

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA

ALEX LINO

INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO
MÉDIO: A LIGAÇÃO ENTRE TEORIAS CLÁSSICAS E MODERNAS SOB A
PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

MARINGÁ – PR

2010

ALEX LINO

**INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO
ENSINO MÉDIO: A LIGAÇÃO ENTRE TEORIAS CLÁSSICAS E
MODERNAS SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Polônia Altoé Fusinato

MARINGÁ – PR

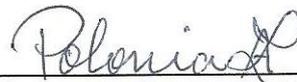
2010

ALEX LINO

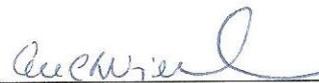
**INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO
ENSINO MÉDIO: A LIGAÇÃO ENTRE TEORIAS CLÁSSICAS E
MODERNAS SOB A PERSPECTIVA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

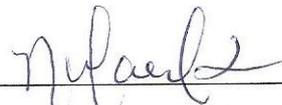
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Polônia Altoé Fusinato
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Prof. Dra. Andréia Cristiane Silva Wiezzel
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP



Prof. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 21 de dezembro de 2010.

DEDICATÓRIA

Ao meu amor eterno, Jessika.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Polônia Altoé Fusinato, pela orientação, dedicação ao trabalho e pelas oportunidades oferecidas. Pelos ensinamentos escolares e de vida, que me proporcionaram tranquilidade no decorrer de toda a caminhada.

À Profa. Dra. Andréia Cristiane Silva Wiezzel, ao Prof. Dr. Ourides Santin Filho, por todas as dicas que tiveram grande importância na construção deste trabalho.

A todos os professores do PCM que contribuíram com a minha formação ao longo de todo o mestrado.

Aos alunos do Colégio Paraguaçu que tiveram fundamental importância para a realização deste trabalho.

Aos meus colegas de mestrado Paula Cavalcante, Luzia Weiller e Alexandre Fregolente, por todo companheirismo nesta importante etapa de minha vida.

À Profa. Dra. Ana Maria Osório Araya Balan, por ter estado junto, por ter acreditado e principalmente pelo incentivo.

Aos meus pais, Luiz Lino e Isabel Sabino, pelo amor, carinho e pelas palavras que me ajudaram muito, principalmente, nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos, Elaine, Gislaine e Júlio por todo apoio fornecido, por todo amor e carinho.

Aos meus sobrinhos Luca e Yasmin, pelos sorrisos nos momentos de tristeza.

Aos meus amigos do AP. 14, Marcio e Paulo, por estarem sempre me ajudando, pelos momentos de trabalho e companheirismo.

Ao meu grande amigo João Ricardo, por ter estado ao meu lado sempre me ajudando, incentivando, e principalmente pelos seus ensinamentos tanto acadêmicos como de vida; por sempre ter escutado meus problemas, por estes muitos quilômetros rodados juntos e finalmente por ter se tornado meu quarto irmão.

Ao NEF e seus integrantes, Prof. Moacir, Paula, Osmar, Lucas e Tarlei.

EPÍGRAFE

*"A mente que se abre a uma nova
idéia jamais voltará ao seu
tamanho original."*

Albert Einstein

RESUMO

Neste trabalho, de caráter qualitativo, buscou-se verificar se o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio pode ser potencialmente significativo quando inserido de forma conjunta com o ensino de Física Clássica. Os assuntos que foram trabalhados com os alunos têm em comum os conceitos de calor e energia. Durante as aulas de *processos de transferência de calor* foi abordado o *problema da radiação de corpo negro*, inserindo conceitos de Física Quântica, como a quantização de energia e o conceito de *quanta*. Buscou-se partir da problematização de um conceito clássico para a sua explicação referente à Física Moderna e Contemporânea. As aulas foram preparadas com base na teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, partindo-se sempre de conceitos mais gerais e, posteriormente, especificando-os cada vez mais, e, também, da teoria dos Obstáculos Epistemológicos de Gaston Bachelard. A pesquisa foi realizada com alunos da segunda série do Ensino Médio de uma escola particular do estado de São Paulo, localizada na cidade de Paraguaçu Paulista. Os dados foram analisados por meio de questionários, segundo a teoria da aprendizagem significativa, juntamente com o auxílio de mapas conceituais segundo Novak e Gowin. As análises dos questionários revelaram que muitos alunos sofreram obliteração de seus subsunçores e os mapas nos mostraram hierarquias altamente organizadas das estruturas cognitivas dos alunos, estes são indícios de aprendizagem significativa. Foi observado, também, principalmente pela análise dos mapas conceituais, ligações entre conceitos de Física Clássica e conceitos de Física Moderna, inseridas em estruturas organizadas, processo este, que nos permitiu concluir que existe uma perspectiva de aprendizagem significativa quando se faz a ligação entre teorias clássicas e modernas, inseridas neste contexto.

Palavras chave: Física Moderna e Contemporânea. Aprendizagem Significativa. Mapas Conceituais. Obstáculos Epistemológicos.

ABSTRACT

This paper aimed verify if the teaching of Modern and Contemporary Physics at high school may be potentially significant when inserted in a combined way with the teaching of Classical physics. The approached topics have in common the concepts of heat and energy. During the classes about the *process of heat transference*, it was approached the issue about *the blackbody radiation problem*, inserting concepts of Quantum Physics, as the quantization of energy and the concept of quanta. It always started from a problematization of a classical concept to its explanation according to the Modern and Contemporary physics. In order to reach this objective the classes were prepared based on the theory of significant learning of David Ausubel, starting from more general concepts followed by deeply specification. It was also based on the theory of Epistemological Obstacles of Gaston Bachelard. The research was developed with second year students of a private High School in the State of São Paulo, at Paraguaçu Paulista city. The data was analyzed through questionnaires according to the theory of significant learning and with the assistance of conceptual maps according to Novak and Gowin. The data analysis reveled that many of the students suffered obliteration of their subsumers and the maps shows us highly organized hierarchies of the cognitives structures of the students, this is indication of significant learning. It was also observed, mainly through the analysis of the conceptual maps, relation between classical physics and Concepts of Modern physics inserted in organized structures. This process allowed us to conclude that exists a perspective of significant learning when it is done a relation between classical and modern theories inserted in this context.

Keywords: Modern and Contemporary Physics. Significant Learning. Conceptual Maps. Epistemological Obstacles.

SUMÁRIO

<i>INTRODUÇÃO</i>	12
CAPÍTULO PRIMEIRO	19
<i>CONHECIMENTO PRÉVIO: O FATOR QUE MAIS INFLUENCIA A APRENDIZAGEM</i>	19
1.1) Aprendizagem significativa	19
1.1.1) Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica	24
1.1.2) Tipos de Aprendizagem Significativa	27
1.1.3) Formas de Aprendizagem Significativa	29
1.1.4) Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa	37
1.1.5) Estratégias de ensino para a facilitação de aprendizagem significativa.....	39
1.1.6) As inadequações do ensino expositivo apresentado por Ausubel	41
1.1.7) Evidências de aprendizagem significativa	42
1.1.8) Mapas conceituais	43
1.2) Os obstáculos epistemológicos segundo Gaston Bachelard	49
1.2.1) Uma noção sobre obstáculo epistemológico	49
1.2.2) Obstáculo da experiência primeira.....	50
1.2.3) Obstáculo do conhecimento geral	52
1.2.4) O obstáculo verbal.....	53
1.2.5) Obstáculo ao conhecimento unitário e pragmático	54
1.2.6) O obstáculo substancialista	55
1.2.7) O obstáculo animista	56
1.2.8) Os obstáculos do conhecimento quantitativo.....	57
1.3) Uma breve discussão das relações entre as duas teorias.....	62
CAPÍTULO II.....	65

<i>METODOLOGIA: UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO</i>	65
2.1) Sobre a pesquisa	65
2.1.1) Pesquisa Qualitativa	65
2.1.2) O ambiente de pesquisa e os alunos participantes.....	66
2.1.3) A elaboração das aulas	67
2.1.4) Aprendendo a construir os mapas conceituais	74
2.1.5) Os questionários e seus objetivos.....	77
2.2) Metodologia de análise dos dados	78
2.2.1) Análise dos questionários.....	78
2.2.2) Análise dos mapas	82
CAPÍTULO III	90
<i>ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS: O CONHECIMENTO PRÉVIO COMO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA</i>	90
3.1) Aluno 1	91
3.2) Aluno 2.....	97
3.3) Aluno 3.....	103
3.4) Aluno 4.....	109
3.5) Aluno 5.....	115
3.6) Aluno 6.....	121
3.7) Aluno 7.....	127
3.8) Aluno 8.....	133
<i>CONCLUSÕES</i>	138
<i>REFERÊNCIAS</i>	142
<i>ANEXOS</i>	144
Anexo 1:	144
Regras de elaboração e pontuação de mapas conceituais proposta por Joseph Novak	144

Anexo 2:	150
Questionários e mapas conceituais analisados	150
Anexo 3:	174
Texto utilizado na aula sobre a elaboração de mapas conceituas.....	174

INTRODUÇÃO

Um dos objetivos da ciência é o de produzir teorias que sejam modelos, ou instrumentos adequados e ajustáveis, para a tentativa de relacionar um mundo de observações com um mundo real. Este mundo de observações é mutável, pois depende de nossas interpretações e análises. Já o mundo real é o Universo em que vivemos, imutável relativamente ao seu comportamento, que depende do mundo das observações para sua explicação.

É importante ressaltarmos que as teorias que tendem a explicar o único mundo físico estão em constantes modificações, pois:

Por mais amplas que sejam nossas teorias, e por mais profundas que sejam suas investigações na estrutura do mundo, sempre permanece a possibilidade de desenvolvê-las a um nível mais profundo ou em frentes mais amplas ou mais novas (CHALMERS, 1993, p. 209).

Sendo assim, para a ciência não há limite, pois nunca uma teoria conseguirá explicar todos os fatos, mas sempre será suplantada por outra que consegue ir mais longe. Essa é a base para o desenvolvimento do conhecimento científico.

Assim caminha a ciência em busca de uma explicação que mais se aproxime da realidade vivenciada.

Por exemplo, desde a primeira década do século XX, a Física Quântica e as Teorias da Relatividade são teorias que mais se aproximam de uma explicação da realidade da natureza, desde o mundo atômico até o macroscópico.

A Física de Galileu e Newton, também conhecida como Física Clássica, apesar de ser perfeitamente aplicável a fenômenos macroscópicos e de ter, incontestavelmente, muito valor em suas teorias, não explica fenômenos importantes que hoje conhecemos, como a quantização da energia, a relação espaço – tempo para velocidades próximas à da luz, que por sua vez são explicados pela nova Física, ou melhor, a Física Moderna,

que corresponde a um conjunto de teorias e modelos desenvolvidos a partir de 1900 e que produziram uma gama de explicações dos fenômenos observados mais ampla que sua antecessora.

Em relação a estas premissas, a pergunta que podemos formular neste momento em relação ao Ensino de Física é a seguinte: devemos mostrar aos nossos alunos o mundo de observações que mais se aproxima da realidade, ou seja, devemos ensinar Física Moderna e Contemporânea nas escolas, ou continuar somente com a velha Física Clássica, que apresenta uma explicação determinística e aproximada da realidade?

Estamos no início do século XXI e ainda temos a Física Clássica determinística ensinada nas escolas de Ensino Médio (EM) como única e absoluta, fazendo com que o atual currículo de Física fique desatualizado em relação ao avanço científico ocorrido desde o início do século XX até o presente, com o surgimento de novos modelos científicos e novas áreas da ciência.

Desta forma, podemos ainda ter a hipótese de que quando o aluno se depara com um estudo tão antigo da Física, pode ter a impressão de que a ciência não sofreu avanços significativos e sempre será deste mesmo jeito, sem perspectivas de mudanças. Isso é um fator que desmotiva o aluno em relação aos estudos de Física, imaginando que ela se resume a cálculos determinísticos de movimento em cinemática e dinâmica, por exemplo, uma vez que esta ideia não é coerente com que relatamos no início desta introdução.

Esta desatualização do currículo de Física traz consigo muitos problemas para as práticas pedagógicas em sala de aula, que seriam desvinculadas e descontextualizadas da realidade do aluno, além de julgar a Física como uma ciência imutável e inquestionável. A falta da ciência moderna nas aulas de Física, inclusive, pode fazer com que os alunos não percebam a ligação existente entre a Física e seu cotidiano tecnológico, podendo isto ser outro fator desestimulante em relação ao estudo das áreas científicas, setores estes que já não são tão aceitos pela maioria dos alunos. Quase toda a tecnologia utilizada por nossos alunos requer, para seu entendimento, conhecimentos de conceitos modernos de Física. Para Ostermann

É fundamental também despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. Além disso, uma boa formação científica

faz parte de um pleno exercício da cidadania. (OSTERMANN, 1999, p.267).

Para Terrazzan (1992, p. 209-214) a necessidade de se atualizar o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos (início do século XX até início do século XXI) para o entendimento do universo criado pelo mundo atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que possa atuar nesse mesmo ambiente.

A importância do tema ainda pode ser justificada de forma clara nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), afirmando que a Física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas com o objetivo de que o aluno perceba e lide com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do Universo distante, a partir de princípios, leis e modelos que são construídos pela própria Física. (BRASIL, 2002)

E é deste cotidiano que o aluno adquire seus conhecimentos prévios que são levados para dentro da sala de aula no momento do aprendizado, que como veremos mais adiante são muito significativos para a sua aprendizagem.

Em contrapartida, muitos fatores contribuem para a falta deste tipo de conhecimento nas escolas, como por exemplo, a escassez de material didático e metodologias que dificultam o trabalho dos professores frente à sala de aula.

Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa relacionada à FM foi realizada por Ostermann e Moreira (2000), em que, a partir de uma consulta a artigos em revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações pela Internet, relacionados ao assunto inserção de FM no Ensino Médio (EM), consideraram três vertentes representativas de abordagens metodológicas para a introdução de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no EM:

- 1) exploração dos limites dos modelos clássicos;*
- 2) não utilização de referências aos modelos clássicos;*
- 3) escolha de tópicos essenciais de FMC.*

A primeira vertente explora os limites da Física Clássica (FC) para a inserção de FMC, quando os modelos da FC não explicam determinado fenômeno podemos inserir a FMC para a explicação do respectivo fenômeno. A segunda vertente nos tenta mostrar

a possibilidade de inserção de FMC sem referência a FC, ou seja, nos apresenta que é possível ensinar FMC sem a ligação com a FC. E por fim, a terceira vertente escolhe alguns tópicos de FMC para serem abordados no EM, em geral, ao final do estudo costumeiro dos tópicos, que são ditos essenciais, de FC.

Estas vertentes são as mais utilizadas nas pesquisas acerca da inserção de FMC no EM como propostas e solução dos muitos problemas que são enfrentados.

Ainda no texto de Ostermann e Moreira, eles concluem o seguinte:

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. Entretanto, colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio. Outra questão desafiadora é a escolha de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas [...] (OSTERMANN E MOREIRA, 2000).

Há uma escassez de trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes acerca de tópicos de FMC, bem como pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem (OSTERMANN E MOREIRA, 2000).

Sendo assim, desenvolveu-se uma pesquisa que visa exatamente aplicar tópicos de FMC em sala de aula, apresentando resultados de aprendizagem, ou seja, avaliar e propor uma metodologia diferenciada de aplicação de conteúdos de FMC baseada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Segundo Moreira e Masini:

a aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo" (MOREIRA E MASINI, 1982, p.7).

Em outras palavras, as novas informações assimiladas relacionam-se com o conhecimento prévio que o aluno possui.

A ideia mais geral da teoria de Ausubel é a de que se deve ensinar o aprendiz a partir do que ele já sabe (NOVAK, 1981). É um processo pelo qual uma nova informação incorpora-se a uma estrutura de conhecimento já formada no indivíduo. Esta

nova informação relaciona-se a um conceito estabelecido na estrutura cognitiva, denominado por Ausubel de conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor. O conceito subsunçor terá a função de ancorar a nova informação a ser assimilada na estrutura de conhecimento do indivíduo (AUSUBEL et al., 1980).

No entanto, no que diz respeito à FMC, muitos desses conceitos prévios não estão presentes nas estruturas de conhecimento dos alunos. Logo a assimilação de um novo conteúdo torna-se mais difícil, pois nem sempre existe uma estratégia de ensino com o âmbito de facilitar a aprendizagem destes tópicos ou que propiciem ligações entre conceitos prévios adequados.

Um exemplo que faz parte da teoria moderna é a quantização da energia. Um dos conhecimentos prévios que o aluno necessitaria ter é o conceito de energia (um conceito ainda clássico), outros ainda seriam os conceitos de emissão de radiação e ondas eletromagnéticas. Se o aluno não tiver em sua estrutura cognitiva estes conceitos prévios, certamente ele não entenderá a quantização da energia.

Baseado na argumentação apresentada pode-se elaborar a seguinte questão de pesquisa:

Ensinar Física Moderna a partir dos limites da Física Clássica pode ser um método eficaz na perspectiva da aprendizagem significativa?

Com base nesta questão de pesquisa, foi desenvolvido este trabalho, que visa ensinar FMC a partir dos limites da FC, avaliando a capacidade dos alunos de construir uma aprendizagem significativa dos conceitos ensinados. Ou seja, quando a FC não for suficiente para explicar algum fenômeno, introduziu-se a FMC como ampla continuação de estudo, em busca da construção dos conceitos tal como recomendado pelo referencial teórico em estudo.

Para o desenvolvimento do trabalho, escolhemos uma turma da segunda série do Ensino Médio, cujos conteúdos de quantização da energia de Planck foram introduzidos a partir do estudo da radiação térmica, em termodinâmica. Com isto, pôde-se avaliar a qualidade da aprendizagem destes conceitos por meio dos preceitos teóricos da Aprendizagem Significativa, recorrendo à utilização de questionários e à confecção de mapas conceituais pelos alunos como forma de avaliação.

Estas aulas foram preparadas adotando-se como referencial a teoria da aprendizagem significativa e a teoria dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard, levando sempre em consideração o enfoque das duas teorias, que é o conhecimento prévio. O conhecimento prévio é o que mais influencia a aprendizagem, tanto no sentido de facilitar como no sentido de se tornar um obstáculo ao conhecimento a ser aprendido.

Em relação à teoria da aprendizagem significativa, levamos em consideração momentos da aprendizagem em que o conhecimento prévio poderia intervir no sentido de auxiliar a aprendizagem subsequente, tornando a aprendizagem significativa (como foi transcorrido anteriormente de forma resumida e está mais especificamente explicada no primeiro capítulo). Por sua vez, a teoria de Bachelard foi utilizada para auxiliar no momento da preparação das aulas e de suas respectivas aplicações em sala. Esta teoria foi utilizada durante a preparação das aulas, pois temos que conhecer as dificuldades que podemos enfrentar no momento da aprendizagem de conhecimentos científicos.

A teoria dos obstáculos epistemológicos também nos mostra que o conhecimento prévio pode se tornar obstáculo ao conhecimento científico, inibindo a aprendizagem coerente e significativa. Alguns obstáculos epistemológicos estão explicados na segunda parte do primeiro capítulo deste trabalho.

Como já foi mencionado, no primeiro capítulo com o título “Conhecimento prévio: o fator que mais influencia a aprendizagem”, focaremos, na primeira parte, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria dos mapas conceituais. Na segunda parte do capítulo explicaremos a teoria dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard e na terceira parte será feita uma breve discussão da relação dos dois referenciais sob o ponto de vista do conhecimento prévio.

No segundo capítulo deste trabalho, “os encaminhamentos metodológicos”, demonstraremos como esta pesquisa pode ser classificada como sendo uma pesquisa qualitativa, sobre o ambiente de pesquisa e os alunos que participaram do projeto. Também transcorreremos sobre a elaboração e a organização das aulas segundo os referenciais adotados, assim como o objetivo dos questionários e dos mapas conceituais. Foi mencionada sobre a análise dos questionários e dos mapas conceituais, a organização das respostas segundo a análise de conteúdo de Bardin (2002) e a avaliação dos mapas segundo sistemas de pontuação de Novak e Gowin (1988).

E finalmente, no terceiro capítulo poderão ser observados os resultados, inicialmente, por análise individual, mostrando a evolução de cada aluno a partir de suas respostas extraídas dos questionários e dos mapas conceituais, e finalmente, por uma análise geral da validade da metodologia aqui proposta.

CAPÍTULO PRIMEIRO

CONHECIMENTO PRÉVIO: O FATOR QUE MAIS INFLUENCIA A APRENDIZAGEM

1.1) Aprendizagem significativa

David Ausubel publicou seus primeiros estudos sobre a teoria da aprendizagem significativa em 1963 (*The Psychology of Meaningful Verbal Learning*) e desenvolveu-a durante as décadas de 1960 e 1970. Mais tarde, no final da década de 1970, Ausubel recebeu a contribuição de Joseph D. Novak que progressivamente incumbiu-se de refinar e divulgar a teoria. Com a contribuição de Novak, a teoria da aprendizagem significativa modificou o foco do ensino.

Desde a década de 1970, a teoria tem sido enriquecida, interpretada e divulgada por Marco Antonio Moreira e Elcie F. Salzano Masini, entre outros, aqui no Brasil.

O que Ausubel mais enfatiza em sua teoria é ensinar a partir do que o aluno já sabe. Em suas próprias palavras:

“o mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo” (Ausubel, 1980, p. 6).

Quando se propõe um novo conhecimento é possível que aconteça coisas opostas: o que o aprendiz já sabe pode influenciá-lo ajudando ou apenas facilitando a aprendizagem, ou então pode agir atrapalhando e prejudicando as assimilações subsequentes. Neste caso, o conhecimento implica em um obstáculo epistemológico, como explicaremos melhor em um capítulo especial sobre o assunto.

O conhecimento prévio normalmente é facilitador (indispensável) da aprendizagem significativa, mas também pode, em certos casos, funcionar como impedidor, bloqueador dessa aprendizagem. É nesse sentido que Ausubel afirmou que se fosse possível isolar um único fator como o que mais influencia a aprendizagem, este seria o conhecimento prévio (Masini & Moreira, 2008, p.21).

Como mostramos no início do texto, devemos primeiramente dar atenção àquilo que o aluno já sabe, para assim, planejarmos as situações de aprendizagens subsequentes.

Estas idéias iniciais trazidas pelo aluno, para a sala de aula, podem ser decisivas durante a aprendizagem. Se os conceitos a serem aprendidos forem ligados, incorporados ou relacionados (isto quer dizer assimilação) com o conhecimento já existente, estes conhecimentos vão adquirir significados, tanto o conhecimento já existente como o conhecimento a ser assimilado. *O novo passa a ter significados para o indivíduo e o prévio adquire novos significados, fica mais diferenciado, elaborado.* (Masini & Moreira, 2008, p.16).

Desta forma ocorrerá a aprendizagem significativa, relacionando conceitos novos com conceitos prévios, tendendo a modificação dos dois conhecimentos com a adição de novos significados.

No entanto, para ocorrer aprendizagem significativa, ou seja, para existir a ligação entre os conhecimentos, devem existir, *a priori*, algumas condições. As condições de ocorrência de aprendizagem significativa são:

...(1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionada de forma *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado 'lógico') e (2) que a estrutura cognitiva *particular* do aprendiz contenha ideias *ancoradas* relevantes, com as quais se possam relacionar o novo material (Ausubel, 2002, p.1).

Nesta perspectiva, trataremos cada ponto mencionado por Ausubel (2002) como condições para a ocorrência de aprendizagem significativa, que são: (1) a interação entre conhecimentos novos e prévios não devem ser arbitrária e nem literal e (2) o material deve ser potencialmente significativo.

Com relação à primeira condição, para assimilar significativamente um conceito, o estudante deve primeiramente querer aprender, deve construir uma necessidade de mexer com seu subsunçor, uma vez que será este conhecimento o resgatador dos novos conhecimentos. Deve também perceber o potencial do novo conceito, incluindo seu significado, sua importância, suas aplicações e suas correlações com outros conceitos já existentes na estrutura cognitiva.

A predisposição para aprender não é exatamente aquilo que chamamos de motivação. É claro que implica motivação, mas é, antes, uma intencionalidade, um esforço deliberado para relacionar o novo conhecimento a conhecimentos prévios mais inclusivos, mais diferenciados, existentes na estrutura cognitiva com certa estabilidade e clareza (Masini & Moreira, 2008, p.20).

Uma vez existindo a predisposição em aprender, a interação que ocorre entre o conceito prévio e o novo conceito aprendido não deve ocorrer de qualquer forma, ou seja, não deve ser arbitrária, ligada ou assimilada a qualquer conceito, mas sim, a conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo (estrutura de conhecimento).

...o aprendiz deve ter em sua estrutura cognitiva conhecimentos prévios adequados para dar significado aos novos conhecimentos (Masini & Moreira, 2008, p.16).

Este conceito relevante na estrutura cognitiva do indivíduo é denominado por Ausubel de conceito subsunçor, que tem o papel de “ancoragem” dos conceitos novos a serem aprendidos. Assim, o conceito subsunçor “ancora” o novo conhecimento na estrutura cognitiva. Este processo de ancoragem é conhecido como processo de assimilação.

Esse conhecimento prévio (conceito, idéia, proposição, representação) que servirá de ancoradouro para o novo conhecimento e, ao mesmo tempo, se modificará em função da ancoragem, é chamado de *subsunçor* (Masini & Moreira, 2008, p.19).

Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro como altamente organizado, com relações entre elementos antigos e recentes, constituindo uma hierarquia conceitual, cujos elementos de conhecimento são incorporados a conceitos maiores dentro da estrutura cognitiva do indivíduo. A informação é armazenada em determinadas regiões do cérebro, onde muitas células cerebrais são envolvidas na armazenagem de unidades de conhecimentos. Uma nova aprendizagem resulta em mudanças nas células do cérebro, sendo que algumas células afetadas durante a aprendizagem significativa são as mesmas que já armazenavam informação similar à nova que esta sendo adquirida (Novak, 1981).

Já em termos psicológicos, as novas informações são assimiladas dentro de uma estrutura de conhecimento específico existente na estrutura cognitiva do indivíduo, o

subsunçor. Portanto, para se efetivar uma aprendizagem significativa, a nova informação é assimilada por esses subsunçores relevantes (Ausubel et al.,1980).

Os conceitos subsunçores são conceitos resgatadores de informação. Dizer que um indivíduo teve uma aprendizagem significativa equivale a dizer que tais subsunçores resgataram as informações em estruturas cognitivas. Simbolicamente, estes conceitos representam “âncoras” de conhecimento. Quando a informação relevante entra em contato com estes conceitos subsunçores, a mesma é “ancorada” na estrutura de conhecimento do indivíduo, possibilitando, assim, que esta informação armazenada fique por mais tempo armazenada em tal estrutura. Neste caso, o indivíduo teve uma aprendizagem significativa (Novak, 1981).

Para exemplificar dentro da Física, suponhamos que se queira ensinar o conceito de aceleração média para um aluno do ensino médio. Se este aluno conseguir relacionar o conceito de aceleração com o fato de o corpo modificar sua velocidade ao longo de um determinado tempo, podemos dizer que assimilou o conceito aceleração, relacionando-o a outro conceito que já estaria formado na sua estrutura cognitiva. Neste caso, a variação de velocidade teve o papel de conceito subsunçor, dentro de sua estrutura cognitiva.

Estas interações também não devem ser literais, isto significa que a assimilação não deve ocorrer ao pé-da-letra. No momento da assimilação, o novo conhecimento adquire significados, que podem ser de dois tipos: significados denotativos e conotativos. Os significados denotativos são atribuídos ao contexto de uma disciplina, de uma área de conhecimento ou de um uso comum de conhecimentos entre diversos indivíduos. Já os significados conotativos são do próprio sujeito, ou seja, são valores pessoais que o individuo atribui ao significado dos conceitos ou eventos.

...os significados estão nas pessoas, não nos objetos ou nos eventos. É igualmente importante dar-se conta que na aprendizagem significativa o aprendiz atribui significados denotativos e conotativos aos novos conhecimentos. É nesse sentido que a aquisição significativa de novos conhecimentos é substantiva, não-literal, não ao pé-da-letra (Masini & Moreira, 2008, p.30).

