

Noções de alunos do Ensino Médio a respeito da estrutura da matéria: investigação de uma abordagem histórico-didática para o ensino de Física de Partículas

Marcia da Costa¹, Irinéa de Lourdes Batista²

marciarscosta@hotmail.com, irinea2009@gmail.com

¹Programa da Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, Km 380, Paraná, Brasil.

²Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, Km 380, Paraná, Brasil.

Resumo

Esta pesquisa investigou potencialidades e delimitações de uma abordagem histórico-didática a respeito de um tema de Física Moderna, com auxílio de multimídias, no Ensino Médio. Pesquisas evidenciam que a História e Filosofia da Ciência, bem como o estudo de tópicos de Física Moderna, podem levar a uma compreensão satisfatória de conteúdos científicos, assim como do processo de construção do conhecimento científico. Com base nesses argumentos foi construída e aplicada uma Unidade Didática contemplando o estudo de tópicos de Física de Partículas por meio de uma abordagem histórico-didática e de princípios da Aprendizagem Significativa. A abordagem foi proposta com o objetivo de inserir o tema Partículas Elementares por meio do seguinte questionamento: De que é feita a matéria que compõe o Universo? Foram elaboradas sequências didáticas que discutiram a construção desse conhecimento científico, desde as primeiras explicações dadas para a constituição da matéria até as evidências da detecção do bóson de Higgs. Procurou-se observar indícios de alterações nas noções dos alunos investigados a respeito da Natureza da Ciência e de conteúdos científicos específicos. Foram utilizados como instrumentos de coleta de dados, a Unidade Didática, questionários, mapas conceituais e anotações durante o processo de aplicação dessa unidade. Optou-se por fazer uso dos procedimentos da Análise de Conteúdo como instrumento de análise dos dados. Com base nos resultados obtidos, constatou-se que a proposta didática contribuiu para a compreensão de conteúdos relacionados à Física de Partículas, para a construção de noções reais e abrangentes a respeito da Natureza da Ciência e que a elaboração, individual e coletiva, dos mapas conceituais proporcionou o desenvolvimento de aprendizagem dos conceitos físicos enfocados, conforme os indícios observados de Aprendizagem Significativa.

Palavras-chave: Física de Partículas. História e Filosofia da Ciência. Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Mapas Conceituais.

Notions of High School Students about the Structure of Matter: investigation of a historical-didactical approach for Particle Physics teaching

Abstract

This research investigated the potentialities and limitations of a historical-didactical approach regarding a Modern Physics subject, with the help of multimedia, in High School. Searches evidence that the History and Philosophy of Science, and the study of topics of Modern Physics, can lead to a satisfactory understanding of scientific content, as well as the scientific knowledge construction process. Based on these arguments it was built and applied a Didactic Unit contemplating the study of topics of Particles Physics through a historical-didactical approach that took into account principles of Meaningful Learning. The approach was proposed in order to insert the Elementary Particles subject through the following question: What is done to matter that makes up the universe? Didactic sequences were prepared that discussed the construction of that scientific knowledge, from the first explanations for the constitution of matter to the evidence of detection of the Higgs boson. At the end, we tried to observe possible signs of changes in notions of the investigated students about the Nature of Science and specific scientific content. The Didactic Unit, questionnaires and conceptual maps were used as data collection. We decided to make use of the procedures of Content Analysis as a data analysis tool. Based on the results obtained, it could be seen that the didactic proposal contributed to

the understanding of the content related to Particles Physics, for the construction of real and comprehensive notions about the Nature of Science and that, the individual and collective elaboration of conceptual maps provided the development of learning, enabling evidence of Significant Learning.

Keywords: Particles Physics. History and Philosophy of Science. Physics Teaching. Meaningful Learning. Conceptual Maps.

Notion des élèves de l'école sur la structure de la matière: recherche de une approche historique et didactique pour enseigner la Physique des Particules

Résumé

Dans cette recherche nous avons étudié le potentiel et les limites d'une approche historique didactique dans un thème de Physique Moderne, à l'aide du multimédia, à l'école secondaire. Les sondages montrent que l'histoire et la philosophie des sciences, et que l'étude des sujets de la physique moderne, peuvent conduire à une compréhension satisfaisante du contenu scientifique, ainsi que le processus de construction de la connaissance scientifique. Basé sur ces arguments nous avons construit et appliqué une unité didactique contemplant l'étude de sujets de physique des particules au moyen d'une approche historique et didactique qui a pris en compte les principes de l'apprentissage significatif. L'approche a été proposée afin d'inclure le thème particules élémentaires grâce à la question suivante: Qu'est-ce qui est fait à la matière qui fait l'univers? Séquences didactiques ont été préparés qui a discuté la construction des connaissances scientifiques, des premières explications pour la formation de la matière à la preuve de la détection du boson de Higgs. Nous avons cherché à évaluer les indications possibles des changements dans les notions des élèves sur la nature de la science et de contenu scientifique spécifique. Ont été utilisés comme instruments de collecte de données, l'unité d'enseignement, des quiz, des cartes conceptuelles et les notes prises par le chercheur. Nous avons décidé d'utiliser des procédures d'analyse de contenu comme l'outil d'analyse de données. Basé sur des résultats obtenus, nous avons constaté que la proposition didactique a contribué à la compréhension du contenu lié au physique des particules pour la construction des notions réelles et complètes sur la nature de la science et que l'élaboration individuelle et collective des cartes conceptuelles a fourni le développement de l'apprentissage, en permettant des signes d'Apprentissage Significatif.

Mots clés: Physique des Particules. Histoire et philosophie des sciences. Enseignement de la Physique. Apprentissage significatif. Cartes Conceptuelles.

Nociones de Estudiantes de Secundaria acerca de la estructura del material: antes y después de un enfoque histórico-didáctico de la Física de Partículas

Resumen

Se investigó el potencial y las limitaciones de un enfoque histórico-didáctico en relación con un tema de la Física moderna, con la ayuda de la multimedia, en la escuela secundaria. Las encuestas muestran que la Historia y Filosofía de la Ciencia, y el estudio de los temas de la Física Moderna, pueden conducir a una comprensión satisfactoria de contenido científico, así como el proceso de construcción del conocimiento científico. Sobre la base de estos argumentos fue construido y aplicado una Unidad Didáctica contemplar el estudio de temas de Física de partículas a través de un enfoque histórico-didáctico que tomó en cuenta los principios del aprendizaje significativo. El enfoque se propuso con el fin de incluir el tema de partículas elementales a través de la siguiente pregunta: ¿Qué se hace para las materias que componen el universo? Secuencias didácticas se prepararon que discutió la construcción del conocimiento científico, desde las primeras explicaciones de la formación de la materia a las pruebas de detección del bosón de Higgs. Buscamos evaluar los posibles indicios de cambios en las nociones de los estudiantes investigados sobre la naturaleza de la ciencia y el contenido científico específico. Se han utilizado como instrumentos de recolección de datos, la Unidad Docente, pruebas, mapas conceptuales y las notas tomadas por el investigador. Hemos decidido hacer uso de los procedimientos de análisis de contenido como la herramienta de análisis de datos. Con base en los resultados obtenidos, se encontró que la propuesta didáctica contribuyó a la comprensión de los contenidos relacionados con la Física de partículas para la construcción de nociones reales y completos sobre la naturaleza de la ciencia y que la elaboración, individual y colectiva, de los mapas conceptuales proporcionó el desarrollo del aprendizaje, posibilitando indicios de Aprendizaje Significativo.

Palabras clave: Física de partículas. Historia y Filosofía de la Ciencia. Enseñanza de la Física. Aprendizaje Significativo. Mapas Conceptuales.

1. INTRODUÇÃO

De que é feita a matéria que compõe o Universo? Como interagem? Esses são questionamentos que inquietaram

pesquisadores no decorrer do tempo e promovem discussões em sala de aula que permitem reflexões acerca do que somos formados, da estrutura da Matéria.

Nesta pesquisa, questionamentos dessa natureza foram utilizados em uma investigação teórico-metodológica para a elaboração de uma Unidade Didática com a intenção de estimular a curiosidade dos alunos e proporcionar uma aproximação dos jovens com a Ciência, uma vez que buscase que os alunos vejam a Física como uma atividade humana, coletiva e colaborativa. Essa Unidade Didática foi construída de forma a apresentar os conteúdos numa perspectiva histórica e cultural, mostrar que as teorias, leis e hipóteses na Física sofrem mudanças e/ou adaptações permanentes e que não são elaboradas por gênios isolados, além de contribuir para que os alunos aumentem seu conhecimento do mundo físico.

O campo da Física que se dedica a esclarecer esses questionamentos é a Física de Partículas, que também se caracteriza como um dos tópicos que influenciam os jovens a escolher a carreira científica, em Física (STANNARD, 1990; KALMUS, 1992; SWINBANK, 1992). O que se consolida em mais um dos motivos para a inserção da discussão desses temas no Ensino Médio, pois é uma das formas de atrair os jovens para a Ciência, além de se configurar como um exercício de cidadania, uma vez que proporciona uma formação científica contextualizada (OSTERMANN; CAVALCANTI, 1999).

Todavia, o Ensino de Ciências, em especial o ensino de Física no Ensino Médio, não acompanha esse raciocínio e se distancia cada vez mais das necessidades dos alunos em relação ao estudo de conhecimentos científicos atuais (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007).

Assim, este artigo apresenta os resultados da pesquisa teórico-metodológica da elaboração de uma proposta de uma Unidade Didática para a inserção do tema Partículas Elementares, no Ensino Médio, por meio de um questionamento que leva à discussão da estrutura da matéria na natureza. Essa proposta levou em consideração aspectos da História e Filosofia da Ciência (HFC) e da Aprendizagem Significativa, a fim de facilitar a aprendizagem dos alunos e discutir a dinâmica da construção do conhecimento científico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Abordagens Didáticas no Ensino de Ciências

Na disciplina de Física, muitos alunos apresentam dificuldade de compreensão de fenômenos que exigem abstração, interpretação e reflexão (BATISTA, 2004). Quando o professor não contextualiza os conteúdos ou não os apresenta por meio de uma abordagem diferente das tradicionais, o aluno acaba, na maioria das vezes, sentindo-se perdido em relação a aquilo que lhe é apresentado, não consegue entender o motivo, o significado e a relevância de determinados conteúdos para sua formação. Tal constatação se torna evidente ao observar em discursos de alunos as seguintes falas: “Quando eu vou utilizar isso em minha vida?” “Por que eu preciso saber disso?”.

Para superar essas dificuldades, uma das alternativas que vem sendo amplamente discutida, divulgada e incentivada em congressos e artigos científicos da área, para superação

desses obstáculos, é a inserção de História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências. Outra alternativa, igualmente discutida na literatura especializada, é o estudo de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Ambas as alternativas buscam proporcionar um ensino contextualizado, provocando uma aproximação entre a Física ensinada em sala de aula e as esferas científicas e tecnológicas presentes no cotidiano do aluno.

Essas alternativas podem ser combinadas por meio de uma abordagem didática, que, fundamentada em teorias de aprendizagem, pode proporcionar aulas mais interessantes, reflexivas e desafiadoras, possibilitando um ensino contextualizado, eficiente e abrangente.

No Ensino de Ciências, ao planejar uma abordagem didática para um tema de uma disciplina, deveria-se levar em consideração as particularidades dessa disciplina, atendendo as características da Didática das Ciências, cujas conexões teóricas são dadas pela Epistemologia, História e Filosofia da Ciência e Psicologia da Educação, centrando a atenção nos conteúdos da ciência do ponto de vista do seu ensino e aprendizagem (CACHAPUZ, et. al, 2001; ADÚRIZ-BRAVO, 2002).

Cachapuz, Praia e Jorge (2004), ao tratar das orientações para o Ensino de Ciências, teoricamente fundamentadas na Didática das Ciências, citam três orientações: dimensão pós-positivista, dimensão contextualizada e dimensão sócio-construtivista, que caracterizam o que se espera no âmbito do Ensino das Ciências.

A dimensão pós-positivista reflete a intenção de ensinar ciência e como ela se desenvolve, ou seja, além de promover um entendimento a respeito de conceitos científicos, também discutir a natureza da construção desses conhecimentos. Assim, a alfabetização científica e tecnológica envolve entender como a ciência é elaborada, como se distingue de outros empreendimentos, como muda com o passar do tempo, como influencia e é influenciada pela sociedade e cultura, entre outros fatores que descrevem a dinamicidade da Natureza da Ciência.

A dimensão contextualizada da ciência sugere que os assuntos abordados sejam de interesse de quem esteja estudando, possibilitando relações entre ciência, tecnologia, ambiente e sociedade, permitindo uma significação dos conceitos científicos.

Em relação à dimensão sócio-construtivista, ela é tomada como uma das alternativas para promover um ensino mais democrático e eficiente, considerando diversas metodologias e estratégias de ensino de acordo com o contexto escolar-educacional.

Além dessas orientações para seguir, uma abordagem didática possui características próprias que orientam sua elaboração e aplicação. Essas abordagens podem apresentar diferentes nomenclaturas, nesse trabalho utilizamos a Unidade Didática, que de acordo com Zabala (1998) são sequências de atividades estruturadas para alcançar objetivos educacionais determinados. As unidades têm a característica de manter o caráter articulador e reunir toda a complexidade da prática, ao mesmo tempo que são instrumentos que permitem incluir as três fases de uma

intervenção reflexiva: o planejamento, a aplicação e a avaliação (ZABALA, 1988).

Ao ter como objetivo, em uma abordagem didática, a aprendizagem de conceitos científicos e a compreensão da construção desses conhecimentos, torna-se necessário o suporte de uma teoria de aprendizagem que fundamente a elaboração, aplicação e avaliação processual ao longo da abordagem para a obtenção desse objetivo.

