

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ANÁLISE DE MAPAS CONCEITUAIS A PARTIR DAS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DA RADIAÇÃO

*MEANINGFUL LEARNING: ANALYSIS OF CONCEPTUAL MAPS FROM THE SOCIAL
REPRESENTATIONS OF RADIATION*

Lisiane Barcellos Calheiro
Doutora em Educação em Ciências
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
e-mail: liscalheiro@gmail.com

José Claudio Del Pino
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Doutor em Engenharia de Biomassa
e-mail: delpinojc@yahoo.com.br

Joecir Palandi
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Doutor em Física
e-mail: joecir@gmail.com

Resumo

O trabalho apresenta os resultados de uma análise de mapas mentais, mapas conceituais e textos explicativos para investigar as representações sociais compartilhadas por estudantes do ensino médio de uma escola pública sobre o tema Radiação, com o objetivo de verificar possíveis indícios de aprendizagem significativa. Estes mapas e textos explicativos foram desenvolvidos pelos alunos quando da implementação de três Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. A compreensão dessas representações sociais pode auxiliar o processo de aprendizagem dos conceitos de Radiação, agregando às ideias do senso comum os conceitos científicos estudados sobre o tema. Os resultados expressam diversidade nas representações, com os estudantes mesclando, em seus mapas mentais, elementos do senso comum com elementos do conhecimento científico, mesmo que superficialmente, mostrando, assim, indícios de aprendizagem significativa ao final do trabalho com as três UEPS.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa, radiação, representações sociais, mapas mentais, mapas conceituais

Abstract

The work presents the results of the analysis of mental maps, conceptual maps and explanatory texts to investigate the social representations shared by high school students of a public school on the topic Radiation, with the aim of verify possible indications of meaningful learning. These maps and explanatory texts have been developed by the students when implementing three Potentially Meaningful Teaching Unit – PMTU. The understanding of these representations can help the process of learning the concepts of Radiation, adding to the ideas of common sense the scientific concepts studied on the subject. The results express diversity in the representations, with the students mixing, in their mental maps, elements of common sense with elements of the scientific knowledge, even though superficially, thus showing signs of meaningful learning at the end of work with the three PMTU.

Keywords: Meaningful learning, radiation, social representations, mental maps, concept maps.

1 INTRODUÇÃO

Neste artigo, relatamos o trabalho realizado em uma escola da rede pública de Ensino Médio do Rio Grande do Sul com o tema Radiação e que teve o conhecimento prévio sobre este tema como premissa para elaborar estratégias de ensino potencialmente significativas.

Na atualidade, os diferentes tipos de radiações, bem como seus efeitos, estão presentes em inúmeras aplicações, como nas pesquisas científicas, nas indústrias, no diagnóstico e no tratamento médico, nas tecnologias que temos em nossas casas, entre outras. Porém, as informações disseminadas, principalmente pela mídia, são superficiais, pouco esclarecedoras e carentes do rigor científico necessário para qualificar o entendimento, pela população em geral, de conceitos que envolvam o tema, incluindo aqui os alunos participantes desta pesquisa.

Verificamos, pela nossa experiência como docentes e pesquisadores, que, nas aulas de Física de modo geral, raros são os momentos em que o professor busca relacionar os conteúdos a serem abordados em sala de aula com os conhecimentos prévios dos alunos. Essa prática contribui para distanciar a Ciência da realidade dos estudantes, dificultando sua aprendizagem

Ao ministrarmos aulas de ciências, especificamente os conteúdos de Física, muitas vezes não observamos a importância da relação entre o que é ensinado e o que é conhecimento prévio do aluno. Existe certo distanciamento entre a realidade dos estudantes e a Ciência, o que dificulta a aprendizagem dos conceitos da Física, e quando tratamos de um tema tão complexo e abstrato como a Radiação, essa dificuldade fica ainda mais evidenciada. Neste sentido, tal tema mostra-se relevante, pois sua discussão engloba conhecimentos de várias teorias da Física, como a Física Ondulatória, o Eletromagnetismo, a Mecânica Quântica e a Física Nuclear.

Vários tópicos do tema Radiação pertencem à Física Moderna e Contemporânea (FMC) e normalmente não são abordados na Educação Básica, apesar de entendermos ser este o nível apropriado para serem trabalhados os conceitos que servem de base para a compreensão dos fenômenos da natureza e construção do conhecimento científico. É o conhecimento de FMC que permite o entendimento das menores dimensões da matéria e dos grandes descobrimentos proporcionados pela complexidade das leis que definem o mundo subatômico e que impulsionam o desenvolvimento das tecnologias, muitas das quais utilizadas cotidianamente pelos nossos estudantes.

Documentos oficiais reforçam a importância de temas atuais e modernos no que diz respeito ao ensino de Física, ao afirmarem, por exemplo, que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores [...] Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (BRASIL, 2002, p.70).

Dentro desta realidade, o ensino e a aprendizagem de tópicos de FMC são pouco explorados. As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – PCNEM+ (Brasil, 2002) para o Ensino de Física, recomendam que o tema seja abordado na educação básica. Ao encontro dessas orientações e bases legais, ainda em fase de homologação, e de acordo com a

LDB e com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica – DCN, o Ministério de Educação propôs a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que deve nortear os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas, como também as propostas pedagógicas de todas as escolas públicas e privadas de educação infantil, ensino fundamental e ensino médio em todo o Brasil. No que se refere à área de Ciências da Natureza, na componente curricular da Física, sua primeira versão propõe seis unidades de conhecimento para organização do currículo da Física e, entre elas, uma unidade bem específica com conceitos relacionados à FMC. A última versão disponível, aguardando homologação, apresenta os conteúdos referentes à Física, Química e Biologia com um aprofundamento conceitual nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo.

De acordo com os documentos oficiais, a abordagem de tópicos de FMC no ensino médio propicia um novo olhar sobre o impacto da tecnologia nas formas de vida contemporâneas. Introduzir esses assuntos no ensino médio significa promover nos jovens competências e habilidades para, por exemplo, capacitá-los a avaliar riscos e benefícios que decorram da utilização de diferentes Radiações.

Este artigo, portanto, partiu de uma pesquisa, a qual teve como objetivo geral investigar, em uma primeira etapa, as possíveis representações sociais dos alunos referentes ao tema Radiação e a aplicação, em uma segunda etapa, de intervenções em sala de aula abordando o tema proposto através de três UEPS. Buscamos, neste contexto, compreender como os estudantes se valem das representações sociais em diferentes situações e verificar os possíveis indícios de aprendizagem significativa.

2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Nas subseções abaixo, discorreremos sobre as teorias utilizadas na pesquisa, de forma sucinta e com a finalidade de proporcionar ao leitor um breve delineamento dos referenciais envolvidos na construção deste artigo, evidenciando a importância dos estudos da Psicologia da Aprendizagem para a compreensão dos processos de ensino.

2.1 A TEORIA DAS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS - TRS

A TRS foi proposta, inicialmente, por Serge Moscovici em sua tese intitulada *La Psicanalyse: Son image et son public*, que abordou o fenômeno da socialização da psicanálise e sua transformação para servir a outros usos e funções sociais, e analisou a forma e a razão pelas quais as pessoas partilham o conhecimento. A TRS procura compreender como os sujeitos e os grupos sociais constroem e reconstróem a realidade social em que estão inseridos, na busca de um mundo estável e previsível, considerando as diversidades existentes (Moscovici, 2003). Ainda segundo esse autor, as representações sociais podem ser explicitadas pela difusão de dois tipos de conhecimento, cada um gerando suas próprias representações: universo consensual e universo científico (ou reificado).