Citando novamente nosso exemplo de assimilação significativa do conceito de aceleração, podemos dizer que, no momento em que o aluno liga o novo conceito possivelmente com o conceito de velocidade, mais especificamente sua variação, os conceitos ganham significados tanto denotativos quanto conotativos. Denotativo no

sentido de que o conceito aceleração pode ser sempre representado por uma variação de velocidade, e quanto mais rápido for a variação, maior será a aceleração. O sentido conotativo é mais difícil de exemplificar, pois é idiossincrático, é um significado que varia de pessoa para pessoa.

Quando o indivíduo aprende significativamente um conceito, ele pode externalizá-lo por meio de uma dissertação ou uma apresentação oral. Neste momento, a externalização não ocorre de modo literal aos significados denotativos do conceito, mas com significados idiossincráticos. Aqui, poderemos identificar tais significados conotativos e diferenciá-los dos denotativos.

Neste tópico, mencionamos algumas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa. Em resumo, são elas:

- O estudante deve primeiramente querer aprender de forma significativa;
- A interação entre conceito subsunçor e conceito novo deve ocorrer de forma não arbitrária e não literal.

A segunda condição para aprendizagem significativa é que o material ou a situação a ser apresentada ao aprendiz devem ser potencialmente significativos, ou seja, devem permitir que existam fluxos de relações entre conceitos prévios e conceitos novos.

Relacionar o novo conhecimento com um conceito já existente na estrutura cognitiva depende, essencialmente, da predisposição do aprendiz em relação à tarefa de aprendizagem. Portanto, para se ter uma aprendizagem significativa, o aprendiz deve ter um potencial de disposição para relacionar a nova informação a uma estrutura de conhecimento, já formada a partir de um conceito subsunçor (Novak, 1981).

O papel do professor, neste caso, é selecionar materiais de potenciais mais significativos aos alunos, ou seja, assuntos que tenham grande potencial de ligação com os conhecimentos prévios destes. Uma seqüência de estudo deve ser preparada e planejada pelo professor, a fim de contribuir para tais relações (nova informação relacionada à estrutura antiga).

É errado dizer que um material educativo é significativo. Não tem sentido dizer, por exemplo, que um livro é significativo ou que uma aula é significativa. Os significados não estão nos materiais educativos. Eles estão nos alunos, nos professores, nos autores. *Os materiais são apenas potencialmente significativos.* E isso implica que tenham

significados lógicos e que os aprendizes tenham conhecimentos prévios especificamente relevantes (Masini & Moreira, 2008, p.19).

Agora completamos nossas condições de ocorrência de aprendizagem significativa, vamos expô-las:

- O estudante deve primeiramente querer aprender de forma significativa;
- O material deve ser potencialmente significativo.
- O aprendiz deve também perceber o potencial do novo conceito, que faz parte do material ou da situação potencialmente significativa, incluindo seu significado, sua importância, suas aplicações e suas correlações com outros conceitos já existentes na estrutura cognitiva.
- A interação entre conceito subsunçor e conceito novo deve ocorrer de forma não arbitrária e não literal.

Parece não ser tarefa fácil, diante de tantas condições, para a aprendizagem ocorrer de forma significativa, mas, com certeza, vale todo o esforço para tal processo acontecer. Para o leitor acreditar nesta idéia, desta vez, mostraremos as vantagens da aprendizagem significativa e as desvantagens de uma aprendizagem mecânica e memorística, e também mostrar que entre esses dois tipos de aprendizagens existe um contínuo, que uma faz parte do processo da outra, principalmente durante a formação dos primeiros subsunçores.

1.1.1) Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

Se a nova informação a ser assimilada não for relacionada a nenhum conceito subsunçor, ou se não houver subsunçores relevantes na estrutura, o conceito terá fraca ligação com a estrutura cognitiva, podendo ser perdido em curto prazo. A este tipo de aprendizagem Ausubel denomina aprendizagem mecânica (Ausubel, 1980). A nova informação não se relaciona a conceitos já existentes na estrutura cognitiva e, portanto, pouca ou nenhuma interação ocorre entre a informação adquirida e a aquela já armazenada.

Elementos de conhecimento aprendidos mecanicamente ficam distribuídos de maneira arbitrária na estrutura cognitiva; eles não são ligados a conceitos

especificamente relevantes na estrutura cognitiva e dessa forma são perdidos ou esquecidos mais rapidamente. Como mencionamos anteriormente, umas das condições de ocorrência para a aprendizagem ser significativa é que o conceito novo deve ser ancorado por um conceito subsunçor, relevante na estrutura cognitiva.

A aprendizagem mecânica é mais utilizada para guardar números de telefones, nomes de pessoas, e até mesmo quando se deseja reproduzir uma fala como, por exemplo, um ator faz em uma gravação de novela. Em casos como estes, não é feito nenhum esforço consciente para relacionar o novo conceito à estrutura de conhecimento já existente na cognição do indivíduo. Os alunos costumam utilizar aprendizagem mecânica em dias de provas, ao decorarem conceitos e fórmulas um pouco antes. Como estes conceitos e formulas não estão relacionados à estrutura cognitiva, são esquecidos em pouco tempo.

Quando o armazenamento, a internalização e a incorporação à estrutura cognitiva ocorrem de maneira literal, arbitrária e sem significado, a aprendizagem é dita mecânica ou automática (Masini & Moreira, 2008, p.23).

Em um primeiro momento, parece haver uma dicotomia entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, no entanto estas apresentam um contínuo sistema de aprendizagens.

[...] aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia. A aprendizagem não é “ou significativa ou mecânica”. Há um contínuo entre elas [...] As aprendizagens podem ser parcialmente significativas, parcialmente mecânicas, mais significativas, mais mecânicas (Masini & Moreira, 2008, p.23).

No ensino, buscamos mediar o aluno para a aprendizagem significativa, por meio de construção, aquisição, reconstrução de significados compartilhados no contexto da matéria. Buscamos fazer com que a aprendizagem “tenda ao significativo” ao invés da automática (mecânica). No entanto, os significados estão nas pessoas e não nas palavras ou conceitos que são transmitidos, desta forma, devemos salientar que se deve ter uma predisposição, por parte do aluno, de assimilar os novos conceitos aos subsunçores.

Existem dois extremos da aprendizagem, o extremo da aprendizagem mecânica e o extremo da aprendizagem significativa. O que queremos dizer, com o contínuo que

existe entre os dois tipos de aprendizagem, é que o aluno pode passar de uma aprendizagem mecânica para uma aprendizagem significativa, pela mediação do professor. O professor pode ajudar o aprendiz a atribuir significados aos conceitos, fazendo com que estes conceitos tenham as suas ligações com os subsunçores.

Muitas vezes, encontramos a aprendizagem do aluno entre a mecânica e a significativa. Quando o aluno é treinado pelos manuais didáticos, logicamente com o auxílio do professor, ele pode simplesmente decorar conceitos fazendo repetitivamente muitos exercícios ou leitura de tópicos conceituais. Desta forma, a aprendizagem adquirida pelo aluno tende a aprendizagem mecânica. Passado algum tempo, é como se o aluno não tivesse aprendido aquele conteúdo, ele esquece definitivamente. Este tipo de coisa pode ser útil para o aluno, quando nas vésperas de uma prova ele precisa aprender a matéria, salientando mais uma vez, passado algum tempo, é como se o aluno nunca tivesse aprendido aquele conteúdo realmente.

No entanto, podemos ter outro progresso, desta vez no sentido contrário ao mencionado anteriormente. Este existe quando os significados vão sendo incorporados pelos conceitos, devido à ligação entre conceitos novos e conceitos prévios. Esta aprendizagem é a aprendizagem com compreensão, com significado, com possibilidade de transferência, com capacidade explicativa, com maior retenção, algumas das vantagens da aprendizagem significativa.

Outra interação que ocorre neste contínuo aprendizagem mecânica e significativa é na formação dos primeiros subsunçores na estrutura de conhecimento do aprendiz.

Os subsunçores são muito importantes durante a aprendizagem significativa, pelos motivos que aqui já foram transcorridos. Portanto, podem surgir algumas questões relativas aos conceitos subsunçores: O que fazer quando não existem? Como pode a aprendizagem ser significativa neste caso? De onde vêm os subsunçores? Como se formam? Vamos tentar responder algumas destas questões, começando pela formação dos subsunçores.

Os primeiros subsunçores surgem por meio de aprendizagem mecânica, já que inicialmente, não há conceitos para ancorarem as novas informações.

Estes conceitos são formados mecanicamente por

descobrimto, geração e avaliação de hipóteses, generalização a partir de instâncias específicas, indução, abstração, até que a palavra conceito

passa a representar regularidades em eventos ou objetos (Masini & Moreira, 2008, p.22).

Aqui temos o processo denominado por formação de conceitos, que discutiremos mais nos tipos de aprendizagem significativa.

A formação de conceitos acontece mais em crianças que estão começando a conviver com objetos e eventos novos. Mecanicamente, os significados destes objetos ou eventos são incorporados pela estrutura cognitiva, sem ligação com nenhum outro conceito ou conhecimento, até que estes significados se transformem em conceitos resgatadores de outros conhecimentos.

Uma vez constituído os primeiros subsunçores eles começam a servir de ancoradouro para as novas conceitualizações e o processo de formação de conceitos, progressivamente, passa a ceder lugar a outro que é o da *assimilação de conceitos* (Masini & Moreira, 2008, p.22).

Desta forma, surgem os primeiros subsunçores, e é daí que surge a maior importância da aprendizagem mecânica, estabelecendo o contínuo, que falamos anteriormente, com a aprendizagem significativa.

Agora descreveremos os tipos de aprendizagem significativa que podem ocorrer: aprendizagem representacional, aprendizagem conceitual e aprendizagem proposicional.

1.1.2) Tipos de Aprendizagem Significativa

A aprendizagem significativa envolve três tipos: a aprendizagem representacional, a aprendizagem conceitual e a aprendizagem proposicional.

Na aprendizagem representacional:

O sujeito tem uma aprendizagem significativa representacional quando estabelece uma correspondência entre um determinado significado e uma certa representação. Palavras, por exemplo, são representações, são signos lingüísticos, significam alguma coisa (Masini & Moreira, 2008, p.27).

Esta aprendizagem será pré-conceitual por existir relação entre a palavra e o objeto, no entanto, esta relação é apenas por um único objeto. Enquanto a palavra referente ao objeto tiver relação apenas com o mesmo objeto, o indivíduo terá construído uma representação significativa e não o conceito do objeto.

A aprendizagem representacional é significativa, porque tais proposições de equivalência representacional podem relacionar-se de forma não arbitrária, como exemplares, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, quase desde o primeiro ano de vida – de que tudo tem um nome e que este significa aquilo que o próprio referente significa para determinado aprendiz (Ausubel, 2002, p.1).

Para melhor entender, vamos recorrer a um exemplo. Suponhamos que uma pessoa estabeleça uma relação significativa entre a palavra lápis e aquele objeto que ela utiliza diariamente para escrever, desenhar ou rabiscar. Enquanto lápis significar para ela o mesmo e único objeto que convive diariamente, ela terá construído uma representação significativa. À medida que esta pessoa começa a utilizar lápis de outras espécies (cor, tamanho, formato), o pré-conceito começa a se tornar conceito, desta vez temos um outro tipo de aprendizagem, a aprendizagem conceitual.

Para definir aprendizagem conceitual, primeiramente devemos definir o que é conceito, segundo Ausubel (2002):

Podem definir-se os *conceitos* como objectos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo (AUSUBEL, 2002, p.2).

Quando a palavra referida a um objeto passa a representar uma classe, no sentido de compartilhar regularidades para um mesmo tipo de objeto, diz-se que houve uma aprendizagem conceitual.

Conceitos apontam regularidades em objetos ou eventos e são representados, geralmente por palavras-conceito (Masini & Moreira, 2008, p.27).

Voltando ao exemplo do lápis, quando a pessoa consegue relacionar a mesma palavra lápis para distintos tipos de lápis, dizemos que ela teve uma aprendizagem conceitual. Generalizando, quando o indivíduo atribui o signo de alguma espécie e classe de objetos a todos os objetos que pertencem a esta classe, dizemos que teve uma aprendizagem conceitual.

A grande diferença entre as duas aprendizagens é a significação

Ou seja, mesmo na aprendizagem representacional o sujeito estabelece uma relação significativa entre uma dada representação e um referente. Analogamente, no caso do conceito formado há uma relação significativa com uma classe de situações que dão sentido ao conceito (Masini & Moreira, 2008, p.28).

Apesar de a aprendizagem significativa de conceitos e de representações serem típicas de crianças, é possível que ocorra também em adultos, quando o assunto a ser tratado ou a situação é completamente nova para o conceito ou para o sujeito. Por isso, é muito importante ao ensino de Física Moderna e Contemporânea, por ser uma situação geralmente nova para o aprendiz, apesar de estar inserida, teoricamente, na maior parte das tecnologias vivenciadas por todos nós.

Quando os conceitos começam a adquirir as proposições, ficam mais significativos para o sujeito que o tem. Essas proposições fazem o conceito ficar cada vez mais diferenciado relativamente a outros conceitos dentro da estrutura cognitiva do indivíduo. Quanto mais proposições, mais diferenciado fica o conceito, inclusive podendo ficar mais integrativo, ou seja, sujeito a ligações com outros conceitos dentro da própria estrutura de conhecimentos. Assim o conceito vai ficando cada vez mais ancorado dentro da estrutura, ou seja, cada vez mais significativo. Este tipo de aprendizagem é a aprendizagem proposicional.

[...] a tarefa de aprendizagem, ou proposição potencialmente significativa, consiste numa ideia compósita que se expressa verbalmente numa frase que contém significados de palavras quer denotativos, quer conotativos, e nas funções sintáticas e nas relações entre as palavras (Ausubel, 2002, p.2-3).

Como exemplo, podemos citar o princípio da conservação de energia. Ao conceito de energia temos a proposição de sua conservação. O conceito de energia fica mais bem estruturado e entendido.

1.1.3) Formas de Aprendizagem Significativa

A interação entre conceitos novos a ser aprendidos e os subsunçores pode ocorrer de três modos: subordinada, superordenada e combinatória.

Na aprendizagem significativa subordinada:

Quando a nova informação adquire significado “ancorando-se” no subsunçor, a aprendizagem é dita subordinada (Masini & Moreira, 2008, p.29).

Esta aprendizagem é a forma mais comum de acontecer e pode ser explicada melhor da seguinte maneira: no novo conceito a representação, potencialmente significativa a ser aprendida é incorporada, ou seja, assimilada pelo subsunçor, que por sua vez pode ser um conceito, uma proposição, imagem, idéia ou modelo preexistente na estrutura cognitiva. O resultado desta assimilação é a obliteração do subsunçor que agora está ligado por uma estrutura ao novo conceito.

A aprendizagem subordinada é eficiente quanto:

- a) A Relevância específica e direta para tarefas de aprendizagem subseqüentes;
- b) Ao Poder explanatório para representar até mesmo detalhes factuais de uma idéia geral;
- c) A Estabilidade interna que proporciona uma fixação temporal melhor;
- d) A Organização em um tema comum assuntos subordinados e relacionados uma mesma proposição, ideia, conceito.

Desta vez, devemos falar desta obliteração que ocorre na ligação entre os dois conhecimentos, o novo e o já existente. A assimilação obliteradora é a modificação do subsunçor incorporado a nova ideia; isto ocorre quando o novo conceito é ligado ao subsunçor. Como a aprendizagem, desta maneira, é significativa, o subsunçor que além de incorporar o novo conceito, também ganha novos significados tornando-se muito mais diferenciável e sujeito a novas assimilações, que por sua vez, podem acontecer mais facilmente. O processo de “ancoragem” resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Aprendizagem significativa gera aprendizagem significativa.

Como exemplo, podemos citar o aprendizado do conceito de força. Quando o aluno chega ao aprendizado deste tipo de conceito, já vem com um pré-conhecimento adquirido ao longo de sua convivência com tarefas que necessitam de utilizar a força, tendo a impressão que força é uma espécie de puxão, empurrão ou esforço físico. Esta ideia prévia que o aluno adquire anteriormente aos ensinamentos de Física, pode se tornar um subsunçor à medida que incorpora novos significados de força, como os tipos de força, por exemplo, ou as espécies de forças como as de ação à distância e as de contato.

Devemos ressaltar, também, que este conhecimento empírico prévio com o qual o aluno chega ao aprendizado nas aulas de Física, ao invés de auxiliar as aprendizagens futuras, pode atrapalhar, considerando que pode ser um obstáculo epistemológico aos conhecimentos futuros, como veremos no próximo capítulo sobre obstáculos epistemológicos.

Caso esse conhecimento prévio sirva como ancoradouro das novas informações, o que acontecerá será representado nas figuras a seguir.

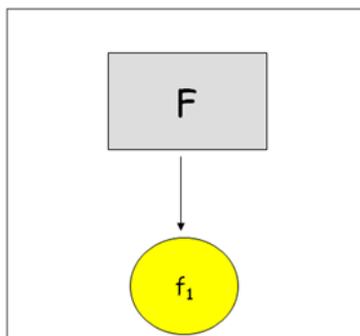


Figura 1 – Representação da assimilação

Vamos supor que o conceito subsunçor seja F , o conceito prévio que o aluno adquire com sua vivência, e que f_1 seja o novo conceito de força que irá aprender, potencialmente significativo, que pode ser, por exemplo, uma força de atração entre corpos materiais devido às suas massas, a força gravitacional. Vejamos agora os significados desta força gravitacional. Esta deve ser atrativa, de interação à distância, ou seja, não precisa de contato para sua existência, depende também das massas dos corpos e da distância que estas massas estão uma da outra.

Observando todos os significados do conceito de força gravitacional dentro de um contexto teórico e experimental, quando este é incorporado, ou seja, assimilado ao conceito subsunçor que o aprendiz já tinha armazenado em sua estrutura cognitiva, desta vez, o subsunçor ganha mais significados, fica mais rico e elaborado, pois agora além do aluno saber que força pode ser um puxão ou empurrão, ele pode saber que força pode existir também independente do contato entre os corpos, com ação à distância. Desta forma, o conceito subsunçor será obliterado pela assimilação dos novos conceitos.

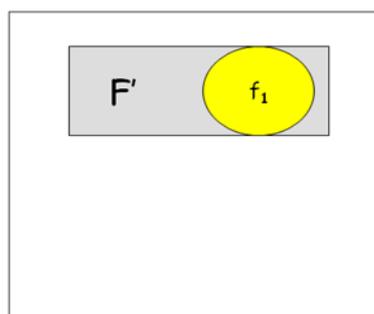


Figura 2 – Modificação do subsunçor

Após a assimilação de f_1 o subsunçor F modifica-se para F' .

Agora, este conceito de força poderá assimilar novos tipos de força de interação à distância, por exemplo, como a força eletromagnética ou as forças nucleares forte e fraca. A cada vez que o subsunçor assimila de maneira significativa o novo conhecimento, vai sendo alterado e ficando cada vez mais rico e elaborado dentro da estrutura cognitiva do indivíduo.

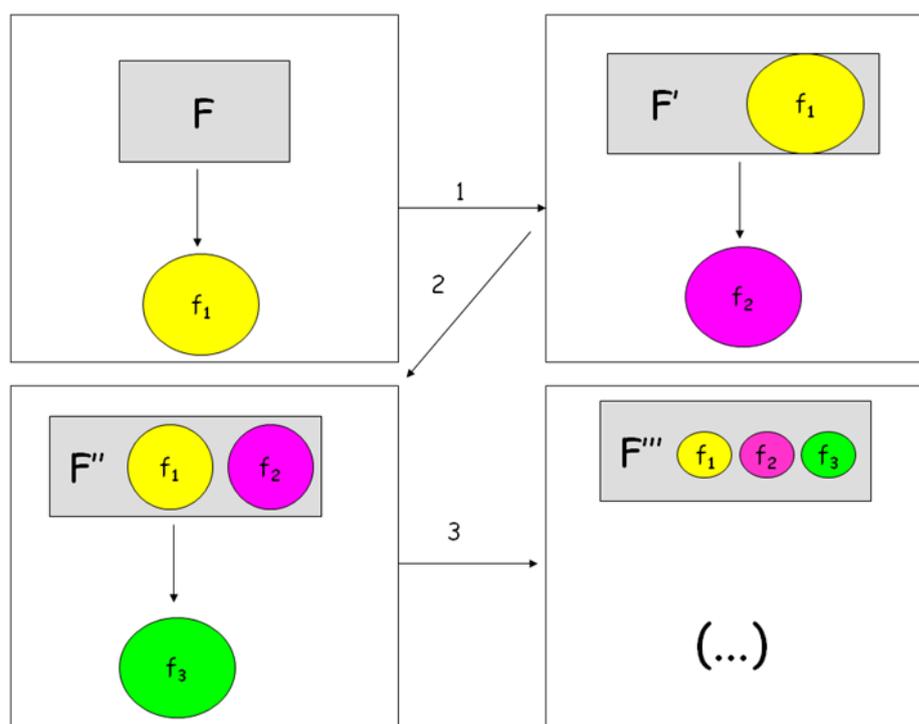


Figura 3 – Esquema de assimilações e modificações do subsunçor

O esquema nos mostra que o subsunçor, a cada vez que assimila um novo conhecimento, se modifica ficando cada vez mais elaborado.

Ao longo de muitas aprendizagens, ou, como diria Vergnaud, progressivamente dominando o campo conceitual das forças e dos campos, o aprendiz construirá um sofisticado conceito de força que incluirá, de maneira diferenciada, as quatro forças básicas da natureza (gravitacional, eletromagnética, forte e fraca), bem como significados idiossincráticos, pessoais (Masini & Moreira, 2008, p.30).

É importante ressaltar também que, ao longo de aprendizagens significativas e utilizando-se de um mesmo subsunçor, as correlações entre conceitos vão adquirindo uma estrutura hierárquica de conceitos. Isto representa a estrutura cognitiva do indivíduo, uma estrutura que tem valores denotativos e conotativos.

Os significados denotativos são atribuídos ao contexto de uma disciplina, de uma área de conhecimento ou de um uso comum de conhecimentos entre diversos indivíduos. Já os significados conotativos são do próprio sujeito, ou seja, são valores pessoais que indivíduo atribui ao significado dos conceitos ou eventos.

...os significados estão nas pessoas, não nos objetos ou nos eventos. É igualmente importante dar-se conta que na aprendizagem significativa o aprendiz atribui significados denotativos e conotativos aos novos conhecimentos. É nesse sentido que a aquisição significativa de novos conhecimentos é substantiva, não-litera, não ao pé-da-letra (Masini & Moreira, 2008, p.30).

A aprendizagem significativa tem outro ponto importante, no que diz respeito à dificuldade de apagar da mente do aprendiz o que ele aprendeu significativamente. Mesmo se o que o indivíduo aprendeu tenha sido errado, do ponto de vista da Ciência, por exemplo, será muito difícil eliminar o erro permanentemente se foi aprendido significativamente. A pessoa terá que conviver com o erro em sua estrutura cognitiva mesmo se aprender de maneira significativa o conceito correto. Ela aprenderá diferenciar o certo do errado toda vez que enfrentar a situação de aprendizagem novamente, ou o conceito ou o evento.

Tais significados resultam de aprendizagens significativas, e estas são “inapagáveis”. É uma ilusão pensar que é possível eliminar certas aprendizagens significativas “erradas” e substituí-las por “certas” (Masini & Moreira, 2008, p.30-31).

É possível, como exemplo, citar a situação de aprendizagem do peso dos corpos. Ao longo de sua vida, o aprendiz, convive com expressões erradas ditas pelas pessoas

sobre o peso, como por exemplo, em uma quitanda de frutas ou em um açougue a pessoa pede para *pesar* alguns “quilos” de maçãs ou de carne. Ou quando se pergunta “qual é o seu peso?” e você responde “eu peso 70 quilos”. Estes tipos de eventos vão se tornando significativos ao indivíduo à medida que vai convivendo com tais situações. Desta maneira ele aprende de maneira significativa e errada que o peso é equivalente a massa do corpo. Quando se chega às aulas de Física é difícil para o professor aproximar o aluno da aprendizagem do conceito de massa por este erro primeiro. Quando se chega ao conceito certo de massa, que só tem seu sentido bem estabelecido dentro da estrutura da mecânica newtoniana, o aluno também tem que conviver com o erro do significado do conceito que ele adquiriu inicialmente. Desta vez, apesar de saber o real significado de massa e de ter aprendido significativamente isto, ele conviverá com os dois conceitos aprendidos significativamente, no entanto, sabendo diferenciá-los, ou seja, sabendo qual é o modo certo e o modo errado.

Apesar de ser difícil apagar a aprendizagem significativa de conceitos ou eventos da estrutura cognitiva do indivíduo, ele pode vir a esquecer estes conceitos ou eventos. Pode esquecer por diversos motivos, um deles é o fator tempo, outro é a não interação costumeira com a situação de aprendizagem. Por exemplo, se o aluno aprendeu de forma significativa os conceitos relativos à ideia de quantização da energia quando estava no segundo ano de Ensino Médio, com o passar do tempo, se o aluno não tiver mais interação com este tipo de situação ele irá esquecer. Este esquecimento não será preocupante se o indivíduo obteve aprendizagem significativa, pois “*é uma continuação natural do processo que Ausubel chama de assimilação*” (Masini & Moreira, 2008, p.31).

Durante a aprendizagem significativa ocorre a obliteração do subsunçor, em outras palavras, quando o conceito novo a ser aprendido é assimilado pelo conceito “âncora” presente na estrutura cognitiva, o subsunçor é modificado pela incorporação do novo conceito. Para entender melhor, vamos supor que o conceito subsunçor seja F e o novo conceito a ser assimilado seja f quando o subsunçor incorpora o novo conceito, a assimilação resulta em $F'f'$, que é um produto interacional dissociável, ou seja, $F' + f'$, que com o tempo pode se reduzir a F' , cujo significado é o esquecimento do novo conceito aprendido significativamente. É importante notarmos a diferença do subsunçor antes da assimilação (F) e depois da aprendizagem significativa e eventual esquecimento (F'). Este processo é explicado por Ausubel com o termo de assimilação

obliteradora. O novo conceito deixa resíduos no subsunçor, que por isso, se modifica, ficando mais elaborado dentro da própria estrutura.

É por esse resíduo, ou melhor, essa modificação do subsunçor, que não devemos nos preocupar com o esquecimento do novo conceito ou evento aprendido significativamente. O indivíduo, após o esquecimento, ao interagir novamente com o conceito esquecido, reaprende-o mais facilmente, como se o indivíduo relembresse de seu aprendizado significativo a respeito deste conceito.

Por outro lado, quando se tem o esquecimento de um conceito aprendido mecanicamente, quando o indivíduo entra em contato novamente com o conceito, é como se nunca tivesse aprendido aquele conceito.

A aprendizagem significativa superordenada segue uma via cognitiva contrária a subordinação, no sentido de que, ao invés de conceitos mais gerais incorporarem conceitos mais específicos, ocorre o contrário.

Este tipo de aprendizagem significativa ocorre quando o conhecimento mais geral ou inclusivo é assimilado por conceitos mais específicos dentro da estrutura cognitiva do indivíduo, atribuindo, assim, muito mais significados às concepções dos conhecimentos anteriores.

A aprendizagem significativa é dita superordenada quando ocorre uma reorganização cognitiva de modo que um novo conhecimento (conceito, idéia, proposição, representação) passa a subordinar, abranger, conhecimentos anteriores; quando o aprendiz percebe relações horizontais ou cruzadas, ou seja, não só subordinadas, entre seus conhecimentos, entre os significados adquiridos e forma uma nova hierarquia ou modifica as hierarquias já existentes, de tal maneira que um novo conhecimento é construído de modo a subordinar outros já construídos (Masini & Moreira, 2008, p.32).

Como exemplo, podemos apresentar o aprendizado do conceito de força. Vamos supor que ocorra inicialmente a aprendizagem de alguns tipos de força que existem. Deste modo, pode acontecer com que estes conceitos iniciais se correlacionem formando uma estrutura conceitual, adquirindo significados uns dos outros. Posteriormente, por mediação do professor, o aluno pode aprender o conceito de força em geral, ou seja, uma definição de força que servirá para mediar qualquer tipo ou espécie.