Nesse contexto, essa pesquisa investigou a elaboração de uma Unidade Didática para o ensino de Física Moderna, fundamentada na teoria da Aprendizagem Significativa e na História e Filosofia da Ciência, atendendo as dimensões pós-positivista, contextualizada e sócio-construtivista do Ensino de Ciências.

2.2. Física Moderna no Ensino Médio

O termo “Física Moderna” refere-se à Física que deu seus “primeiros passos” no final do século XIX e que obteve grande estruturação principalmente nas primeiras três décadas do século XX. A passagem da Física Clássica para a Física Moderna foi realizada por meio de uma ruptura, iniciada por vários estudos que deslocaram a atenção do macro para o micro, dando início às investigações a respeito da estrutura da matéria.

Os conhecimentos construídos nesse período foram, a maioria, incorporados a tecnologias que, muitas vezes, se fazem presentes no dia a dia. Assuntos relacionados à Física Moderna estão constantemente sendo vinculados pelas mídias impressas, ou analógicas. Isso faz com que alguns estudantes levantem algumas indagações a respeito, como por exemplo: Como funciona um celular? O que é uma bomba atômica? Quais os riscos e utilidades da energia nuclear? O que é um LHC? O que são *quarks*? O que é supercondutividade? Como funciona a nanotecnologia? Entre outras curiosidades.

Entretanto, a maioria dos currículos de Física do Ensino Médio é desatualizada, nos quais a Física que é ensinada fica demasiadamente concentrada nos conhecimentos científicos construídos em séculos passados e pouco evidencia a Ciência deste século (OLIVEIRA; VIANNA; GAERBASSI, 2007; TERRAZZAN, 1992). O que se pode esperar de uma formação que está defasada no tempo? Mesmo tratando-se de uma crítica feita há anos, o que se percebe é que a realidade não mudou muito desde então (FERREIRA; DAMASIO; RODRIGUES, 2014). Colocar essas reflexões em prática na sala de aula ainda é um desafio.

Uma das alternativas para superar esse desafio é a inserção de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, que é apontada como sugestão para atualização do currículo escolar e para propiciar uma aproximação entre a Física que se ensina em sala de aula e as tecnologias presentes no cotidiano do aluno (TERRAZZAN, 1992; PÉREZ; SENENT; SOLBES, 1998; MOREIRA; VALADARES, 1998; PINTO, ZANETIC, 1999; OSTERMANN; CAVALCANTI, 1999; OSTERMANN; MOREIRA, 2001).

Mas quais os tópicos de Física Moderna que seriam relevantes para discutir no Ensino Médio? Ostermann e Moreira (2001) estabeleceram um consenso, entre físicos, pesquisadores em Ensino de Física e professores do Ensino Médio, a respeito de alguns tópicos de Física Moderna que deveriam ser abordados no Ensino Médio com a finalidade de atualizar o currículo de Física. Entre os tópicos estão: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, partículas elementares, relatividade restrita, *big bang*, estrutura molecular e fibras ópticas.

A abordagem desses assuntos em sala de aula pode proporcionar uma atualização no currículo de Física, bem como um ensino contextualizado e próximo das necessidades e curiosidades dos alunos. O ensino contextualizado também é defendido nos documentos oficiais que contêm os princípios norteadores da educação nacional. Uma vez que a contextualização problematiza a realidade vivida pelo aluno, é interessante para eles poderem trazer o mundo abstrato da Física para o mundo construído com suas próprias experiências (BRASIL, 2006, 2013).

Quanto à opinião dos professores da Educação Básica, a respeito da inserção de Física Moderna, a maioria deles concorda com a relevância desses estudos. Entretanto, ainda é a minoria que implementa discussões em relação aos tópicos de Física Moderna em seus planejamentos e em sua sala de aula (MACHADO; NARDI, 2003; OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007).

Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009), em uma pesquisa que investigou a relevância que professores de Física atribuem aos temas de Física Moderna, bem como as perspectivas, possibilidades e dificuldades que eles enfrentam ao abordar o tema em sala de aula, perceberam que mesmo evidenciando a relevância desses temas, os mesmos não se mostram entusiasmados. O que se percebeu por meio de registros foram as marcas de uma formação pautada em perspectivas teóricas e racionalidade técnica, o que inviabilizou uma compreensão satisfatória do próprio objeto de conhecimento.

De acordo com esse perfil de professores, são necessárias discussões a respeito da formação profissional e seria pertinente que se refletisse a respeito das palavras de Lévy-Leblond:

Assim, em vez de querer modernizar a todo custo os conteúdos específicos do ensino científico, parece-me muito mais urgente levar os alunos à compreensão do que é realmente Ciência, de seus processos de trabalho, seus desafios epistemológicos, suas implicações sociais. (LÉVY-LEBLOND, 2002, p. 72).

Ao refletir essas palavras, reforça-se a relevância desta investigação que procura, além de discutir conhecimentos científicos, a construção de noções reais em relação à natureza do conhecimento científico.

Ainda nessa perspectiva, Pérez, Senent e Solbes (1988) e Pérez e Solbes (1993) defendem que o ensino de Física Moderna para alunos do Ensino Médio assume um papel

relevante, uma vez que a introdução de tópicos de Física pode contribuir para uma imagem mais abrangente desta ciência e da própria natureza do trabalho científico.

Tópicos de Física Moderna, como os que se relacionam com a estrutura da matéria, são contemplados nos documentos oficiais que regulamentam a Educação Básica. Porém, é relevante explicitar que esses documentos não devem ser encarados sem criticidade, uma vez que o ideal é que sejam reflexos de indicativos de resultados de pesquisa. A seguir são descritas algumas partes de documentos oficiais que refletem alguns desses indicativos.

Nas Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, um dos objetivos da unidade temática, *Compreensão humana do Universo*, contida no tema *Universo Terra e Vida* é “compreender aspectos da evolução dos modelos da Ciência para explicar a constituição do Universo (matéria, radiação e interações) através dos tempos, identificando especificidades do modelo atual” (BRASIL, 2002, p. 79).

No Caderno de Expectativas de Aprendizagem¹, do estado do Paraná, são contempladas as expectativas em relação aos conteúdos estruturantes e aos conteúdos associados a estes. Dentre as expectativas, as 64, 65, 66 e 67 se referem especificamente à natureza da matéria, Partículas Elementares, Modelo Padrão e as interações fundamentais. Espera-se que ao final do Ensino Médio o aluno:

64. Compreenda os modelos concebidos para o átomo como uma possibilidade de interpretação da natureza da matéria, tendo em vista a ciência como um processo histórico e em construção e como uma tentativa humana de representação e entendimento da realidade em diferentes momentos históricos, concebendo o átomo como divisível e não como o constituinte elementar da matéria.

65. Compreenda a estrutura da matéria em termos de partículas elementares, identificando o que e quais são essas partículas e classificando-as segundo seus atributos físicos, por exemplo, carga, massa e spin.

66. Compreenda o modelo padrão como uma “teoria construída” na busca por uma unificação das interações fundamentais que supõe a existência de simetrias (por exemplo, partículas e antipartículas), porém ainda em construção.

67. Aprenda as interações fundamentais: gravitacional, eletromagnética, forte (nuclear ou hadrônico) e fraca, buscando estabelecer relações entre elas e entendendo-as como uma busca teórica na unificação das forças fundamentais da natureza (PARANÁ, 2012, p.48).

Estudos anteriores (ROCHA, 2013; PINHEIRO, 2011; CALHEIRO, GARCIA, GOMES, 2014) indicam que a maioria dos estudantes do Ensino Médio não apresenta noções satisfatórias em relação aos conceitos supracitados. O que revela a necessidade de pesquisas que sugiram alternativas para abordagens dessas temáticas em sala de aula.

¹ O Caderno de Expectativas de Aprendizagem é resultado de uma das etapas de implementação das Diretrizes Curriculares Orientadoras de Educação Básica para a Rede Estadual do Paraná. Esse documento foi levado em consideração com a finalidade de atender o contexto local.

Quanto às maneiras como o professor deveria abordar esses tópicos, Terrazzan (1994) defende que deva existir uma abertura para que os professores escolham as metodologias que considerarem adequadas a cada tópico.

Destacamos, neste trabalho, o uso de abordagens histórico-filosóficas que, de acordo com Rinaldi e Guerra (2011), podem capacitar o aluno a perceber a construção da Ciência e da tecnologia ao longo da história, e tornar-se uma alternativa para diminuir o distanciamento entre usuário e as tecnologias. Abordagens que levem em consideração a História e/ou a Filosofia da Ciência podem contribuir na compreensão dos conceitos de uma disciplina específica, o que significa, em outras palavras, “contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as aulas de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (MATTHEWS, 1995, p. 165).

2.3. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física

Utilizar a História da Ciência pode, além de enriquecer o Ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, possibilitar uma visão da Ciência como uma construção humana (BRASIL, 2006). Para isso, Matthews (1995) sugere que se apresente a Ciência para os alunos como um conhecimento em construção, na qual nada é definitivo, ou seja, a qualquer momento uma teoria pode ser substituída por outra que melhor explique um fenômeno em questão. Assim, o aluno é instigado a questionar e investigar, o que pode levar a uma compreensão do processo de construção do conhecimento científico e ao entendimento de alguns aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

De acordo com Lederman *et al.* (2002), o termo Natureza da Ciência se refere à epistemologia e sociologia da Ciência, à Ciência como uma forma de conhecer, ou aos valores e crenças inerentes ao conhecimento científico e seu desenvolvimento. Porém, não há um consenso específico em relação ao conceito de NdC entre filósofos, historiadores e sociólogos da Ciência, dada a complexidade da atividade científica e a diversidade de posições epistemológicas. A Ciência é complexa, assim admite-se impossível uma caracterização única válida para todos os contextos (MARTINS, 2015; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a).

Quando não há o consenso, umas das alternativas é expor os diferentes argumentos e exemplificar em que contextos são válidos (MARTINS, 2015; CLOUGH, 2006; KOSTAS, 2016). Assim, os professores e estudantes podem ter uma noção da abrangência e complexidade das noções da NdC. De acordo com Clough (2006), mesmo em questões da NdC que parecem consensuais deve-se procurar uma compreensão conceitual ao invés de um conhecimento declarativo.

No entanto, para fins relacionados à educação científica, alguns aspectos são considerados relevantes para a formação dos estudantes, pois eles devem desenvolver uma compreensão ampla de como a ciência funciona para interpretar a confiabilidade das afirmações científicas (ALLCHIN, 2013). Esses aspectos podem ser abordados em diferentes níveis de profundidade e complexidade,

dependendo do nível de ensino, e principalmente do contexto em que são discutidos, levando em consideração um determinado intervalo de tempo e as posições epistemológicas predominantes desse período (ALLCHIN, 2011; CLOUGH, 2007).

Assim, há alguns aspectos considerados acessíveis e relevantes aos estudantes, como a ideia de o conhecimento científico ser de caráter: provisório; empírico; carregado de teoria; social e culturalmente incorporado. Outros aspectos relevantes são a distinção entre observação e inferência, a inexistência de “um único método” para fazer Ciência, as funções e relações de leis e teorias científicas. (MARTINS, 2015; LEDERMAN *et al.*, 2002).

As pesquisas que investigam as noções de estudantes ou professores em relação à NdC, geralmente se deparam com ideias ingênuas da dinâmica do conhecimento científico. Por exemplo: o conhecimento científico como definitivo e verdadeiro embasado “no” método científico, na Ciência “comprovada” por dados experimentais advindos da observação, entre outras. A imagem reproduzida, da natureza do conhecimento científico, reflete uma visão empirista-indutivista, absolutista, uma Ciência construída por gênios, um conhecimento verdadeiro absoluto e imparcial (CAREY, 1989; LEDERMAN, 1992; SOLOMON *et al.*, 1992; CUDMANI; SANDOVAL, 2000; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000a; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000b; LEDERMAN *et al.*, 2002; KOSMINSKY; GIORDAN, 2002; GATTI; NARDI; SILVA, 2007; TEIXEIRA; FREIRE; EL-HANI, 2009; TIAGO, 2011; SCHIRMER, 2012; ZANON; MACHADO, 2013).

Para problematizar esses aspectos, defende-se, que o desenvolvimento didático do conteúdo de Física a ser ensinado leve em consideração a história e os problemas epistemológicos do mesmo, ou seja, uma abordagem pedagógica que englobe a História, a Filosofia e a Ciência. Com esse tipo de contextualização, o que se espera é que o Ensino de Física dê significado ao desenvolvimento humano, subsídios para compreender e admirar o esforço coletivo de adaptação e transformação representado pela Ciência (BATISTA, 2009; BATISTA, 2004).

Para que o ensino contemple esses anseios é necessária uma nova maneira de ensinar, na qual o ensino memorístico deixa de ser protagonista e busque-se meios para que o aluno assuma o seu papel na construção do seu próprio conhecimento. Nessa perspectiva, “implica deixar de ver o aluno como um receptor de conhecimentos, não importando como os armazena e organiza em sua mente. Ele passa a ser considerado agente de uma construção que é sua própria estrutura cognitiva” (MOREIRA, 1999, p. 15).

Em virtude disso, na pesquisa realizada, foi tomada como norteadora da construção e aplicação da Unidade Didática a teoria da Aprendizagem Significativa, descrita por Ausubel (2003).

2.4. Aprendizagem Significativa, Mapas conceituais e recursos potencialmente significativos

A Aprendizagem Significativa consiste na aquisição² de novos significados a partir do material de aprendizagem. Para isso, é necessário que o material seja potencialmente significativo para o aluno, ou seja, conceitualmente claro e com linguagem e exemplos relacionados com seu conhecimento prévio. Essa exigência requer outras duas: a primeira é que o material de aprendizagem possa se relacionar de forma não arbitrária e não linear com qualquer estrutura cognitiva apropriada; a segunda é que a estrutura cognitiva do aluno possua conceitos ou proposições relevantes as quais a nova informação possa ancorar-se.