Para Arruda (2002), o universo consensual é aquele que se constitui principalmente na conversação informal, na vida cotidiana, enquanto o universo científico se cristaliza no espaço científico, com seus cânones de linguagem e sua hierarquia interna. No primeiro, as sociedades são representadas por grupos de iguais, podendo todos falar com a mesma competência, com a

representação social sendo o senso comum, acessível a todos, enquanto que no segundo, a sociedade é de especialistas, com divisão de áreas de competência, como a Ciência que retrata a realidade, independentemente da consciência dos sujeitos, com uma estrutura fria e abstrata. As representações sociais constroem-se mais frequentemente no universo consensual, embora os dois universos não sejam totalmente estanques.

Nesse contexto, a TRS propiciou novas possibilidades de tratar os conhecimentos prévios dos estudantes. Constituiu-se num aporte teórico significativo, complementando os referenciais utilizados no presente artigo, pelo fato dela se ocupar em estudar o saber produzido no cotidiano, centrando-se na análise da construção e transformação do conhecimento social.

2.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA - TAS

A TAS de Ausubel tem como alicerce a estrutura cognitiva do aluno, ou seja, aquilo que ele já sabe ou conhece, sendo desta forma um processo através do qual uma nova informação se relaciona com aspectos relevantes da estrutura de conhecimento que o indivíduo já possui, chamados subsunçores, que pode ser um conceito, uma ideia ou uma proposição capaz de servir de ancoradouro a uma nova informação, de modo que ela adquira significado para o indivíduo (MOREIRA, 2006; MOREIRA e MASINI, 2011).

Além da presença de subsunçores, essenciais para facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa, existem outros fatores indicados por Ausubel que devem contribuir para essa aprendizagem: O material deve ser potencialmente significativo para o aprendiz, de forma que possa se relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal com sua estrutura de conhecimento, e a manifestação, por parte do aprendiz, de disposição para relacionar de forma significativa e não-arbitrária o novo material, em sua estrutura cognitiva. (MOREIRA e MASINI, 2011)

Neste trabalho foram construídas unidades didáticas para aplicação em sala de aula que propiciassem uma aprendizagem significativa. Dentro desta perspectiva, consideramos como fundamentais dois fatores já citados anteriormente, quais sejam: os alunos devem estar motivados para aprender e o material de ensino deve ser potencialmente significativo. No que diz respeito à motivação dos alunos para aprender, foram proporcionadas diferentes atividades, visando estimular a participação e despertar o interesse destes pelo tema a ser estudado. Em relação ao material de ensino, foram construídas e implementadas UEPS embasadas na teoria de Ausubel.

Em nosso trabalho buscamos, a partir dos pressupostos da teoria de aprendizagem significativa, a inserção de recursos didáticos que proporcionassem ao aluno uma aprendizagem com significados. Esta seção não tem a pretensão de esgotar todos os conceitos que envolvem a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, mas dar uma visão geral dos principais fundamentos que embasaram nosso artigo.

Dentro desta perspectiva um dos recursos utilizados foram os mapas conceituais, propostos por Novak, como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa.

2.3 MAPAS MENTAIS E MAPAS CONCEITUAIS

Mapa mental é uma representação gráfica de um conjunto de conceitos e ideias com livres associações. Um mapa mental elaborado por um sujeito pode apresentar ideias-chave presentes na sua estrutura cognitiva, tornando visível seus pensamentos sobre o tema em questão. De acordo com Buzan (2005), um mapa mental é a maneira mais fácil de introduzir e de extrair informações do cérebro, mapeando os pensamentos de forma criativa e eficaz.

Por outro lado, mapas conceituais, desenvolvidos originalmente por Novak e seu grupo de pesquisa como projeção prática da Teoria da Aprendizagem Significativa, são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento, apresentando relações significativas entre conceitos na forma de proposições (NOVAK e GOWIN, 1984; NOVAK, 2000; NOVAK e CAÑAS, 2010). Os mapas conceituais podem ser descritos como uma estratégia metodológica que revela visualmente, em forma de diagrama, a estrutura cognitiva idiossincrática do sujeito que o elabora.

Uma proposição é uma unidade semântica formada por dois ou mais termos (que representam conceitos) unidos por palavras. Num mapa conceitual, uma proposição é representada pelos seus termos ligados por linhas ou setas, de forma a hierarquizá-los.

No ensino, os mapas conceituais podem ser usados para diferentes situações. Segundo Moreira (2006), os mapas podem ser utilizados como um instrumento didático, de avaliação, ou como recurso para análise de conteúdo, seja este construído em sala de aula ou no planejamento de currículos. São instrumentos utilizados para negociar significados. Em nossa proposta utilizamos os mapas conceituais para observar a modificação e a evolução dos conceitos ocorridos durante a implementação das UEPS.

2.4 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são sequências didáticas fundamentadas, particularmente, na Teoria da Aprendizagem Significativa, com atividades facilitadoras da aprendizagem, proporcionando uma participação mais ativa dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Na elaboração de uma UEPS, Moreira (2011) propõe oito passos, com materiais e estratégias didáticas diversificadas:

1. Definição dos tópicos e dos conceitos que devem ser abordados e a forma como o conhecimento vai ser declarado e executado;
2. Elaboração de situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio e que possam ser relevantes para que ele aprenda significativamente;
3. Proposição de situações-problema introdutórias para preparar o aluno para os conceitos que serão abordados, dando sentido aos novos conhecimentos;
4. Apresentação, com diferenciação progressiva, dos conhecimentos que devem ser ensinados ou aprendidos, ou seja, começando com os aspectos mais gerais e caminhando para os mais específicos;
5. Retomar os aspectos mais gerais e estruturantes do conteúdo da unidade de ensino em nível mais alto de complexidade relativamente à primeira apresentação, propondo situações-problema em níveis crescentes de complexidade;

6. Continuar o processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, buscando a reconciliação integrativa, através de nova apresentação dos significados;
7. Avaliar a aprendizagem ao longo da implementação da UEPS registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa;
8. Verificar se houve êxito ou não na implementação da UEPS, ou seja, se a avaliação do desempenho dos alunos demonstra evidências de aprendizagem significativa.

Tendo em vista a necessidade de trabalharmos diferentes metodologias para sala de aula e com o suporte dos referenciais teóricos acima descritos, buscamos relatar neste artigo os resultados obtidos em diferentes passos das UEPS elaboradas e implementadas em turmas do terceiro ano do ensino médio

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Como propusemos uma pesquisa sobre a construção de conhecimentos que, usualmente, não estão presentes nas ementas da disciplina de Física, tomamos o cuidado de integrá-los aos conhecimentos já trabalhados, de forma a não prejudicar o ensino destes mesmos tópicos.

Desta forma, a metodologia utilizada nesta pesquisa é de natureza qualitativa que se preocupa com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações emergida do fenômeno. Considerando o fato dos investigadores interagirem constantemente com os participantes da pesquisa, optou-se pela análise interpretativa (Creswell,2007).