Neste exemplo, um conceito mais geral (força) foi assimilado por conceitos mais específicos (tipos ou espécies de força), garantindo, assim, a aprendizagem significativa superordenada do conceito de força.

Imaginemos que alguns conceitos de força foram desenvolvidos pelo aprendiz, sendo f_1 o conceito de força peso, f_2 o conceito de força de tração e f_3 o conceito de força de atrito. Então eles ficam distribuídos aleatoriamente e sem significados em conjunto.

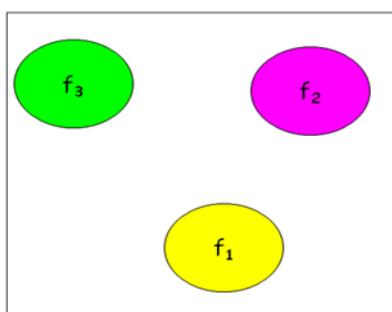


Figura 4 – distribuição aleatória de conceitos

À medida que o conceito de força F , no sentido de interação entre corpos, é desenvolvido, os previamente aprendidos assumem a condição de subordinados e o de força F representa uma aprendizagem superordenada.

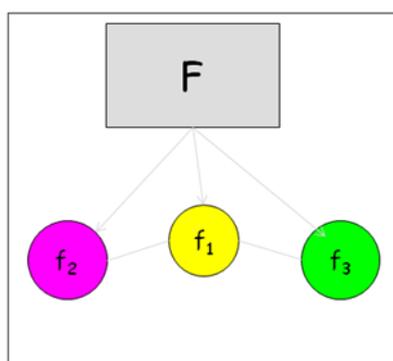


Figura 5 – Esquema de aprendizagem superordenada

Desta vez, todos os conceitos, incluindo o mais geral F , ganham significados pelas relações significativas que fazem entre si.

Devemos salientar que é mais difícil ocorrer aprendizagem deste tipo, partindo do mais específico para o mais geral, no entanto, ela pode acontecer. Esta dificuldade se dá devido ao que Ausubel chama de diferenciação progressiva. É uma ideia que leva em

consideração que o aprendizado pode ser facilitado quando elementos mais gerais e mais inclusivos devem ser introduzidos em primeiro lugar e, posteriormente, este é diferenciado em termos de detalhe e especificidade quando assimila conceitos menos gerais e inclusivos (Moreira & Masini, 1982, p.21).

Na aprendizagem significativa combinatória, o novo conhecimento a ser assimilado não é assimilado por apenas um conceito subsunçor, mas sim, por um conjunto de subsunçores e suas inter-relações. Ela ocorre sempre que se necessita de estruturas de conhecimentos mais complexas, quando o assunto a ser aprendido requer muitos significados para o seu devido entendimento. É análogo ao caso da aprendizagem subordinada, no entanto, difere no sentido de que *“a ideia-âncora não é algum subsunçor em particular, mas um conjunto de subsunçores e suas inter-relações”* (Masini & Moreira, 2008, p.33).

Por exemplo, consideremos a aprendizagem do efeito fotoelétrico. Este fenômeno ocorre quando há interação da luz de determinadas frequências com alguma espécie de metal relevante. O elétron interage com a luz como em uma colisão entre dois corpos. Nesta colisão, o fóton de luz transfere sua energia ao elétron que, por sua vez, pode ser ejetado do metal se a energia que absorver for superior a energia de ligação que existe entre ele e o núcleo atômico. Para o aluno, este aprendizado requer associações entre muitos conceitos subsunçores e não apenas um. Para o seu devido entendimento, o aluno necessita saber o que é energia cinética, pois o elétron será ejetado com uma energia de movimento. Precisar saber, também, que a energia é quantizada, sendo representada pelo fóton de radiação eletromagnética de determinada frequência e a conservação da energia pelo efeito da colisão, entre outros conceitos. Portanto, estes tipos de relações não são simples, e nem requerem apenas um tipo de ligação a um único conceito subsunçor. O aluno deverá associar o evento (efeito fotoelétrico) a uma estrutura cognitiva, como um todo, de conceitos específicos. Quando isto ocorre a aprendizagem é dita combinatória.

1.1.4) Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são dois meios dinâmicos da estrutura cognitiva, que ocorrem à medida que acontecem as assimilações. Começaremos por explicar a diferenciação progressiva e, posteriormente, a

reconciliação integrativa, mostrando a relação entre os dois processos dinâmicos da estrutura cognitiva.

Temos duas perspectivas para a diferenciação progressiva, a perspectiva dinâmica da estrutura cognitiva, e a outra, que pode ser interpretada como um mecanismo de ensino para a facilitação da aprendizagem significativa. No primeiro ponto de vista

São processos interdependentes do funcionamento cognitivo durante a aquisição de um corpo de conhecimentos (Masini & Moreira, 2008, p.35).

Este processo ocorre devido a assimilações de conhecimentos novos na estrutura cognitiva pelo subsunçor. À medida que o mesmo subsunçor incorpora novos conhecimentos, este vai ficando cada vez mais diferenciado dentro da estrutura cognitiva. Diferenciado no sentido de significados, relativamente, a outros conceitos dentro da própria estrutura cognitiva. A diferenciação de conceitos pode facilitar a distinção entre significados, podendo assim, evitar confusões a respeito de assimilações de conceitos novos a subsunçores não correspondentes a estes.

Mas enquanto diferencia subsunçores e constrói subsunçores, também diferencia a sua estrutura cognitiva (Masini & Moreira, 2008, p.35).

Por exemplo, consideramos duas estruturas de conhecimentos de um indivíduo, uma estrutura correspondente ao conceito de força e outra ao conceito de campo. Na primeira, temos como o subsunçor da estrutura cognitiva o conceito mais geral que é o significado de força, podendo ser a interação entre corpos. Na segunda estrutura temos como subsunçor o significado mais geral do conceito de campo, que pode ser a região ao redor de um corpo gerador onde existem leis bem estabelecidas dependentes do tipo de campo. Analisando a primeira estrutura: à medida que o subsunçor força vai assimilando novos conhecimentos (que podem ser as quatro forças que temos na natureza, a força forte, fraca, eletromagnética e gravitacional) o conceito subsunçor não só fica cada vez mais rico em termos de significados, mas também, acaba ficando cada vez mais diferenciado, por exemplo, do conceito de campo. Analisando a segunda estrutura: à medida que o subsunçor campo assimila novos conhecimentos (que podem ser campo elétrico, magnético, gravitacional) o conceito campo adquire novos

significados e progressivamente é diferenciado das demais estruturas existentes na mente do indivíduo.

Em nosso exemplo, estas diferenciações acabam por distinguir tanto as estruturas que não sobram as relações inter-estruturais, o que prejudicaria muito em termos de significações combinatórias, como no caso do exemplo, os conceitos de força ganham muito mais significados combinando seus significados com os conceitos de campo.

Para evitar este tipo de perda de significados, existe a reconciliação integrativa, que tem o papel fundamental de relacionar estruturas de conhecimentos que são aparentemente distintas.

Não há diferenciação progressiva sem reconciliação integrativa e vice-versa. À medida que aprende, o sujeito vai, progressivamente, diferenciando sua estrutura cognitiva, mas, ao mesmo tempo, tem que ir reconciliando diferenças reais ou aparentes e fazendo as superordenações (Masini & Moreira, 2008, p.35).

Esta superordenação implica relacionar, desta vez, estruturas de conhecimentos mais específicas a uma estrutura mais geral que ganha o papel de subsunçor; é o mesmo processo de assimilação “subsunçor - novo conceito” em estruturas mais complexas.

1.1.5) Estratégias de ensino para a facilitação de aprendizagem significativa

Como já foi exposto ao longo do texto, existem algumas condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, das quais as mais importantes são que o aluno tenha em sua estrutura cognitiva, conceitos subsunçores relevantes para a assimilação de novos conhecimentos; que o material a ser apresentado pelo professor deve ser potencialmente significativo por permitir as relações entre os conhecimentos; e que, principalmente, o aprendiz esteja predisposto a aprender significativamente, ou seja, deva querer fazer as relações apresentadas pelo material potencialmente significativo.

Levando estes fatores iniciais em consideração, o professor pode criar estratégias para a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa. Uma das que o professor pode utilizar é a que leva em consideração a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Esta estratégia é gerada durante a preparação do material potencialmente

significativo que deve ser apresentado ao aluno, via aprendizagem receptora¹. As idéias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas no início do conteúdo e, progressivamente, estas idéias devem ser detalhadas e especificadas. Em termos da teoria da aprendizagem significativa, estas idéias mais gerais são os subsunçores, quando progressivamente vai se detalhando e especificando conceitos relativos aos subsunçores, estes são assimilados e a aprendizagem se torna significativa ao aluno.

Ao propor isso, Ausubel baseia-se em duas hipóteses: a) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo mais inclusivo a partir de suas partes diferenciadas; b) a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (Moreira & Masini, 1982, p.21).

Como também já foi mencionado, deve acontecer a reconciliação integrativa, ou seja, os conhecimentos adquiridos devem ter relações em estruturas mais complexas ou mesmo entre conhecimentos ancorados por um mesmo subsunçor. Aqui, o papel da linguagem é o principal facilitador para a ocorrência deste tipo de ligação. Linguagem no sentido de interação entre professor e aluno para o estabelecimento de significados.

A interação pessoal, via linguagem, é mais importante para facilitar a aprendizagem significativa do que sofisticados recursos instrucionais (Masini & Moreira, 2008, p.38).

Desta forma, o professor negocia significados com o aluno, transferindo seu conhecimento a este via aprendizagem por recepção. O objetivo é levar o aluno a captar os significados aceitos, para ai, sim, o aluno decidir se quer aprender de maneira significativa.

Os organizadores prévios também podem servir para focalizar a atenção do aprendiz em elementos de materiais de estudo, que poderiam passar inteiramente despercebidos, sem induzir a disposição que pode por eles ser oferecida. Os organizadores prévios se referem a uma organização inicial de conceitos que já foram

¹ A aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado (Ausubel, 2002, p.1).

estudados em um momento passado, e que serão essenciais ao aprendizado significativo do aprendiz no momento presente (Novak, 1981).

Organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como ponte cognitiva (MOREIRA E MASINI, 1982, p. 23).

Para uma melhor explicação, de acordo com Moreira e Masini (1982), organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido e num nível mais alto de abstração, servindo de ponte cognitiva entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber.

1.1.6) As inadequações do ensino expositivo apresentado por Ausubel

Algumas das razões para as quais podem existir inadequações para o ensino de maneira expositiva é a aprendizagem por memorização, isto é, quando o professor apresenta um material potencialmente significativo de forma que o aluno só conseguirá aprender por memorização. Outras seriam as técnicas utilizadas pelos professores, que não levam em conta a organização da estrutura cognitiva do aluno, que requer relações entre conhecimentos para, assim, atribuir significados.

Ausubel (2002) caracteriza algumas destas práticas expositivas mal sucedidas:

- (1) Uso prematuro de técnicas verbais puras com alunos imaturos em termos cognitivos.
- (2) Apresentação arbitrária de fatos não relacionados sem quaisquer princípios de organização ou de explicação.
- (3) Não integração de novas tarefas de aprendizagem com materiais anteriormente apresentados.
- (4) Utilização de procedimentos de avaliação que avaliam somente a capacidade de se reconhecerem fatos discretos, ou de se reproduzirem ideias pelas mesmas palavras ou no contexto idêntico ao encontrado originalmente (AUSUBEL, 2002, p.7).

O uso prematuro de técnicas verbais com alunos inexperientes no assunto (1), não leva a aprendizagem significativa, pois não existem ideias ancoras na estrutura cognitiva do aluno, relevante para tais correlações entre conhecimentos. A prática (2) dificultaria a aprendizagem significativa, pois, como já mencionamos, a estrutura cognitiva é hierarquizada conceitualmente, ou seja, existe uma organização conceitual na estrutura de conhecimentos, com conceitos mais gerais no topo da estrutura e, quanto mais abaixo desta, mais específicos e detalhados seriam os conceitos. A não integração de novas tarefas de aprendizagem com materiais anteriormente apresentados (3), poderia atrapalhar o aprendizado significativo do aluno, em termos de relações entre assuntos, a reconciliação integrativa, perdendo, assim, significados importantes de correlações entre conceitos. Esta prática expositiva poderia ser evitada implementando a técnica dos *organizadores prévios* apresentado na seção anterior. A prática de avaliação (4) tem relação com aprendizagem mecânica, decorada, pois quando o professor avalia a capacidade do aluno de reconhecer fatos discretos, ou de reproduzir idéias pelas mesmas palavras, ele pode simplesmente decorar o assunto originalmente apresentado e expô-lo em sua avaliação.

Avaliações que são realizadas neste sentido levam o aluno a aprendizagens cada vez mais mecânicas, aprendizagens sem significados que, por sua vez, tendem muito mais rápido ao esquecimento no sentido que se opõe a aprendizagem obliteradora.

Mas então, como podemos avaliar os alunos em termos de evidenciar se ocorreu aprendizagem significativa e, ao mesmo tempo, poder levá-lo a tendências de aprendizagens com significados?

1.1.7) Evidências de aprendizagem significativa

Evidenciar se o aluno obteve aprendizagem significativa não implica pedir ao aluno respostas mecanicamente memorizadas, com testes que atribuam conceitos ou elementos essenciais de uma proposição de conteúdo, ou seja, pedir ao aluno para que reproduza idéias, no mesmo sentido das palavras que foram originalmente apresentadas.

Levando em consideração que a aprendizagem significativa deva apresentar de maneira não arbitrária e não substantiva ou não literal, as avaliações para evidenciar aprendizagens significativas, também devem tender por estas premissas. Quando o aluno aprende significativamente, ele atribui tanto significados denotativos que são

universais, quanto significados conotativos que são do próprio sujeito, idiossincráticos. Desta forma, no momento em que o aluno externaliza estes conhecimentos, os significados não são literais, ou seja, não são ao pé-da-letra, não são iguais em todos os sentidos ao apresentado pelo professor, mas sim com significados conotativos, do próprio aluno.

Neste caso Ausubel (1980) propõe:

- Que os testes devam ser fraseados de maneira diferente do material original;
- Que se deve ter uma diferenciação de idéias relacionadas, mas não idênticas, por parte dos alunos;
- Identificação diferenciada de conceitos ou proposições em uma lista, que contenha também, outros conceitos ou proposições similares;
- Propor ao aluno uma tarefa de aprendizagem, sequencialmente dependente de outra, que não possa ser executada sem um domínio da anterior.

Levando estes pontos em consideração, conseguiremos evidenciar se houve aprendizagem significativa por parte do aluno.

1.1.8) Mapas conceituais

A utilização dos mapas conceituais tem importância tanto como *facilitador* da aprendizagem significativa, como *evidenciador* de tal aprendizagem. Por estas perspectivas, iremos abordar as idéias de mapas conceituais, como utilizá-los, construí-los, aplicá-los e avaliá-los.

Começemos por dar uma idéia mais geral do que é um mapa conceitual.

Mapa conceitual é um tipo de diagrama. Indica relações entre conceitos ou entre palavras que usamos para representar os conceitos. Tais conceitos são especificados em caixas que podem ser, por exemplo, triângulos, retângulos ou círculos, que também se interligam por linhas ou setas, quando entre eles existir alguma relação, rotulando essa ligação, especificando de que forma esses conceitos estão relacionados.

Um exemplo geral é mostrado na figura 6.

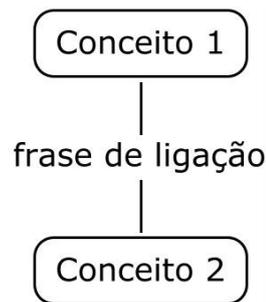


Figura 6 – Exemplo de ligação entre conceitos dentro de um mapa

Assim sendo, mapas conceituais são

Diagramas bidimensionais mostrando relações hierárquicas entre conceitos de uma disciplina e que derivam sua existência da própria estrutura da disciplina (MOREIRA E MASINI, 1982, p. 46).

Os mapas conceituais têm por objetivo representar as relações significativas entre conceitos em forma de proposições, uma vez que é terminada uma tarefa de aprendizagem, podem proporcionar um resumo esquemático de tudo o que foi aprendido (NOVAK & GOWIN, 1988, p.33).

A figura 6 dá a interpretação de como seria uma proposição. Em um mapa conceitual, existem inúmeras proposições interligadas por meio de um significado, quando existe.

A estrutura cognitiva é hierárquica em termos de generalizações conceituais, ou seja, conceitos mais gerais ocupam o topo da estrutura, seguidos por conceitos cada vez mais específicos, ocupando lugares cada vez mais abaixo da mesma estrutura. Como os mapas representam uma estrutura de aprendizado, eles devem seguir a mesma linha de pensamento:

los mapas conceptuales deben ser jerárquicos; es decir, los conceptos más generales e inclusivos deben situarse en la parte superior del mapa y los conceptos progresivamente más específicos y menos inclusivos, en la inferior (NOVAK & GOWIN, 1988, p.33).

Um exemplo de mapa conceitual é mostrado na próxima figura.

entender que tal ferramenta possibilita a negociação de significados entre professor e aluno, pois, com a elaboração dos mapas confeccionados pelos alunos, o professor pode dialogar com relação aos seus pontos de vista sobre determinado assunto, podendo até mesmo dar-se conta das conexões entre conceitos que faltam para a aprendizagem significativa. Neste sentido, podemos perceber as ligações equivocadas dos alunos e mostrar-lhes as corretas no sentido do contexto da disciplina e do conhecimento denotativo.

Con frecuencia hemos comprobado que los mapas conceptuales, debido a que contienen representaciones exteriorizadas de proposiciones, son instrumentos extraordinariamente efectivos para poner de manifiesto las concepciones equivocadas. Las concepciones equivocadas se notan generalmente por una conexión entre dos conceptos que forman una proposición claramente falsa, o bien por una conexión que pasa por alto la idea principal que relaciona dos o más conceptos (NOVAK & GOWIN, 1988, p. 36-37).

Desta forma, o professor pode utilizar os mapas conceituais para determinar o caminho que deve seguir para negociar os significados e organizá-los com os alunos, assim como ensinar as concepções equivocadas que podem ter. Para isso devemos, inicialmente, ensinar os alunos a confeccionar mapas.

Uma vez que os estudantes tenham aprendido confeccionar mapas, estes podem representar uma ferramenta muito poderosa de avaliação de aprendizagem significativa.

Segundo Novak & Gowin (1988) os mapas conceituais podem dar aos pesquisadores da educação, que analisam aprendizagens, uma melhor contribuição as entrevistas, uma vez que estes mapas representam a estrutura cognitiva do aluno.

Para introduzir a idéia de como ensinar os alunos a produzir mapas conceituais, Novak e Gowin (1988) deixam algumas estratégias que foram seguidas neste trabalho com os alunos que serão avaliados. Estas estratégias se encontram no anexo 1.

Apesar de os mapas conceituais serem uma ferramenta muito importante para análise de aprendizagem significativa, eles não nos mostram uma representação por completa dos conceitos existentes na estrutura cognitiva do aluno, mas proposições relevantes que o aluno conhece e mostra ao professor. Isto se torna muito importante para a negociação de significados entre professor e aluno, fazendo com que o professor identifique as limitações, ou obstáculos que os alunos possuem como bloqueio de

aprendizagem. Assim, pela negociação, o professor pode mostrar o caminho que o aluno deve seguir para encontrar o entendimento significativo do que se estuda.

Os mapas também podem ser ferramentas úteis de ensino. Como Novak e Gowin (1988) propõem; uma vez que os estudantes tenham adquirido as habilidades práticas para a construção dos mapas, o professor pode selecionar alguns conceitos mais gerais e inclusivos dentro de um tema, escrevê-los sem conexão e pedir para que os alunos identifiquem as ligações existentes entre os conceitos, e até mesmo adicionar outros conceitos mais específicos, relativamente aos primeiros. Esta prática permite que o aluno perceba as correlações entre conceitos, fazendo com que estes, adquiram mais significados para o seu aprendizado.

Desta forma, existem algumas implicações que devem ser seguidas para que a utilização dos mapas seja de maneira significativa:

1. elegir cuidadosamente los signos conceptuales clave que se seleccionan para que sirvan de base al mapa;
2. ayudar a los estudiantes a buscar conceptos relevantes en sus estructuras cognitivas;
3. ayudar a los alumnos a construir proposiciones entre los conceptos que se proporcionan y los conceptos que ellos ya conocen, facilitándoles la elección de palabras de enlace apropiadas que conecten los conceptos, o quizá ayudándoles a reconocer otros conceptos más generales que encajen en la organización jerárquica;
4. ayudar a los alumnos a que distinguan entre los objetos o los acontecimientos concretos y los conceptos más inclusivos que representan estos acontecimientos u objetos. (NOVAK & GOWIN, 1988, p. 55).

Isso tudo nos mostra que é possível utilizar o mapa tanto como ferramenta de ensino como de avaliação, mas ainda não dissemos nada a respeito de como avaliar estes mapas conceituais produzidos pelos alunos. Vamos explicar tal concepção.

Primeiramente, devemos deixar claro que não existe mapa certo e nem mapa errado, pois, como o mapa é uma externalização da estrutura de conhecimento do indivíduo, não podemos avaliá-la de tal forma, dizer se ela é certa ou é errada. Outro ponto importante é o de que não devemos comparar mapas conceituais de indivíduos diferentes para fins quantitativos de avaliação, pois estes mapas representam a estrutura

de pensamento de um único indivíduo, ou seja, são idiossincráticos, a estrutura de pensamento varia de pessoa para pessoa. Por outro lado, podemos dizer se um mapa é bom ou ruim em termos de estrutura, por exemplo, se um mapa segue uma linha de estrutura hierarquizada, partindo de conceitos mais gerais e inclusivos para conceitos mais específicos, e se este mapa também possui muitas ligações cruzadas², podemos dizer que é um bom mapa. No entanto, um mau mapa não segue esta linha de estrutura. Por isso, devemos deixar claro como deve ser feita a construção de mapas para os alunos, com base na estratégia de Novak e Gowin apresentada no anexo 1.

Existe também, uma metodologia de avaliação de mapas conceituais elaborada por Novak e Gowin (1988), que é baseada em pontuação por cada processo realizado pelo aluno. Esta tabela de pontuação também está detalhada no anexo 1.

Desta vez, discutiremos sobre o conhecimento prévio, segundo as idéias de Gaston Bachelard, quando, ao invés de intervir, no sentido de subsunção, o conceito prévio, se torna obstáculo epistemológico ao aprendizado.

² São ligações com mais de uma conexão com o mesmo conceito, mostrando que existe mais de uma relação entre conceitos.

1.2) Os obstáculos epistemológicos segundo Gaston Bachelard

1.2.1) Uma noção sobre obstáculo epistemológico

Para Bachelard, durante o ato de conhecer é que aparecem lentidões e conflitos referentes à aprendizagem que, dito de outro modo, podem ser estagnação e até regressão ao processo de compreensão de conceitos (BACHELARD, 1996, p.17)

Esta estagnação, ou regressão ao ato de conhecer, é chamada de obstáculo epistemológico. Nas palavras de Bachelard, este ato de conhecer

dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (BACHELARD, 1996, p.17).

A noção de obstáculo epistemológico é, utilizada por Bachelard, para analisar o motivo das dificuldades que temos no aprendizado de conhecimento científico. Pode ser estudada “*no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação*” (BACHELARD, 1996, p.21).

Os obstáculos que podem existir durante a aprendizagem de conhecimento científico, denominados por Bachelard (1996), são: i) observação primeira; ii) conhecimento geral; iii) obstáculo verbal; iv) conhecimento unitário; v) conhecimento pragmático; vi) obstáculo substancialista; vii) obstáculo animista; viii) obstáculo ao conhecimento quantitativo.

Conhecendo o obstáculo epistemológico, poderemos conhecer o motivo da dificuldade ou o motivo da não-aprendizagem de conceitos científicos.

Devemos sempre levar em consideração que os alunos chegam às aulas de ciências com conhecimentos pré-estabelecidos em suas estruturas de conhecimento, referente aos seus conhecimentos empíricos. Estes podem, em algumas situações, ser obstáculos ao novo conhecimento que será ensinado pelo professor. Em relação a esta ideia, para Bachelard:

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na sala de aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1996, p.23).

Desta forma, devemos trabalhar para que um pensamento pré-estabelecido na estrutura de conceitos dos alunos não os leve ao não aprendizado. Estes conhecimentos prévios podem ser, por exemplo, opiniões, analogias que favorecem o erro, analogias que relacionam conceitos a imagens metafóricas, entre outras, como veremos com as definições dos obstáculos epistemológicos.

1.2.2) Obstáculo da experiência primeira

A experiência primeira é o primeiro obstáculo que deve ser superado pelo espírito científico. É o pensamento empírico, idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo. Nada mais é do que uma opinião, uma opinião que deve ser derrubada, vencida ou quebrada pelo pensamento científico. De acordo com Bachelard este primeiro obstáculo

é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica – crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. (BACHELARD, 1996, p.29).

Este obstáculo origina-se das observações dos fenômenos e das experiências sem reflexão, é um empirismo sedutor. Quando o aprendiz de ciências encara pela primeira vez um fenômeno, ele faz uma simples observação e não se contenta em buscar explicações, ou melhor, se contenta por aquela simples e sedutora observação, é desta forma que esta opinião primeira se torna um obstáculo.

É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis! Ainda hoje os maus alunos de Física “compreendem” as fórmulas empíricas. Acham que todas as fórmulas, inclusive as que decorrem de uma teoria bem organizada, são empíricas. Pensam que as fórmulas não passam de um

conjunto de números disponíveis, que basta aplicar a cada caso particular. (BACHELARD, 1996, p.37).

Este empirismo sedutor pode aparecer quando, durante uma aula, uma observação ou uma experiência, o aprendiz se satisfizer de imediato, simplesmente pela curiosidade do fato, uma observação iludida. Ao invés de benefício, esta curiosidade pode ser um obstáculo para a cultura científica. Por exemplo, se durante uma experiência realizada pelo professor em um laboratório, para provocar interesse, ele procurasse sempre causar assombro, por meio de alguma combustão ou explosão. O aluno focará muito mais na explosão, no fogo do que na explicação do fato empírico propriamente dito.

Devemos sempre tomar cuidado com este tipo de obstáculo, uma vez que sempre leva em consideração opinião e curiosidade do fato, e pode se tornar um empecilho para o aprendizado subsequente. Esta é a experiência primeira.

Uma vez entregue ao reino das imagens contraditórias, a fantasia reúne com facilidade tudo o que há de espantoso. Faz convergir as possibilidades mais inesperadas. (BACHELARD, 1996, p.45).

Muitas vezes, a explicação é deixada de lado, ou então, baseia-se nesta primeira opinião, fazendo com que a imagem pitoresca provoque a adesão a uma hipótese não verificada, permitindo uma explicação intempestiva (BACHELARD, 1996, p.45-46).

Desta maneira, devemos sempre ter a construção racional bem explícita, a reflexão da experiência, para assim chegarmos a um pensamento científico, reavivando a crítica e expondo este conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem. Segundo Bachelard (1996) esta é a racionalização da experiência.

Tal racionalização põe fim ao obstáculo primeiro, rompendo com este a inquietude do desprazer do não aprendido.

Assim, o obstáculo primeiro pode ser definido como:

Expressão de uma vontade de ter razão, fora de qualquer prova explícita, de escapar a discussão referindo-se a um fato que a pessoa pensa não estar interpretando mas ao qual está dando um valor declarativo primordial (BACHELARD, 1996, p.52).

Escapar deste obstáculo não é tarefa fácil, pois:

Ao espetáculo dos fenômenos mais interessantes, mais espantosos, o homem vai naturalmente com todos os seus desejos, com todas as suas paixões, com toda a alma. Não é pois de admirar que o primeiro conhecimento objetivo seja um primeiro erro. (BACHELARD, 1996, p.68).