Com o objetivo de proporcionar uma Aprendizagem Significativa, Ausubel propõe que se interaja de forma planejada com a estrutura cognitiva. Ele enfatiza cinco estratégias pedagógicas para facilitar esse processo: o uso de organizadores prévios, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora, a organização sequencial e a consolidação.

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, caracterizam a estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura dinâmica de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados (MOREIRA, 2012).

Quando se programa uma disciplina, curso ou aula, seguindo os princípios da diferenciação progressiva, primeiramente são apresentadas as ideias mais gerais e inclusivas para posteriormente diferenciá-las progressivamente em termos de suas particularidades. Essa ordem de apresentação corresponde à maneira pela qual os conhecimentos se representam, organizam e armazenam na estrutura cognitiva. De acordo com Novak e Gowin (1996), o princípio da diferenciação progressiva de Ausubel estabelece que a Aprendizagem Significativa é um processo contínuo, no qual os conceitos podem ser permanentemente modificados e mais inclusivos à medida que vão sendo progressivamente diferenciados.

A reconciliação integradora é o processo no qual ocorre uma recombinação desses conceitos na estrutura cognitiva do indivíduo, que se reorganizam e adquirem novos significados. Esse princípio procura explorar as relações entre as ideias de um assunto, indicar diferenças e semelhanças significativas para se reconciliarem as inconsistências e determina que a Aprendizagem Significativa se aprimora quando o aluno estabelece novas relações conceituais entre conjunto de conceitos ou proposições. (NOVAK; GOWIN 1996).

De acordo com Moreira (2000), para facilitar aprendizagens dessa natureza pode-se recorrer a instrumentos que já se mostraram eficazes, por exemplo, os Mapas Conceituais.

Os mapas conceituais foram desenvolvidos em um programa de pesquisa, em 1972, na Universidade de Cornell, no qual se investigava as mudanças na maneira como os sujeitos compreendem a Ciência. Diante da necessidade de encontrar uma forma de representar a compreensão conceitual de crianças, surgiu a ideia de que esse conhecimento fosse representado na forma de mapas

² Aqui, de acordo com Ausubel, aquisição está com a ideia de “ganhar a posse” de novos conhecimentos que anteriormente não se tinha ou compreendia.

conceituais. Surgia aí um novo instrumento para uso nas pesquisas e no ensino (NOVAK; MUSONDA, 1991). Os mapas conceituais têm por finalidade representar relações entre conceitos na forma de proposições. Sintetizando, “um Mapa Conceitual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos em uma estrutura de proposições” (NOVAK; GOWIN 1996, p. 31).

Também, de acordo com Novak e Gowin (1996), no processo de elaboração dos mapas conceituais é possível que ocorra a construção de novos significados, pois os sujeitos podem reconhecer novas relações proposicionais entre conceitos, representando a aquisição de novos significados. Isso pode ser considerado uma atividade criativa e fomentadora de criatividade, que é um requisito para Aprendizagem Significativa.

Assim como os Mapas Conceituais são encarados como instrumentos capazes de detectar, bem como facilitar a Aprendizagem Significativa, existem outros facilitadores, como por exemplo a diversificação dos recursos didáticos. Moreira (2000) expõe alguns princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa, entre eles aprender a partir de distintas estratégias de ensino e de distintos materiais educativos. Com base nesses argumentos a Unidade Didática elaborada foi estruturada de forma a atender esses princípios, abandonando o ensino centrado em atividades de quadro e giz e buscando uma diversidade de materiais educativos, entre eles vídeos, simulações, leituras, animações e Mapas Conceituais.

Destaca-se ainda a relevância da utilização dos materiais multimídias no decorrer dos processos de ensino que visam uma Aprendizagem Significativa, uma vez que há a necessidade de revisões e revisitação dos conteúdos estudados, em quantidade e espaçamentos suficientes, por meio de práticas de ensino diferenciadas.

3. METODOLOGIA

Esta investigação trata-se de uma pesquisa qualitativa, conforme a caracterização de Bogdan e Biklen (1994), na qual geralmente o pesquisador frequenta os locais em que ocorrem os fenômenos nos quais está interessado. Esta pesquisa foi desenvolvida no ambiente escolar, no qual uma das pesquisadoras já atuava como professora há alguns meses antes da realização da mesma. Durante todo o processo de coleta de dados foi esclarecido que não se buscava respostas certas ou erradas, mas o entendimento, de acordo com os referenciais teóricos, dos significados obtidos dos dados.

A Unidade Didática foi aplicada no segundo semestre de 2014, como atividade no contraturno, com duração de 12 aulas, em uma escola pública do município de Cambé, Paraná. O público alvo foram alunos de segundo e terceiro anos do Ensino Médio.

Haja vista a relevância dos conhecimentos prévios dos alunos no processo de aprendizagem, antes da elaboração da proposta didática, foi realizada uma sondagem do que os alunos sabiam em relação ao assunto. Esse mapeamento foi realizado por meio de um questionário que continha 11 questões, sendo sete delas relacionadas à Natureza da Ciência (NdC) e quatro delas em relação a conteúdos

específicos como: estrutura da matéria, estrutura atômica, Partículas Elementares e Modelo Padrão. Todas as questões utilizadas e as respostas respectivas foram decodificadas intersubjetivamente pelos integrantes do grupo de pesquisa IFHIECEM³.

Ao perceber as dificuldades dos alunos em relação aos questionamentos propostos, deu-se início à construção de um texto teórico-conceitual que levou em consideração princípios da Aprendizagem Significativa e serviu de base para as discussões em sala de aula, que tinham por objetivo fragilizar as noções equivocadas dos alunos em relação à NdC e aos conteúdos específicos.

A Unidade Didática foi desenvolvida com base no questionamento: De que é feita a matéria que compõe o Universo? E discutiu desde as primeiras explicações dadas à constituição da matéria até as evidências do bóson de Higgs. Ao final, esperava-se que os alunos fossem capazes de fornecer explicações para a composição da matéria que contemplassem as partículas elementares e soubessem informar com mais precisão detalhes da estrutura atômica e do Modelo Padrão.

Como um dos princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa é a diversificação dos recursos didáticos (MOREIRA, 2000), a Unidade Didática elaborada foi estruturada de forma a atender esse requisito, abandonando o ensino centrado em atividades de quadro e giz e buscando uma diversidade de materiais educativos, entre eles vídeos, simulações, leituras, animações e Mapas Conceituais.

A seguir é feita uma descrição concisa das atividades propostas durante a Unidade didática.

3.1. Descrição da Unidade Didática e da Coleta de Dados

Foram desenvolvidas sequências didáticas que discutiram desde as primeiras explicações para a constituição da matéria até as evidências da detecção do bóson de Higgs, num total de 12 aulas.

A Unidade Didática detalhada está descrita em Costa e Batista (2015).

Aulas 01 e 02: No primeiro encontro foram desenvolvidas atividades aleatórias com mapas conceituais para promover o contato dos alunos com esse novo instrumento. Em seguida foram coletados os dados iniciais que consistiam de um questionário prévio e a primeira versão dos mapas conceituais a respeito do questionamento: De que é feita a matéria que compõe os objetos naturais e artificiais do Universo? Por fim, foram trabalhadas duas atividades como organizadores prévios, um vídeo que discutia de maneira geral o tema Partículas Elementares e uma animação computacional que tinha o objetivo de discutir a diferença entre as escalas atômicas, subatômicas e cosmológicas.

³ Grupo de pesquisa Investigações em Filosofia e História da Ciência, Educação Científica e Matemática (<http://www.uel.br/grupo-pesquisa/ifhiecem>), com apoio do CNPq e PROPPG/Uel.

Aulas 03 e 04: O segundo encontro começou com a discussão a respeito da constituição da matéria. Foram exploradas as primeiras explicações dadas para essa questão, desde as explicações mitológicas até o pensamento filosófico. Em seguida, ao falar do átomo, foi abordado o Modelo atômico de Dalton a fim de que os alunos fossem observando as características dos modelos que ainda seriam estudados. Em seguida foi feita uma explanação rápida a respeito do Modelo Padrão, em linhas gerais e inclusivas, para que posteriormente fossem especificadas e aprofundadas. Ainda neste encontro foi dado início ao estudo dos férmions, com a família dos léptons. Ao final do encontro foi dado início a uma atividade de adoção de partículas.

Aulas 05 e 06: No terceiro encontro foi dada sequência ao estudo da família dos léptons e, relacionando aos tópicos estudados, foram discutidos os conceitos de fissão e fusão nuclear, a assimetria matéria e antimatéria e também a respeito dos experimentos de Física de Partículas. Ao final do encontro os alunos construíram um mapa conceitual coletivo para responder à mesma questão proposta no início da Unidade Didática: De que é feita a matéria que compõe os objetos naturais e artificiais do Universo?

Aulas 07 e 08: No início do quarto encontro foram retomados os assuntos discutidos até o momento e dado início ao estudo da família dos quarks. Nestas aulas foram abordados os prótons, nêutrons e píons e ao estudar com mais detalhes as evidências do próton foi retomada a discussão a respeito dos modelos atômicos. Por fim os alunos construíram um mapa conceitual coletivo e em seguida elaboraram a segunda versão dos mapas individuais.

Aulas 09 e 10: Foram retomados os conteúdos vistos até o presente encontro e dado início ao estudo da família dos bósons. Ao tratar do fóton foi realizada uma atividade com simulação computacional para que os alunos visualizassem o efeito fotoelétrico e manipulassem as variáveis envolvidas no processo. Ao final do encontro os alunos construíram mais um mapa conceitual coletivo.

Aulas 11 e 12: No último encontro foram sistematizadas as ideias discutidas durante os encontros anteriores e explicado com mais detalhes o Modelo Padrão e finalizada a atividade de adoção de partículas. Por fim, os alunos construíram a terceira versão dos mapas conceituais individuais, responderam ao questionário posterior e a um questionário de avaliação da Unidade Didática.

Todas as aulas foram guiadas por questionamentos e discussões a respeito dos conteúdos científicos e do processo de construção desse conhecimento. Para embasar as discussões os alunos tinham à disposição uma diversidade de recursos e atividades didáticas, como as descritas a seguir.

Recortes do texto teórico-conceitual com enfoque histórico-filosófico: Durante o curso foram utilizados recortes do texto teórico-conceitual para provocar discussões a respeito de elementos da NdC, para isso os alunos eram instigados com questões problematizadoras ao iniciar as leituras. Para cada tópico estudado era tomada alguma dinâmica de leitura. Em algumas partes foram subtraídas palavras do texto e sugerido que eles colocassem as palavras em seus

devidos lugares e em outros momentos foi feita uma leitura orientada por questões. Durante todo o processo os alunos eram instigados a pensar, refletir e discutir a respeito das questões propostas.

Vídeos: os recursos audiovisuais utilizados tiveram a intenção de trazer uma nova forma de representação dos fenômenos, oferecendo aos alunos a visualização de situações que não seriam alcançadas somente por leituras ou discursos orais. Após cada vídeo eram feitas discussões e salientados os pontos relevantes do recurso.

Animações e simulações: durante essas atividades o interesse era que o aluno interagisse de forma mais ativa no processo de ensino, manipulando algumas variáveis e procurando responder às questões propostas, bem como seus próprios questionamentos.

“Adoção” de partículas: essa atividade foi proposta com a finalidade de trabalhar a ideia de representação das partículas, ou melhor, da desconstrução das representações. Ao serem comunicados que adotariam uma partícula, todos ficaram muito entusiasmados. Quando as “receberam” eles não entenderam, pois esperavam algo concreto, tocável. Neste momento, aproveitou-se a oportunidade para explicar a questão das representações pictóricas feitas das partículas elementares, que na realidade não existe uma representação fiel, que sequer podemos vê-las.

Mapas Conceituais: Esses momentos foram explorados tanto em grupos como individualmente. Quando a proposta era voltada para o trabalho coletivo, o interesse estava na negociação de significados entre alunos e na aprimoração da construção dos mapas. Nos momentos de construção coletiva, os alunos se reuniam, a professora entregava os conceitos que deveriam ser estruturados e eles discutiam e construíam o mapa em uma cartolina. Ao final da atividade eram discutidos os eventuais erros teórico-conceituais e possíveis formas diferentes de estruturar o mapa. Nos momentos da elaboração dos mapas individuais o objetivo era mapear a organização cognitiva dos conceitos estudados pelos alunos. Ao todo foram construídas três versões de mapas individuais, a primeira foi antes do início do curso, a segunda foi no decorrer das aulas e a última foi ao final da Unidade Didática. Esses mapas foram analisados com o propósito de investigar indícios de Aprendizagem Significativa.

Os dados foram coletados durante a Unidade Didática por meio de questionários prévio e posterior, Mapas Conceituais construídos ao longo do processo e anotações da pesquisadora. Convém ressaltar que os questionários utilizados na coleta de dados foram adaptados de Lederman et al. (2002) e consistiam de questões abertas, para que os alunos pudessem expressar seu entendimento a respeito dos questionamentos, sem necessidade de concordar, ou não, com declarações prescritas, uma vez que o estabelecimento de respostas objetivas é criticado pela literatura atual, que inclusive sugere meios alternativos de avaliação de NdC, (ALLCHIN, 2011).

O procedimento de análise foi realizado seguindo pressupostos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977). Foram elaboradas Unidades de Contexto (UC) e de Registro (UR) para cada uma das questões e também para os Mapas

Conceituais (UCM e URM). Essas unidades foram construídas antes da análise dos dados e quando se fez necessário foram construídas Unidades de Registro Emergentes (URE). As respostas dos alunos foram unitarizadas nas Unidades de Registro (UR) e quando fez-se necessário foram fragmentadas em mais de uma UR.

Os dados aqui utilizados são oriundos das respostas formalmente esclarecidas e consentidas. Para manter preservada a identidade dos alunos, refere-se aos mesmos com códigos: A1, A2, A3, A4, e A5 para os integrantes da turma A e B1, B2 e B3 para os integrantes da turma B.