Para atender as etapas da pesquisa, os mapas e os textos foram transcritos dos instrumentos para análise qualitativa dos resultados, a partir da análise de conteúdo, discutida por Bardin (2011). Para o autor, análise de conteúdo designa:

Um conjunto de técnicas de análises das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 47).

Na primeira etapa da pesquisa, investigamos as possíveis representações sociais dos alunos relativamente ao tema radiação, com utilização de um Teste de Evocação Hierarquizado. Esta etapa foi implementada em todas as turmas do ensino médio da escola totalizando 201 estudantes.

A partir dos resultados emergidos elaboramos três UEPS que foram implementadas na segunda etapa da pesquisa, da qual participaram 41 alunos com faixa etária entre 15 a 17 anos, de duas turmas que cursavam o terceiro ano do ensino médio em uma escola pública estadual da região Sul do Brasil. Foram feitas intervenções em sala de aula abordando o tema radiação através de três UEPS (sintetizadas nos quadros mostrados abaixo), com questões abertas sobre os seguintes temas: UEPS 1: Radiações de Micro-Onda e Ondas de Rádio (quadro 1); UEPS 2: Luz Visível, Infravermelho e Ultravioleta (quadro 2) e a UEPS 3: Radiações γ , α , β e Raios x (quadro 3).

A atividade com mapas mentais que faz parte da situação inicial da UEPS 1 consistia em elaborar individualmente um mapa mental e um texto explicativo a partir do termo Radiação e teve como objetivo complementar a investigação da primeira etapa para verificar os possíveis elementos de representações sociais presentes nos sujeitos da pesquisa. O mapa mental (UEPS 1) e os mapas conceituais (UEPS 2 e 3) serviram de base para avaliar possíveis evoluções nas representações sociais dos alunos e possíveis indícios de aprendizagem significativa. É importante ressaltar que os mapas mentais da UEPS 1 foram elaborados um ano depois da investigação das representações sociais, não apresentando mudanças significativas relativamente a estas.

Os mapas foram elaborados individualmente em diferentes passos das UEPS, em nenhum dos momentos de construção dos mapas os estudantes interagiram com os colegas ou com algum tipo de material, pois o objetivo dos mapas foi de averiguar indícios de aprendizagem significativa dos estudantes participantes da pesquisa. Salientamos que foi realizado, antes da atividade com este mapa conceitual, um seminário com os estudantes, com explicações e modelos de como construir um mapa conceitual utilizando o programa *Cmap Tools* instalado nos computadores da escola. Para UEPS 1 (quadro1) foram elaboradas situações para explorar as radiações de micro-ondas e ondas de rádio.

Quadro 1 –UEPS 1

UEPS 1 – O ouvir, o ver e o aquecer das radiações integrados aos conteúdos de eletromagnetismo			
Objetivos	Facilitar a compreensão dos conceitos básicos das radiações eletromagnéticas. Trabalhar o campo conceitual das radiações micro-ondas e ondas de rádio a partir dos possíveis invariantes operatórios emergidos.		
Passos	Exemplos de situações	Passos	Exemplos de situações
1. Definição dos conceitos	Micro-ondas; ondas de rádio; campo elétrico; blindagem eletrostática; ondas e campo magnético.	5. Complexidade	Blindagem eletrostática e a detecção e emissão de radiação eletromagnética com três situações - problema c/atividades experimentais.
2. Investigação Conhecimento Prévio	Mapa Mental com a palavra indutora Radiação. Texto explicando o mapa.	6. Reconciliação Integrativa	Situações com simulações sobre ondas de rádio e micro-ondas.
3. Situações-problema Introdutórias	Situações-problemas com uso dos celulares e do forno de micro-ondas.	7. Avaliação	Três situações avaliativas envolvendo os conteúdos explorados na UEPS
4. Diferenciação Progressiva	Situações com simulações: Ondas (revisão), Campos elétricos e magnéticos	8. Efetividade	A avaliação da UEPS foi através dos esquemas e dos invariantes operatórios

Fonte: Autores

No quadro 2 apresentamos resumidamente os passos da UEPS 2 com exemplos de algumas das situações desenvolvidas para identificar e compreender os diferentes tipos de radiações eletromagnéticas. Sendo a efetividade o passo que foi desenvolvido nos resultados deste trabalho.

Quadro 2 –UEPS 2

UEPS 2 – A radiação do visível ao invisível			
Objetivos	Identificar e entender a natureza dos diferentes tipos de radiações eletromagnéticas (luz visível, infravermelho e ultravioleta). Explorar o comportamento dual da luz		
Passos	Exemplos de situações	Passos	Exemplos de situações
1.Definição dos conceitos	Luz visível; infravermelho, ultravioleta, radiação de corpo negro, dualidade onda-partícula, espectro eletromagnético, óptica.	5.Complexidade	Situações envolvendo atividades experimentais, atividades demonstrativas, imagens, textos e simulações.
2.Investigação Conhecimento Prévio	Três questões introdutórias sobre luz. Com atividade experimental demonstrativa.	6.Reconciliação Integrativa	Atividades experimentais: luz invisível além do vermelho” e “Radiação ultravioleta
3.Situações-problema Introdutórias	Situação com fontes de luz exploramos conceitos de Ótica Física e luz visível. Situações Cores e a radiação de corpo negro.	7. Avaliação	Avaliação individual através de questões abertas.
4.Diferenciação Progressiva	Aulas com slides e simulações demonstrativas dos conceitos da nat. da luz. Experimentos para explorar a relação da energia com as diferentes cores da vela.	8. Efetividade	<i>Os alunos, individualmente, elaboraram um mapa conceitual.</i>

Fonte: Autores

No quadro 3 apresentamos resumidamente os passos da UEPS 3 com exemplos de algumas das situações desenvolvidas para identificar e compreender dos diferentes tipos de radiações eletromagnéticas, com ênfase nas radiações ionizantes. A efetividade foi o passo considerado para a análise dos resultados deste trabalho.

Quadro 3 –UEPS 3

UEPS 3 – Da segunda guerra mundial às histórias em quadrinhos interagindo com a matéria			
Objetivos	Identificar e entender a natureza dos diferentes tipos de radiações e suas principais características; promover o domínio progressivo do campo conceitual para as diferentes radiações a partir dos possíveis invariantes operatórios emergidos nas resoluções das situações.		
Passos	Exemplos de situações	Passos	Exemplos de situações
1.Definição dos conceitos	Radiação eletromagnética, radiações alfa, beta e gama, radioatividade, raios-X e energia nuclear.	5.Complexidade	Documentário sobre o acidente com Césio 137. Texto de divulgação científica e simulação sobre meia vida, fissão e fusão.
2.Investigação Conhecimento Prévio	Situação 1: questões abertas Situação 2: Imagens da 2ª guerra e do acidente de nuclear relacionando à ciência com a sociedade.	6.Reconciliação Integrativa	Os alunos fizeram uma atividade em dupla denominada “recriando o espectro” – atividade com imagens e desenhos.
3.Situações-problema Introdutórias	Documentário e questões abertas. Imagens e histórias em quadrinhos.	7. Avaliação	Individualmente realizaram uma avaliação com questões abertas e fechadas, com diferentes tipos de radiações.