A partir da construção racional bem explícita, juntamente com a reflexão da experiência, poderemos chegar ao pensamento científico, evitando este tipo de obstáculo.

1.2.3) Obstáculo do conhecimento geral

Segundo Bachelard, o obstáculo do conhecimento geral surge com as conclusões empíricas apressadas de algum fenômeno. Este conhecimento reduz o fenômeno a um simples fato sem necessidade de aprofundamentos, por exemplo, o simples fato de observar que dois ou três corpos quando soltos caem para baixo, fica satisfeita a sadia doutrina da gravitação (BACHELARD, 1996, p.69-70).

Esta lei generalizante banaliza o conhecimento posterior, desestimulando-o. Parece que, com os conhecimentos generalizados, se perde a ligação entre conceitos mais específicos de alguma teoria ou a explicação mais específica dos fenômenos.

[...] percebe-se que a generalidade imobiliza o pensamento, que as variáveis referentes ao aspecto geral ofuscam as variáveis matemáticas essenciais. (BACHELARD, 1996, p.72).

Seguindo o que acabamos de citar, em relação ao ensino de Física, podemos dizer que as definições acabam por ser, na maioria das vezes, obstáculo ao conhecimento geral, pois só por ela pode existir como satisfação da explicação do fenômeno. Com isso, não há instigação à investigação com mais afinco do fenômeno, perde-se o questionamento e o ato de aprender significativamente se desfaz.

Dada a definição de algum conceito, ela tenderá a se tornar um conhecimento geral, como uma intuição primeira ou um conceito imóvel.

Para o aprendiz, o conceito que está sendo aprendido pode se tornar conhecimento geral, por sua qualidade em destaque, por sua impressão sedutora imediata, pois se acha que com ela está tudo explicado. Bachelard salienta:

O que é qualidade em destaque – coesão ou divisão – torna-se a generalidade que basta para explicar tudo. *É ela que se explica e é por ela que se explica*, seguindo o círculo sem fim do empirismo primitivo. (BACHELARD, 1996, p.85).

Em relação aos dois primeiros obstáculos epistemológicos que foram apresentados, Bachelard adverte que devemos tomar cuidado com um dos dois extremos: o do pensamento empírico, particular, da experiência primeira e do pensamento generalizador (BACHELARD, 1996, p.75).

[...] será preciso então *deformar* os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar *as condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito*. É nesta última necessidade que reside, a nosso ver, o caráter dominante do novo racionalismo, correspondente a uma estreita união da experiência com a razão. (BACHELARD, 1996, p.76).

Desta maneira, Bachelard nos dá um meio para escapar destes dois primeiros obstáculos apresentados.

1.2.4) O obstáculo verbal

O obstáculo verbal tem relação com o obstáculo do conhecimento geral pelo fato de que um conhecimento, que neste caso será uma simples imagem ou até mesmo uma palavra, constitui toda a explicação do fenômeno (BACHELARD, 1996, p.91).

Quando o fenômeno for apresentado para o estudo e ficar entendido, por simplesmente esta expressão, fica caracterizado neste sentido o obstáculo verbal. Pela simples imagem do fenômeno, fica caracterizado o conhecimento a tal ponto, que não se sente a necessidade de explicá-lo.

[...] o acúmulo de imagens prejudica evidentemente a razão, no qual o lado concreto, apresentado sem prudência, impede a visão abstrata e nítida dos problemas reais. (BACHELARD, 1996, p.93).

As analogias que utilizamos no ensino, nesse sentido, podem correr o risco de se tornarem obstáculos verbais ao conhecimento científico, por associar aos conceitos concretos interpretações abstratas, fazendo o aluno pensar que avançou em suas ideias, mas não é o que ocorre, pois

Para ser *coerente*, uma teoria da abstração necessita afastar-se bastante das imagens primitivas. (BACHELARD, 1996, p.94).

No entanto, Bachelard salienta que, o uso das imagens metafóricas pode ajudar o pensamento científico, desde que seja operada depois do conceito.

Por mais que se faça, as metáforas seduzem a razão. São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. [...] Quando a abstração se fizer presente, será a hora de *ilustrar* os esquemas racionais. Em suma, a intuição primeira é um obstáculo para o pensamento científico; apenas a ilustração que opera depois do conceito, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico. (BACHELARD, 1996, p.97).

1.2.5) Obstáculo ao conhecimento unitário e pragmático

Começamos a falar sobre o conhecimento unitário, que levará a um dos obstáculos ao pensamento científico objetivo. Este conhecimento tem relação à generalização de um fenômeno, por uma valorização pré-concebida e abstrata das idéias da explicação, será o caso, portanto, não de um pensamento empírico, mas filosófico.

Este obstáculo se apresenta “como em um ato de desejo do espírito científico de generalização da natureza”. No ato de inserir a idéia como *perfeita* a explicação se dará, com certeza, para qualquer fenômeno. Este desejo é obstáculo ao conhecimento, pois não faz progredir o pensamento científico com questionamentos e hipóteses relativas ao fenômeno, mas sim o conhecimento realizado sem esforço (BACHELARD, 1996, p.105-107).

Chamado de conhecimento unitário, pois com um único conhecimento se daria a explicação de tudo, como já dito, atribuindo a perfeição à idéia,

Todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da Natureza. Foi assim que no século XVIII, a idéia de uma natureza homogênea, harmônica, tutelar apagou todas as singularidades, todas as contradições, todas as hostilidades da experiência. (BACHELARD, 1996, p.103).

Este desejo de unidade leva muitas vezes ao pensamento pragmático e, desta vez, não é nada difícil provar que um conhecimento deste tipo não leva a ciência a evoluir. Citando um dos exemplos de Bachelard, podemos expor a prova de que um conhecimento pragmático é obstáculo ao espírito científico. *Os historiadores da*

química estudaram detidamente as teorias que, na Idade Média e no Renascimento, foram baseadas em amplas analogias (BACHELARD, 1996, p.109). Bachelard, continua em seu exemplo mostrando que estes “cientistas” estabeleciam analogias entre os astros e os metais e as partes do corpo humano, como uma trilogia unificadora. Desta forma, as pessoas confiavam tanto nesta unificação Céu – Terra – Homem que se inspiravam na trilogia até mesmo para o tratamento de doenças. O tratamento seguia a ideia de que, para cada órgão do corpo humano, existiria um metal que estaria relacionado ao planeta, análogo ao órgão doente.

Este exemplo, um tanto curioso, nos mostra que o conhecimento unitário e pragmático de nada nos acrescenta, pelo contrário, *“provocam fugas de idéias; impedem a curiosidade homogênea que faz com que a paciência siga uma sequência de fatos bem definidas”* (BACHELARD, 1996, p.109).

O pensamento pragmático acaba por ser um pensamento exagerado. Neste sentido, todo pensamento pragmático necessita de sua utilidade, muitas vezes a utilidade é para o próprio homem, para a tentativa de comprovação da idéia. Se uma idéia é verdadeira ela deve ser útil, e pela sua utilidade, o pensamento pragmático nos leva a acreditar em sua verdade; leva-nos ao engano (BACHELARD, 1996, p.114-117).

Como outro exemplo de generalização, neste sentido, foi a de Einstein no fim de sua vida, quando decidiu unificar todas as teorias de campo, com o desejo, a partir desta unificação, da explicação de toda a Natureza.

Enfim, a generalização extrema, às vezes por um único conceito, leva à ideias filosóficas que explicam o mundo, e esta perspectiva tem o poder de nos seduzir. Nas palavras de Bachelard, elas atravancam a cultura científica (BACHELARD, 1996, p.117-119).

1.2.6) O obstáculo substancialista

O obstáculo substancialista ocorre quando, ao fenômeno, são atribuídas explicações referentes a imagens imediatas, imagens isoladas, que representam apenas um momento do fenômeno total. Por sua vez, a essas imagens, são atribuídas qualidades diversas e até mesmo distintas (BACHELARD, 1996, p.121-129).

A substância principal do fenômeno recebe um acúmulo de adjetivos, que, conduzem muitas vezes ao erro: *“toda busca científica logo será interrompida; a resposta substancialista abafa todas as perguntas”* (BACHELARD, 1996, p.128).

O fenômeno será explicado com os *sentidos* do cientista, por meio de um pensamento, que é guiado pelo que se vê e como se vê. É desta maneira que as qualidades designadas à substância são recebidas para a explicação dos fenômenos: *dos sentidos* (BACHELARD, 1996, p.128).

Assim, o fenômeno fica explicado pela própria substância que recebeu adjetivos do que se via na própria experiência, de imediato, sem precisar de mais aprofundamentos. Fica caracterizado, neste momento o obstáculo substancialista, que atribui a própria substância, que está relacionada ao fenômeno, qualidades que servirão para a sua própria explicação. Este obstáculo é proveniente de uma filosofia realista, pois se acredita profundamente no que se vê, atribui à substância diversos poderes, virtudes e forças, sem perceber que toda força é relação (BACHELARD, 1996, p.127).

Este obstáculo é muito difícil de ser superado, pois se apóia no empirismo que tem uma base não muito segura, que são as proposições de observação. Estas proposições, surgem do sentido observacional da pessoa, depende muitas vezes de conhecimento prévio e expectativas relacionadas ao fenômeno. Começa-se a partir deste princípio: se em um dado fenômeno o sentido da visão não der conta de explicar o fenômeno, ou seja, não enxergar o que realmente está acontecendo, e se não existir tecnologia suficiente para tal, o espírito científico logo te levará ao obstáculo substancialista que surge da necessidade de explicação do fenômeno. Esta necessidade atribuirá à substância características específicas, inventadas, muitas vezes sem bases teóricas, que conduzirão a explicação do fenômeno, ocasionando os problemas já comentados aqui, a explicação poderá estar errada e estancará as perguntas ulteriores científicas, impedindo a explicação de evoluir e a variação da experiência.

1.2.7) O obstáculo animista

Este obstáculo epistemológico surge quando se atribui a objetos inanimados ou fenômenos naturais um princípio vital pessoal referente ao ser vivo, isto é, quando se dá uma característica que pertence a um ser vivo ao fenômeno para melhor ser entendido (BACHELARD, 1996, p.185-208).

O obstáculo animista, não é apenas um jogo de analogias que fazemos para os fenômenos quando comparamos a estes, propriedades dos seres animados, mas é uma necessidade extremamente real de pensar de acordo com o que se imagina ser o plano

da vida (BACHELARD, 1996, p.188). Desta forma, o fenômeno natural parece estar sendo entendido, no entanto, este entendimento, traz consigo o obstáculo para as percepções futuras do próprio fenômeno, o obstáculo animista.

Essa preocupação em estabelecer correspondências mostra com clareza que quase sempre os fenômenos físicos são pensados como se fossem calcados sobre os fenômenos, mais destacados e mais ilustrados, da vida. (BACHELARD, 1996, p.189).

Outro modo como o obstáculo pode ser construído é quando se tenta atribuir um valor vital e indiscutível à explicação do fenômeno, pela simples sedução de uma afirmativa sem provas. Quando se acha a analogia coerente, o autor pode atribuir uma força sem limites aos elementos inanimados, animando-os, ou seja, atribuindo vida (BACHELARD, 1996, p.192).

O sentido em que se explica o obstáculo é a sedução da equivalência entre atividade e vida, o movimento é sinal de vivacidade, logo, de vida. Assim, por exemplo, é que podemos atribuir aos objetos inanimados vida, pelo seu movimento.

Podemos citar um exemplo na Física com os fluxos de carga elétrica. A analogia que pode aparecer neste momento de aprendizagem é a de fluxo sanguíneo. A analogia pode caracterizar bem o fenômeno, mas poderá existir um obstáculo animista que atribuiu ao fenômeno de corrente elétrica uma propriedade de um ser vivo. A idéia de corrente elétrica perderá seu sentido mais profundo, quando olharmos microscopicamente ao fenômeno. Os elétrons não fluem como o sangue flui em nossas veias, mas passa de átomo para átomo. Isso caracteriza um obstáculo ao conhecimento.

É o inconsciente que interpreta toda continuidade como uma duração íntima, como um querer-viver, como um desejo... Enquanto a intuição animista permanece geral, ela nos abala e convence (BACHELARD, 1996, p.200).

1.2.8) Os obstáculos do conhecimento quantitativo

Um dos obstáculos ao conhecimento quantitativo é o conhecimento objetivo imediato, que marca o objeto com impressões subjetivas. Uma das conseqüências é a de oferecer a certeza da explicação da realidade fenomenológica, uma certeza prematura que, por ser subjetiva e superficial, entrava o conhecimento objetivo que corresponde à única realidade do fenômeno (BACHELARD, 1996, p.259).

Este conhecimento qualitativo se torna um obstáculo ao conhecimento quantitativo, pois, como o pensamento já se satisfaz com as qualidades do fenômeno, não há motivos para pesquisas mais minuciosas. Bachelard afirma que este pensamento entrava, por um todo, o pensamento científico e objetivo posterior (BACHELARD, 1996, p.259). Por exemplo, o pensamento quantitativo, em sua lógica, poderia encontrar alguma variável adequada ao fenômeno, assim tendo um progresso do pensamento científico, neste sentido.

O pensamento qualitativo ao extremo poderia, portanto, ser um obstáculo epistemológico ao conhecimento quantitativo, muito importante para o conhecimento científico.

Algumas pretensões de objetividade científica podem formar, no espírito científico, uma necessidade extrema de precisão em termos quantitativos. Isto também representa um obstáculo ao pensamento científico. Como exemplo, esta necessidade de precisão pode surgir no momento da medida de um objeto desconhecido, quando medimos para refletir no objeto por meio dos resultados obtidos e assim o “descobri-lo”. Bachelard afirma que, desta maneira, se esgota de uma só vez a determinação quantitativa do objeto, e assim se perdem todas as relações do objeto desconhecido com outros objetos. Quanto mais relações existirem entre objetos, mais instrutivo será o estudo. *É preciso refletir para medir em vez de medir para refletir* (BACHELARD, 1996, p.261-262).

Este extremo quantitativo pode trazer outros problemas, quando não se têm instrumentos de medida adequados para a pesquisa de um objeto. O cientista pode, desta maneira, “cair” num erro, mensurando com um instrumento de medida já existente, fazendo com que sua necessidade de precisão relacione conceitos distintos para um mesmo objeto. Foi desta forma que, no século XVIII, o conceito de calor foi relacionado ao conceito de fluido elétrico. Não havia instrumento para medir a quantidade de fluido elétrico do corpo humano, desta forma, pensou-se no termômetro, e assim a entidade de temperatura do corpo humano foi relacionada com a quantidade de fluido elétrico (BACHELARD, 1996, p.268-269).

Aqui vemos que o oposto também é verdadeiro, o pensamento quantitativo ao extremo pode atrapalhar o pensamento científico, sendo, portanto, um obstáculo ao conhecimento científico: o obstáculo quantitativo.

Desta forma, o pensamento científico não deve se aliar a nenhum destes extremos, o extremo quantitativo e o extremo qualitativo, que entram o pensamento por um todo. O extremo quantitativo é imediato e superficial, se tornando subjetivo e obstáculo ao conhecimento qualitativo. O extremo qualitativo, por sua vez, não faz ligação a um pensamento qualitativo de correlações entre objetos de um mesmo fenômeno, desta forma se tornando um obstáculo.

O que entrava o pensamento científico contemporâneo – se não entre seus criadores, pelo menos entre os que se dedicam ao ensino – é o apego às intuições habituais, é a experiência comum tomada em nossa *ordem de grandeza*. É preciso abandonar hábitos. O espírito científico tem de aliar a flexibilidade ao rigor. Deve refazer todas as suas construções quando aborda novos domínios e não impor em toda parte a legalidade da ordem de grandeza costumeira (BACHELARD, 1996, p.277).

Como forma de auxílio durante a preparação das aulas e, até mesmo, para auxiliar na leitura e no entendimento, foi elaborado um quadro de resumo dos obstáculos epistemológicos, como segue.

OBSTÁCULOS	RESUMO	MOMENTO QUE PODE SURGIR	COMO EVITAR
OBSERVAÇÃO PRIMEIRA	<ul style="list-style-type: none"> . É a opinião sem crítica científica. . É o pensamento empírico idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo. 	<ul style="list-style-type: none"> . Quando durante uma aula, uma observação ou uma experiência o aprendiz se satisfazer de imediato simplesmente pela curiosidade do fato. . Quando a imagem pitoresca provoca a adesão a uma hipótese não verificada permitindo uma explicação intempestiva. 	<ul style="list-style-type: none"> . Construção racional bem explícita, a reflexão da experiência, para assim chegarmos num pensamento científico reavivando a crítica e expondo este conhecimento em contato com as condições que lhe deram origem.
CONHECIMENTO GERAL	<ul style="list-style-type: none"> . É a imobilidade do pensamento científico quando se satisfaz com uma única definição que se apóia em uma idéia muito geral e superficial do fenômeno. . Este conhecimento reduz o fenômeno a um simples fato sem necessidade de aprofundamento. 	<ul style="list-style-type: none"> . Surge com as conclusões empíricas apreçadas de algum fenômeno. . Quando o aluno se satisfaz com definições gerais de conceitos. 	<ul style="list-style-type: none"> . Será preciso então deformar os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar as condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito (racionalização).
VERBAL	<ul style="list-style-type: none"> . Pela simples imagem do fenômeno fica caracterizado o conhecimento a tal ponto que não se sente 	<ul style="list-style-type: none"> . As analogias que utilizamos no ensino, neste sentido, podem correr o risco de se tornarem obstáculos verbais ao 	<ul style="list-style-type: none"> . Utilizar analogias ou imagens metafóricas depois da explicação dos conceitos científicos.

	<p>a necessidade de explicá-lo.</p> <p>. Associar aos conceitos concretos interpretações abstratas.</p>	<p>conhecimento científico por associar aos conceitos concretos interpretações abstratas, fazendo o aluno pensar que avançou em suas idéias, mas não é o que ocorre</p>	
CONHECIMENTO UNITÁRIO	<p>. Atribui-se a qualidade de perfeição à idéia, fazendo com generalize explicações para tudo.</p> <p>. Valorização pré-concebida e abstrata das idéias da explicação, será o caso, portanto, não de um pensamento empírico, mas filosófico.</p>	<p>. Pode surgir em um momento de preguiça intelectual, quando o aluno atribui a vários fenômenos a mesma explicação, ou seja, por um único pensamento ele o generaliza para vários outros.</p>	<p>. Podemos evitá-lo através da verificação afimco do fenômeno, observando suas variáveis qualitativa e quantitativamente, mostrando que pode haver relações entre conceitos de fenômenos distintos, mas destacando as diferenças.</p>
CONHECIMENTO PRAGMÁTICO	<p>. O pensamento pragmático acaba por ser um pensamento exagerado.</p> <p>. Caracteriza-se por explicar os fenômenos pela sua utilidade relativa ao homem.</p>	<p>. Pode surgir em momentos de justificativa do porque estudar aquele fenômeno, pois muitas vezes utilizamos da justificativa da utilidade dos fenômenos para poder estudá-los. Neste momento, pode ficar caracterizado a explicação do fenômeno, se tornando obstáculo a conhecimentos posteriores.</p>	<p>. Na tentativa da comprovação da idéia nunca dar explicações exageradas no sentido metafísico e filosófico.</p>
SUBSTANCIALISTA	<p>. É a atribuição de diversos poderes, virtudes e forças à substância.</p> <p>. A explicação do fenômeno é dada pelos próprios adjetivos que se atribuem a substância.</p>	<p>. Surge no momento em que o pensamento é guiado pelo que se vê e como se vê. É desta maneira que as qualidades designadas à substância são recebidas para a explicação dos fenômenos: <i>dos sentidos</i>.</p>	<p>. Este obstáculo é muito difícil de ser superado, pois se apóia no empirismo que tem uma base não muito segura, que são as proposições de observação. Portanto, devemos mostrar aos alunos que nossas observações podem ser falhas e não garantem a conclusão da explicação do fenômeno.</p>
ANIMISTA	<p>. Atribui vida ou características dos seres vivos aos fenômenos e objetos inanimados.</p>	<p>. Quando se tenta atribuir um valor vital e indiscutível à explicação do fenômeno, pela simples sedução de uma afirmativa sem provas. Quando se acha a analogia coerente o autor pode atribuir uma força sem limites aos elementos inanimados, animando-os, ou seja, atribuindo vida</p>	<p>. Deve-se tomar cuidado com as analogias que relacionam as características dos seres vivos aos objetos inanimados.</p>
CONHECIMENTO QUANTITATIVO	<p>. O pensamento científico não deve se aliar a nenhum destes extremos, o extremo quantitativo e o extremo qualitativo,</p>	<p>. Este obstáculo pode surgir em um momento em que não é enfatizada, pelo professor ao aluno, a importância dos dois extremos, os conhecimentos que atribuem</p>	<p>. Deve-se enfatizar sempre a importância de dados quantitativos e qualitativos para explicação por um todo de um fenômeno.</p>

	<p>que entram o pensamento por um todo. O extremo quantitativo é imediato e superficial se tornando subjetivo e obstáculo ao conhecimento qualitativo. O extremo qualitativo não faz ligação a um pensamento qualitativo de correlações entre objetos de um mesmo fenômeno, desta forma se tornando um obstáculo.</p>	<p>qualidade ao fenômeno e os conhecimentos que atribuem quantidade ao fenômeno.</p>	
--	---	--	--

Quadro 1 – Resumo dos obstáculos epistemológicos

Desta vez, iremos discutir as relações, entre o que as duas teorias dizem a respeito do conhecimento prévio, quando este é facilitador de aprendizagens, ou quando se torna obstáculo ao conhecimento posterior.

1.3) Uma breve discussão das relações entre as duas teorias

Neste capítulo, iremos abordar as relações existentes entre as duas teorias do conhecimento, a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard. Inicialmente, estas teorias parecem se apresentar de maneiras bastante distintas, pois a primeira argumenta que o conhecimento prévio é o fator mais importante para a aprendizagem significativa, o indivíduo precisa deste conhecimento para progredir significativamente em seu aprendizado; já a segunda teoria, nos mostra que o pensamento prévio, dependente do tipo (ver obstáculos epistemológicos), pode ser um obstáculo para o aprendizado posterior, por isso, este conhecimento prévio deve ser “destruído” para a aprendizagem subsequente ocorrer.

Agora discutiremos, de forma breve, algumas relações entre as duas teorias, tentando mostrar ao leitor que uma teoria pode complementar a outra em suas respectivas limitações. Para começar, podemos citar Ausubel (1980), em seu prefácio

O mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isto e ensine-o de acordo (Ausubel, 1980, p. 6).

Essa influência, pode ser tanto inibidora como facilitadora do aprendizado. Esta é a primeira relação que existe entre as duas teorias que queremos mostrar, que abordam conhecimento prévio.

O conhecimento prévio sempre irá intervir na aprendizagem, tanto no sentido de auxiliar como no sentido de atrapalhar a aprendizagem, é por isso que Ausubel diz que o fator que mais influencia a aprendizagem é o conhecimento prévio.

Para ocorrer a aprendizagem significativa, é importante que o indivíduo perceba o novo conhecimento que está aprendendo como conhecimento novo, para a sua devida ancoragem ao conhecimento já existente em sua estrutura cognitiva, mas

...o conhecimento prévio pode impedir que o sujeito perceba o novo conhecimento como novo, funcionando, então, como o que Bachelard chamou de obstáculo epistemológico (Masini & Moreira, 2008, p.21).

Nesta perspectiva é que o conhecimento prévio pode servir como obstáculo epistemológico. De uma forma ou de outra, o conhecimento prévio é o fator que mais influencia a aprendizagem, por isso deve ser tratado com muita importância no processo de aprendizagem, e é por isso que argumentamos inicialmente que as duas teorias poderiam se complementar, no sentido do conhecimento prévio. A teoria da aprendizagem significativa foca em como o conhecimento prévio pode facilitar e ser útil a aprendizagem, mas a teoria dos obstáculos epistemológicos foca em como esses conhecimentos prévios podem intervir de maneira a atrapalhar o aprendizado científico.

Devemos salientar que neste trabalho, não utilizamos os dois referenciais considerando-os como idéias opostas, mas utilizamos como complementos, durante as elaborações das aulas e durante as investigações de ocorrência de aprendizagem significativa.

Uma pergunta que surge neste momento sobre o conhecimento prévio é: mesmo na aprendizagem significativa que o conhecimento prévio tem a função de subsunção, ele pode também ser um obstáculo ao conhecimento científico?

A resposta é sim, e para tentar explicar, vamos analisar o primeiro obstáculo epistemológico apresentado, o obstáculo da observação primeira, e também iremos utilizar a premissa de que mesmo que haja aprendizagem significativa, isto não implica que o que se aprendeu é coerente com o conhecimento denotativo (como já foi explicado na aprendizagem subordinada).

Como já mostrado no quadro 1, o obstáculo da experiência primeira é a opinião sem crítica, é o pensamento empírico idealizado pelo aprendiz durante a sua vivência com o mundo. Isto apresenta um obstáculo ao aprendizado posterior, pois o aprendiz pode se satisfazer de imediato, simplesmente pela curiosidade do fato, e achar que pela sua opinião empírica a explicação do fato está completa, não sentindo a necessidade de desenvolver o seu conhecimento. Se esta opinião empírica está “ancorada” na estrutura cognitiva do indivíduo, ela representa uma aprendizagem significativa e, como já foi dito será muito difícil apagá-la da mente da pessoa. Neste sentido, ela terá de conviver com a opinião em sua estrutura cognitiva, mesmo que esta esteja equivocada em relação ao fato propriamente dito. Desta forma, será difícil progredir cognitivamente, será difícil aprender de maneira correta. No entanto, nem mesmo a opinião equivocada pode impedir o indivíduo de aprender da maneira correta e significativamente. Uma vez que ele rompa com esta opinião equivocada e perceba que esta o impede de progredir

cognitivamente, ele aprenderá. Desta vez, será uma construção racional bem explícita, refletindo com a experiência, reavivando a crítica, chegando assim num pensamento científico e significativo.

É importante salientar que, mesmo tendo o aprendizado correto, científico, crítico e significativo, aquilo que era obstáculo ainda vive na estrutura cognitiva, mas agora não mais como um obstáculo, a pessoa aprenderá a diferenciar o certo do errado toda vez que enfrentar a situação de aprendizagem novamente, ou o conceito ou o evento.

Desta forma, como método de aprendizagem, o professor poderia seguir as duas linhas metodológicas, tanto a da aprendizagem significativa, como os obstáculos epistemológicos, no sentido dos conhecimentos prévios relevantes para a aprendizagem. Tendo em mente os obstáculos que podem ocorrer mediante a aprendizagem, observado no quadro de resumo dos obstáculos epistemológicos, o professor pode tentar evitá-los no momento da negociação de significados.

Foi essa metodologia que seguimos neste trabalho em relação aos referenciais apresentados, uma inserida na limitação³ da outra.

³ A palavra limitação não é utilizada em seu sentido literal para designar as duas vertentes do referencial, mas no sentido de que uma teoria está presente em um momento em que a outra não estuda determinado o fato.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA: UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

2.1) Sobre a pesquisa

2.1.1) Pesquisa Qualitativa

O trabalho teve como base (e pode ser classificado no segmento) uma pesquisa de ordem qualitativa. Segundo Liebscher (1998), os métodos qualitativos são apropriados quando o fenômeno em estudo é complexo, de natureza social e não tende à quantificação. Normalmente, são usados quando o entendimento do contexto social e cultural é um elemento importante para a pesquisa. Para aprender métodos qualitativos é preciso aprender a observar, registrar e analisar interações reais entre pessoas e entre pessoas e sistemas (Liebscher, 1998).

As técnicas para a coleta de dados mais utilizados na pesquisa qualitativa são a observação, observação participante, entrevista individual, grupo focal e análise documental (Dias, 2000). Nesta pesquisa, foram utilizados questionários, observação e grupo focal.