4. RESULTADOS

4.1. Análise dos questionários

As questões relacionadas à NdC foram: 1) Em sua opinião, o que é um experimento? 2) Em sua opinião, o desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? Explique. 3) Em sua opinião, após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica, a teoria pode mudar ou passar a ser inválida? Explique sua resposta. 4) Em sua opinião, o desenvolvimento do conhecimento científico depende de fatores sociais, políticos e culturais, ou ele se desenvolve independentemente desses fatores? Explique. 5) É possível que dois grupos de cientistas, de mesma área e competentes, que tenham acesso ao mesmo conjunto de dados, obtenham resultados diferentes? Explique. 6) Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para questões propostas por eles ou pela comunidade científica. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? Explique. 7) Quando você lê ou ouve o termo “cientista”, o que você pensa? Descreva o que você imagina.

Em algumas dessas questões, percebeu-se que os alunos apresentam noções em relação à Natureza da Ciência que podem ser consideradas adequadas ao consenso científico, de acordo com Lederman *et al.* (2002). Por exemplo, nas questões 03, 04 e 05, que dizem respeito à provisoriedade do conhecimento científico, da não neutralidade da Ciência e da subjetividade dos cientistas, os alunos apresentaram respostas que se aproximam da realidade científica, como pode ser notado no quadro abaixo com as Unidades de Registro da questão 04.

Quadro 1: Número de registros prévios e posteriores por Unidade de Registro da questão 04

UC4 “Ciência reflete valores e/ou é neutra”, reúne fragmentos textuais que identificam se os alunos compreendem a Ciência como neutra e/ou se essa é influenciada por valores sociais, culturais, políticos etc.		
Unidades de Registro	Número de Registros	
	PRÉVIO	POSTERIOR
UR 4.1 “Sim, pois é uma construção humana”	01	-
UR 4.2 “Sim, depende e é influenciada por fatores socioculturais”	06	08
UR 4.3 “A Ciência é neutra, pois é empírica, objetiva, verdadeira”	01	-
Total de registros	08	08

Fonte: as autoras.

Como se pode observar, mesmo antes da aplicação da Unidade Didática, a maioria dos alunos já assumiam que a Ciência dependia dos fatores políticos, sociais, econômicos, entre outros, como pode ser notado na resposta do aluno A1: “*Eu acho que depende. Se esse desenvolvimento do conhecimento estiver ligado a nós, humanos, fatores sociais, políticos e culturais podem interferir sim*” (Q4, A1, D1). Apenas um deles apresentou uma visão inadequada, B2, defendendo que a Ciência pode se desenvolver sem sofrer influência de fatores externos: “*Ela não depende, mesmo que esses fatores possam interferir numa pesquisa, qualquer um pode vir a pesquisar sobre determinado assunto*” (Q4, B2, D1).

Já no questionário posterior, é perceptível que todos os alunos compartilham da ideia de que os fatores externos são capazes, e em parte responsáveis, pelo desenvolvimento científico. Alguns deles citam a relevância dos financiamentos de pesquisas, haja vista o alto custo de manutenção de laboratórios e equipamentos sofisticados: “*Sim. Pois um experimento ou estudo consegue ser realizado apenas com apoio político, social e principalmente financeiro. Os cientistas precisam de alguém que banque suas pesquisas e projetos, pois os custos de alguns experimentos/pesquisas são realmente muito altos*” (Q4, A3, D2).

Outros se lembraram de momentos históricos em que o desenvolvimento da Ciência sofreu um atraso devido a fatores externos, como a perseguição da igreja contra quem defendia a teoria heliocêntrica e a impossibilidade de troca de informações e desenvolvimento de experimentos durante a Segunda Guerra Mundial. Esse último exemplo foi discutido durante as aulas no momento em que se abordavam questões relacionadas ao pión. Outro fator refletido foi o gasto necessário para montar os laboratórios de pesquisa, que investigam a Física de Partículas, dada sua grandiosidade e engenharia. Gastos esses que só foram possíveis com financiamento e acordos políticos de vários países.

Os resultados obtidos nas questões 03 e 04 são motivadores, pois se identifica neles noções mais condizentes com a realidade do trabalho científico. Ainda que algumas das noções apresentadas não sejam as mais apropriadas, elas mostram um possível amadurecimento em torno desses questionamentos, já que os resultados anteriores, (LEDERMAN, 1992; HARRES, 1999), não eram satisfatórios nesses aspectos.

Já no que diz respeito às questões 01, 02, 06 e 07, ainda prevalecem algumas noções equivocadas em relação à natureza do conhecimento científico e a respeito de que faz Ciência, como pode ser observado nas Unidades de Registro da questão 07, descritas no quadro abaixo.

Quadro 2: Número de registros prévios e posteriores por Unidade de Registro da questão 07

UC7 “Noções a respeito do termo cientista”, que tem o objetivo de reunir fragmentos textuais que identificam as noções das/dos alunos em relação ao termo cientista.		
Unidades de Registro	Número de Registros	
	PRÉVIO	POSTERIOR
UR 7.1 “Estereótipo de cientista	05	02

vinculado pelas mídias”		
UR 7.2 “Cientista como um ser humano comum”	-	06
URE 7.3 “Alguém que estuda ou trabalha com Ciência”	03	-
Total de registros	08	08

Fonte: as autoras.

Como se pode inferir dos dados, no questionário prévio eles apresentam uma visão estereotipada, aquela apresentada pelas mídias, de uma pessoa mais velha e muito inteligente, geralmente do sexo masculino e de cor branca, com um jaleco branco realizando experimentos. O que se evidencia, por exemplo, na resposta dos alunos A1 e A5: “*Um senhor velho de cabelo em pé e barba branca. Que deve ser muito inteligente e respeitado*” (Q7, A1, D1), “*Uma pessoa em um laboratório, usando jaleco e realizando experimento*” (Q7, A5, D1).

Embora nas respostas do questionário prévio os alunos não deixaram transparecer tão explicitamente a questão de gênero, pois somente A1 se refere a “um senhor”, os demais se referem a “uma pessoa”, nas falas durante as aulas eles deixaram claro que não imaginavam uma mulher cientista, pois nos livros que estudam não há a evidência do papel das mulheres na construção do conhecimento científico. Já nas respostas do questionário posterior, após algumas discussões a respeito de contribuições femininas na elucidação de problemas da área de Física de Partículas, três alunos evidenciam que a Ciência pode ser feita por homens e mulheres. Como pode ser observado na resposta do aluno A2: “*Uma pessoa normal, um homem ou mulher como todos, que erram, tem seus defeitos e qualidades, tem sua vida fora do laboratório e usam roupas comuns e são iguais a nós, só que efetuam pesquisas*” (Q7, A2, D2).

Pode-se perceber que as ideias, em relação a quem faz Ciência, apresentaram indícios de mudança, pois passaram do papel estereotipado para um papel mais humano, de alguém que estuda, trabalha, erra e tem uma vida pessoal como qualquer outra pessoa.

As ideias apresentadas pelos alunos corroboram com os resultados já obtidos em outras pesquisas (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002; ZANON; MACHADO, 2013; MENGASCINI *et al.*, 2004), na qual os alunos representam o cientista como uma pessoa muito inteligente que trabalha em seu laboratório, envolvida em experimentos e observações, que muitas vezes deixa de cuidar de si mesma, apresentando aparência desleixada. É priorizada a imagem de um sujeito solitário, que faz “descobertas”⁴ úteis para a humanidade, ignorando o trabalho coletivo cooperativo da construção do conhecimento científico e reforçando a ideia de que os resultados são méritos de apenas um cientista. Desconsideram-se as trocas de informações entre os pares, as elaborações teóricas.

Quando, por sua vez, o cientista está sujeito às virtudes e aos defeitos que caracterizam o ser humano. Na prática, os cientistas procedem por tentativas, tentam uma hipótese,

⁴ Nesta pesquisa assume-se uma postura epistemológica, na qual o termo “descoberta” não é aceito como coerente com a NdC, pois os conhecimentos científicos são criações humanas e não “verdades” postas para serem “descobertas” (GATTI; NARDI; SILVA, 2010).
REIEC Volumen 12 N^o 2 Mes Diciembre 50
Recepción: 02/03/2017 Aceptación: 15/08/2017

fazem uso da intuição, se frustram, se entusiasmam, enfim, são seres humanos (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002).

Esses resultados podem ser reflexos da representação do cientista feita pela sociedade em que estão inseridos, na qual os meios de comunicação exercem grande influência e propagam, por mídia analógica ou eletrônica, ideias inadequadas referentes ao processo de fazer Ciência que, aliado à falta de reflexão crítica dos professores a respeito da Natureza da Ciência, faz com que essa transmissão de conhecimentos estereotipados se faça presente nas salas de aula (ZANON; MACHADO 2013).

Essa situação, mostra que a escola deve preparar os alunos para interpretar e receber criticamente as informações transmitidas pelos meios de informação. Pois, caso não sejam discutidas noções da Natureza da Ciência em sala de aula, as únicas referências que o aluno terá serão aquelas advindas dos meios de comunicação, se comprometido com bases científicas.

Ao fazer uma análise geral dos dados obtidos nessas questões, percebe-se que as discussões em sala de aula, a respeito de episódios históricos que fazem parte da construção do conhecimento sistematizado de Física de Partículas, promoveram um entendimento satisfatório em relação à natureza do conhecimento científico. Embora algumas noções ainda permaneçam equivocadas, esse número diminuiu. E essa resistência, ainda oferecida por parte dos alunos, pode ser justificada pela forma como a transmissão de conhecimentos ocorre em sala de aula (ZANON; MACHADO, 2013; KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002).

Quanto às questões relacionadas aos conteúdos científicos, a primeira questão tratava das noções a respeito da constituição da matéria. Como pode ser observado no quadro 03, a maioria dos alunos não relaciona a constituição da matéria com as partículas elementares no questionário prévio.

Quadro 03: Número de registros prévios e posteriores por Unidade de Registro da questão 08

UC8 “Noções a respeito da estrutura da Matéria”, que tem por finalidade reunir os fragmentos textuais nos quais os alunos expressam suas noções a respeito da composição da matéria.		
Unidades de Registro	Número de Registros	
UR	PRÉVIO	POSTERIOR
UR 8.1 “Matéria composta por átomos”	05	-
UR 8.2 “Matéria composta por partículas elementares”	-	06
UR 8.3 “Noção parcialmente correta a respeito do tema”	01	02
UR 8.4 “Noções equivocadas em relação à composição da Matéria”	02	03
UR 8.5 “Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	-	-
Total de registros	08	11

Fonte: as autoras.

Essa questão tinha o propósito de obter noções a respeito da estrutura da matéria. Com base nas respostas, do questionário prévio, pode-se inferir que a maioria dos alunos apresentou o átomo como o constituinte fundamental da matéria, embora alguns se sentiam inseguros em fazer essa

afirmação, como pode ser percebido no seguinte registro: “A matéria é composta por átomos (não tenho certeza)” (Q8, A3, D1).

Apenas um deles apresentou uma visão mais aprofundada em relação ao conteúdo, apresentando conceitos mais específicos como quarks, léptons e bósons para explicar a constituição da matéria, como pode ser notado em sua resposta: “De partículas chamadas átomos, que por sua vez são formados de partículas ainda menores. Há três tipos dessas partículas, quarks, léptons e bósons.[...]” (Q8, B2, D1). Dois alunos apresentaram noções inadequadas a respeito do assunto.

Uma preocupação é o fato de que a maioria dos alunos não apresentou noções prévias adequadas quanto à estrutura da matéria, sequer em nível básico, que seria pelo menos descrever claramente a matéria como formada por átomos e esses, por sua vez, compostos de elétrons, prótons e nêutrons. Haja vista que esse conteúdo é previsto nos currículos escolares desde o Ensino Fundamental e é revisto com mais detalhes na disciplina de Química, geralmente, no primeiro ano do Ensino Médio.

Já no questionário posterior, após as aulas e as construções dos mapas conceituais, perceberam-se indícios de uma compreensão mais aprofundada em relação à estrutura da matéria. A maioria dos registros demonstra, por inferência dedutiva, que os alunos se apropriaram de novos conceitos e os estruturaram, hierarquizaram, diferenciaram e relacionaram de forma adequada para responder à questão, como se pode inferir ao ler a seguinte resposta: “A matéria é formada por férmions e bósons. Vamos explicá-los um de cada vez. Férmions: tem spin semi-inteiro e é formado por léptons e quarks. Os léptons são compostos pelo elétron, múon, tau e seus respectivos neutrinos. Os quarks são compostos pelo quark up, quark down, quark strange, quark charm, quark bottom e quark top. Bósons: tem spin inteiro e é formado por 3 mediadores e pelo bóson de Higgs. Os três mediadores são: glúons, que são responsáveis pela interação forte; fóton, que é responsável pela interação eletromagnética, e W^+ , W^- , Z^0 , que são responsáveis pela interação fraca. Continuando a explicação para chegar aos átomos, os quarks são ligados por glúons que formam os hádrons, que são mésons, como o pión; e bárions, como os prótons e nêutrons, a partir da junção desses prótons e nêutrons mais o elétron (que é um lépton) se forma o átomo que constitui tudo que é matéria” (Q8, A1, D2).