4.Diferenciação Progressiva	Conceitos foram apresentados a partir do espectro eletromagnético revisando as radiações. Vídeos curtos junto aos slides.	8. Efetividade	<i>Os alunos elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos.</i>
-----------------------------	---	----------------	---

Fonte: Autores

As UEPS elaboradas para implementação em sala de aula visavam propiciar uma aprendizagem significativa considerando, como fundamentos, o conhecimento prévio dos participantes, a motivação para aprender e o material de ensino potencialmente significativo. Para que os alunos exteriorizassem seu conhecimento prévio, foram utilizadas diferentes situações iniciais e questões-chave baseadas nas diferentes radiações emergidas das representações sociais na primeira etapa da pesquisa. No que diz respeito à motivação para aprender, foram proporcionadas diferentes atividades para estimular a participação dos alunos e despertar seu interesse pelo tema estudado.

Na próxima seção discutiremos os resultados do segundo passo da primeira UEPS e o oitavo passo da segunda e terceira UEPS, com objetivo de analisar indícios de aprendizagem significativa e possíveis mudanças nas representações sociais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Da análise dos mapas mentais e dos correspondentes textos emergiram 13 categorias iniciais, caracterizando as representações acerca do tema Radiação. Para exemplificar os mapas e os excertos dos textos analisados, identificamos cada estudante pela letra T e um número, caracterizando a turma, e a letra A e outro número, caracterizando o aluno (a). Assim, T31A7 representa o aluno (a) 7 da turma 31.

Na tabela 1 apresentamos as categorias iniciais emergidas dos mapas mentais e dos textos explicativos. Ressaltamos que um mesmo mapa pode conter palavras que se enquadrem em categorias iniciais diferentes. Estas categorias iniciais emergiram de um total de 458 palavras evocadas nos mapas, levando em conta a frequência de respostas semelhantes identificadas nos mapas mentais e nos textos explicativos. Em negrito, nesta tabela, destacamos elementos sociocognitivos que já estavam presentes na primeira investigação.

Tabela 1 - Categorias Iniciais, Exemplos de Palavras Evocadas nos Mapas Mentais e a Respectiva Frequência.

Categorias Iniciais	Palavras Evocadas	Frequência
Eletrodomésticos	Micro-ondas , secador...	27
Lixo Tóxico	Pilhas, bateria celular ...	40
Radioatividade	Chernobyl, usina nuclear ...	38
Natureza	Sol , camada de ozônio...	60
Medicina	Raios-x , hospital...	46
Eletrônicos/Tecnologia	Televisão, celular ...	82
Doenças	Tumores, mutação...	32
Saber Científico	Física, onda eletromagnética...	13

Guerra	Bomba atômica , Guerra...	29
Eletricidade	Iluminação, lâmpada , luz ...	45
Elementos Químicos	Plutônio, chumbo...	32
Energia	Energia, combustível...	12
Ficção	Homem Aranha, Hulk...	12

Fonte: Dados da Pesquisa

A análise dos dados da primeira parte do trabalho já apurava a existência, dentre as representações sociais emergidas das respostas à questão: *para mim, radiação está relacionada com...*, de subcategorias mais ligadas ao senso comum, como aquelas relacionadas a malefícios à saúde, bomba atômica, contaminação e tecnologia, temas estes recorrentes nos meios de comunicação. Alguns elementos como raios-x, bomba atômica, sol, luz e celular, foram apresentados pelos estudantes para responder à questão colocada. Estes mesmos elementos, também presentes nos mapas mentais, nos textos explicativos e no teste de evocação, são possíveis elementos de centralidade. Muitas respostas foram partilhadas e induzidas por conhecimentos pertencentes ao universo reificado, transformados em uma versão acessível ao cotidiano dos alunos. A análise dos dados deste primeiro trabalho revelou, também, que a maioria dos sujeitos da pesquisa apresentou possíveis representações sociais inseridas no universo consensual, mesmo considerando o pouco conhecimento acerca do tema. Desse modo, ao pensar em radiação, os estudantes partilham representações construídas e influenciadas pela mídia, que sugerem ser a radiação prejudicial às pessoas, causando males, mortes e destruições.

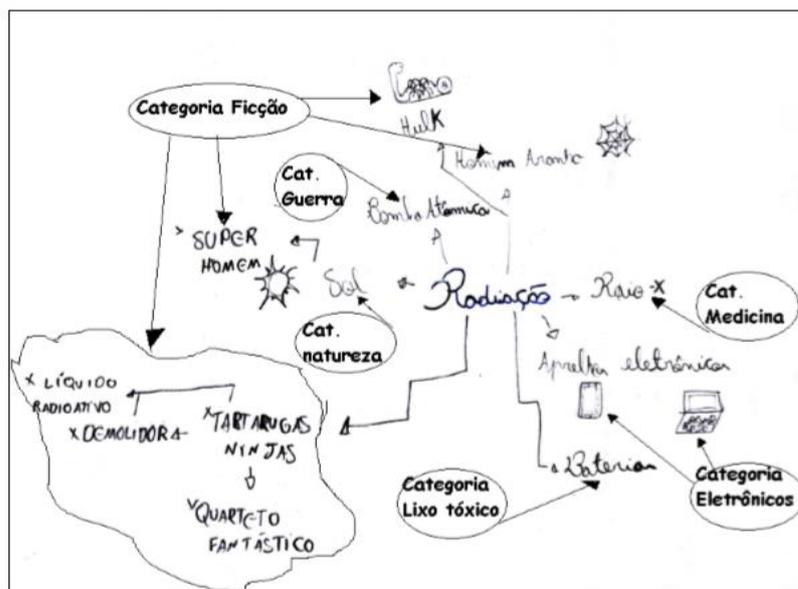
A concepção de que a radiação é algo maléfico e prejudicial ao ser humano já foi observada em diversos trabalhos sobre o estudo de radiações e pode ter sido formada pelos meios de comunicação. Como exemplo citamos o trabalho de Vilela (2015), que questionou o que os estudantes pensavam quando ouviam falar em radiação. Dos vinte e oito estudantes que responderam à questão, dezesseis respostas (57%) estavam, de alguma forma, relacionadas a efeitos maléficos sobre os seres vivos, que foram agrupados nas subcategorias: prejudicial à saúde, perigoso e contaminação.

Outra pesquisa que vem ao encontro dos resultados emergidos é o trabalho apresentado por Prestes, Capelletto e Santos (2008), que descrevem uma investigação piloto que busca os conceitos que 25 estudantes de Ensino Médio têm sobre radiações, através de um questionário com 15 perguntas dissertativas, o resultados mostraram que os alunos têm noções vagas e desarticuladas sobre o tema, sabem das aplicações médicas e bélicas, em especial, e a maioria também acredita que o seu uso pode prejudicar o meio ambiente e considera a irradiação em alimentos perigosa. A seguir analisaremos alguns mapas e excertos retirados dos textos que explicavam os mapas mentais dentre aqueles construídos pelos participantes da segunda parte do trabalho e demonstrando exemplos de como as categorias emergiram.