Segundo GODOY (1995) as características básicas da pesquisa qualitativa são:

1. A pesquisa qualitativa tem um ambiente natural como fonte direta de dados, e o pesquisador, como instrumento fundamental. Os dados são coletados utilizando equipamentos como videoteipes e gravadores ou fazendo-se anotações em um bloco de papel.
2. A pesquisa qualitativa é descritiva. Os dados coletados aparecem sob a forma de transcrições de entrevistas, anotações de campo, fotografias, videoteipes,

desenhos e vários tipos de documentos. O ambiente e as pessoas nele inseridas devem ser olhados holisticamente (considerados separadamente): não são reduzidos a variáveis, mas observados como um todo.

3. Os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados ou produto. Os significados que as pessoas dão às coisas e à suas vidas são a preocupação essencial do investigador. Tenta compreender os fenômenos, que estão sendo estudados, a partir da perspectiva dos participantes (Godoy, 1998)

Segundo as características da pesquisa qualitativa apresentadas por Godoy (1998), a presente pesquisa apresenta as seguintes características:

1. Um ambiente natural de pesquisa, que foi o próprio ambiente escolar que é vivenciado pelos alunos durante as aulas;
2. O pesquisador é participante da pesquisa, sendo ele o responsável pelos questionários, o observador do grupo em foco, o preparador das aulas e do seguimento do trabalho;
3. Além de questionários, foi utilizado para a coleta de dados, a confecção de mapas conceituais por parte dos alunos, anotações das observações realizadas durante e logo depois das aulas, assim como a gravação do áudio das aulas, para análises posteriores.

2.1.2) O ambiente de pesquisa e os alunos participantes

A pesquisa foi desenvolvida no próprio ambiente escolar, local onde os alunos estão acostumados a conviver com o aprendizado, e também no horário comum das aulas em uma escola da rede particular de ensino situada na cidade de Paraguaçu Paulista – SP.

A série escolhida para a aplicação do projeto foi a 2ª série do EM, uma vez que os temas escolhidos foram idealizados segundo o planejamento de conteúdos desta mesma série, como será mostrado a seguir.

Para seguir nosso objetivo, escolhemos os alunos da 2ª série do EM, não só por ainda não terem estudado FMC em nenhuma circunstância, mas também, por apresentarem maturidade suficiente para o aprendizado do tema, pressupondo que possuíam conhecimentos prévios adequados para as abordagens metodológicas.

Todos os alunos que estudavam nesta série participaram da pesquisa, num total de 20 estudantes, no entanto, ao longo das aplicações das aulas, alguns deixaram de fazer ou um dos questionários ou um dos mapas, desta forma alguns alunos tiveram que ser desconsiderados, totalizando para a participação do projeto de análise 8 (oito) alunos.

2.1.3) A elaboração das aulas

Como o objetivo deste trabalho é a inserção de FMC no EM dentro dos limites da FC, as aulas foram elaboradas seguindo este princípio. Escolhemos como tema uma aula em que houvesse algum problema fenomenológico cuja FC não daria conta de explicar. Sendo assim, haveria a necessidade de explicação seguindo algum modelo de FMC. Desta forma, escolhemos como problema a ser tratado, “a radiação de corpo negro”, inserida dentro do tema “mecanismos de transferência de calor”. Como a interpretação clássica não explica a curva espectral da radiação de corpo negro, devemos considerar as propostas dos modelos da Física Quântica (FQ), que propõe a quantização da energia para a solução do problema.

O planejamento das aulas levou em consideração, para a escolha da série, os assuntos que estavam sendo estudados, para tanto, tivemos que escolher a segunda série do EM que seguia o seguinte programa de estudo:

Nº de aulas	Assunto setor A	Nº de aulas	Assunto setor B
1	Força variando com tempo: definição de quantidade de movimento e impulso	1	Hidrostática. Densidade: definição e unidades
2	Teorema do sistema isolado	1	Pressão: definição e unidades
1	Aplicações do teorema do sistema isolado	2	Lei de Stevin: pressão hidrostática e suas unidades

1	Choque contra obstáculo fixo	1	Aplicação de Stevin: vasos comunicantes
1	Choque contra obstáculo móvel	1	Aplicação de Stevin: prensa hidráulica
2	Estudo do choque frontal	2	Teorema de Arquimedes.
1	Eletricidade: carga elétrica e sua quantização	2	TermoFísica. Temperatura e suas escalas
3	Princípios da eletrostática	2	Conceito de calor e mecanismos de transferência
Total = 12		Total = 12	

Quadro 2 – Cronograma de aulas do primeiro bimestre da série escolhida para a pesquisa

Neste quadro observa-se o programa de estudo da segunda série do EM da escola onde foi aplicado o projeto, do primeiro bimestre de 2010. Nele estão dispostos os dois setores de estudos que são divididos os tópicos da Física, o setor A e o setor B. Como podemos notar, o setor A aborda uma finalização de estudo da primeira série do EM, que se trata de “quantidade de movimento e suas aplicações”, seguindo pelo estudo da “eletrostática e eletrodinâmica”. Já o setor B, começa com o estudo da “hidrostática”, seguindo pelo estudo da “termofísica”; tópico deverá ser explicado com mais detalhes.

No estudo da termofísica, como pode ser observado no quadro 2, está inserido o tópico de “temperatura e suas escalas”. Nele os alunos estudam as escalas de temperatura mais utilizadas, como a Fahrenheit, Celsius e Kelvin; estudam o significado de temperatura, que está relacionado diretamente com a medida da agitação das partículas que constituem um corpo; seguindo pelas transformações entre escalas, ou seja, como transformar uma determinada temperatura, que está em uma escala, para outra.

Após este tópico, estudamos outro com o título “mecanismos de transferência de calor”. É neste que introduzimos o problema da radiação de corpo negro e a explicação do problema com quantização da energia, que é a proposta da metodologia deste trabalho. Sendo assim, relataremos a metodologia da aula, como foi preparada segundo os referências que foram apresentados.

É importante salientarmos que, na ausência desta proposta de trabalho, o objetivo dessa aula seria o de apresentar apenas os mecanismos de transferência de calor, seguindo pela abordagem do significado da grandeza Física “calor” mostrando

sua diferença com a grandeza “temperatura”. O quadro abaixo caracteriza o procedimento da aula:

Conteúdo	Objetivos
Introdução	Apresentar o conceito de calor, mostrando ao aluno como este conceito é utilizado de forma equivocada em nosso cotidiano.
Calor	Apresentar o conceito rigoroso de calor com exemplos de fenômenos que ocorrem devido à transferência de energia entre corpos a diferentes temperaturas.
Transferência de calor por condução	Explicar o processo de condução de calor.
Transferência de calor por convecção	Explicar o processo de convecção. Explicar a convecção na água entre 0°C e 4°C.
Transferência de calor por irradiação	Explicar o processo de irradiação.

Quadro 3 – Organização da exposição dos conteúdos sem as proposições deste trabalho.

Podemos perceber que esse cronograma não explica profundamente os fenômenos, como por exemplo, como os corpos irradiam calor, e nem aborda algum assunto ou tópico sobre FMC.

Desta forma, mostraremos a seguir, como foi inserido o problema da radiação de corpo negro e a solução do problema com a quantização da energia. Para isto, seguimos alguns princípios da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e da teoria dos obstáculos epistemológicos.

Para a aprendizagem significativa, seguimos inicialmente a premissa de que o material que deveria ser apresentado para os alunos fosse potencialmente significativo, ou seja, que este material permitisse que os alunos estabelecessem as relações existentes entre os conceitos prévios e os novos conceitos a serem aprendidos. Outro ponto importante da preparação, que levamos em consideração, foi o de que podemos perceber os significados dos conceitos mais facilmente quando o material é apresentado partindo de conceitos mais gerais e progressivamente especificando-os.

Para atingir estes objetivos, criamos uma hierarquia conceitual da aula relativamente à especificidade das idéias que seriam apresentadas. Como a teoria de Ausubel nos orienta, devemos sempre seguir esta hierarquia conceitual durante as aulas, mas também sempre voltando a conceitos já apresentados para, desta forma, fazer com que o aluno perceba as relações existentes entre os conceitos, que caracteriza uma “estratégia de ensino para a facilitação de aprendizagem significativa” (como mostramos à página 38). O procedimento, bem como o cronograma planejado, são apresentados no próximo quadro, juntamente com a divisão da carga horária:

Conteúdo	Objetivos	Aula	Dia
Energia	Construir uma idéia mais geral de energia, inserindo fatos históricos e algumas aplicações.	1 e 2	28/04/2010
Calor parte I	Desenvolver o conceito de calor, mostrando ao aluno como este conceito é utilizado de forma equivocada em nosso cotidiano.	1 e 2	28/04/2010
Calor parte II	Desenvolver o conceito correto de calor, com exemplos de fenômenos que ocorrem devido a transferência de energia entre corpos a diferentes temperaturas.	1 e 2	28/04/2010
Transferência de calor por condução	Explicar o processo de condução de calor.	1 e 2	28/04/2010
Transferência de calor por convecção	Explicar o processo de convecção. Explicar a convecção na água entre 0°C e 4°C.	1 e 2	28/04/2010
Transferência de calor por irradiação	Explicar o processo de irradiação. Mostrar que todos os corpos	1 e 2	28/04/2010

	emitem radiação, seja radiação visível ou não visível		
Ondas eletromagnéticas parte I	Desenvolver uma ideia geral do que são ondas eletromagnéticas.	3 e 4	30/04/2010
Ondas eletromagnéticas parte II	Desenvolver as propriedades, as características, os tipos e a constituição, assim como o espectro eletromagnético.	3 e 4	30/04/2010
Emissão e absorção térmica	Explicar de forma clássica como acontece a emissão e a absorção de radiação.	3 e 4	30/04/2010
Corpo negro	Construir a ideia de corpo negro ideal e corpo negro real.	3 e 4	30/04/2010
Descoberta de Kirchhoff	Construir a ideia de que a radiação é a mesma para vários corpos em equilíbrio térmico	3 e 4	30/04/2010
Experimento da radiação de cavidade	Desenvolver a ideia de como foi realizada a experiência da radiação de corpo negro, e como foi obtida a curva experimental da intensidade da radiação por sua frequência dependente da temperatura do corpo.	5 e 6	05/05/2010
Deslocamento de Wien	Relacionar a temperatura do corpo com a frequência da radiação liberada.	5 e 6	05/05/2010
Espectro da luz solar e a visão humana	Explicar a lei do deslocamento de Wien	5 e 6	05/05/2010
Tentativas de descrever e quantificar o experimento da radiação de corpo negro	Desenvolver alguns modelos e teorias que falharam ao tentar descrever a radiação de corpo negro.	7 e 8	07/05/2010

A quantização da energia de Planck	Desenvolver a solução do fenômeno apresentada por Planck.	7 e 8	07/05/2010
Quantização da energia	Desenvolver a equação da quantização da energia que relaciona energia com a frequência da radiação.	7 e 8	07/05/2010
Algumas aplicações da quantização de energia	Desenvolver o significado da constante de Planck e que, por ter valor muito pequeno, é difícil observarmos os fenômenos quânticos macroscopicamente.	7 e 8	07/05/2010

Quadro 4 – Organização da exposição dos assuntos no desenvolvimento do projeto

O tempo decorrido para a aplicação das aulas, como mostra o quadro 4, foi de oito horas-aula, sendo cada hora-aula equivalente a cinquenta minutos. As aulas foram duplas, em dois dias da semana, assim os alunos tiveram duas aulas por dia, duas vezes por semana. Foram utilizados, como instrumentos de exibição das aulas, slides projetados por um multimídia.

A estrutura hierárquica pode ser mais facilmente percebida na seguinte figura:

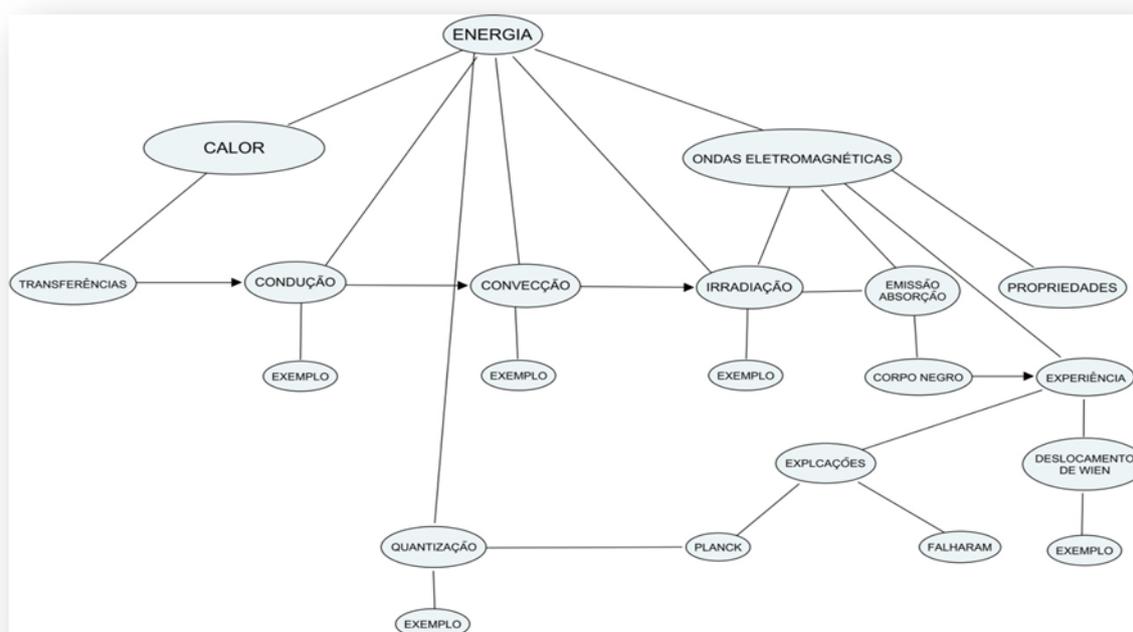


Figura 8 – Organização conceitual da programação do conteúdo

Esta figura nos dá uma ideia mais geral da organização conceitual para a programação do conteúdo; aqui identificamos os conceitos básicos da tarefa de ensino e de como eles são estruturados. Com o problema organizacional resolvido, podemos dar atenção à preparação da aula, utilizando as estratégias de ensino para a facilitação da aprendizagem significativa, como já mencionamos no referencial teórico. Para tanto, utilizamos os princípios da *diferenciação progressiva*, da *reconciliação integrativa* e dos *organizadores prévios*.

Para existir a diferenciação progressiva, preparamos a aula com o intuito de apresentar aos alunos conceitos e idéias mais gerais e inclusivas inicialmente, neste caso, fazendo o papel de subsunçores, para assim, progressivamente, se apresentarem conceitos mais específicos. Esta diferenciação progressiva é mostrada na figura 8, conceitos mais gerais estão no topo, como por exemplo, os conceitos de energia, calor e ondas eletromagnéticas. Estes conceitos são mais inclusivos, e podem se comportar como conceitos subsunçores, ou seja, assimiladores de novos conhecimentos.

Para a reconciliação integrativa, a aula foi estruturada de forma que os assuntos pudessem ter relações entre si, como a figura 8 também nos mostra.

A título de exemplo, quando se começou a apresentar o conceito de energia no início das aulas, sempre se fazia referência a esse conceito nos assuntos de calor e de ondas eletromagnéticas, assim como no final, em quantização da energia. Desta forma, os conceitos puderam se interrelacionar, adquirindo significados mais abrangentes, modificando os subsunçores e facilitando a aprendizagem significativa.

Em relação aos organizadores prévios, utilizamos esta técnica sempre na introdução das aulas. Este processo nos permitiu reorganizar os conceitos prévios para a introdução das novas idéias que foram apresentadas. Na introdução das aulas foram reorganizadas as idéias já apresentadas anteriormente, e assim, em todas as aulas. Esta forma de abordagem prepara os subsunçores para as assimilações dos novos conceitos, ou até mesmo pode servir como momento de formação dos subsunçores, muito importante para o processo de aprendizagem significativa.

Trabalhamos também na intenção de não permitir que estes conteúdos se tornassem obstáculos epistemológicos no aprendizado dos alunos. Para tanto, as aulas foram preparadas seguindo como procedimentos o quadro de resumos dos obstáculos mostrado no referencial teórico, onde existe um setor que nos mostra, segundo Gaston Bachelard (1996), como poderíamos evitá-los.

Resumida e objetivamente, seguimos uma linha de construção racional, reflexão das experiências e dos fenômenos, reavivamento da crítica, tomando cuidado com analogias e imagens metafóricas, que utilizamos apenas após a apresentação dos fenômenos. Evitamos explicações exageradas em sentidos metafísicos e mostramos a importância dos dados quantitativos e qualitativos. Foi desta forma que a teoria dos obstáculos epistemológicos contribuiu com este trabalho.

Por exemplo, em relação à reflexão das experiências, tomamos cuidado para que acontecesse reflexão principalmente na experiência de radiação de corpo negro, momento muito importante para o estudo. Para isto, fizemos algumas perguntas aos alunos sobre a experiência que foi mostrada por meio de uma simulação com título radiação de corpo negro, retirado do Banco Internacional de objetos Educacionais⁴ (BIOE). Em relação ao reavivamento da crítica, levantamos questões sobre os problemas de radiação de corpo negro, que deveriam ser respondidas pelos alunos no momento das aulas.

Os cuidados que tomamos com as analogias foram, principalmente, no momento de estudo da quantização da energia, momento este em que poderiam aparecer alguns termos como “pacotes de energia” ou “pacotinhos de energia”, explicamos aos alunos o real conceito de quantização de energia, e após isto, inserimos a analogia dos “pacotes de energia”. Já a importância dos dados quantitativos e qualitativos, foi mostrada também no momento de estudo da quantização da energia, em que abordamos os conceitos de quantização por meio das soluções quantitativas apresentadas por Planck, e as interpretações qualitativas de quantização apresentadas por Einstein.

2.1.4) Aprendendo a construir os mapas conceituais

Para conseguir atingir um dos objetivos deste trabalho em relação à verificação de ocorrência de aprendizagem significativa, optamos, como método de avaliação, pelos mapas conceituais. Para tanto, deveríamos ensinar, primeiramente, os alunos a construir os mapas. Desta forma, antes da aplicação das aulas elaboradas, reservamos

⁴Encontrada no endereço eletrônico <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/9393>.

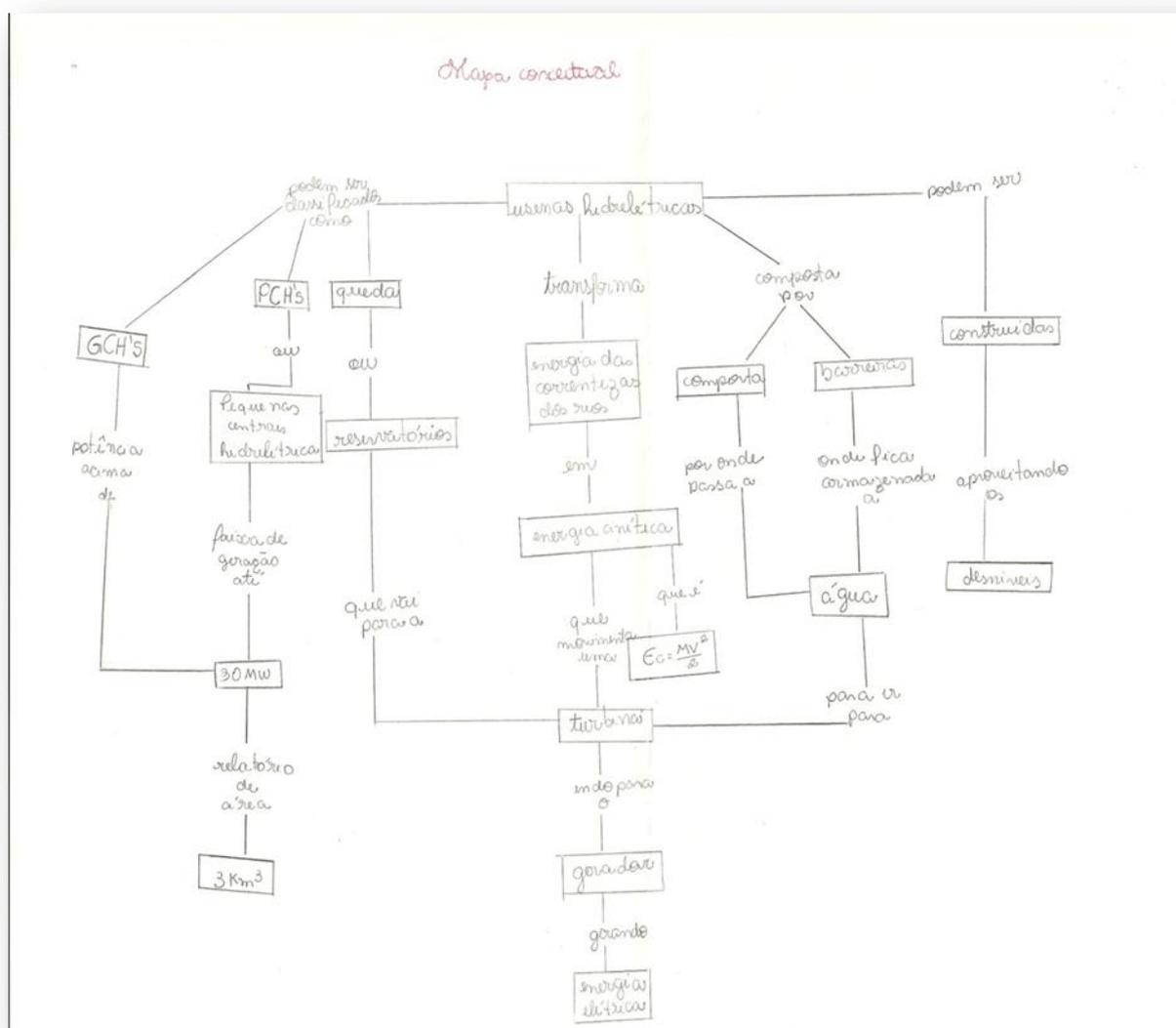


Figura 10 – Exemplo de mapa conceitual construído por um aluno ao fim da aula de mapas conceituais.

Estes dois mapas nos mostram que os alunos compreenderam suas construções, pois eles apresentam hierarquias conceituais, muitas proposições corretas e conexões cruzadas, premissas básicas para a construção de mapas conceituais.

Até aqui, expusemos como foram aplicadas e preparadas as aulas, o quadro a seguir mostra de uma forma mais geral o cronograma e a “trajetória” que foi seguida neste trabalho.

Aula	dia
Mapas conceituais	23/04
Energia, calor e transferências de calor; Aplicação do primeiro questionário	28/04
Ondas eletromagnéticas, emissão e absorção térmica e corpo negro	30/04
Experimento da radiação de cavidade, deslocamento de Wien	05/05
Tentativas de descrição do fenômeno, quantização da energia e aplicações; Aplicação do segundo questionário; Elaboração do mapa conceitual do conteúdo apresentado	07/05

Quadro 5 – Datas do desenvolvimento das aulas do projeto

Serão mostrados os momentos de aplicação dos questionários e seus objetivos.

2.1.5) Os questionários e seus objetivos

Para a verificação da ocorrência de aprendizagem significativa, quando submetidos a esta forma de ensino de um tópico de Física Moderna, necessitamos saber se os alunos possuem os subsunçores necessários. Como a teoria da aprendizagem significativa nos mostra, com as assimilações obliteradoras, à medida que o sujeito assimila novas informações com significados, os conceitos subsunçores se modificam, um dos objetivos dos questionários seria o de verificar as mudanças conceituais nos subsunçores. Partimos da hipótese/premissa que como o conceito de energia é muito geral, relativamente a suas definições e seu entendimento significativo, este se constituiria um conceito subsunçor, o conceito assimilador de novos conhecimentos.

Com este intento, portanto, elaboramos um questionário teórico (no anexo 2), com o objetivo de verificar qual a noção que os alunos possuíam sobre a “forma”, ou constituição da energia radiante de corpos aquecidos. Isso se torna importante à medida que o conteúdo vai sendo ensinado, pois a principal mudança conceitual, que há nas proposições da Física Clássica, é a noção de “forma” da energia, que deixa de ser interpretada como contínua, para ser analisada como “pacotes de energia”, os quanta.

Então, estes questionários foram aplicados antes de os alunos aprenderem as explicações quânticas e depois de concluído o trabalho para que, a partir da comparação das características contidas nessas respostas, pudéssemos inferir se os alunos mudaram suas concepções sobre a constituição da energia após o processo.

Por exemplo, o que foi esperado com isto é que antes de aprenderem as novas explicações, os alunos manifestassem respostas que interpretassem a energia com características contínuas (onda, massa de ar que se desloca, energia que se transfere, etc.). Depois, que suas respostas já contivessem as características necessárias para o aprendizado completo da interpretação quântica da emissão de radiação (partículas de onda, quantas, fótons, pacotinhos de onda, etc.), e assim poderíamos dizer que os subsunçores dos alunos, para o conceito de energia, foi obliterado, para então, serem usados como subsídios para as relações com os outros conceitos. Este é um dos indícios de aprendizagem significativa e, juntamente com os mapas conceituais, realizamos sua análise, com o principal objetivo de verificar a ocorrência de aprendizagem significativa, tanto em relação com as assimilações obliteradoras, como as formas de construção dos mapas conceituais.

No anexo 2 encontram-se os dois questionários, que, como se pode observar, contém perguntas aproximadamente iguais, que foram respondidas antes e depois do processo, na intenção de uma comparação entre as características principais de suas respostas, buscando os elementos importantes para esta compreensão, a saber, as características “clássicas” e “quânticas” das respostas.

Os questionários foram aplicados antes das aulas 3 e 4 e posteriormente aplicados após as aulas 7 e 8, como nos mostra o quadro 4.

2.2) Metodologia de análise dos dados

Os dados obtidos foram analisados a fim de construir um panorama da aprendizagem de cada aluno durante todo o processo. Dessa forma, os dados foram analisados para cada aluno e da seguinte maneira:

2.2.1) Análise dos questionários

Iniciamos nossas análises com a avaliação da mudança conceitual dos alunos com relação ao conceito de Energia.

Como já detalhado no referencial teórico, um subsunçor específico pode aumentar sua complexidade quando ancora um novo conhecimento (assimilação obliteradora), e estes questionários nos deram uma idéia dessa complementação dos subsunçores, que se tornaram mais elaborados depois de conhecerem os novos conceitos.

As hipóteses a serem testadas são as de que, antes de aprenderem os conteúdos de FMC, os alunos devem manifestar em suas respostas características apenas da Física Clássica (transferência de energia contínua ou em forma de raios e explicações como conceito de energia apenas como ondas se propagando). Depois de estudarem os conceitos de quantização e outros apresentados na sequência, que estas respostas mudem, apresentando explicações que contenham os termos estudados tais como pacotes de energia, quantas, quantização e radiação de corpo negro, entre outros.

Esta mudança nos subsunçores é um dos indícios de que uma aprendizagem significativa possa ter acontecido, uma vez que os novos conceitos estão incorporados na estrutura cognitiva dos alunos, sendo possível a ligação entre os conceitos, o que foi verificado por meio de mapas conceituais.

Como se trata da análise da aprendizagem significativa dos conceitos, não podemos considerar parâmetros gerais, ou seja, de maioria das respostas, para afirmarmos que o grupo de alunos teve aprendizagem significativa. As análises foram individuais, tratando do processo de construção de conceitos de cada aluno.

Portanto, o processo de aprendizagem de cada aluno foi analisado desde os questionários até as confecções dos mapas finais, sendo possível traçar um perfil da aprendizagem significativa de cada aluno participante.

Os questionários, mostrados nos anexos 2, foram aplicados aos alunos antes e depois de serem submetidos à metodologia descrita, e tinham por objetivo detectar possíveis mudanças nos subsunçores dos alunos, com relação aos conceitos de energia e sua transferência.

Para a análise dessas respostas, foram utilizados os preceitos básicos da análise de conteúdo (Bardin, 1977), principalmente por se tratar de uma técnica de análise de textos por meio da desconstrução destes, a fim de descobrir os seus sentidos principais. Segundo a autora, a análise de conteúdo é:

“[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”. Tais procedimentos são criteriosos, com muitos aspectos

observáveis, mas que colaboram bastante no desvendar dos conteúdos de seus documentos.” (Bardin, 2002, p.38)

Constituí o material de análise os questionários I e II anexos e as respostas dos alunos para estes. As respostas que apresentavam os mesmos preceitos foram agrupadas em categorias, como descreve Bardin:

[...] uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão dos caracteres comuns desses elementos (BARDIN, 1977, p. 117).

