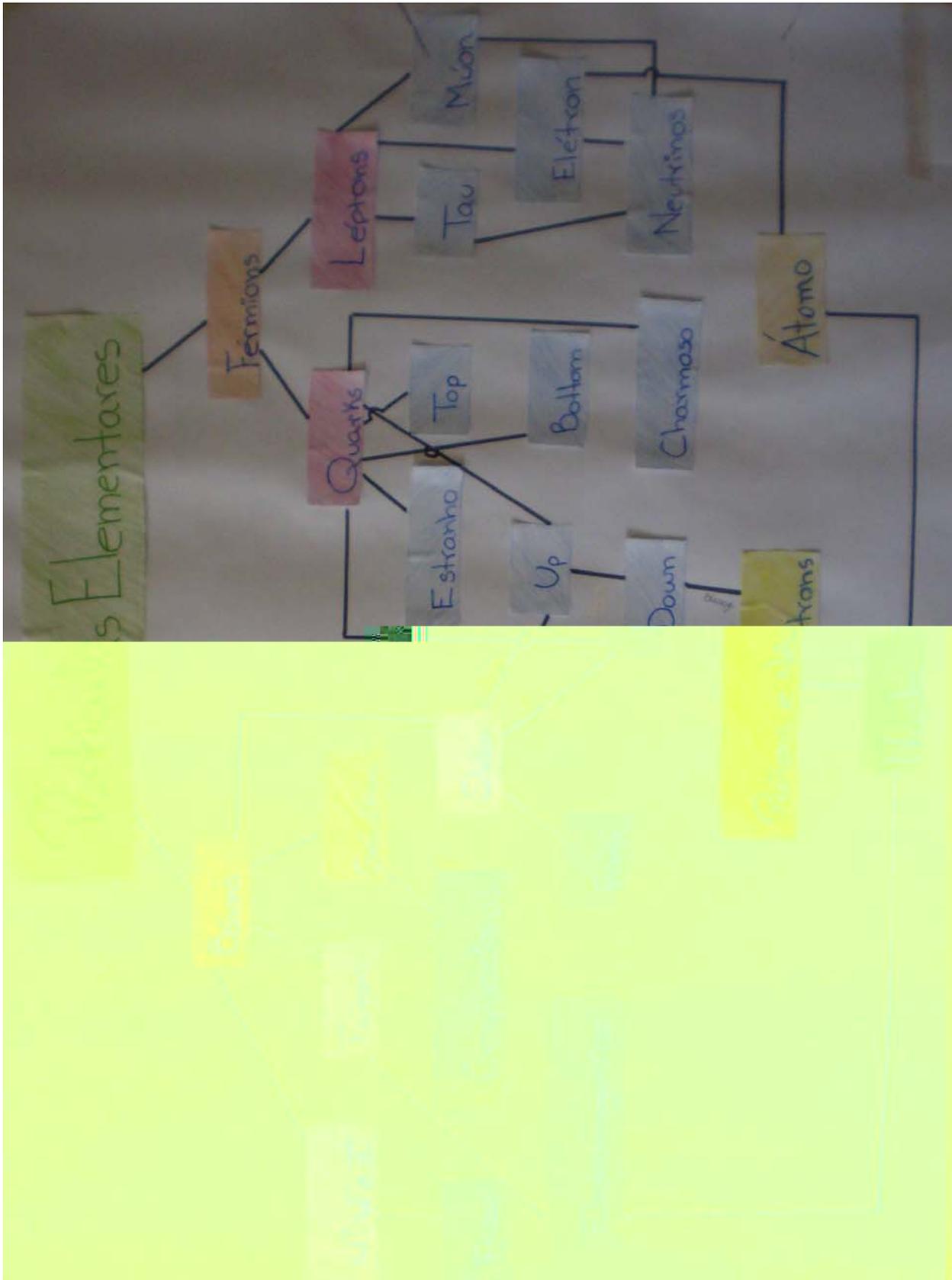


Figura 6: Terceiro mapa conceitual sobre Partículas Elementares elaborado pelo grupo E.