No mapa mental da Figura 1, do aluno T32A36, os diferentes elementos evocados pelo aluno têm forte relação com as categorias ligadas ao funcionamento de tecnologias e eletrodomésticos a partir da eletricidade. O aluno explora aparelhos elétricos que são utilizados no seu cotidiano e pelas suas ligações apresenta um conceito de radiação como sendo sinônimo de energia elétrica. Ao explicar o mapa mental o estudante reafirma essas ligações com por exemplo: Aluno T32A6: *“Aparelhos eletrônicos emitem radiação para o que está ao seu redor (...)”*. *“(...) precisamos de radiação para ter energia (...) através de tomadas utilizamos aparelhos eletrônicos (...) a luz do computador e da nossa casa também possui radiação e quando ficamos muito tempo perto sentimos o calor”*. Esses fragmentos extraídos do texto do

destruição e doenças, e ficção, que se contrapõe aos malefícios porque o contato com a radiação produz superpoderes. Como ele mesmo escreve: “Homem aranha foi picado por uma aranha radioativa e ganhou poderes”. “ondas radioativas que são altamente tóxicas e podem causar doenças sérias e até a morte”.

Figura 3: Mapa mental do participante T32A35



Fonte: Dados da Pesquisa

A partir dos textos explicativos dos mapas mentais verificamos que as representações estão ligadas ao senso comum e como já foi dito, aos malefícios que a radiação pode proporcionar e a uma utilização prática de itens, como os que necessitam eletricidade para o seu funcionamento. Como o exemplo retirado do texto do aluno T32A35: “(...) a bomba atômica destrói tudo em um grande raio de distância com radiação (...) o sol manda milhões de raios ultravioleta que ficam um pouco na camada da terra e muita radiação chega até nós (...)”.

Cabe ressaltar que outros estudantes contribuem com essas representações como: Aluno T31A19: “(...) o sol é outro elemento da natureza que possui muita radiação (...)”. Aluno T31A2: “(...) radiação elétrica quando é provocada pelo homem para benefícios. Isso induz energia que vem da tomada e está presente no computador e celular”.

Com vistas a refinar a análise das representações e dos conhecimentos prévios, o agrupamento progressivo das categorias iniciais resultou em categorias intermediárias (relaciona o termo radiação com ou como...) e a partir das categorias iniciais e intermediárias definiram-se as categorias finais, conforme síntese apresentada na tabela 2.

Tabela 2 – Síntese da Progressão das Categorias Emergidas das Palavras Evocadas nos Mapas Mentais.

Iniciais	Intermediárias	Finais
Eletrrodomésticos	(...) o funcionamento a partir da eletricidade.	
Eletrônicos/tecnologia		
Eletricidade		

Lixo tóxico	(…) os riscos e efeitos produzidos a partir dos elementos químicos.	Universo Consensual 71,39 % das respostas
Elementos químicos		
Radioatividade		
Doenças	(…) seus efeitos maléficos.	
Guerras		
Ficção	(…) elemento desencadeante de super poderes.	
Natureza	(…) as diferentes fontes de energia.	Universo Reificado 28,61 % das respostas
Tipos de Energia		
Medicina	(…) as radiações com a Ciência e com o conhecimento científico.	
Saber Científico		

Fonte: Dados da Pesquisa

A parte final da análise dos conhecimentos prévios presentes nas representações, emergidas a partir dos mapas mentais e dos textos elaborados pelos estudantes, foi sistematizada em duas categorias ancoradas no referencial da Teoria das Representações Sociais, denominadas, como já referido, Universo Consensual e Universo Reificado. A Tabela 2 sintetiza essas categorias elaboradas com base no trabalho autor 1. Destas categorias e das análises do conhecimento prévio e das possíveis representações sociais emergidas dos instrumentos, elaboramos as UEPS.

Não nos preocupamos com as relações conceituais entre as diferentes radiações quando analisamos os mapas mentais porque, nesse momento, estávamos buscando os conhecimentos prévios e verificando as possíveis representações sociais.

Com a implementação da UEPS 1 observamos, a partir da análise das situações desenvolvidas, algumas modificações e evoluções nas representações dos alunos. Observamos indícios de aprendizagem significativa no mapa conceitual elaborado na UEPS 2.

Para análise dos mapas conceituais utilizamos critérios ancorados na TAS para verificar indícios de aprendizagem significativa e mudanças nas representações sociais, interpretando a evolução na construção individual de cada estudante nos três mapas desenvolvidos durante a implementação das UEPS. Segundo Moreira (2006), a análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa: o professor deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa.

Tabela 3: Categorias Elaboradas com Base nos Critérios Elencados na Tabela 4 e Ancorados na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Categoria A	Mapas em que fica evidente que o aluno não possui subsunçores relevantes sobre o tema de estudo (quando utilizado como instrumento para averiguar o conhecimento prévio, no caso dos mapas iniciais) ou mapas que representam poucas relações entre os conceitos e apresentam ausência de aprendizagem significativa (quando o mapa foi elaborado pelo aluno após a atividade de ensino).
Categoria B	Mapas com poucos subsunçores relevantes (mapas iniciais) ou com poucos indícios de aprendizagem significativa (mapas finais).

Categoria C	Mapas com subsunçores relevantes (mapas iniciais) ou com indícios satisfatórios de aprendizagem significativa (mapas finais) .
-------------	---

Fonte: Autores (adaptado Calheiro, 2014)

Para a análise dos mapas conceituais desenvolvidos nas UEPS 2 e 3, cujo objetivo era o de verificar modificações nas representações e possíveis indícios de aprendizagem significativa, utilizamos os critérios elaborados com base na Teoria da Aprendizagem Significativa. As categorias e os critérios de análise estão descritos nas Tabelas 3 e 4. Na presente análise, utilizamos apenas a parte em negrito do significado das categorias descritas na Tabela 3.

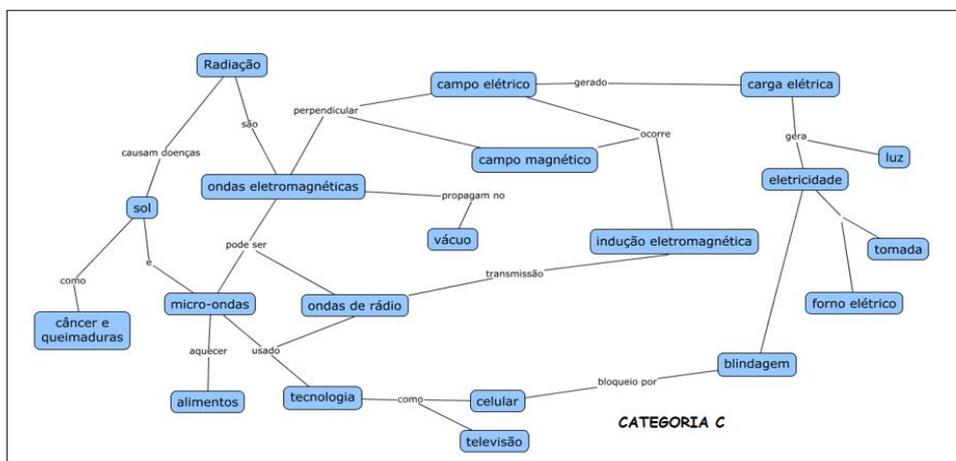
Tabela 4: Critérios elaborados e ancorados na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Critérios \ Categorias	A	B	C
Proposições Ligações Erradas	Sim	Não	Não
Proposições Ligações Válidas	Não	Em Parte	Sim
Conceitos Errôneos	Sim	Em Parte	Não
Relações Hierárquicas	Em Parte	Em Parte	Sim
Conceitos Cruzados Válidos e Significativos	Não	Sim	Sim
Conceitos Cruzados Não Significativos	Sim	Em Parte	Não
Integração entre Conceitos Abordados na UEPS	Não	Em Parte	Sim
Diferenciação Progressiva	Não	Sim	Sim
Reconciliação Integrativa	Não	Não	Sim
Exemplos Válidos	Não	Em Parte	Sim