Dentre as orientações deste referencial, está a análise categorial, por meio da construção de grelhas de análise, nas quais serão agrupadas as categorias definidas e as Unidades de Análise (UA) encontradas para cada categoria, a fim de construir uma interpretação dos dados a partir do referencial adotado – neste caso, os subsunçores.

Como descreve Sanches, a análise categorial:

[...] pretende tomar em consideração a totalidade de um texto, passando-o pelo crivo da classificação e do recenseamento, segundo a frequência de presença (ou de ausência) de itens de sentido. Isso pode constituir um primeiro passo, obedecendo ao princípio de objetividade e racionalizando através de números e percentagem, uma interpretação que, sem ela, teria de ser sujeita a aval. É o método das categorias, espécie de gavetas ou rubricas significativas que permitem a classificação dos elementos de significação constitutivas, da mensagem. É, portanto, um método taxionômico bem concebido para satisfazer os colecionadores preocupados em introduzir uma ordem, segundo certos critérios, na desordem aparente (BARDIN, 1977, p. 36-37, apud Sanches, 2006, p. 41).

Com estas orientações metodológicas, foram criadas duas categorias, cujas respostas às questões propostas nos dois questionários de cada aluno foram agrupadas, sendo elas:

C1: Respostas que apresentam bases conceituais apenas com conceitos clássicos e/ou explicações para os fenômenos com bases teóricas características da Física Clássica (subsunçores clássicos);

C2: Respostas que apresentam bases conceituais quânticas, ou seja, que se utilizem de conceitos quânticos em suas explicações, tais como quantização, pacotes de energia, energia quantizada, etc. (subsunçores quânticos).

Um exemplo de respostas que estão inseridas nas duas categorias, referente aos dois questionários, pode ser observado em seguida.

Questionário I:

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Porque a lâmpada libera ondas eletromagnéticas que, em contato com o objeto, aumenta a temperatura até haver equilíbrio. Calor é a energia transferida de um corpo para outro.</i>	Tanto a figura quanto a fala do aluno apresentam somente aspectos clássicos. Corretamente explicados, mas ainda assim clássicos.
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2	Tal como esperado.

Quadro 6 – Exemplo de análise do questionário

Questionário II:

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a energia transferida de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura.</i>	O aluno mostra compreensão com relação aos aspectos relativos a transferência de calor e faz a relação com a energia, mas não incorpora significados quânticos.
C2	<i>Essa radiação é a eletromagnética. O corpo emite essa radiação que é um conjunto de fótons que será absorvido por outro corpo, aumentando sua temperatura. O corpo absorve a radiação, suas partículas começam a vibrar na mesma frequência, fazendo com que sua temperatura aumente.</i>	Faz relações corretas incluindo conceitos quânticos como os fótons e faz referencia da relação da absorção de energia de uma determinada frequência com a frequência de vibração das partículas de um corpo e que isso faz com que aumente a temperatura do corpo. Obliteração do subsunçor.

Quadro 7 – Exemplo de análise do questionário II

Uma análise detalhada das categorias encontradas nos questionários destes alunos nos permitiu fazer uma comparação entre o antes e o depois, relativamente à aula de FMC dos conceitos de energia, como é mostrado no próximo capítulo.

2.2.2) Análise dos mapas

Como já mencionamos, os mapas conceituais foram idealizados com o objetivo da interpretação da aprendizagem por parte dos alunos. Inicialmente foi ensinada a construção dos mapas conceituais e posteriormente (ao término das aulas de

quantização da energia), pediu-se a estes alunos que construíssem individualmente um mapa conceitual referente a todas as aulas apresentadas. Para tanto, pedimos que utilizassem de suas anotações e que escolhessem os conceitos mais apropriados para a realização do mesmo. Outro ponto importante é que deixamos livre a escolha do conceito mais geral, relativamente à hierarquia que deveriam apresentar os mapas.

Os mapas construídos pelos alunos foram analisados segundo os objetivos a seguir:

1. A ligação entre conceitos físicos deve estar correta, ou seja, os conceitos para estarem ligados devem realmente ter algum tipo de relação (relações válidas);
2. A frase de ligação referente aos conceitos deve estar coerente com a real relação entre os conceitos físicos (proposições coerentes);
3. A ordenação dos conceitos dentro do mapa deve seguir o grau de especificidade do conceito, ou seja, conceitos mais gerais no topo do mapa, e quanto mais específico mais abaixo deve estar o conceito no mapa (hierarquias válidas);
4. Os exemplos devem ter relações significativas entre os conceitos (exemplos válidos);
5. As conexões cruzadas devem possuir coerência e devem ter caminhos distintos, fazendo ligações entre estruturas hierárquicas mais complexas dentro do mapa (conexões cruzadas válidas).

Para conseguir estes objetivos e posteriormente analisar de forma qualitativa os mapas, seguimos a proposta de pontuação deixada por Novak e Gowin (1988). Este método de pontuação está no anexo 1, mas iremos explicá-lo com mais detalhes.

Foram atribuídos pontos por cada processo realizado pelo aluno em seu mapa. Primeiramente, observamos as proposições coerentes existentes entre os conceitos, se a relação fosse válida atribuíamos um ponto para cada proposição coerente. Um exemplo pode ser observado na figura seguinte, em que o conceito de calor está relacionado ao conceito de energia.



Figura 11 - Exemplo de proposição coerente em um mapa conceitual

Depois, analisamos as hierarquias. Se o mapa realmente as apresentasse, atribuiríamos cinco pontos para cada hierarquia. Aqui prestamos atenção em relação à generalização dos conceitos: se os conceitos mais gerais estivessem no topo do mapa, seguido pelos conceitos mais específicos considerariamos uma hierarquia. A figura seguinte nos mostra um exemplo de estrutura hierárquica, um conceito mais geral incorpora outros conceitos mais específicos.

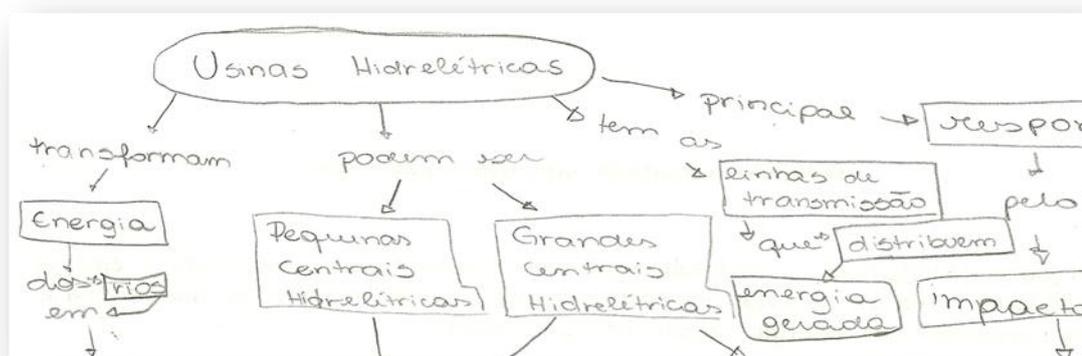


Figura 12 - Exemplo de estrutura hierárquica em um mapa conceitual

Em seguida, analisamos as conexões cruzadas entre as hierarquias. Se houvesse conexões coerentes entre conceitos de hierarquias distintas, atribuiríamos dez pontos para cada. O próximo mapa conceitual apresentado nos mostra um exemplo de conexão cruzada, em que uma estrutura hierárquica se relaciona a outra estrutura. Nele, podemos observar que a estrutura com conceito mais geral de “calor” tem uma conexão com outra estrutura com conceito geral de “ondas eletromagnéticas”, por meio do conceito de irradiação.

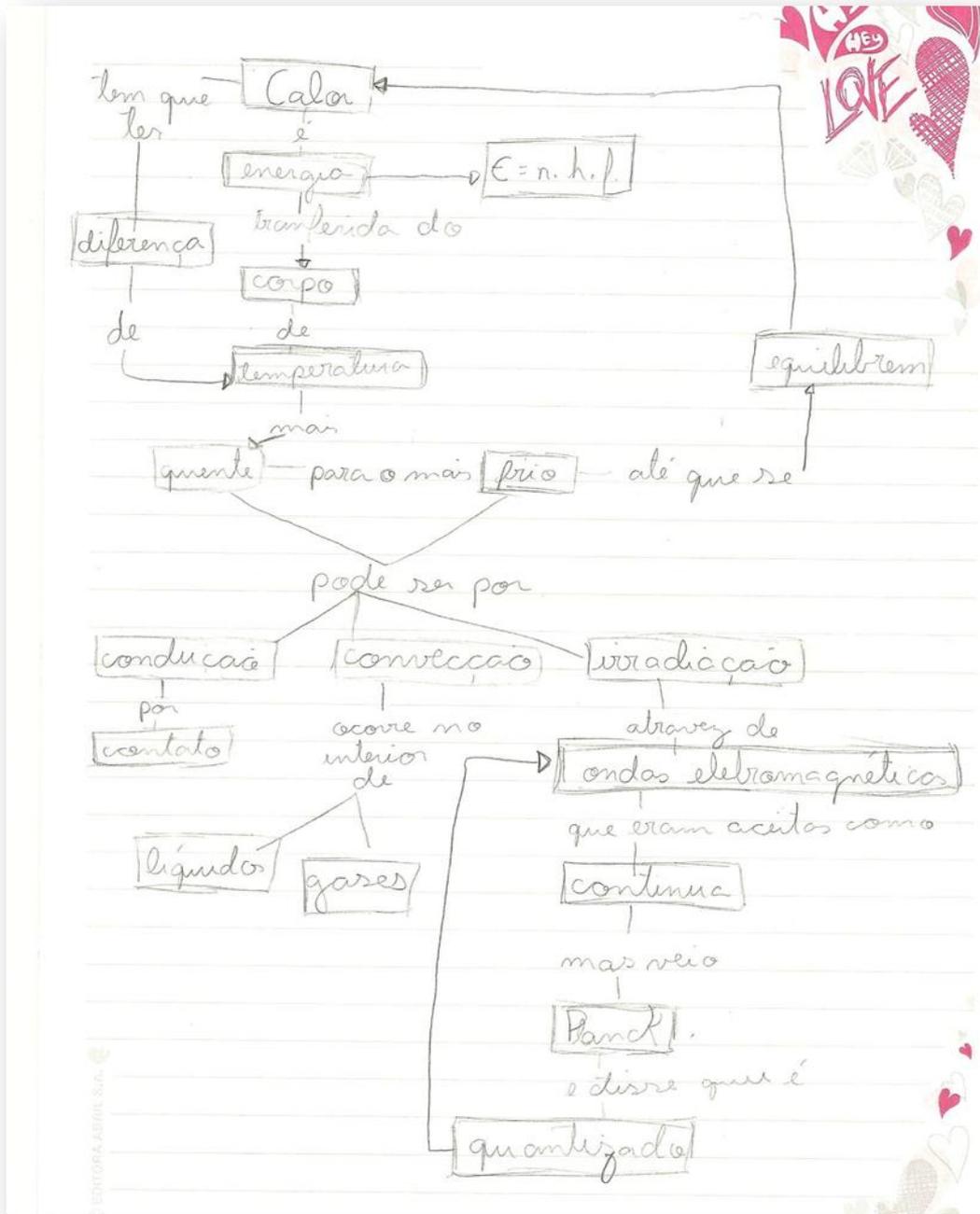


Figura 13 - Exemplo de conexão cruzada em um mapa conceitual

E por fim, analisamos os exemplos. Se existissem exemplos válidos que realmente tivessem relação com o conceito ou a hierarquia que a representa, atribuiríamos um ponto para cada. Nesta seguinte figura, mostramos um exemplo de pontuação por cada exemplo coerente. Ela nos mostra tipos de ondas eletromagnéticas como micro-ondas, ondas de rádio e raio X.

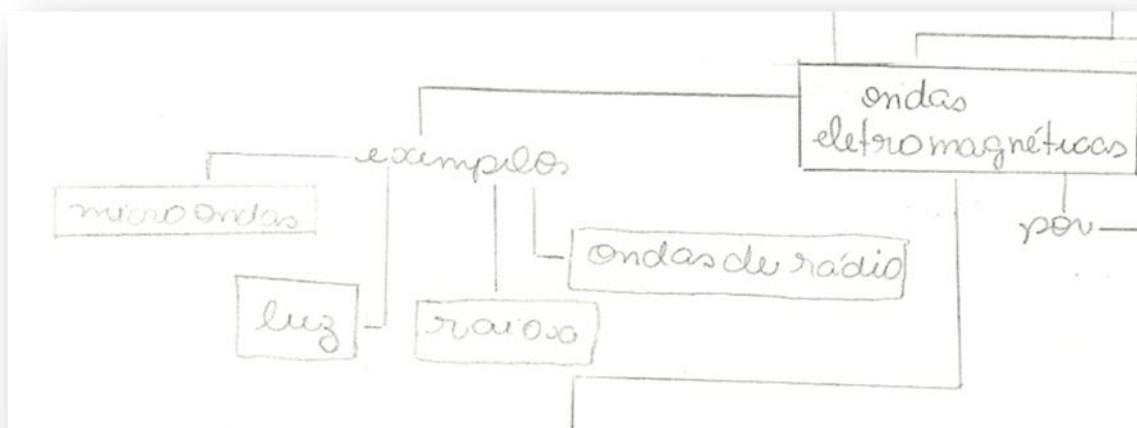


Figura 14 - Excerto de exemplos coerentes em mapas conceituais

Desta forma, com o objetivo de auxiliar a análise, criamos um quadro de pontuação referente aos processos que poderiam existir nos mapas mencionados anteriormente.

Procedimento válido	Ponto(s) atribuído(s)
Proposição	1
Hierarquia	5
Conexão cruzada	10
Exemplo	1

Quadro 8 - Critérios de pontuação dos mapas conceituais

A explicação da distinção dos pontos referente aos procedimentos válidos, é que para cada processo, existe uma construção na estrutura cognitiva do aluno. Por exemplo, as conexões cruzadas e as hierarquias são mais bem pontuadas, pois quando acontecem são indícios muito fortes de aprendizagem significativa.

Assim, pontuamos os mapas conceituais dos alunos, mas também criamos um modelo de mapa conceitual, do material das aulas, como referencia, em relação aos dos alunos, e também o pontuamos seguindo o critério de pontuação dos mapas conceituais. Este mapa nos serviu como referencia para obter a porcentagem de comparação com os mapas dos alunos. O mapa modelo é apresentado em seguida.

Este método de comparação das pontuações entre os mapas dos alunos e de um mapa modelo, é também uma proposta de Novak e Gowin (1988) como é mostrado no anexo 1.

A pontuação do mapa modelo é demonstrada na tabela abaixo:

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	42	1	42
Exemplos	5	1	5
Hierarquias	4	5	20
Conexões cruzadas	3	10	30
Total de pontos	97		

Tabela 1 - Cálculo da pontuação do mapa de referencia.

O mapa conceitual modelo foi preparado analisando-se as aulas aplicadas, com o intuito de abordar todos os conceitos ou idéias que estivessem inseridas nelas. No mapa, estão inseridos a maior parte das proposições possíveis que caberia aos alunos apresentarem em seus mapas.

Foi pensado também no número de hierarquias possíveis no embasamento das aulas, que como podemos notar, são quatro, de acordo com a figura 15. A primeira hierarquia possível está relacionada com o conceito mais geral de energia, especificando-o com conceitos da grandeza Física “trabalho” e suas definições com variações de energia. A segunda relaciona o conceito de energia com o conceito de calor. A terceira relaciona o conceito de energia com as ondas eletromagnéticas, e a quarta hierarquia, específica o conceito de energia em sua forma de interpretação “continua” ou “quantizada”. Desta forma, o mapa modelo apresenta muitos indícios de aprendizagem significativa, por apresentar um número significativo de proposições e exemplos, principalmente hierarquias bem explicitas, juntamente com conexões cruzadas entre elas.

Devemos salientar também que, os mapas dos alunos podem ter maior pontuação que o mapa modelo, ou ter mais proposições ou hierarquias, por exemplo. O que queremos com este mapa modelo é uma comparação com os mapas dos alunos, pois assim, seriam mais bem avaliados em termos de aprendizagem significativa. Desta forma, a pontuação atingida pelo aluno foi dividida pela pontuação do mapa de referencia para que nos servisse de comparação, assim como Novak e Gowin recomendam

se puede construir y puntuar un mapa de referencia del material que va a representarse en los mapas conceptuales, y dividir las puntuaciones de los estudiantes por la puntuación del mapa de referencia para obtener un porcentaje que sirva de comparación. (Algunos alumnos pueden construir mejores mapas que el de referencia y su porcentaje será mayor que el 100%, de acuerdo con lo anterior. (Novak e Gowin, 1988)

Acreditamos que, com a aplicação das técnicas acima detalhadas, seja possível avaliar a aprendizagem significativa dos alunos que foram submetidos a esta forma de se ensinar tópicos de FMC no EM .

CAPÍTULO III

ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS: O CONHECIMENTO PRÉVIO COMO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Neste capítulo, apresentaremos as análises realizadas a partir dos questionários e dos mapas conceituais, para então avaliarmos se houve ou não aprendizagem significativa, partindo da premissa de que a proposta da metodologia deste trabalho nos forneceu um material potencialmente significativo.

Para tanto, analisamos individualmente os trabalhos (questionários e mapas), e traçamos um perfil conceitual de cada aluno relativamente à aprendizagem significativa.

A análise se inicia com as respostas obtidas por meio dos questionários que foram aplicados antes e depois das aulas de FMC. É importante salientarmos aqui que os questionários foram analisados procurando, nas respostas dos alunos, identificar os conceitos subsunçores, se houve realmente algum indicio de modificação deste conceito comparando as respostas antes e depois dos trabalhos com FMC. Utilizando da metodologia de análise já descrita, foi possível identificar os alunos que apresentaram mudança em suas concepções com relação à constituição da radiação emitida por corpos. A maior preocupação foi encontrar respostas coerentes, mas sempre buscando identificação e interpretação dos conceitos idealizados pelos alunos.

Em seguida, analisamos os mapas conceituais de cada aluno a partir da pontuação proposta por Novak e Gowin (1988) e, então, agrupando a interpretação dos questionários e da pontuação dos mapas construídos pelos alunos, fizemos inferências acerca de sua aprendizagem significativa dos conceitos abordados. Para a identificação dos alunos, optamos por substituir seus nomes por números, desta forma, a análise se inicia com o aluno 1 e assim sucessivamente.

A partir do mapa de referencia, mostrado na pagina 85, os mapas construídos pelos alunos serão analisados.

3.1) Aluno 1

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>Os corpos trocam energia radiante com o meio. Assim se sua energia térmica está alta, a energia absorvida por esse corpo é menor que a energia irradiada. Desse modo o corpo tende a perder energia, diminuindo a temperatura, até que entre em equilíbrio.</i></p> <p><i>A energia térmica vinda do Sol é transferida para a Terra por meio de ondas eletromagnéticas, que se propagam no vácuo.</i></p> <p>Figura 16</p>	O aluno mostra uma compreensão do assunto, mas não aborda conceitos de FMC para a energia, como esperado.
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2.	

Quadro 9 - Análise do questionário I do aluno 1

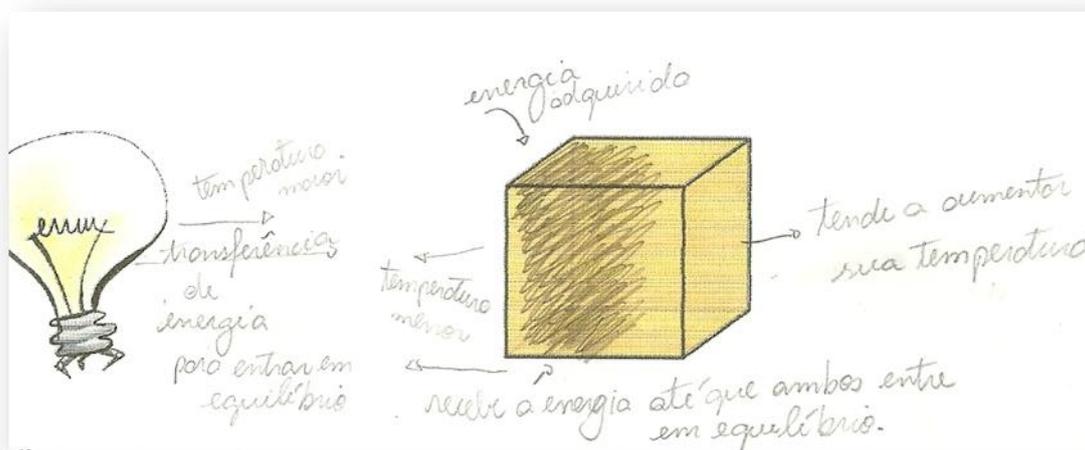


Figura 16 - desenho do aluno 1 em resposta ao questionário I

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>O corpo absorve a radiação emitida por outro corpo, assim fazendo com que haja vibração das partículas, aumentando a temperatura.</i>	O aluno faz a relação correta com energia absorvida, vibração das partículas e aumento da temperatura do corpo, mas não explica como a energia é absorvida, não designando sua natureza.
C2	<i>A radiação eletromagnética é um conjunto de fótons que é absorvido por um outro corpo, que fará com que aumente a sua temperatura.</i> Figura 17	Mostra a mudança da idéia de energia, que passa a ser interpretada pelo aluno como quantizada. Obliteração do subunçor.

Quadro 10 - Análise do questionário II do aluno 1

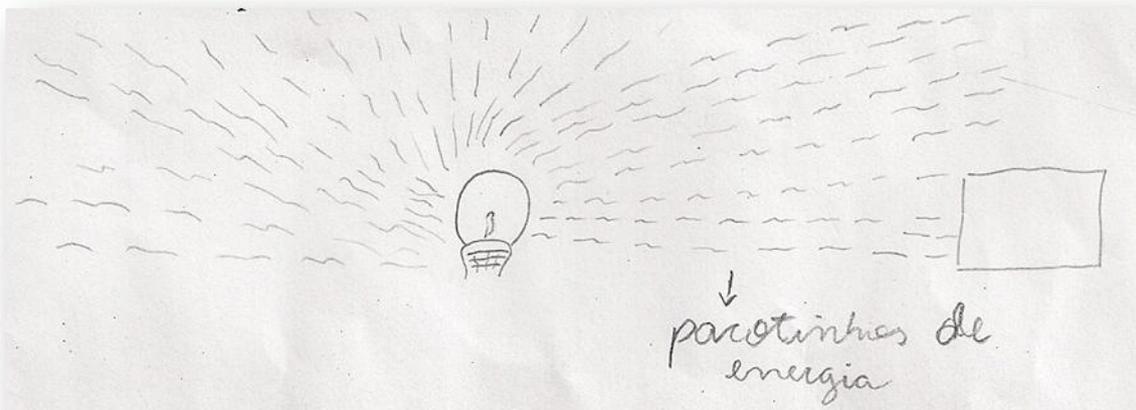


Figura 17 - desenho do aluno 1 em resposta ao questionário II

Destas respostas, interpretamos que houve mudança conceitual em relação ao conceito de energia do aluno 1, como observado em C1 do questionário I, onde não há interpretações quânticas. Entretanto, ele apresenta no questionário II uma interpretação mínima sobre a quantização da energia, mostrando em suas respostas em C2 que compreendeu o fato de a radiação ser emitida quantizadamente.

Assim, podemos inferir que houve um indicio de mudança conceitual em relação à ideia de “energia”, que passa agora a incorporar novos significados, como o de quantização, em que está mostrado nas unidades de análise dos questionários e também podemos perceber a obliteração desse subsunçor nas figuras 16 e 17. Desta forma, houve uma mudança residual no conceito subsunçor, mostrando um indicio de aprendizagem significativa.

Mapa conceitual

A figura a seguir mostra o mapa conceitual construído pelo aluno 1. Nela estão enumeradas em vermelho os pares de conceitos, formando assim, as vinte e quatro proposições válidas. Em azul estão destacados os dez exemplos válidos. As linhas amarelas mostram as duas hierarquias encontradas e a linha verde nos mostra a conexão cruzada entre elas.

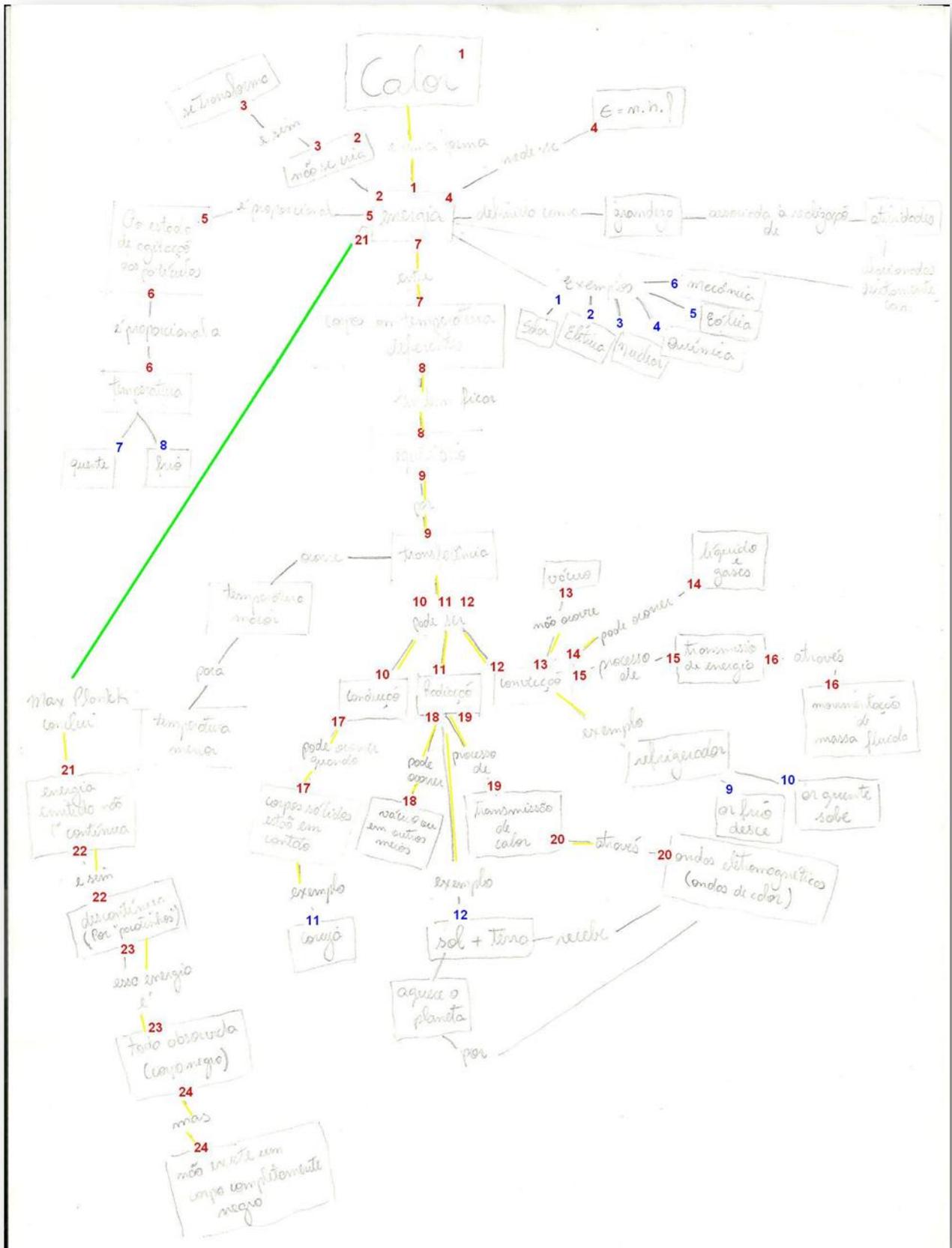


Figura 18 - Análise do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 1

Os mapas originais confeccionados pelos alunos estão em anexo. Seguiremos este estilo de análise para todos os alunos.