Embora a maioria das respostas fosse satisfatória, houve a presença de confusões conceituais nos registros de alguns alunos, como por exemplo: a consideração de antipartículas na constituição da matéria, a confusão entre força ou interação e energia, o bóson de Higgs como mediador da interação gravitacional, mésons formados por quarks, dentre outros. Além disso, percebe-se também a imprecisão da escrita, como se pode notar no parágrafo acima, quando A1 descreve os hádrons. Entende-se que ele queria dizer que os bárions e mésons formam o grupo dos hádrons, porém, isso não ficou claro pela maneira como foi escrito. Em geral, os resultados obtidos para essa questão foram satisfatórios e corroboram com estudos recentes, de Calheiro, Garcia e Gomes (2014) e Pinheiro (2011), que relatam que a maioria dos alunos, inicialmente, indica os átomos como os constituintes da matéria, alguns não fazem ideia de que

existem partículas ainda menores que formam os prótons e nêutrons, e outros se confundem com conceito de antimatéria etc. Porém, depois de estudarem os assuntos em aulas que propiciam uma Aprendizagem Significativa, eles passam a apresentar indícios de que aprenderam significativamente os conteúdos, pois assumem que a matéria é composta por partículas elementares, que elas formam grupos, que os prótons e nêutrons são formados por quarks, que o átomo não é uma partícula indivisível etc. Percebe-se também que os alunos apresentam respostas mais elaboradas, incorporando os conceitos novos, como léptons, quarks, bósons, entre outros, e conseguem estruturá-los de forma hierarquizada, respeitando a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Na sequência são apresentados os dados referentes à segunda questão relacionada aos conteúdos científicos.

Quadro 04: Número de registros prévios e posteriores por Unidade de Registro da questão 09

UC9 “Noções a respeito do modelo atômico atual”, que tem por finalidade reunir os fragmentos textuais nos quais os alunos expressam suas noções a respeito do modelo atômico atual.		
Unidades de Registro UR	Número de Registros	
	PRÉVIO	POSTERIOR
UR 9.1 “Noções de acordo com o consenso científico atual”	-	04
UR 9.2 “Noção parcialmente correta a respeito do tema”	02	03
UR 9.3 “Noções equivocadas em relação ao modelo atômico atual”	-	-
UR 9.4 “Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	04	-
UR 9.5 “Não contempla a pergunta”	01	01
Não responderam	01	-
Total de registros	07	08

Fonte: as autoras.

A questão 09 tinha como objetivo investigar as noções dos alunos em relação à estrutura atômica. Ao analisar o questionário prévio percebe-se que a metade dos alunos não sabe responder ou não se lembra de nada relacionado ao assunto. Dois apresentaram uma noção parcialmente adequada, um dos alunos parece ter interpretado a questão de uma maneira diferente da que se esperava e um deles não respondeu à questão.

Talvez se fossem ofertadas algumas alternativas contendo os modelos atômicos, como no estudo de Pinheiro (2011), os resultados poderiam ser mais satisfatórios. Porém, nada poderia garantir que eles não “chutariam” as respostas, dado a evidência de que metade dos alunos sequer sabia alguma informação a respeito do assunto. E mesmo com as alternativas, no estudo de Pinheiro (2011), cinco de 24 alunos afirmaram não saber qual é o modelo atômico aceito atualmente, enquanto os outros se distribuem em alternativas como: modelo de Thomson, modelo de Bohr, modelo quântico e o modelo de Rutherford.

Rocha (2013), em sua pesquisa, que também abordou a temática dos modelos atômicos, percebeu que somente um pequeno grupo de estudantes conseguia representar alguns dos modelos atômicos existentes. E que nenhum dos

estudantes fez menção ao modelo de orbitais atômicos, desenvolvido a partir da Mecânica Quântica.

Calheiro e Garcia (2014), por meio de atividades com Mapas Conceituais, perceberam que a maioria dos alunos não apresenta conhecimentos prévios relevantes a respeito desse conteúdo, o que sugere que os conteúdos estudados em relação à constituição do átomo foram assimilados de maneira superficial.

No questionário posterior, após algumas aulas que trataram do assunto, percebe-se que houve uma nítida melhora nas respostas, nenhum aluno deixou de responder à questão e a maioria apresentou noções adequadas ou parcialmente adequadas em relação ao assunto. Três registros foram considerados parcialmente corretos, pois os alunos ainda persistem com um modelo ultrapassado a respeito da constituição do átomo. Quatro alunos passaram a apresentar respostas de acordo com o consenso científico atual, recordando que o próton e o nêutron possuem estrutura interna.

Esse resultado foi considerado satisfatório, ao passo que o objetivo dessa questão era perceber se os alunos conseguiam, ao final da Unidade Didática, identificar corretamente a estrutura atômica, como se pode observar no seguinte registro: *“Que o átomo pode ser sim dividido, portanto não é uma partícula elementar e sim constituído por outras partículas, umas elementares e outras não. Como o elétron que tem órbitas definidas e o núcleo que é formado por prótons e nêutrons, que por sua vez são formados por partículas ainda menores”* (Q9, A3, D2).

Percebe-se que há indícios de estabilidade da aprendizagem de alguns dos alunos, pois dos que explicaram corretamente a questão a respeito da estrutura da matéria, ao responderem à questão relacionada ao modelo atômico a maioria lembrou que os prótons e nêutrons são compostos por partículas ainda menores.

A seguir são apresentados os dados referentes à terceira questão relacionada aos conteúdos científicos.

Quadro 05: Número de registros prévios e posteriores por Unidade de Registro da questão 10

UC10 “Noções a respeito das Partículas Elementares”, que tem por finalidade reunir os fragmentos textuais nos quais os alunos expressam suas noções a respeito do que são partículas elementares.		
Unidades de Registro	Número de Registros	
	PRÉVIO	POSTERIOR
UR 10.1 “Noções de acordo com o consenso científico atual”	03	07
UR 10.2 “Noção parcialmente correta a respeito do tema”	-	-
UR 10.3 “Noções equivocadas/confusas em relação ao tema”	03	01
UR 10.4 “Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	02	-
Total de registros	08	08

Fonte: as autoras.

Com a questão 09 tinha-se o propósito de investigar noções que os alunos tinham a respeito do que são Partículas Elementares.

Pode-se inferir, com base nos dados prévios, que a maioria dos alunos não tem noções prévias adequadas ao consenso científico. Três deles apresentam respostas equivocadas e confusas, dois não sabiam responder à questão e apenas três alunos esboçaram respostas mais condizentes com o consenso científico atual, o que pode ser observado nos seguintes registros: *“São pequenas partes que têm em si o que as compõe, como os elementos”* (Q10, A2, D1); *“Não sei”* (Q10, A1, D1); *“Partículas elementares poderiam ser o que também compõe a matéria?”* (Q10, A3, D1).

Vale ressaltar que dois dos registros, mais condizentes com o consenso científico atual, podem ser colocados em questão, pois os mesmos alunos não utilizaram a ideia de que a matéria poderia ser composta por partículas elementares, na questão 08. O que sugere que, caso os alunos possuam essa noção prévia em sua estrutura cognitiva, essa noção não está bem ancorada. Uma vez que eles não usaram o termo partículas elementares em suas respostas ao questionamento em relação à estrutura da matéria.

De acordo com Rocha (2013), os estudantes, em sua maioria, não compreendem o conceito de partículas elementares, o que já é esperado, pois a temática não é contemplada de forma explícita nas propostas pedagógicas curriculares de algumas, senão a maioria, das escolas.

No questionário posterior, percebe-se que a maioria dos alunos passou a apresentar noções adequadas em relação ao assunto. Uns com mais profundidade, outros de forma mais discreta, assumem que partículas elementares não possuem estrutura interna e que são constituintes da matéria. Um deles respondeu de forma confusa, porém também assume que partículas elementares não possuem estrutura interna.

Esses resultados também corroboram com os estudos de Pinheiro (2011), nos quais, após a aplicação de uma intervenção didática, os estudantes passam a entender uma partícula elementar como a menor porção de matéria conhecida.

Considera-se positiva a perturbação nas noções dos alunos, pois a maioria conseguiu, ao final da aplicação da Unidade Didática, expressar noções adequadas ao consenso científico atual a respeito do que é uma partícula elementar. Credita-se esse resultado ao desenvolvimento da proposta didática que permitiu aos alunos adquirir novos conhecimentos em relação à estrutura da matéria.

Em seguida são apresentados os dados referentes à quarta questão relacionada aos conteúdos científicos.

Quadro 06: Número de registros prévios e posteriores por Unidade de Registro da questão 11

UC11 “Noções a respeito do Modelo Padrão” tem o objetivo de reunir os fragmentos textuais que apresentam as noções que o aluno tem em relação à Teoria de Modelo Padrão.		
Unidades de Registro	Número de Registros	
	PRÉVIO	POSTERIOR
UR 11.1 “Noções de acordo com o consenso científico atual”	01	06
UR 11.2 “Noção parcialmente correta a respeito do tema”	-	02
UR 11.3 “Noções equivocadas/confusas em relação	-	-

tema”		
UR 11.4 “Desconhece ou não recorda nada em relação ao tema”	06	-
Não responderam	01	
Total de registros	07	08

Fonte: as autoras.

A questão 11 foi proposta com o objetivo de investigar as noções a respeito do Modelo Padrão.

Com base no questionário prévio, percebe-se que seis dos oito alunos não faziam ideia do que era o Modelo Padrão. Um aluno não respondeu e apenas um deles soube responder corretamente. “É um modelo utilizado para explicar como as coisas funcionam, ele fala desde as partículas que formam a matéria até as forças que as fazem interagir” (Q11, B2, D1).

Esses dados não surpreendem, pois de acordo com Pereira (2013) os alunos não apresentam nenhum conhecimento sistematizado a respeito de Física de Partículas, e os que possuem, devido a informações adquiridas por um ensino não formal, apresentam noções equivocadas ou superficiais.

Já no questionário posterior houve uma nítida mudança nas noções dos alunos, que antes sequer sabiam do que se tratava. A maioria soube responder à questão, mesmo apresentando algumas imprecisões. Um dos alunos fez uma introdução de acordo com o consenso científico atual, porém ao expressar sua opinião a respeito da estrutura da matéria, novamente, apresenta a ideia de que a matéria é constituída de prótons, elétrons e nêutrons, esquecendo que os prótons e nêutrons são constituídos por partículas ainda menores. Outro aluno generalizou demais sua resposta, ignorando que essa teoria ainda não explica todos os fatores relacionados ao nosso Universo. Os demais apresentaram respostas condizentes, porém vale ressaltar que suas respostas ficaram “engessadas” com as explicações contidas nos textos utilizados em sala de aula, como nota-se no registro a seguir: “A teoria do Modelo Padrão descreve a estrutura da matéria, identifica as partículas elementares e como interagem” (Q11, B1, D2). Assim, não se pode afirmar que realmente houve uma alteração nas noções desses alunos, ou se esse conceito ficou ancorado em suas estruturas cognitivas.

Ao fazer uma análise geral de todos os dados obtidos nessas últimas quatro questões, tomaram-se como satisfatórios os resultados obtidos, pois os alunos apresentaram indícios de alterações em suas noções a respeito dos assuntos discutidos. A maioria deles passou a representar a estrutura da matéria e a estrutura atômica em função das partículas elementares e passaram a dar indícios da compreensão dos termos partículas elementares e Modelo Padrão. Houve a indicação de indícios de Aprendizagem Significativa, uma vez que a maioria dos alunos conseguiu expressar suas respostas hierarquizando, diferenciando e relacionando corretamente os conceitos envolvidos nas explicações. Isso sugere que a proposta didática contribuiu para o entendimento dos conteúdos e pode ser uma alternativa a mais para trabalhar com tópicos de Física Moderna em sala de aula.

No tópico a seguir é feita a análise dos mapas conceituais, elaborados pelos alunos durante a aplicação da Unidade Didática. Essa etapa da análise de dados foi realizada com o propósito de observar indícios de Aprendizagem Significativa a respeito da estrutura da matéria nos Mapas Conceituais elaborados pelos alunos. Foram objetos de análise os indícios de organização hierárquica, diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

4.2. Análise dos mapas conceituais

Apresenta-se logo a seguir, no quadro 07, as Unidades de Registro a respeito da organização hierárquica e diferenciação progressiva presentes nas três versões dos mapas conceituais que cada aluno elaborou. Como pode ser observado no quadro, no primeiro tipo de mapa conceitual elaborado para responder ao questionamento a respeito da estrutura da matéria não foi possível observar indícios de um conhecimento sistematizado a respeito do assunto, uma vez que a maioria deles apresentou relações muito amplas. Com exceção de um aluno que expressou familiaridade com termos da Física de Partículas e de outro que conseguiu relacionar a constituição da matéria com a estrutura atômica.

Já nas versões seguintes, Mapa 02 e Mapa 03, a maioria dos alunos passa a apresentar sua resposta em função das partículas elementares.

Quadro 07: Número de registros de mapas conceituais para cada Unidade de Registro

UCM1 “Organização hierárquica e Diferenciação progressiva” reúne os mapas que apresentam Organização Hierárquica e Diferenciação Progressiva dos conceitos.			
Unidades de Registro dos Mapas	Número de Registros		
URM	MAPA 1	MAPA 2	MAPA 3
URM 1.1 “Do conceito matéria até o conceito átomo”	04	-	-
URM 1.2 “Do conceito matéria até os conceitos prótons, nêutrons e elétrons”	01	-	-
URM 1.3 “Do conceito matéria até as Partículas elementares”	01	08	08
URM 1.4 “Não apresenta uma Organização hierárquica e Diferenciação do conceito matéria, pois apresenta ideias muito amplas”	05	-	-
Total de registros	11	08	08

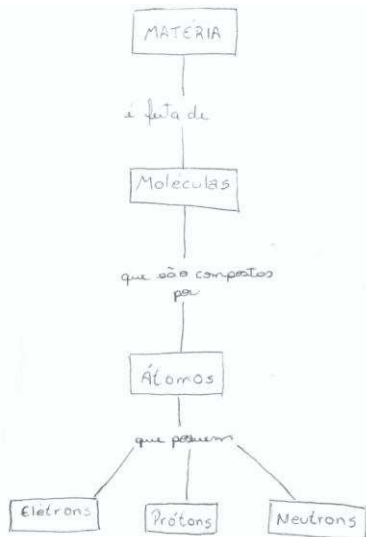
Fonte: as autoras.

No quadro acima verifica-se que apenas um aluno representa uma hierarquização que vai desde o conceito de matéria até os conceitos de próton, nêutron e elétron, como pode ser observado na figura 01.