Fonte: Autores (Calheiro, 2014)

As figuras 5, 6 e 7 mostram mapas conceituais (feitos na UEPS 2) dos mesmos alunos cujos mapas mentais estão representados nas figuras 1, 2 e 3. A análise desses e de outros mapas conceituais realizados na mesma ocasião por outros alunos mostra um avanço na aprendizagem das diferentes radiações, já que, dos 41 alunos participantes, 10 foram classificados na categoria C, 21 na categoria B e 10 na categoria A. O mapa apresentado na Figura 5 mostra um grande avanço conceitual nas relações atribuídas ao termo Radiação. Este mapa foi enquadrado na categoria C porque apresenta várias relações cientificamente corretas. O aluno mostra, em algumas proposições, diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Para Novak e Gowin (1984), quando o aluno apresenta um mapa com hierarquias válidas significa que há diferenciação progressiva e reconciliação integradora. O aluno fez várias relações com os conceitos clássicos, como ondas de rádio e indução eletromagnética, demonstrando evolução dos conhecimentos sobre as radiações.

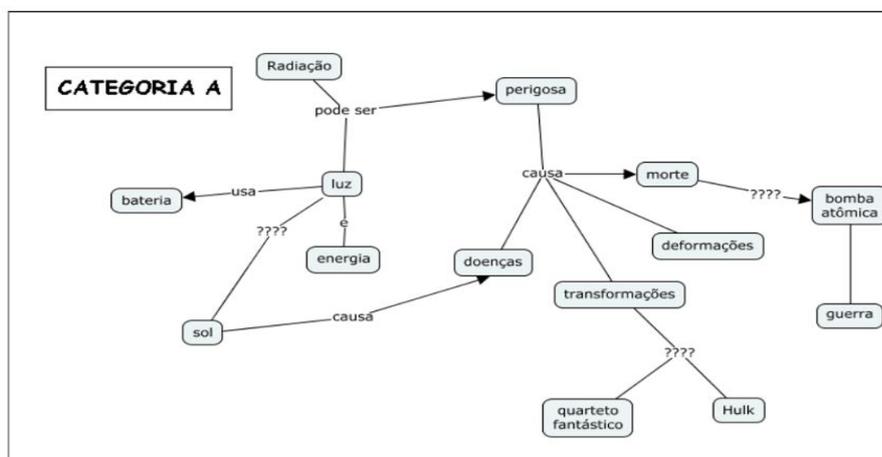
Figura 5 Mapa Conceitual do participante T32A36



Fonte: Dados da Pesquisa

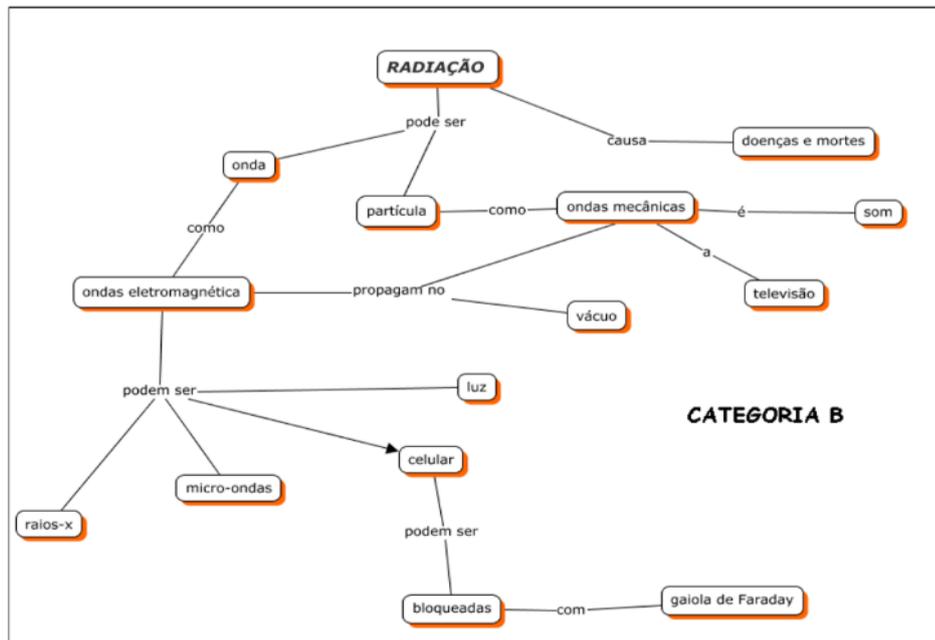
Já mapa apresentado na Figura 6, enquadrado na categoria A, o aluno não demonstrou nenhuma evolução nos conceitos sobre as radiações, mantendo as mesmas representações e os mesmos conhecimentos que mostrou na UEPS 1. O mapa representa quase que apenas a ideia trivial de que as radiações são perigosas e estão associadas ou ao Sol ou à bomba atômica.

Figura 6: Mapa Conceitual do participante T32A35.



Fonte: Dados da Pesquisa

O mapa apresentado na figura 7 apresenta alguns conceitos abordados em aula, como ondas eletromagnéticas, partícula, micro-ondas e gaiola de Faraday, demonstrando um avanço nos elementos evocados. Porém, algumas ligações representam proposições ou conceitos errôneos, como na associação da expressão ondas mecânicas aos termos partícula, televisão e propagação no vácuo. A associação entre o termo televisão e a expressão ondas mecânicas poderia se referir ao som emitido pela televisão, mas isso não está expresso no mapa. Ou melhor, se o aluno quisesse expressar esse conhecimento, poderia ter ligado os termos som e televisão, que aparecem no mapa. Este mapa foi classificado junto aos mapas da categoria B porque apresenta poucos indícios de aprendizagem significativa.