A pontuação do aluno 1 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	24	1	24
Exemplos	10	1	10
Hierarquias	2	5	10
Conexões cruzadas	1	10	10
Total de pontos do aluno	54		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	56%		

Tabela 2 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 1

A porcentagem com relação ao mapa de referencia do aluno 1 foi satisfatório por ter uma pontuação superior a 50%. Mas esta análise por si só, apenas nos ajuda a procurar indícios de aprendizagem significativa, e não é suficiente para a compreensão dos dados. Para que isso seja possível, analisaremos com detalhes a construção do mapa conceitual do aluno 1.

Podemos notar que os conceitos mais gerais estão no topo do mapa, como os conceitos de “calor” e “energia”, e os conceitos que estão conectados a estes estão especificando-os. Isso nos mostra uma hierarquia, vamos dizer que esta hierarquia tem o conceito subsunçor energia. Nesta hierarquia o aluno é coerente em suas proposições tendo o objetivo de especificar o conceito subsunçor. Isso nos mostra um indicio de aprendizagem significativa. Outra estrutura hierárquica, que também tem por subsunçor o conceito de “energia”, faz especificações com conceitos relativos à FMC, em que o aluno gera uma preposição querendo dizer que “Max Planck concluiu que a energia não é emitida continuamente e sim descontínua por ‘pacotinhos” . Isso nos mostra outro indicio de aprendizagem significativa.

A relação entre as duas estruturas hierárquicas mencionadas anteriormente nos fornece uma conexão cruzada; vamos interpretá-la da seguinte maneira: uma estrutura

de conceitos de FMC relacionados à outra estrutura de conceitos pelo mesmo subsunçor “energia”. Podemos notar isso na linha verde que faz ligação com as duas linhas amarelas no mapa conceitual do aluno 1. Essa conexão cruzada, além de ser mais um indicio de aprendizagem significativa por ser coerente e correta, nos confirma mais uma vez a modificação do subsunçor energia, como já havíamos inferido na análise dos questionários do aluno 1, pois esta conexão nos mostra que o conceito subsunçor se modificou, ou melhor, ganhou mais significados com a incorporação de novos conceitos.

Por estes motivos apresentados até aqui, a aprendizagem adquirida pelo aluno 1 poderia ser significativa, mostrando que em sua estrutura cognitiva houve relações entre conceitos clássicos⁵ e conceitos quânticos⁶, mostrando que houve satisfatoriedade em relação à metodologia apresentada por este trabalho.

⁵ Referentes aos conceitos da Física Clássica.

⁶ Referentes aos conceitos da FMC.

3.2) Aluno 2

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Porque a lâmpada transfere ondas eletromagnéticas que contém energia para o corpo.</i>	A presença da idéia de onda eletromagnética é um indício de que o aluno tinha um conhecimento prévio ainda baseado em idéias clássicas, o que era esperado para o primeiro questionário
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2.	

Quadro 11 - Análise do questionário I do aluno 2

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a energia transferida de um corpo para outro.</i>	O aluno faz a relação correta com energia e calor, mas nada diz quanto à natureza dessa energia.
C2	<i>Um corpo transmite calor, em forma de blocos chamados fótons, o corpo que absorve a radiação aumenta a agitação das partículas e da temperatura. A absorção da radiação faz com que a agitação aumente. Quanto maior a frequência das partículas, mais se aproxima da luz visível.</i>	Mostra a mudança da idéia de energia, que passa a ser interpretada pelo aluno como quantizada. O aluno ainda faz relações corretas entre os conceitos de absorção de radiação com o aumento de temperatura e com a frequência da radiação emitida. Obliteração do subsunçor.

Quadro 12 - Análise do questionário II do aluno 2

A análise dos questionários do aluno 2 nos mostra que ele tinha, antes das aulas de FMC, um conceito de energia correto, como podemos observar em C1 do questionário I, em que o aluno expressou a ideia de que as ondas eletromagnéticas transportam energia de um corpo para outro. Já em C2 do questionário II observamos uma mudança conceitual quanto ao significado de energia emitida pelo corpo, desta vez com significados quânticos. Interpretamos essa ocorrência como uma evidência de aprendizagem significativa, pelo fato de que houve mudança no conceito subsunçor “energia”, no sentido de que ficou mais significativo ao aluno quando incorporou as abordagens quânticas.

Ainda com relação ao questionário II, o aluno soube destacar corretamente a relação de temperatura com o grau de agitação das partículas de um corpo, e podemos

observar também que soube explicar que a emissão de energia depende deste grau de agitação, destacando a natureza da radiação, em que cita que o calor é emitido em blocos denominados fótons. Por existir ai um raciocínio correto do aluno 2, que fez estas relações corretas, e que também notamos que foi apresentado diferentemente do material exposto pelo professor, podemos inferir um indicio de aprendizagem significativa. Este indicio é baseado no que diz respeito ao conhecimento conotativo do aluno, aquele conhecimento que traz consigo interpretações do próprio aluno, e quando o aluno externaliza o conhecimento desta forma, ele nos mostra que obteve aprendizagem significativa.

Mapa conceitual

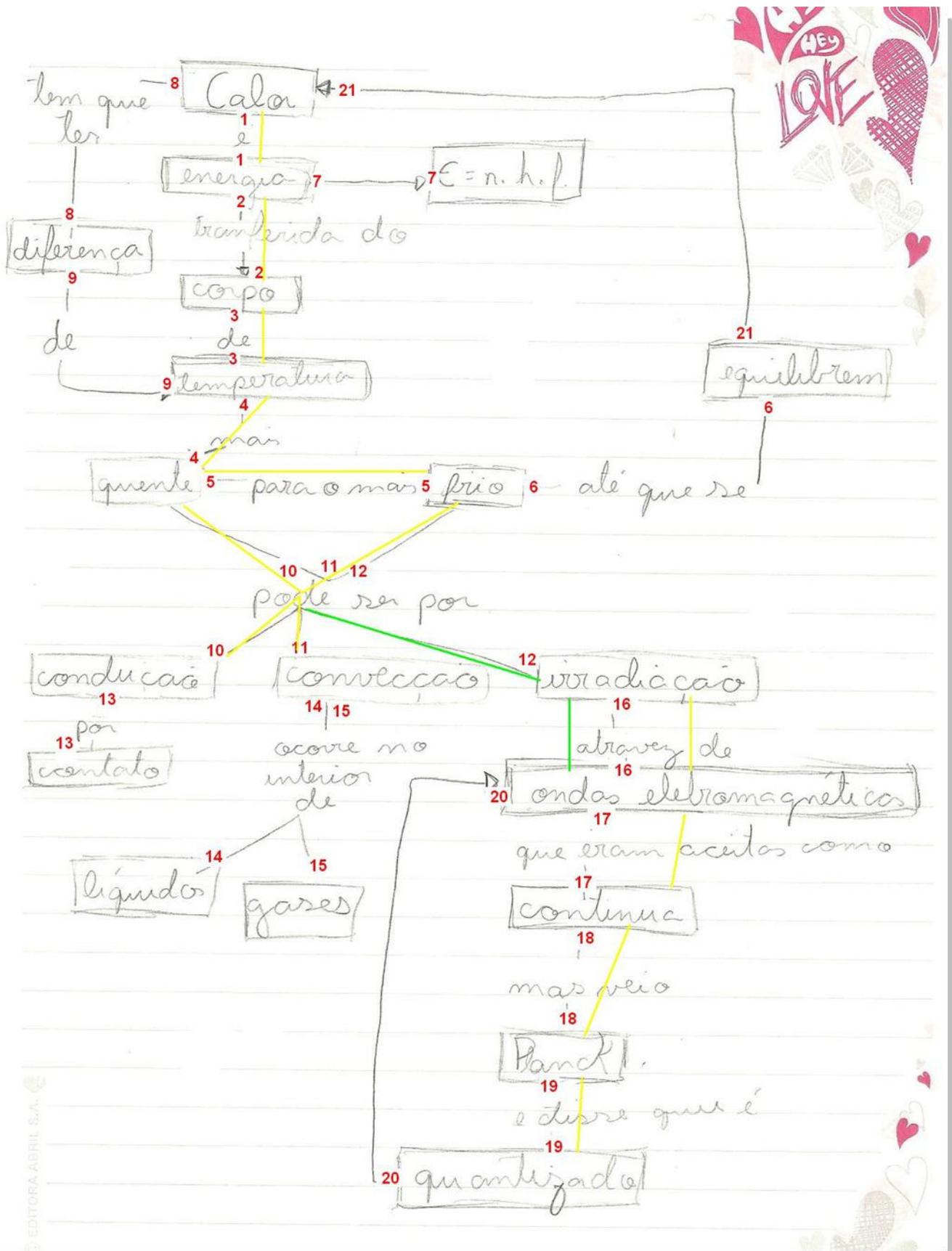


Figura 19 - Análise do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 2

A pontuação do aluno 2 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	21	1	21
Exemplos	0	1	0
Hierarquias	2	5	10
Conexões cruzadas	1	10	10
Total de pontos do aluno	41		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	42%		

Tabela 3 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 2

Esta porcentagem abaixo de 50% nos mostra que faltaram muitos conceitos no mapa do aluno 2, que foram apresentados nas aulas e que não são encontrados, como nos mostra os conceitos do mapa conceitual de referencia. No entanto, podemos notar que houve duas hierarquias e uma conexão cruzada, assim como no mapa do aluno 1, procedimentos muito importantes para indícios de aprendizagem significativa. Apesar de muitos conceitos referentes às aulas não estarem incorporados na estrutura cognitiva do aluno, podemos notar relações importantes com o subsunçor “energia” de conceitos de quantização de energia.

Os segmentos das linhas amarelas representam as estruturas hierárquicas e, como podemos notar, este mapa apresenta duas estruturas. A primeira aborda os conceitos de “calor” e “energia” como os conceitos mais gerais e são seguidos, mais abaixo no mapa, de suas especificações. O aluno reconhece que o “calor” é uma forma de “energia” e diz como acontece a transferência de calor de um corpo para outro. Mais abaixo no mapa observamos os tipos de transferência de calor, e uma ramificação chegando ao conceito de “ondas eletromagnéticas”, em que este, por sua vez, é especificado segundo conceitos quânticos, mostrando que as ondas eletromagnéticas são emitidas por um corpo de maneira quantizada.

A linha verde nos mostra uma conexão cruzada entre estas duas hierarquias. Interpretamos esta conexão como um indicio de que houve relações de conceitos clássicos com conceitos quânticos, além do mais, aprendizagem significativa.

Apesar da falta de proposições no mapa do aluno 2, de acordo com as análises, podemos acreditar que a aprendizagem foi satisfatória, mostrando a possibilidade de ligação de conceitos clássicos a conceitos de FMC a partir de uma aprendizagem significativa.

3.3) Aluno 3

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>A lâmpada é de uma temperatura maior que a do corpo. Então a lâmpada envia ondas eletromagnéticas que esquentam o corpo.</i> Figura 20	O aluno tem uma ideia correta de transferência de energia, em que o processo necessita de diferença de temperatura entre os corpos; conceitos clássicos.
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2	

Quadro 13 - Análise do questionário I do aluno 3

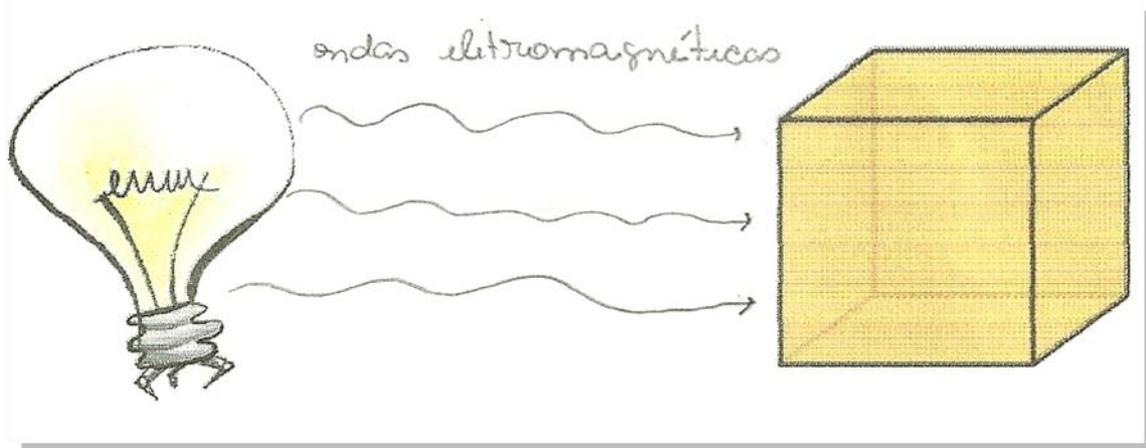


Figura 20 - Desenho do aluno 3 em resposta ao questionário I.

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a energia transmitida de um corpo mais quente para o corpo mais frio, até que os corpos entrem em equilíbrio térmico.</i>	O aluno interpreta corretamente o conceito de energia, mas não dá interpretações quânticas.
C2	<i>O corpo I transmite calor através da energia eletromagnética, que são um conjunto de fótons, para o corpo II que irá absorver a radiação fazendo com que o corpo aumente sua temperatura, ou seja, agitando as partículas. Quanto maior a temperatura maior a frequência.</i> Figura 21	Além de mostrar compreensão do conceito de quantização, este aluno ainda mostra uma noção de que entendeu a relação existente entre energia absorvida, aumento de temperatura e frequência da radiação emitida. Obliteração do subsunçor.

Quadro 14 - Análise do questionário II do aluno 3

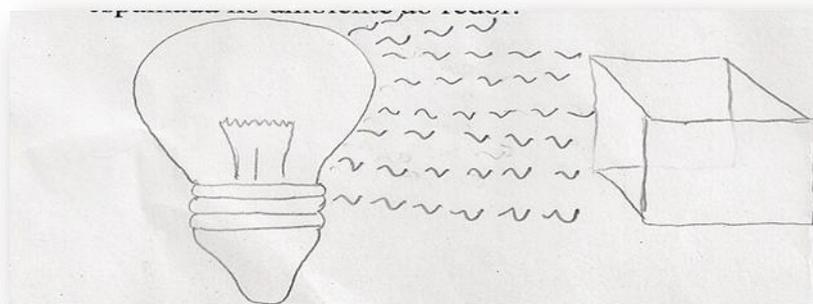


Figura 21 - Desenho do aluno 3 em resposta ao questionário II

Por meio das interpretações dos questionários 1 e 2 podemos perceber obliterações do conceito subsunçor energia do aluno 3. Essa evidência fica estabelecida quando observamos inicialmente a ideia de energia que o aluno possuía anteriormente as aulas de FMC, sem significados quânticos, porém interpretava de forma correta a relação dos conceitos de calor e energia, como pode ser notado em C1 do questionário I.

Posteriormente, quando analisamos o questionário II, fica explícita a modificação do conceito de energia, quando este incorpora novos significados, como em C2. Um indicio de aprendizagem significativa ocorre pela obliteração do conceito subsunçor, e a assimilação de significados quânticos nos mostra que é possível ocorrer aprendizagem significativa de conceitos de FMC, como neste caso.

A pontuação do aluno 3 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	23	1	23
Exemplos	7	1	7
Hierarquias	3	5	15
Conexões cruzadas	1	10	10
Total de pontos do aluno	55		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	57%		

Tabela 4 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 3

Pela porcentagem acima de 50%, podemos inferir que foi satisfatória a pontuação do aluno 3, principalmente pelo número significativo de proposições e exemplos em relação ao mapa de referência. Podemos notar também que, o número de hierarquias, nos dá um bom indicio para analisarmos se houve realmente aprendizagem significativa. Começamos por analisar a coerência das três hierarquias presentes no mapa do aluno 3.

A primeira hierarquia, que tem como subsunçor o conceito de energia e tem coerência com as assimilações, como podemos notar no mapa conceitual. Esta hierarquia especifica o conceito de energia pelos conhecimentos adquiridos pelo aluno, relacionados à mecânica como podemos interpretar desta forma: “energia pode designar o potencial que um corpo tem de realizar trabalho, que é a variação ou transformação de energia”.

A segunda hierarquia tem por conceito subsunçor o conceito de calor. Nesta hierarquia, o aluno nos mostra: “calor é a transferência de energia entre dois corpos com diferentes temperaturas que pode ocorrer pelo transporte de matéria, de partícula para partícula ou pelas ondas eletromagnéticas”. Aqui o aluno designa e especifica corretamente os conceitos de calor e faz corretamente a ligação com o subsunçor energia.

O subsunçor da terceira hierarquia é o conceito de onda eletromagnética. Aqui o aluno explica que as ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo com velocidade constante de 300.000 km/s. Esta hierarquia faz uma conexão cruzada com a segunda hierarquia. Nesta conexão, o aluno quis inferir que as ondas eletromagnéticas também transportam energia e isto pode designar calor para ele.

Este mapa nos forneceu subsídio para observarmos que houve algum indicio de aprendizagem significativa, pelas relações corretas entre os conceitos e hierarquias bem definidas e bem especificadas. No entanto, podemos dizer que, apesar de ter ocorrido aprendizagem significativa, o aluno não incorporou em seu mapa conceitos referentes à FMC ou a aula abordada que tratou de conceitos quânticos.

Desta forma, em relação ao mapa, não podemos afirmar que o aluno 3 teve aprendizagem significativa de conceitos de FMC quando assimilados por conceitos clássicos. Apesar da análise do questionário nos ter mostrado a modificação do conceito subsunçor, por meio dos conceitos quânticos, o mapa conceitual não nos mostrou evidências neste sentido. O motivo da não presença de conceitos de FMC no mapa pode ter sido pelo mau entendimento do aluno no momento da construção do mapa, ou mesmo durante as aulas, o aluno pode ter ficado confuso no momento da assimilação de algum conceito de FMC.

3.4) Aluno 4

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>Figura 23</i></p> <p><i>Porque a lâmpada libera ondas eletromagnéticas que, em contato com o objeto, aumenta a temperatura até haver equilíbrio.</i></p> <p><i>Calor é a energia transferida de um corpo para outro.</i></p>	<p>Tanto a figura quanto a fala do aluno apresentam somente aspectos clássicos. Corretamente explicados, mas ainda assim clássicos.</p>
C2	<p><i>Não há respostas pertencentes à categoria C2</i></p>	

Quadro 15 - Análise do questionário I do aluno 4

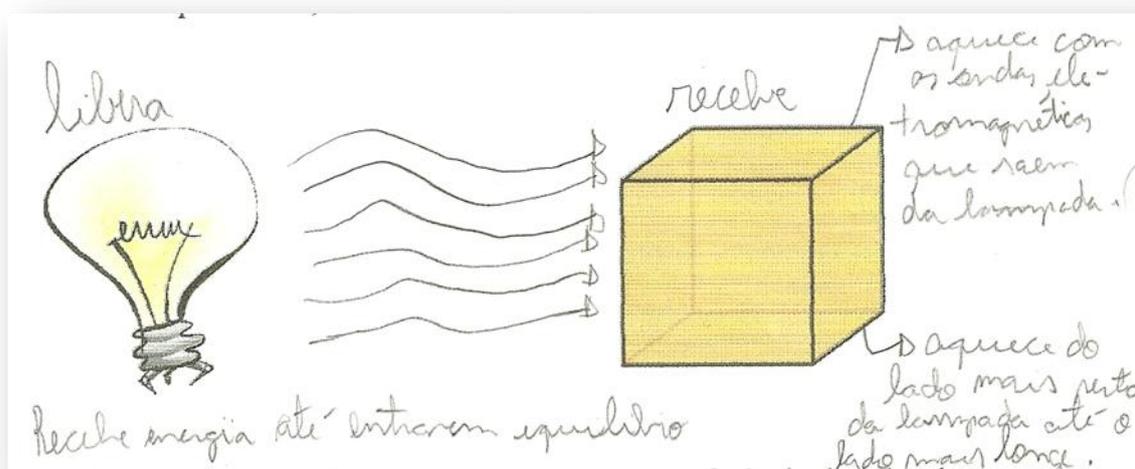


Figura 23 - Desenho do aluno 4 em resposta ao questionário I

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a energia transferida de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura.</i>	O aluno mostra compreensão com relação aos aspectos relativos a transferência de calor e faz a relação com a energia, mas não incorpora significados quânticos.
C2	<i>Essa radiação é a eletromagnética. O corpo emite essa radiação que é um conjunto de fótons que será absorvido por outro corpo, aumentando sua temperatura. O corpo absorve a radiação, suas partículas começam a vibrar na mesma frequência, fazendo com que sua temperatura aumente.</i> Figura 24.	Apresenta relações corretas incluindo conceitos quânticos como os fótons e faz referencia da relação da absorção de energia de uma determinada frequência com a frequência de vibração das partículas de um corpo e que isso faz com que aumente a temperatura do corpo. Obliteração do subunçor.

Quadro 16 - Análise do questionário II do aluno 4

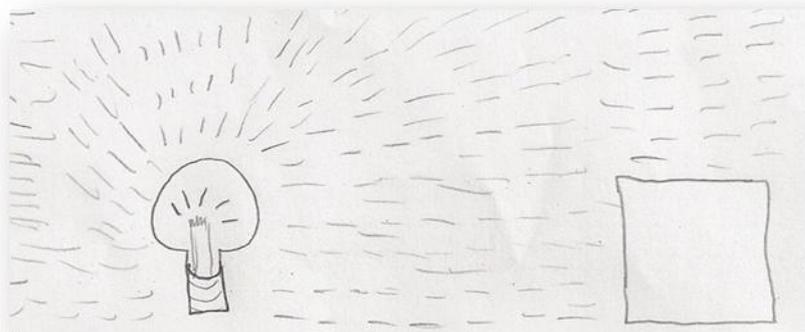


Figura 24 - Desenho do aluno 4 em resposta ao questionário II

Com relação a análise dos questionários do aluno 4, podemos notar que houve obliteração do conceito subsunçor energia. As respostas do questionário I não fazem referencia alguma sobre conceitos de FMC, mas apenas nos mostra a relação correta entre os conceitos de energia e calor. Após as aulas sobre a quantização de energia, nas respostas do questionário II, podemos observar que o aluno consegue explicar o conceito de energia com outros significados assimilados (C2) durante as aulas, além dos significados já aprendidos (C1). Podemos inferir sobre este fato que o aluno conseguiu assimilar corretamente os conceitos quânticos nos mostrando modificações significativas de seu subsunçor energia, um indicio que ocorreu aprendizagem significativa.

Outro objetivo que conseguimos atingir com o aluno 4 foi o de que conseguiu assimilar os conceitos de FMC aos conceitos que já existia em sua estrutura cognitiva, que faziam referência aos conceitos clássicos, como podemos perceber nas obliterações ocorridas com o conceito de energia. Antes, trazia significados como “calor é a energia transferida de um corpo para outro”. Mais significados foram assimilados como “essa radiação é a eletromagnética [...] que é um conjunto de fótons”. Essa foi umas das evidencias de obliteração do subsunçor em que pudemos inferir indícios de que houve aprendizagem significativa de conceitos de FMC.

A pontuação do aluno 4 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	27	1	27
Exemplos	2	1	2
Hierarquias	4	5	20
Conexões cruzadas	1	10	10
Total de pontos do aluno	59		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	60%		

Tabela 5 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 4

O aluno 4 obteve uma porcentagem satisfatória de seu mapa conceitual, quando obteve 60% dos pontos em relação ao mapa conceitual de referência. Um número significativo de proposições e hierarquias coerentes foi encontrado nesse mapa conceitual. Começamos por analisar as quatro hierarquias significativas encontradas.

A primeira hierarquia inicia com um conceito mais geral, seu subsunçor, o conceito de radiação, como podemos observar na figura. O aluno começa por especificar este conceito de radiação relacionando com os conceitos de energia e ondas eletromagnéticas. Como nesta frase que interpretamos: “radiação de luz emitida por objetos é apenas uma porção de energia na forma de ondas eletromagnéticas que se estendem em um contínuo, os átomos vibram como osciladores que aceleram e desaceleram emitindo radiação eletromagnética, mas não podem vibrar com qualquer energia, mas algumas poucas energias permitidas, valores denominados quantum”. Essa hierarquia nos mostra que o aluno soube entender ou assimilar os conceitos corretos quanto a emissão de radiação.

A segunda hierarquia nos mostra que o aluno relacionou ao cientista Kirchhoff os estudos com os problemas da emissão de radiação térmica, mostrando sua descoberta de que o poder de emissão é igual ao poder de absorção, ou melhor, são diretamente proporcionais. Esta estrutura hierárquica faz uma conexão cruzada com a terceira estrutura que encontramos, a que tem por conceito mais geral o de corpo negro.

A quarta hierarquia esta relacionada à descoberta da quantização da energia, por Max Planck, em dezembro de 1900.

Por todas as hierarquias analisadas e a única conexão cruzada, podemos observar outro indicio de aprendizagem significativa por parte do aluno 4 e juntamente com a obliteração de seu conceito subsunçor (indicio observado nos questionários) podemos inferir que atingimos nosso objetivo com este aluno. Observamos seu aprendizado referente a conceitos de FMC a partir dos conceitos clássicos.

3.5) Aluno 5

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>De acordo com a transferência de TEMPERATURA através da irradiação, a lâmpada irá emitir ondas que, ao entrarem em contato com a mão, irá aquecê-la, afim de que ambos os corpos (mão e lâmpada) fiquem em equilíbrio térmico.</i></p> <p><i>Ambas as energias, tanto a emitida pela lâmpada quanto a emitida pelo corpo, são de origem eletromagnética.</i></p>	<p>O aluno tem uma ideia correta de transferência de energia, em que o processo necessita de diferença de temperatura entre os corpos.</p> <p>Conceitos clássicos.</p>
C2	<p><i>Não há respostas pertencentes a categoria C2</i></p>	

Quadro 17 - Análise do questionário I do aluno 4

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>Calor é uma parcela de energia transmitida de um corpo mais quente para um corpo mais frio, até que eles entrem em equilíbrio térmico.</i></p>	<p>Faz relação correta entre calor e energia, como também o princípio de transferência de energia, mas nada podemos afirmar quanto a obliteração do subsunçor, uma vez que esta resposta esta em coerência com as respostas do questionário I.</p>
C2	<p><i>O corpo I transmite calor através da energia eletromagnética, que são um conjunto de fótons, para o corpo II. O mesmo irá absorver essa radiação fazendo com que aumente a sua temperatura fazendo assim que haja uma vibração das partículas do corpo.</i></p> <p><i>Quanto maior a temperatura maior é a frequência.</i></p>	<p>Observamos uma obliteração do conceito subsunçor, quando a este são atribuídos significados quânticos. O aluno ainda faz relações corretas com a energia absorvida e o modo de vibração das particulals com a frequência da radiação emitida ou absorvida.</p>

Quadro 18 - Análise do questionário II do aluno 4

O aluno 5 nos mostrou, pelas suas respostas dos questionários 1 e 2, que houve obliteração em seu conceito subsunçor energia. Antes das aulas de quantização da energia, quando respondeu o questionário I, nos mostrou relações corretas entre calor e energia, inferindo corretamente a natureza de onda eletromagnética da luz. Após as

aulas de FMC, quando respondeu o segundo questionário, as suas respostas traziam significados distintos das respostas iniciais apresentadas, como em C2 do questionário II.

Devemos destacar também que o aluno 5 conseguiu relacionar corretamente os conceitos de frequência da radiação absorvida com a temperatura do corpo.

Por esta obliteração do subsunçor, inferimos que o aluno 5 conseguiu diferenciar o conceito subsunçor de energia, que antes incorporava apenas significados clássicos, mas agora apresenta significados de quantização de energia e de relações com frequência e temperatura do corpo; e que assim obteve aprendizagem significativa.

A pontuação do aluno 5 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	49	1	49
Exemplos	11	1	11
Hierarquias	3	5	15
Conexões cruzadas	1	10	10
Total de pontos do aluno			
	85		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia			
	87%		

Tabela 6 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 5

A alta porcentagem de pontos do mapa do aluno 5 se dá devido ao grande número de proposições presentes em sua estrutura de conhecimentos, dentro do que seu mapa conceitual representa. São proposições coerentes e que se encontram também no mapa de referencia, e isso nos mostra que esse número é, portanto, significativo. São encontradas também três hierarquias e uma conexão cruzada. Vamos à explicação de cada estrutura separadamente.