Considerações finais

A potencialidade dos mapas para avaliar uma aprendizagem desde uma óptica formativa é grande. Contudo, os estudantes precisam de mais tempo para aprender a usar essa ferramenta, familiarizarem-se e refazerem várias vezes determinado mapa. Pode-se perceber que esse foi um dos problemas que os estudantes enfrentaram, ou seja, a dificuldade em compreender como se constrói um mapa conceitual. Como relatado anteriormente, alguns estudantes tiveram dificuldade em compreender o que significava *hierarquia*. Também apresentaram dificuldades quanto ao uso de palavras-chave para relacionar conceitos; nos primeiros mapas apresentados elas eram praticamente inexistentes. E quando questionados eles se justificavam perguntando se apenas a linha que une os conceitos não era suficiente para explicitar a relação entre os conceitos. Mas também notou-se que estudantes que já estavam familiarizados com este instrumento apresentaram menos dificuldades quanto à construção do mapa conceitual.

Também é muito importante a apresentação dos mapas aos demais colegas e ao professor, pois possibilita o estudante repensar seu trabalho. Relembrando o que foi dito anteriormente, o mapa não é auto-explicativo. É fundamental a explicação do autor do mapa. Assim, com a análise do mapa e a explicação do seu autor, é possível avaliar melhor o real conhecimento do conteúdo abordado. Pois em alguns mapas encontramos uma explicação mais completa que o próprio mapa.

As conclusões parciais deste trabalho reforçam a importância de se investir no trabalho com mapas conceituais, pois mostrou a pertinência dessa ferramenta para contribuir com uma aprendizagem significativa dos conceitos relativo ao tema escolhido. Este relato sugere também que é possível, e motivador, abordar o tópico Partículas Elementares no Ensino Médio.

Referências

- Abdalla, M.C.B. (2005). Sobre o discreto charme das partículas elementares. *A Física na Escola*, 5(2), 10-14.
- Abdalla, M.C.B. (2006). *Sobre o discreto charme das partículas elementares*. São Paulo: Unesp.
- Ausubel, D.; Novak, J.; Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Helayël-neto, J.A. (2005). Supersimetria e Interações fundamentais. *A Física na Escola*, 6(1), 45-47.
- Kawamura, M. R. D., & Hosoume, Y. (2003). A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. *A Física na Escola*, 4(2), 22-27.
- Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2009.
- Moreira, M.A. (2004). Partículas e Interações. *A Física na Escola*, 5(2), 10-14.
- Moreira, M.A. (2006a). *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do autor.
- Moreira, M.A. (2006b). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Moreira, M.A. (2007). A Física dos quarks e a epistemologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(2), 161-173.
- Moreira, M.A. (2009). O Modelo Padrão da Física de Partículas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), 1306 – 1 a 11.
- Novak, J. (2000). *Aprender criar a utilizar o conhecimento*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Ostermann, F. (1999). Um texto para professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 21(3), 415-436.

Ostermann, F. & Cavalcante, C. (2001). Um pôster para ensinar Física de Partículas na Escola. *A Física na Escola*, 2(1), 13-19.

Ostermann, F. & Moreira, M.A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e Contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1). Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm >. Acesso em: 14 dez. 2006.

Paulo, I.J.C. (2006). *A aprendizagem Significativa Crítica de Conceitos de Mecânica Quântica segundo a Interpretação de Copenhague e o Problema da Diversidade de Propostas de Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. Tese de Doutorado - Departamento de Didáticas Específicas – Universidade de Burgos.

Pinheiro, L.A.; Costa, S.S.C.; Moreira, M.A. (2009). *Projetando o ensino de Partículas elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio*. XVIII Simpósio Nacional de ensino de Física – SNEF 2009 – Vitória, ES. Disponível em: < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0797-1.pdf> >. Acesso em: 20 nov. 2009.

Silva, E. de B. A qualidade no currículo. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/EuridesBritoS.pdf> >. Acesso em: 20 nov. 2009.

Vygotsky, L.S. (1991). *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotsky, L.S.(1993). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

Recebido em: 25.11.09

Aceito em: 11.01.10