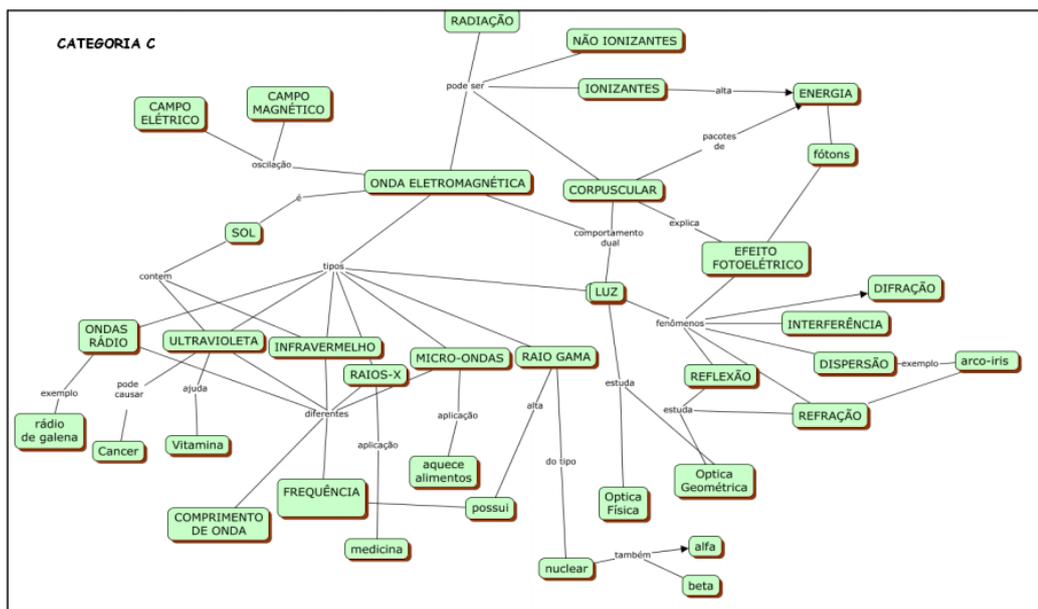
Figura 7: Mapa Conceitual do participante T31A6

Fonte: Dados da Pesquisa

Da análise dos mapas conceituais desenvolvidos ao final da UEPS 3 pudemos observar um avanço significativo na aprendizagem das diferentes radiações já que, dos 41 estudantes que participaram da atividade, 18 foram classificados na categoria C, 19 na categoria B e 4 na categoria A, indicando fortes indícios de aprendizagem significativa. Também observamos um avanço nos elementos de representação associados ao termo radiação presentes nestes mapas finais, com um grande número de relações que indicam apropriação dos conceitos científicos trabalhados na UEPS, mesclando-os com aqueles que já faziam parte dos conhecimentos prévios detectados nos mapas mentais. Observamos também que os alunos conseguiram relacionar diferentes radiações com conceitos da Física Clássica e com situações cotidianas. Alguns mapas indicam, porém, a persistência da (ou a insistência na) ideia de que as radiações são maléficas, evidenciando uma representação do senso comum ainda presente no núcleo central. As Figuras 9, 10 e 11 exemplificam o tipo de mapa conceitual construído e pertencem, para comparação, aos mesmos alunos dos quais já apresentamos neste trabalho os mapas mentais e os mapas conceituais.

O mapa do estudante T32A36 (figura 9) apresenta vários conceitos de Física Clássica integrados aos diferentes tipos de radiação, interligados por palavras ou expressões que indicam um claro entendimento dos fenômenos e estabelecem hierarquias entre os principais tópicos estudados. Isto é importante porque evidencia uma diferenciação entre os conceitos mais específicos e os mais inclusivos. Como exemplo, entre vários, podemos notar a relação entre onda eletromagnética, (do tipo) infravermelho, (que se diferencia dos outros tipos pela) frequência. A comparação do mapa mental inicial com a sequência de mapas conceituais revela, para este aluno, indícios satisfatórios de aprendizagem significativa.

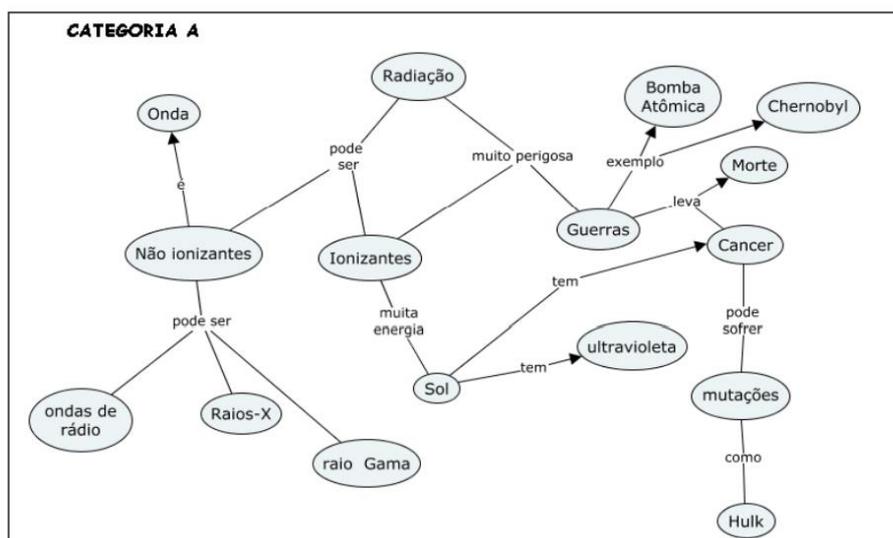
Figuras 9: Mapa Conceitual do participante T32A36



Fonte: Dados da Pesquisa

O mapa do aluno T32A35 (figura 10), analisado em conjunto com o mapa mental e os outros mapas conceituais, em que constam pouca evolução conceitual e nenhum sinal de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, não mostra indícios de aprendizagem significativa. Os três mapas apresentam erros conceituais e o aluno não expressa modificações nas suas representações sociais iniciais. Além disso, por exemplo, confunde os conceitos de radiação ionizante e não ionizante ao afirmar, por exemplo, que os raios gamas são não ionizantes. Este aluno parece ter dificuldade para organizar as ideias e compreender os conceitos que envolvem o termo radiação e mostrou isso também nas avaliações individuais aplicadas durante o ano letivo, em que não obteve bom rendimento.

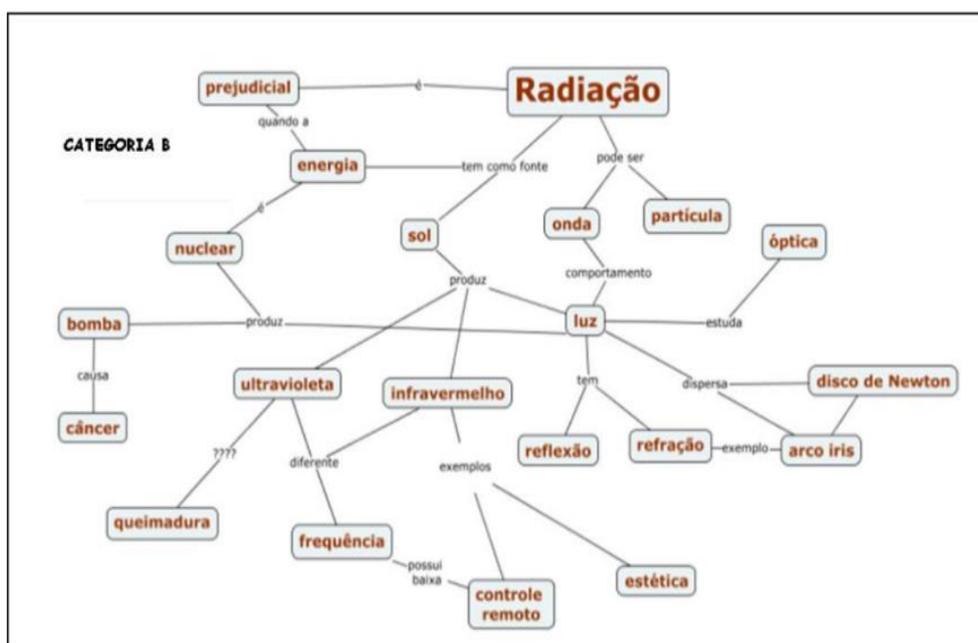
Figura 10: Mapa Conceitual dos participantes T32A35.