O que chamou atenção foi que um dos alunos mostrou ter um conhecimento menos superficial que os demais em relação ao assunto, pois apresentou em seu primeiro mapa termos como quarks, léptons, bósons etc. Ele relatou que gostava de ler artigos e reportagens na internet a respeito de assuntos relacionados a Física, inclusive a respeito de Física de Partículas. Isso justifica o número de subsunções, relevantes, da estrutura cognitiva relacionados ao tema estudado. O mapa do aluno é reproduzido na figura 02.

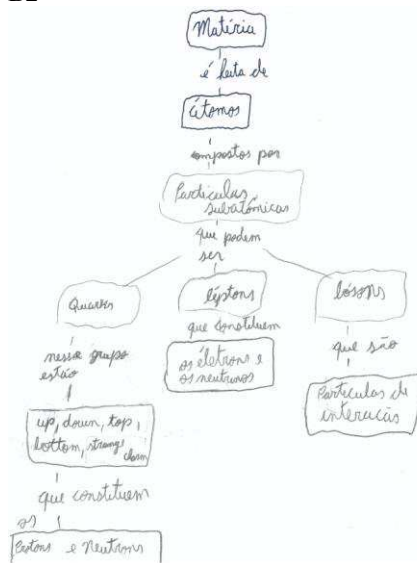
A maioria dos alunos ao elaborar o primeiro Mapa Conceitual “fugiu” do tema ou divagou em outros assuntos. Porém, com exceção de dois deles, todos os demais, mesmo divagando na resposta, identificaram os átomos como constituintes da matéria. No primeiro mapa os alunos apresentaram alguns erros na parte conceitual e na estrutura dos mapas, como pode ser observado na figura 03.

Figura 1: Primeiro mapa conceitual elaborado pelo aluno A5



Fonte: A5

Figura 2: Primeiro mapa conceitual elaborado pelo aluno B2



Fonte: B2.

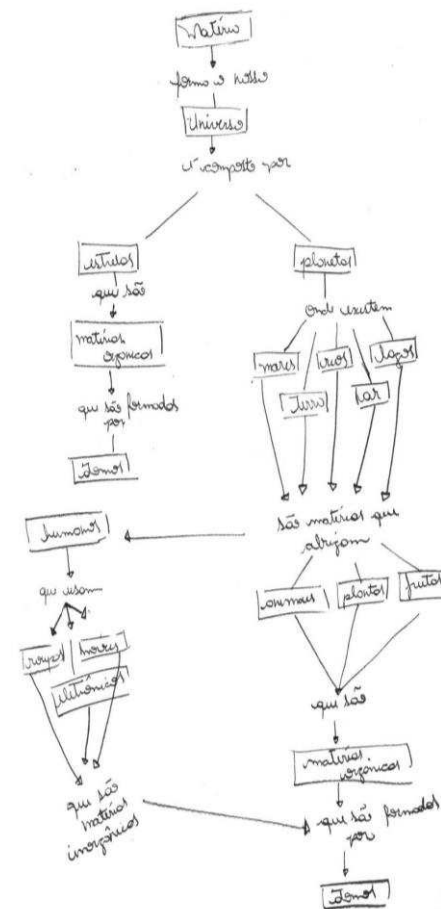
Na maioria dos mapas foi possível identificar a organização hierárquica e diferenciação progressiva dos conceitos. Esse processo se dá quando o aluno representa um conjunto de conceitos respeitando uma hierarquia, na qual os conceitos mais abrangentes são representados no topo do mapa e os mais específicos são dispostos logo abaixo. Essa etapa está relacionada ao conceito de subsunção de Ausubel (2003), na qual as novas informações serão ancoradas aos conceitos mais abrangentes da estrutura cognitiva. Pela diferenciação progressiva, pode-se entender o aprendizado como um processo contínuo, no qual cada vez mais conceitos e

relações podem ser ancorados na estrutura cognitiva dos sujeitos.

Pôde-se observar uma mudança significativa comparando as três versões dos mapas conceituais elaborados pelos alunos. Já no segundo mapa nenhum deles fugiu do tema ao responder à pergunta, conseguiram estruturar os conceitos de forma hierárquica e diferenciaram progressivamente os conceitos utilizados para explicar a constituição da matéria. Uma fala relevante do aluno A5 traduz a estrutura de seus três mapas, bem como de seus colegas. “*Meu mundo era tão pequeno semanas atrás*”. Esse registro pode ser denominado como o que Novak e Gowin (1996) chamam de *sentir o significado*, consiste no momento de emoção ao interiorizar novos conhecimentos.

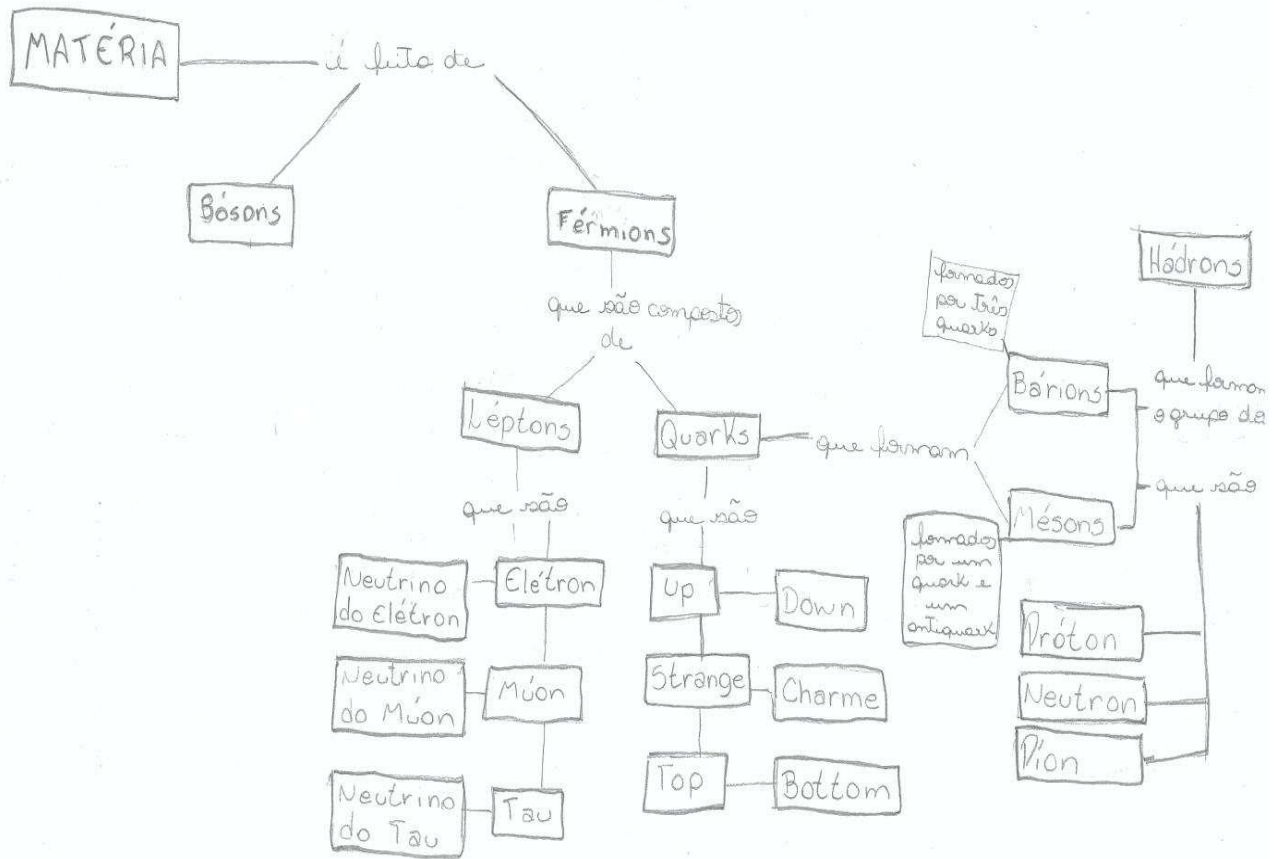
Pensar em ideias novas requer tempo e atividades mediadoras, não é um processo instantâneo. O processo de fazer e refazer os mapas conceituais pode ajudar o aluno a desenvolver o pensamento reflexivo, que prepara o mesmo para pensar e aprofundar suas ideias, permitindo, ao mesmo tempo, que ele corrija algumas noções que porventura estejam inadequadas. É na sequência dos mapas que o professor pode observar a progressão alcançada pelos alunos, como pode ser notado nas figuras 01, 04 e 05.

Figura 3: Primeiro Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A3



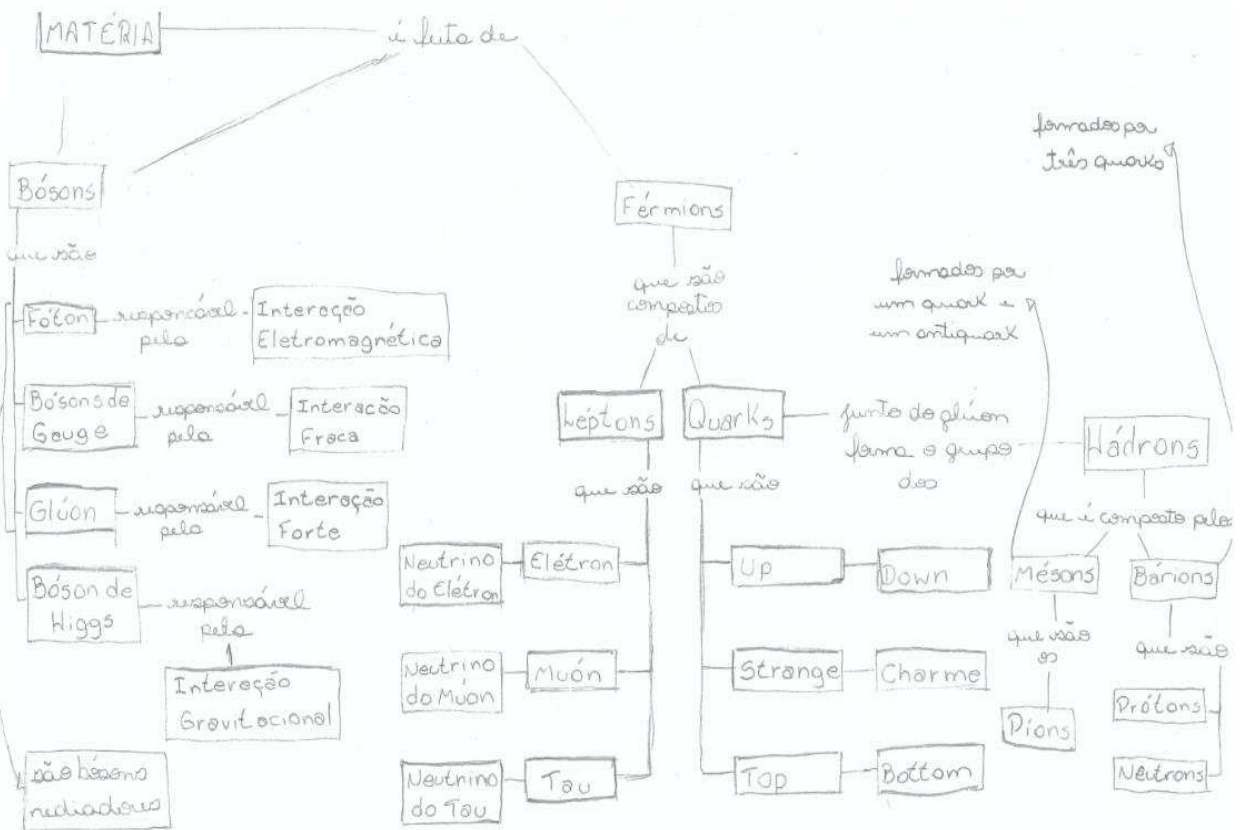
Fonte: A3.

Figura 04: Segundo Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A5



Fonte: A5.

Figura 05: Terceiro Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A5



Fonte: A5.

A seguir são apresentadas as Unidades de Registro relativas aos indícios de reconciliação integradora nas três versões dos mapas elaborados pelos alunos.