Fonte: Dados da Pesquisa

O mapa conceitual do aluno T31A6 (figura 11) indica também poucos indícios de aprendizagem significativa, embora as relações centradas no termo luz mostrem um bom entendimento dos conceitos de Óptica. De qualquer forma, o aluno não elabora uma hierarquia conceitual e dá poucos sinais de diferenciação progressiva. Os mapas desse aluno apresentam o que, possivelmente, seja uma organização memorística, uma vez que no mapa da figura 7 ele utiliza os conceitos estudados na UEPS 1 e no mapa da figura 11, conceitos estudados na UEPS 2. De qualquer forma, uma organização mecânica não significa que não haja aprendizagem significativa.

Figura 11: Mapa Conceitual do participante T31A6



Fonte: Dados da Pesquisa

Como já afirmamos, a análise dos mapas conceituais desenvolvidos na UEPS 2 resultou em 10 (dez) alunos classificados na categoria C, 21 (vinte e um) na categoria B e 10 (dez) na Categoria A e a análise dos mapas conceituais desenvolvidos no final da UEPS 3 resultou em 18 (dezoito) alunos classificados na Categoria C, 19 (dezenove) na Categoria B e 4 (quatro) na Categoria A.

Verificamos que houve uma diminuição expressiva no número de alunos na Categoria A, que apresentam mapas com poucas relações entre os conceitos e ausência de aprendizagem significativa. Praticamente não mudou o número de alunos na Categoria B, que apresentam poucos indícios de aprendizagem significativa. De qualquer modo, isto não significa que não tenha havido uma evolução na aprendizagem dos conceitos abordado nas UEPS, pois este não foi o único instrumento avaliativo utilizado durante o trabalho. Nesta categoria, muitos alunos expressaram diferentes estruturas de conhecimento ao organizar os conceitos estudados nas três UEPS e, muitas vezes, ancorando-os em suas representações. Por outro lado, houve um crescimento muito significativo no número de alunos na Categoria C, que apresentam mapas com indícios satisfatórios de aprendizagem significativa. Os mapas destes alunos incluíram, em várias relações, diferenciação progressiva, reconciliação integradora, ligações cruzadas e integração de conceitos de Física Clássica e de FMC, relações válidas entre conceitos e organizações hierárquicas que facilitaram sua leitura e evidenciaram a compreensão do campo

conceitual de radiações. Houve, também, uma mudança significativa nas representações dos alunos inseridos nesta categoria. Em seus mapas, são claras as relações de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Os estudantes elencaram diferentes relações das informações novas com aquelas da sua estrutura cognitiva, contemplando a maioria dos conceitos abordados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A teoria das representações sociais se destaca por revelar e conceituar aspectos do senso comum, resgatando a importância do conhecimento prévio e das experiências vividas pelos sujeitos na vida cotidiana. Neste trabalho, buscamos compreender e identificar as Representações Sociais a partir dos mapas mentais e dos textos produzidos pelos alunos acerca do tema Radiação e, implementando três UEPS, buscamos verificar indícios de aprendizagem significativas e possíveis modificações nas representações.

O mapa mental da UEPS 1 foi importante para alicerçar as situações desenvolvidas, já que para Ausubel (2000) o conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa e, para Moreira (2010), aprendemos a partir do que já sabemos. Os mapas conceituais das UEPS 2 e 3, por outro lado, foram elaborados para avaliar a aprendizagem, dando oportunidade aos alunos de mostrar a integração conceitual e alguma progressividade na aprendizagem. Enquanto instrumentos de avaliação, os mapas conceituais podem ser utilizados para se ter uma imagem da organização conceitual e das relações hierárquicas entre conceitos que o aluno estabelece para um dado conteúdo, representando o aprendido em qualquer disciplina (Rosa e Loreto, 2013).

Analisamos qualitativamente os mapas conceituais elaborados nas UEPS a partir dos critérios estabelecidos na Tabela 4, buscando interpretar as relações conceituais explicitadas pelos estudantes quando da elaboração de seus mapas, em conjunto com a evolução das atividades desenvolvidas nas UEPS.

A pesquisa revelou que os estudantes apresentam uma visão muito ligada ao senso comum, certamente influenciados, em grande parte, pela mídia e pelos grupos sociais a que pertencem, como a escola, a comunidade do bairro e o grupo de amigos. O termo Radiação foi relacionado, por exemplo, a questões ligadas à tecnologia, à eletricidade, a malefícios da saúde e a questões que remetem à bomba atômica. De qualquer modo, houve, sim, indícios de aprendizagem significativa, validando, em boa medida, a construção e a execução das UEPS. No entanto, ficou claro, também, que uma proposta de transformação das representações precisa levar em consideração o tempo necessário para isso.

A possibilidade de transformação existe, mas é necessário um trabalho progressivo, com diferentes estratégias de ensino, que perpassem todas as séries e que possam identificar os diversos níveis estruturantes das representações. Um possível desdobramento do trabalho seria, portanto, a elaboração de um planejamento em maior escala, envolvendo tópicos paralelos e um maior número de UEPS para avaliar o que se pode alcançar nesse nível de ensino, numa escola da rede pública.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, A. Teoria das Representações Sociais e Teorias de Gênero, **Cadernos de Pesquisa**, n. 117, p. 127-147, 2002.
- AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo, 2000.
- AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, 2002.
- BUZAN, T. **Mapas mentais e sua elaboração: um sistema definitivo de pensamento que transformará a sua vida**. São Paulo, Cultrix. 2005.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.
- MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. 2. ed. 2010.
- MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. In **Aprendizagem Significativa em Revista**/Meaningful Learning Review – V1(2), pp. 43-63, 2011.
- MOREIRA, M. A.; MASINI E. F. S., (2011). **Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel**. 4ª edição. Editora Centauro, São Paulo.
- MOSCOVICI, S. **A Representação social da psicanálise**. Rio de Janeiro: Zahar. 1978.
- MOSCOVICI, S. O fenômeno das representações sociais. In S. Moscovici (Ed.), **Representações sociais: investigações em psicologia social** (pp. 29-109). Petrópolis: Vozes, 2003.
- NOVAK, J.D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas, 2000.
- NOVAK, J. D., & CAÑAS, A. J. (2010). The Universality and Ubiquitousness of concept maps. In: **Proceedings of the 4nd International Conference on Concept Mapping**, Viña del Mar, Chile, 2010.
- NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1ª ed. em português. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 212p, 1984.

PLOTZ, T. Students' conceptions of radiation and what to do about them. **Physics Education**, 52(1), 1-6. Recuperado de <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/52/1/014004>. 2016.

PRESTES, M., CAPPELLETTO, E., & SANTOS, A. C. K. Concepções dos estudantes sobre radiações. In Atas do XI **Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Curitiba, PR. Recuperado de <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/atas/resumos/T0274-1.pdf>., 2008.

ROSA, R. T. N. e LORETO, É. L. S. Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação DNA-RNA-Proteínas após o acesso ao GenBank. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.18(2), pp 385-405, 2013.