Quadro 06: Unitarização dos mapas nas URM referentes à UCM2

UCM2 “Reconciliação integradora relacionada ao conteúdo” reúne os mapas que apresentam reconciliação integradora de conceitos relacionados ao conteúdo.			
Unidades de Registro dos Mapas	Número de Registros		
	MAPA 1	MAPA 2	MAPA 3
URM 2.1 “Apresentam até uma reconciliação integradora”	-	03	04
URM 2.2 “Apresentam mais de uma reconciliação integradora”	-	03	03
URM 2.3 “Não apresenta reconciliação integradora”	08	02	01
Total de registros	08	08	08

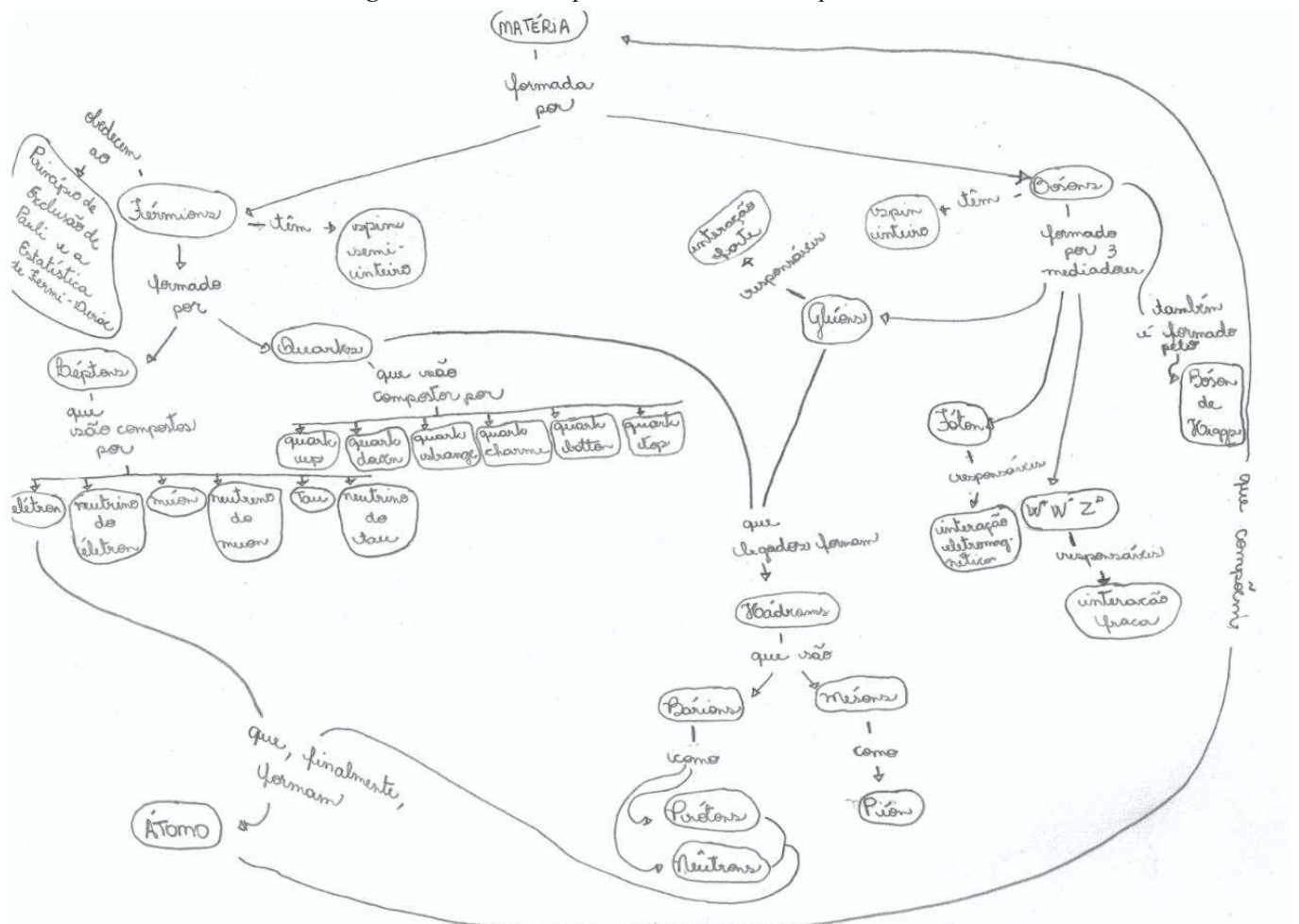
Fonte: as autoras.

A reconciliação integradora apareceu com menos intensidade, mas se fez presente na maioria dos mapas, mesmo que apenas tenha aparecido uma vez em cada mapa. Apenas um aluno não apresentou reconciliação integradora em nenhum de seus mapas.

O fato dos alunos terem apresentado indícios de reconciliação integradora é um indicativo de que a Aprendizagem Significativa foi melhorada, pois eles reconheceram novas relações entre conceitos já existentes e resolveram conflitos com conceitos anteriores (NOVAK, GOWIN, 1996; AUSUBEL, 2003). Isso pode ser percebido nos mapas, quando os alunos conseguem relacionar de maneira correta os conceitos próton e nêutron, que antes tinham um significado, e depois passaram a ser integrados na nova estrutura organizada dos conhecimentos. Como se pode perceber, no quadro acima, há um aumento gradativo dos mapas que apresentam reconciliação integradora desde o início da aplicação da unidade até a construção do último mapa. Isso pode ser encarado como sinais de criatividade, que são essenciais para a Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2003).

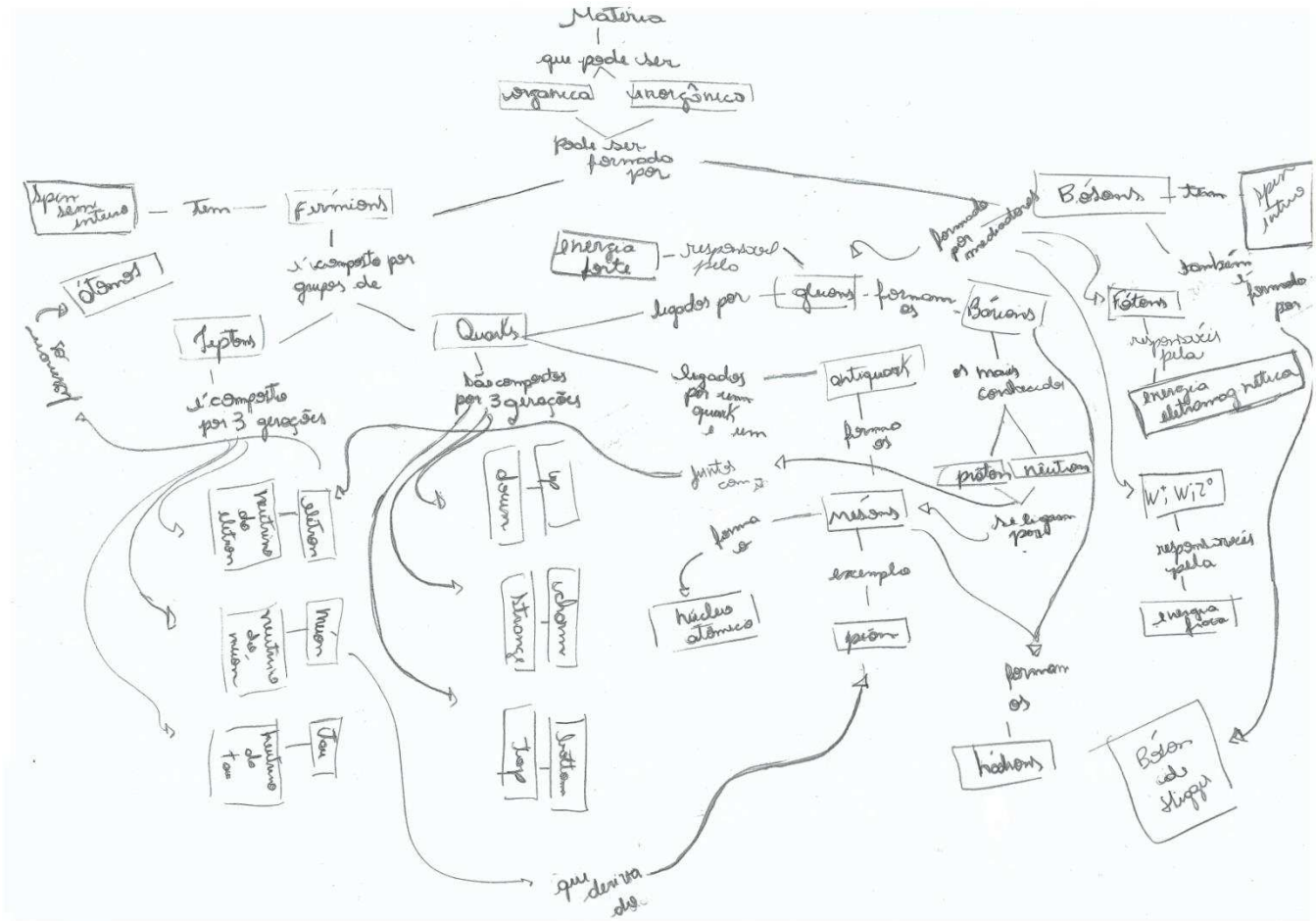
Os últimos mapas foram os que mais apresentaram reconciliação integradora, bem como um maior número de relações entre os conceitos. Segundo Tavares (2007), a existência de um grande número de relações entre os conceitos revela a familiaridade do autor com o tema. Mesmo que ele tenha disposto os conceitos em lugares diferentes do mapa ele conseguirá perceber as relações. Isso pode ser observado no mapa dos alunos A1 e A3 que são ilustrados a seguir nas figuras 06 e 07.

Figura 6: Terceiro mapa conceitual elaborado pelo aluno A1



Fonte: A1.

Figura 07: Terceiro Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A3

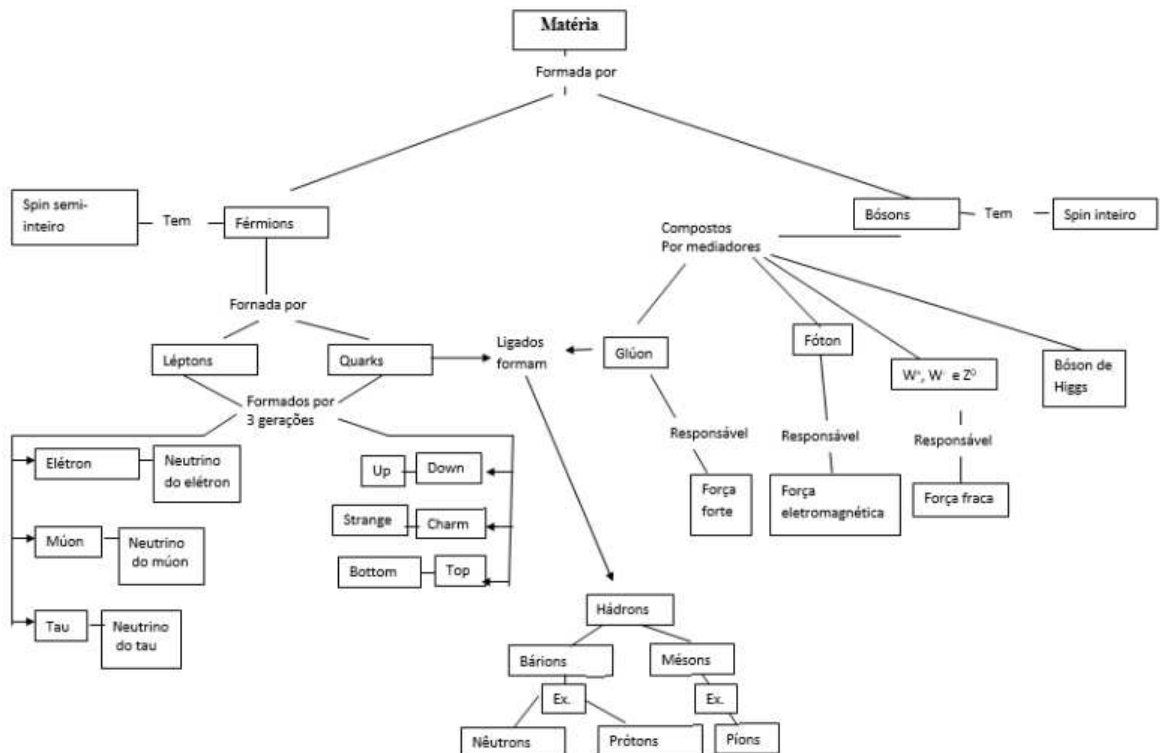


Fonte: A3.

A seguir é reproduzido, na figura 09, um dos mapas conceituais coletivos construídos pelos alunos para discutir

a influência que a construção coletiva teve na construção individual.

Figura 09: Terceira versão do mapa conceitual coletivo



Fonte: Alunos participantes de uma das turmas da Unidade Didática, A1, A2, A3, A4 e A5.

É relevante ressaltar que a construção dos mapas coletivos pode ter contribuído na elucidação das ideias e relações. Porém, como se pôde perceber, alguns mapas individuais possuíam mais relações e conceitos do que o mapa coletivo, enquanto outros tinham uma estrutura muito parecida. O que pode ser observado em comparação com o mapa coletivo apresentado na figura 09 e os últimos três mapas conceituais individuais apresentados anteriormente, dos alunos A5, A3 e A1. O aluno A5 apresenta uma estrutura muito similar com o mapa conceitual coletivo, enquanto os alunos A2 e A3 apresentaram mais conceitos e diferentes relações. Com essas evidências não se pode afirmar a real influência que os mapas coletivos tiveram na elaboração dos mapas conceituais individuais.

Ao realizar uma análise geral dos mapas pôde-se perceber que alguns alunos apresentaram equívocos em determinadas relações de conceitos, outros acabaram deixando os conceitos misturados nas frases de ligação ou dois conceitos utilizando o mesmo espaço. Porém, isso não invalida suas construções, uma vez que erros são comuns no processo de aprendizagem, e a elaboração dos mapas revela isso. Não se esperava que os alunos construíssem um Mapa Conceitual “perfeito”, pois isso implicaria num processo de memorização, que não era objetivo da abordagem.

Foram tomados como satisfatórios os mapas construídos pelos alunos, tendo em vista que foi o primeiro contato deles com esse instrumento de avaliação e devido ao fato de ser um desafio externar e construir um mapa conceitual, uma vez que expõe a estrutura cognitiva do indivíduo e explica a profundidade do conhecimento do autor do mapa a respeito do tema (TAVARES, 2007).

Utilizar os Mapas Conceituais como uma das formas de avaliação da Unidade Didática foi muito relevante, dada sua potencialidade em expor conceitos e suas relações de forma clara e proporcionar ao professor a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento de uma matéria de ensino na estrutura cognitiva do aluno durante os processos de elaboração, apresentação e reelaboração dos mapas (PINHEIRO, 2011).

Os alunos assumiram que na construção do primeiro mapa ainda se sentiam inseguros e não sabiam estruturá-lo corretamente. Mas no decorrer das atividades, com a construção dos mapas coletivos, eles foram se sentindo mais à vontade e reconheceram a potencialidade do instrumento para estudar variados conceitos, de maneira que a aceitação da atividade foi positiva.

Isso, também, demonstra o potencial desse instrumento no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, que reconhecem que os mapas conceituais podem facilitar o seu estudo de outros assuntos.

Em seguida é apresentada uma avaliação feita pelos alunos a respeito da Unidade Didática. Isso permitiu que fosse feita uma leitura dos pontos positivos e negativos da Unidade, que é relevante para que futuras aplicações sejam aprimoradas e mais eficientes, visando à Aprendizagem Significativa dos alunos.

4.3. Avaliação da Unidade Didática

Ao final da aplicação da Unidade Didática os alunos responderam a um questionário, no qual avaliavam as atividades e os recursos utilizados durante as aulas.

A maioria deles expressou que as aulas trouxeram informações novas, interessantes e que os assuntos estudados chamaram atenção. Pode-se perceber isso nos seguintes comentários⁵:

“Mostrou um universo novo e uma diversidade de conhecimentos interessantes”.

“Eu mal sabia que o átomo era divisível.”

“Esclareceu várias coisas para mim, além de trazer informações novas.”

Ao responderem se tiveram alguma dificuldade com a construção dos mapas conceituais, a maioria assumiu que teve um pouco de dificuldade no início, mas que depois as dificuldades foram superadas.

“É complicado pelo tanto de informações, mas considerei um ótimo meio de estudar.”

“Após aprender como fazer o mapa conceitual tudo ficou mais fácil.”

Quando questionados a respeito da utilização de uma abordagem que leve em consideração a parte histórica e filosófica, todos afirmaram que as aulas ficam mais interessantes, porém não destacaram que elementos de interesse surgiram a partir desse enfoque.

O que chamou atenção nos dados dessa avaliação foram as considerações feitas em relação aos variados recursos didáticos utilizados na abordagem (vídeos, simuladores, textos, imagens, animações). Eles responderam que esses meios os ajudaram a entender melhor os conteúdos e prenderam a sua atenção.

“Ajudaram bastante, além de deixar as aulas mais interessantes.”

“Assim conseguimos ter mais noção do que estamos estudando.”

“Simular um experimento leva a um maior entendimento do assunto.”

“Nunca imaginei que iria usar um simulador.”

Por fim, foi solicitado que eles indicassem pontos positivos e negativos da Unidade Didática.

“Achei o curso muito interessante e se pudesse queria mais! Os métodos diferentes prenderam minha atenção e acho que só tenho pontos positivos.”

⁵ Os comentários não estão identificados porque esse questionário não tinha identificação, assim os alunos poderiam ficar à vontade para fazer eventuais críticas.

Ao final da Unidade Didática foi nítido o interesse dos alunos em dar continuidade aos estudos, muitos deles pediram para que fosse proposto outro tema, ou que os temas já estudados fossem aprofundados. Esse foi um dos indicativos claros de que a Unidade Didática cumpriu seu papel, proporcionando a construção de novos conhecimentos e gerando nos alunos a vontade de aprender.

Como se pode perceber pelos comentários dos alunos a respeito dos itens avaliados, o Mapa Conceitual foi bem aceito embora no início eles apresentassem uma leve dificuldade, que a construção coletiva ajudou na compreensão dos assuntos ao passo que ocorria a troca de significados, que uma abordagem histórico-didática é vista como interessante e que os recursos didáticos utilizados contribuíram para que houvesse uma maior compreensão dos conteúdos e para que as aulas se tornassem mais atrativas.

Por fim, após as análises dos dados, credita-se a esta Unidade Didática uma alternativa para que os professores de Ensino Médio possam inserir tópicos de Física de Partículas em suas aulas, haja vista o grande interesse dos alunos perante as aulas, devido à maneira como as mesmas foram planejadas e estruturadas, bem como os resultados positivos obtidos em relação às noções da Natureza da Ciência e ao conteúdo estudado. Isso reforça a ideia de que o problema dos alunos não é a Física em si, mas a maneira como os assuntos são ensinados em sala de aula.

Considera-se que esta pesquisa contribui para as investigações que buscam meios de trabalhar a História e a Filosofia da Ciência em sala de aula com uma perspectiva que busca a Aprendizagem Significativa.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta investigação evidenciou que a Unidade Didática proposta para o ensino de Partículas Elementares no Ensino Médio conseguiu fragilizar as noções equivocadas em relação aos conteúdos científicos estudados. Essa afirmação é possível, uma vez que a maioria dos alunos passou a representar a estrutura da matéria e a estrutura atômica em função das partículas elementares conseguiu definir com mais precisão os termos Partículas Elementares e Modelo Padrão, além de expressar uma compreensão mais científica e abrangente a respeito da Natureza da Ciência.

Por meio da análise dos Mapas Conceituais foi possível perceber a relevância desse instrumento no desenvolvimento e avaliação da aprendizagem, uma vez que foi notável o progresso na construção de conhecimento dos alunos e que pôde-se identificar indícios de Aprendizagem Significativa, visto que os alunos organizaram hierarquicamente e apresentaram diferenciação progressiva e reconciliação integradora dos conceitos estudados.

O desenvolvimento e resultados desta pesquisa, coerentes com resultados já existentes a respeito de investigações empíricas de abordagens histórico-filosóficas em sala de aula, se configura como uma alternativa diferenciada, a partir dos vários elementos didáticos, epistemológicos e de

aprendizagem que conciliou, para abordar Física Moderna no Ensino Médio.

A Unidade Didática demonstrou ser uma boa proposta para trabalhar o conteúdo de Partículas Elementares por meio de questionamentos em relação à estrutura da matéria, que provocam a curiosidade e o interesse por parte dos alunos, além de contribuírem para a construção de um entendimento do conhecimento científico como resultado de muitos anos de estudos, contribuições de vários cientistas e seus grupos de pesquisa, evidenciando uma Ciência humana, construída pelo trabalho coletivo e cooperativo.

Para finalizar as considerações, relata-se a satisfação de realizar uma pesquisa que visa contribuir com outras investigações que compartilhem da mesma preocupação, no sentido de proporcionar resultados de pesquisas aplicadas, que evidenciem potencialidades e delimitações de propostas didáticas que envolvam o Ensino de Física por meio de História e Filosofia da Ciência. Isso também demonstra potencial para novas pesquisas, visto que são poucas as investigações que abordam a relação dos temas de Física Moderna, multimídias e HFC no Ensino de Física. Dentre os estudos futuros, estão as relações possíveis entre enfoques diferentes de contextualização no Ensino de Ciências, tais como discussão epistemológica, enfoque experimental, novas linguagens de comunicação, discussões sociológicas, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: a Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000b.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, New York, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000a.

ADÚRIZ-BRAVO, A. IZQUIERDO Y M. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, vol. 1, n. 3, p. 130-140, 2002.

ALLCHIN, D. *Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources*. St. Paul, MN: SHiPS Education Press, 2013.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Paralelo Editora Ltda., 2003.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.

BATISTA, I. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 461-476, 2004.

- BATISTA, I. L.; ARAMAN, E. M. O. Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de Ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Electrónica de Ensanza de Iãs Ciências**. v. 8, n. 2, p. 446 – 489, 2009.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigações qualitativas em educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 542p, 2013.
- CACHAPUZ, A. F. PRAIA, J.; JORGE, M. Da Educação em Ciência às orientações para o ensino de Ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.
- CACHAPUZ, A. F. et al. A emergência da didática das ciências como campo específico de conhecimento. *Revista Portuguesa de Educação*, Braga, v. 14, n. 1, p. 155-195. 2001.
- CALHEIRO, L. B.; GARCIA, I. K. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 177-192, 2014.
- CALHEIRO, L. B.; GARCIA, I. K.; GOMES, A. T. Inserção de Tópicos de Física de Partículas Integradas aos Conteúdos de Eletricidade Através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS. **Anais do IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia – SINECT**, Ponta Grossa, 2014.
- CAREY, S. “An experimente is when you try it and see if it works”: a study of grade 7 students’ understanding of the construction of scientific knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 11, Special Issue, p.514-529, 1989.
- CLOUGH, M. P. Learners’ responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. **Science & Education**, v. 15, n. 5, p. 463-494, 2006.
- CLOUGH, M. P. **Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets**. The Pantaneto Forum, 25(January), 2007.
- COSTA, M.; BATISTA, I. L. Uma abordagem histórico-didática para o ensino de física de partículas no ensino médio. In: **Propostas didáticas inovadoras: produtos educacionais para o ensino de ciências e humanidades**. Org. ROCHA, Z. F. D. C.; ANDRADE, M. A. B.S.; GOYA, *REIEC Volumen 12 Nºo 2 Mes Diciembre* 60 *Recepción:02/03/2017* *Aceptación: 15/08/2017*
- A. FREITAS, K. R. - 1. ed.. Maringá: Gráfica Editora Almeida, 2015.
- CUDMANI, L. C.; SANDOVAL, J. S. Cambios en las concepciones de los estudiantes sobre la Ciência: Resultados de uma experiência de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 22, n.1, Março, 2000.
- EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre a História e a Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.9, n. 3, p. 265-313, 2004.
- FERREIRA, É. G. B.; DAMASIO, F.; RODRIGUES, A. A. Física Moderna e Contemporânea no Ensino Fundamental articulada com conceitos de Física Clássica por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 4, n.1, p. 29-40, 2014.
- GATTI, S. T., NARDI, R.; SILVA, D. Evolução das concepções de futuros docentes de Física em um curso de formação inicial. (Comunicação). **Atas... XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Sociedade Brasileira de Física, UFMA, São Luís, Maranhão, 2007.
- GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. História da Ciência no Ensino de Física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 7-59, 2010.
- HARRES J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.
- KALMUS, P. I. Particle physics at A-level-the universities viewpoint. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 62-64, 1992.
- KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a concepção empirista-indutivista no Ensino de Ciências. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Águas de Lindóia, São Paulo, 2002.
- KOSTAS, K. The “General Aspects” Conceptualization as a Pragmatic and Effective Means to Introducing Students to Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 53, n. 5, p. 667-682, 2016.
- LEDERMAN, N. G. Student’s and teacher’s conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- LEDERMAN, N. G.; ABD-EL-KHALICK, F.; BELL, R. L.; SCHWARTZ, R. S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners’ Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.
- LÊVY-LEBLOND, J. M. É possível ensinar a física moderna na educação básica? In: MORIN, E. (Org.). *A pp. 41-62*

religião dos saberes: o desafio do século XXI. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.69-72, 2002.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Avaliação do ensino da física moderna e contemporânea no Ensino Médio. In: **Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências**, 4., 2003, Bauru. Anais... Bauru: ABRAPEC, 2003.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MENGASCINI, A.; MENEGAS, A.; MURRIELO, S.; PETRUCCI, D. Yo asi, locos como lós vi a ustedes, no me ló imaginaba: las imagenes de ciência e de científico de estudantes de Carreras científicas. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 22, n.1, p. 65-78, 2004.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**. v. 15, n.3, p. 557-580, 2009.

MOREIRA, M. A. AL FINAL, QUÉ ES APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO? **Revista Currículum**, n. 25; p. 29-56, 2012,

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa (Peniche), 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; VALADARES, E. C. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. **Aprender a aprender**. Tradução de Carla Valadares Plátano. Lisboa: Edições Técnicas, 1996.

NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 3, p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. 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**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 135-151, 2001.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Caderno de Expectativas de Aprendizagem**. 2012.

PÉREZ, D. G.; SENENT, F.; SOLBES, J. Análisis crítico de la introducción a la Física Moderna en la enseñanza media. **Enseñanza de las Ciencias**, Rosario, p. 16-21, v. 2, n. 1, set. 1988.

PÉREZ, D. G.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.

PINHEIRO, L. A. Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio. 313f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 7-34, 1999.

RINALDI, E.; GUERRA, A. História da Ciência e o uso da experimentação: Construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 653-675, 2011.

ROCHA, T. U. **As Contribuições da História e Filosofia da Ciência para o Ensino de Física Quântica na Educação Básica**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SCHIRMER, S. B. **Textos originais de cientistas e textos sobre história das ideias da Ciência em uma proposta didática sobre ótica na formação inicial de professores de Física**. 2012. 155f. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectrofotometria no Ensino Médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre disciplinas de Física e Química. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.32, n. 2, p. 378, 2015.

SOLOMON, J.; SCOT, L. Teaching about the Nature of Science through History: Action Research in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 29, n. 4, p. 409-421, 1992.

STANNARD, R. Modern physics for the Young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 133, 1990.

SWINBANK, E. Particle physics: a new course for schools and colleges. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 2, p. 87-91, 1992.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciência e Cognição**, v. 12, p. 72-85, dez. 2007.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

TERRAZZAN, E. A inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TERRAZZAN, E. Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média. Tese (Doutorado). São Paulo, Curso de Pós-Graduação em Educação – USP, 1994.

TIAGO, M. F. S. **Aspectos de “Natureza da Ciência” num curso de Física do Ensino Médio: uma abordagem histórica**. 2011. 152f. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

ZANON, D. A. V.; MACHADO, A. T. A visão do cotidiano de um cientista retratada por estudantes iniciantes de licenciatura em química. **Ciência & Cognição**, v. 18, n. 1, p. 46-56, 2013.

Marcia da Costa

É doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, UEL e atua como professora colaboradora na Universidade Estadual do Centro-Oeste. Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina. Atuou como Professora colaboradora na Universidade Estadual do Centro Oeste desde junho de 2011 até fevereiro de 2013. É especialista em Ensino da Matemática, pela Faculdade Guairaca (2011). Atuou na Rede Estadual de Ensino do Estado do Paraná, no município de Cambé (2014), no município de Pinhão (2011) e Goioxim (2012), bem como na Rede Particular de Ensino de Guarapuava, atuando no Colégio Lobo (2012). Enquanto acadêmica participou de programas como: Programa de Educação Tutorial (PET) Novos Materiais e Tecnologias (2009-2010), Iniciação Científica (2008-2010) e Monitoria (2008) na Universidade Estadual do Centro-Oeste. Atuando principalmente nos seguintes temas: História e Filosofia da Ciência, Inserção de temas de Física Moderna no Ensino Médio, Física de Partículas, Questões de Gênero na Comunidade Científica, Softwares no Ensino de Física.