A primeira hierarquia que analisamos apresenta como subsunçor o conceito de energia, como já era esperado. Nesta estrutura, observamos que o conceito de energia é especificado por conceitos de relação mecânica, como podemos notar na interpretação desta estrutura que montamos: “energia é o potencial que um corpo tem de realizar trabalho que mede a variação ou a utilização da energia”.

A segunda estrutura hierárquica que encontramos, específica o conceito subsunçor calor. Nesta, o aluno vai especificando o conceito de calor por meio dos mecanismos de transferência de calor e ainda nos deixa alguns exemplos.

Na terceira estrutura, específica o conceito de energia por meio das descobertas de Max Planck pela quantização da energia. Existe também uma conexão cruzada entre esta estrutura e a estrutura dos mecanismos de calor, uma boa evidencia de aprendizagem significativa. O aluno ainda explica, por meio de seu mapa, os conceitos de corpo negro, os átomos como osciladores emitindo radiação, catástrofe do ultravioleta e as ondas eletromagnéticas.

Pela observação das estruturas de seu mapa conceitual e pela obliteração do subsunçor, analisada com as respostas dos questionários, podemos dizer que o aluno 5 também atingiu nosso objetivo esperado, o de aprender significativamente conceitos de FMC fazendo ligações aos conceitos clássicos.

3.6) Aluno 6

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	Um corpo com temperatura maior transfere sua energia para o corpo de temperatura menor até entrarem em equilíbrio. Figura 27.	O aluno tem uma ideia correta de transferência de energia, em que o processo necessita de diferença de temperatura entre os corpos. Conceitos clássicos.
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2	

Quadro 19 - Análise do questionário I do aluno 6

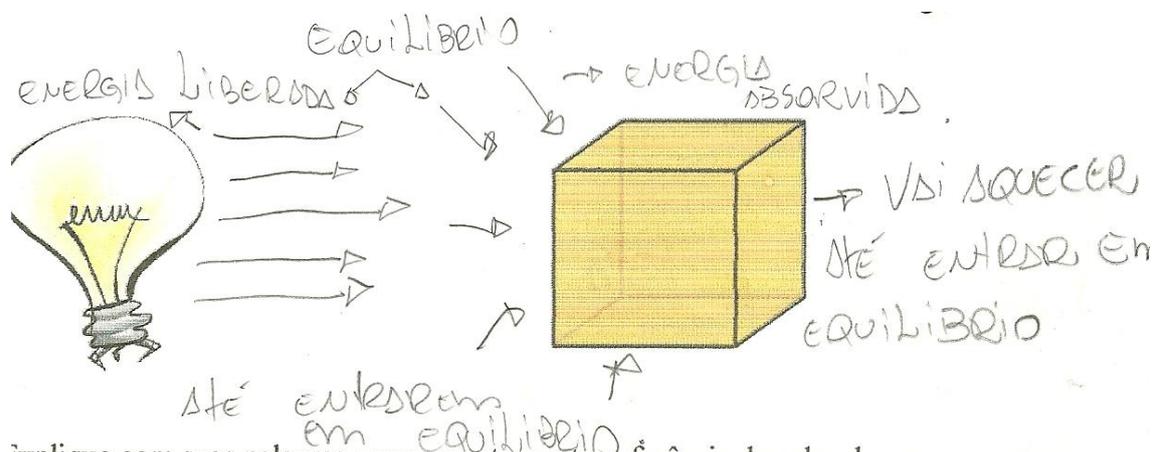


Figura 27 - Desenho do aluno 6 em resposta ao questionário I.

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a energia transferida de um corpo de temperatura maior para um corpo de temperatura menor. A relação é que ocorre transferência de energia entre os corpos.</i>	Faz relação correta entre calor e energia, como também o princípio de transferência de energia, mas nada podemos afirmar quanto a obliteração do subsunçor, uma vez que esta resposta esta em coerência com as respostas do questionário I.
C2	<i>O calor emite radiação eletromagnética que é um conjunto de fótons absorvido por um corpo, que fará com que aumente a sua temperatura.</i> Figura 28.	Observamos uma obliteração do conceito subsunçor, quando a este são atribuídos significados quânticos. No entanto, o aluno ainda faz certa confusão quando diz que o calor emite a radiação eletromagnética.

Quadro 20 - Análise do questionário II do aluno 6

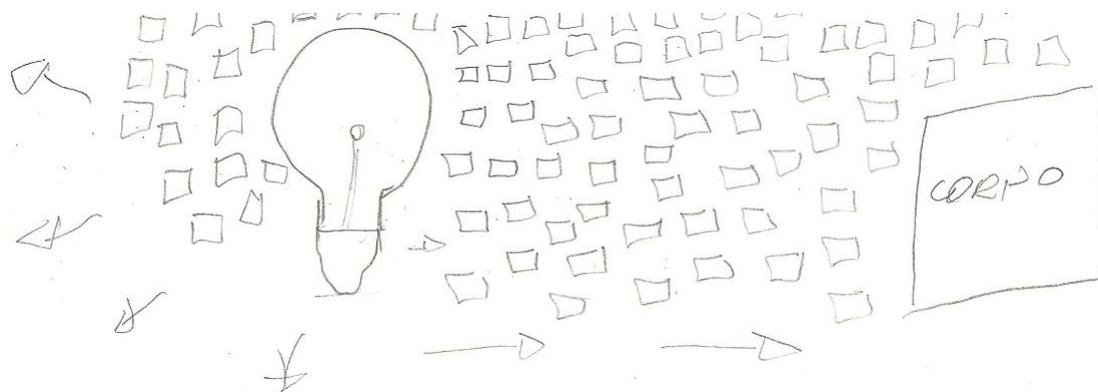


Figura 28 - Desenho do aluno 6 em resposta ao questionário II.

A análise dos questionários do aluno 6 nos mostra algumas evidências quanto à obliteração do subsunçor energia. Nas respostas dadas ao questionário I, o aluno interpreta o conceito de energia corretamente, mas sem fazer referências aos moldes quânticos da radiação.

No momento da análise do questionário II podemos observar mudanças em seu conceito subsunçor energia, quando a este o aluno atribui significados como o de fótons, quando diz que a radiação eletromagnética é um conjunto de fótons. Isso se torna um indicio de obliteração ao conceito energia à medida que o aluno incorpora novos significados ao subsunçor.

A análise das figuras também podem nos mostrar outro indicio de obliteração subsunçora. Podemos notar a diferença nos desenhos das figuras 27 e 28, quando a radiação emitida se dá quantizadamente, na interpretação do aluno.

Desta forma, podemos inferir que o aluno 6 obteve uma aprendizagem significativa, principalmente pela evidência de obliteração subsunçora.

A pontuação do aluno 6 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	26	1	26
Exemplos	0	1	0
Hierarquias	3	5	15
Conexões cruzadas	2	10	20
Total de pontos do aluno	61		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	63%		

Tabela 7 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 6

A pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 6 foi satisfatória com relação ao mapa conceitual de referência, por apresentar um número adequado de proposições, mas principalmente por apresentar três hierarquias e duas conexões cruzadas.

Na análise do mapa do aluno 6 podemos observar, no conjunto de sua estrutura, uma organização hierárquica, com conceitos mais gerais no topo, sendo estes, especificados por outros conceitos menos gerais. A evidência de um mapa conceitual organizado é consequência de uma estrutura cognitiva organizada, indícios de aprendizagem significativa.

A primeira hierarquia analisada tem por subsunçor o conceito de calor, em que este é especificado, como podemos notar no mapa, por conceitos termodinâmicos como o princípio de transferência de calor. A segunda hierarquia também apresenta o conceito subsunçor *calor*, mas desta vez relacionado ao conceito de *onda eletromagnética*. E a terceira hierarquia relaciona o conceito subsunçor *energia* aos conceitos de *quantização de energia* que foram apresentados durante as aulas.

As linhas verdes nos mostram as duas conexões cruzadas entre as três hierarquias. Uma delas relaciona o conceito de quanta (pacotes de energia) ao conceito de ondas eletromagnéticas pertencente à outra hierarquia. Esta é uma forte evidencia de aprendizagem significativa, tanto em relação à combinação de conceitos clássicos com

conceitos quânticos, quanto à assimilação de novos significados (quânticos) por parte do conceito subsunçor energia.

3.7) Aluno 7

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>A transferência ocorre do corpo mais quente para o corpo mais frio, por causa da vibração, até que atinja o equilíbrio e os dois fiquem com a mesma temperatura.</i></p> <p><i>Calor é a transferência de energia de um corpo para outro.</i></p> <p>Figura 30.</p>	Tanto a figura quanto os conceitos apresentados pelo aluno não mostram abordagens sobre a quantização da energia.
C2	<p><i>Não há respostas pertencentes à categoria C2</i></p>	

Quadro 21 - Análise do questionário I do aluno 7

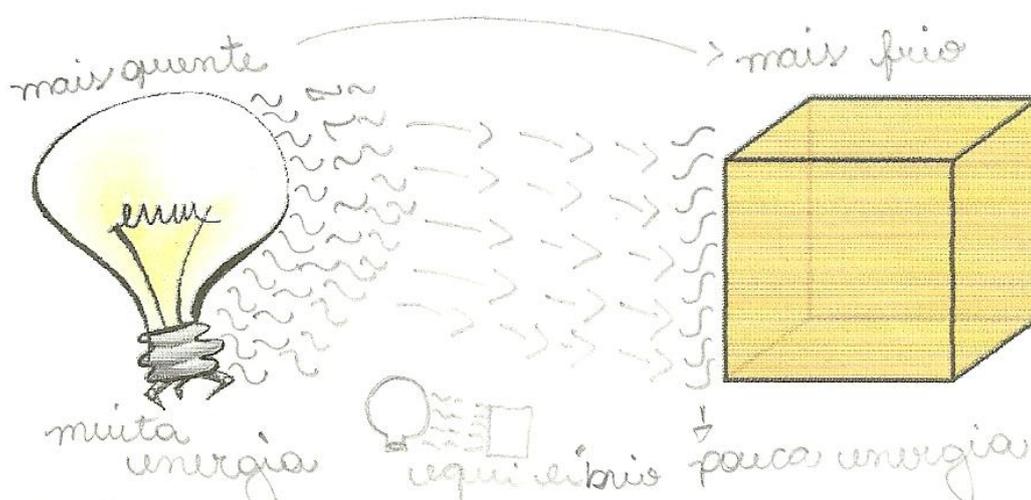


Figura 30 - Desenho do aluno 7 em resposta ao questionário I.

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>O calor é emitido do corpo mais quente para o mais frio.</i></p> <p><i>Quanto mais radiação absorvida, a vibração é maior e a temperatura do corpo aumenta.</i></p> <p><i>Calor é a transferência de energia.</i></p>	Faz relação correta entre calor e energia, mas nada podemos afirmar quanto a obliteração do subsunçor, uma vez que esta resposta esta em coerência com as respostas do questionário I.
C2	Figura 31.	Apenas a figura nos mostrou algum indicio de obliteração no subsunçor energia em referência aos seus aspectos quânticos.

Quadro 22 - Análise do questionário II do aluno 7

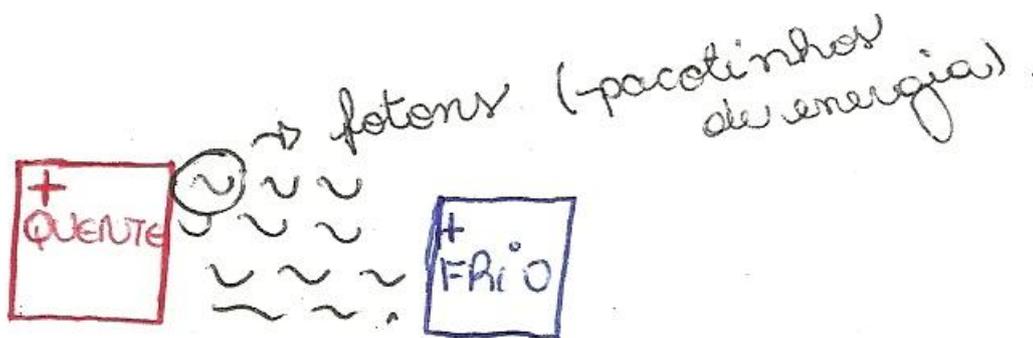


Figura 31 - Desenho do aluno 7 em resposta ao questionário II.

A análise dos questionários do aluno 7 não mostra evidências de obliteração subsunçora em relação ao conceito de energia. A não incorporação de conceitos de FMC pelo aluno nas respostas escritas, tanto do questionário I como do questionário II, pode ter ocorrido devido ao não entendimento de algum conceito durante as aulas, ou mesmo pela própria interpretação das perguntas dos questionários. Interpretamos dessa

maneira, pois como veremos, o mapa conceitual do aluno 7 apresenta tais conceitos de FMC. A relação entre os desenhos das figuras 30 e 31, é a única evidência de incorporação de conceitos quânticos ao conceito subsunçor energia.

Desta forma, para inferirmos se houve aprendizagem significativa de conceitos quânticos quando relacionados a conceitos subsunçores, vamos analisar o mapa do aluno 7.

Mapa conceitual

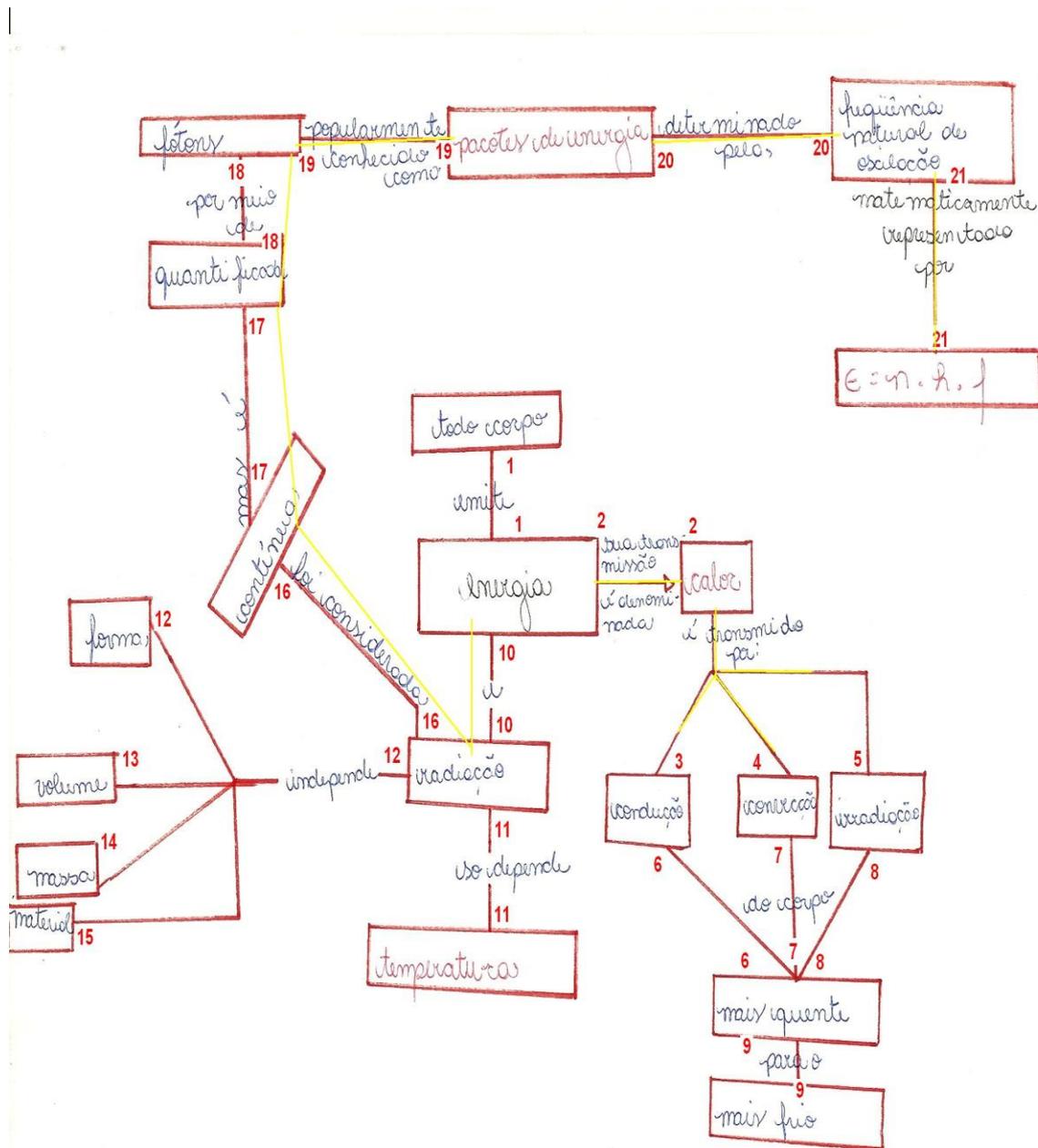


Figura 32 - Análise do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 7

A pontuação do aluno 7 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	21	1	21
Exemplos	0	1	0
Hierarquias	2	5	10
Conexões cruzadas	0	10	0
Total de pontos do aluno	31		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	32%		

Tabela 8 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 7

O baixo percentual de pontuação do mapa conceitual do aluno 7 em comparação ao mapa de referência, se dá devido ao número baixo de proposições e por não existir exemplos e conexões cruzadas por parte das duas hierarquias presentes.

O que podemos comentar deste mapa conceitual, que é ponto positivo importante, é a presença de conceitos quânticos relacionados aos conceitos clássicos, como podemos observar nas duas hierarquias presentes.

Este aluno parte da ideia de energia como conceito subsunçor, no centro do mapa. Uma hierarquia está relacionada aos termos de transferência de calor e a outra relacionada à interpretação de radiação como quantizada. Desta forma, apesar da pontuação baixa, podemos inferir que o método utilizado durante as aulas forneceu a possibilidade de o aluno entender estas relações existentes, assim como observamos nas análises de outros alunos.

A evidência de obliteração subsunçora se dá neste sentido, quando o aluno assimila novos significados ao conceito de energia, como podemos observar em seu mapa. De uma forma geral, podemos dizer que o aluno obteve aprendizagem significativa por ter assimilado novos significados, mas ainda precisamos identificar realmente o motivo da não evidência de obliteração do conceito subsunçor energia nos questionários. Possivelmente a dificuldade deste aluno esteve presente durante a assimilação dos conceitos de FMC, na hipótese de que em sua estrutura cognitiva

haveria uma ideia “entrevando” a possibilidade de aprendizagem, como foi denominado, um obstáculo epistemológico. Uma vez identificado este obstáculo epistemológico, poderia ser trabalhado novamente as ideias de FMC com este aluno, possibilitando assim sua aprendizagem, rompendo com o obstáculo.

3.8) Aluno 8

Questionário I

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<p><i>Um corpo mais quente transfere sua energia para um corpo mais frio. Para haver transferência é preciso que a temperatura de um corpo seja diferente do outro.</i></p> <p><i>Calor é a energia transferida de um corpo mais quente para um corpo mais frio.</i></p> <p>Figura 33.</p>	Tanto a figura quanto os conceitos apresentados pelo aluno não mostram abordagens sobre a quantização da energia.
C2	Não há respostas pertencentes à categoria C2	

Quadro 23 - Análise do questionário I do aluno 8

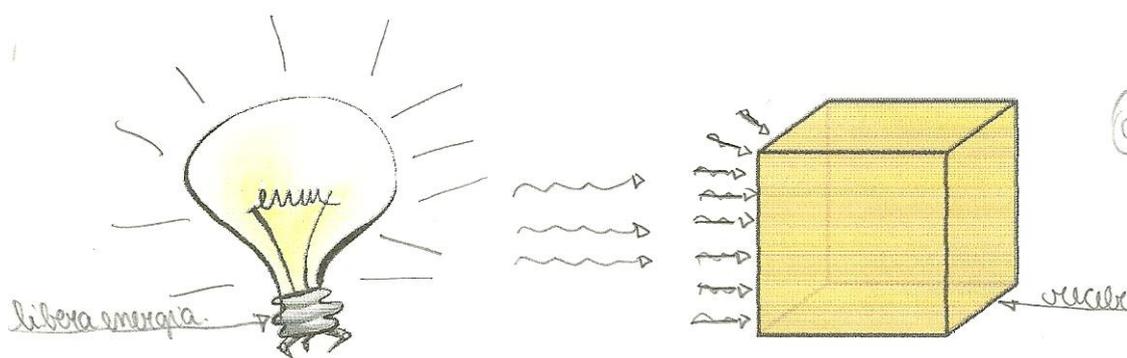


Figura 33 - Desenho do aluno 8 em resposta ao questionário I.

Questionário II

Categoria	Unidades de Análise	Interpretação
C1	<i>Calor é a parcela de energia térmica transferida espontaneamente do corpo de temperatura maior para o corpo de temperatura menor.</i>	Faz relação correta entre calor e energia, mas nada podemos afirmar quanto a obliteração do subsunçor, uma vez que esta resposta esta em coerência com as respostas do questionário I.
C2	<i>O corpo transmite calor, que é a energia eletromagnética que é um conjunto de fótons, para outro corpo, a temperatura desse corpo aumentará, fazendo suas partículas vibrarem.</i> <i>Os átomos vibram como osciladores que aceleram e desaceleram ao redor de uma posição de equilíbrio.</i> Figura 31.	Tanto em relação à ideia de fóton como a questão da interpretação do movimento dos átomos como osciladores, nos mostram obliterações no conceito de energia. Assim também a relação entre as figuras 33 e 34 pode nos mostrar alguma evidencia de que houve uma modificação na ideia de energia, passando a ser emitida pelo corpo quantizadamente.

Quadro 24 - Análise do questionário II do aluno 8

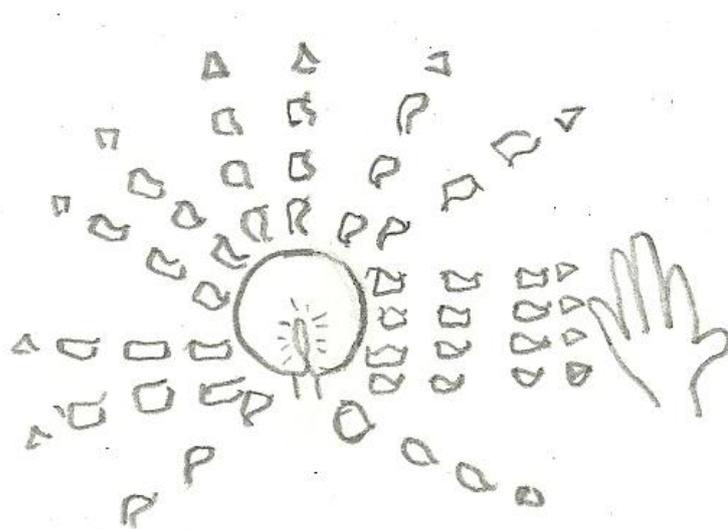


Figura 34 - Desenho do aluno 8 em resposta ao questionário II

A análise dos questionários do aluno 8 permite fazer a inferência de que houve obliteração do conceito subsunçor energia por meio da assimilação de novos significados como podemos notar em C2 do questionário II.

Em relação a esta evidencia de obliteração subsunçora, podemos concluir que houve, por parte do aluno 8, aprendizagem significativa e que as novas assimilações em relação a conceitos de FMC puderam ser ancorados ao conceito subsunçor já existente com seus próprios significados e ideias clássicas.

Mapa conceitual

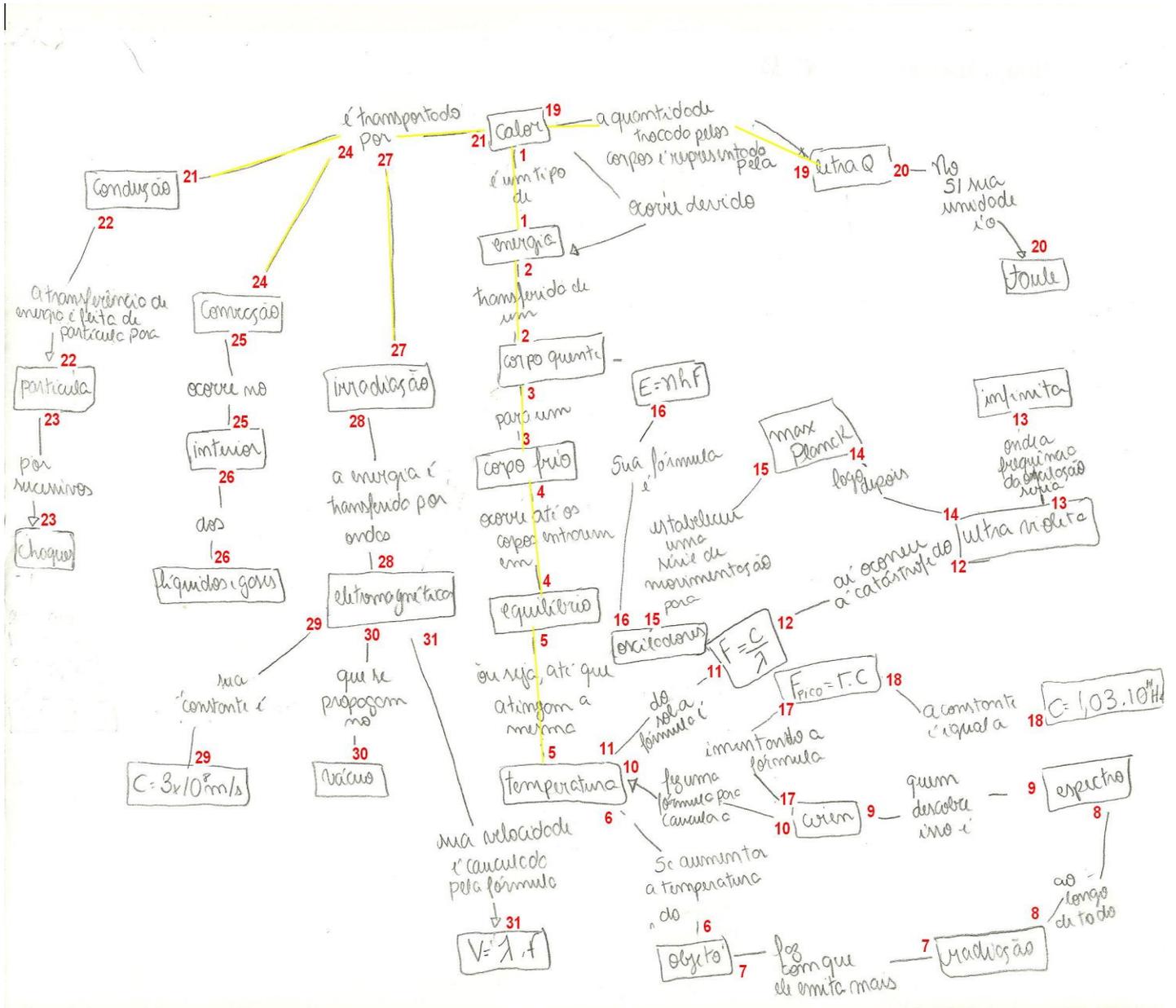


Figura 35 - Análise do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 8

A pontuação do aluno 8 está representada na seguinte tabela.

Procedimentos Válidos	Quantidade presentes no mapa conceitual	Valor de pontos de cada procedimento	Total de pontos
Proposições	31	1	31
Exemplos	0	1	0
Hierarquias	3	5	15
Conexões cruzadas	0	10	0
Total de pontos do aluno	46		
Porcentagem com relação ao mapa de referencia	47%		

Tabela 9 - Cálculo da pontuação do mapa conceitual confeccionado pelo aluno 8

A porcentagem de pontos do aluno 8 nos leva a interpretação de que ainda faltam conceitos, que foram apresentados nas aulas, e que não estão presentes em sua estrutura cognitiva. No entanto, as proposições que existem são coerentes e apresentam hierarquias organizadas.

A primeira hierarquia que analisamos apresenta como conceito mais geral a ideia de calor, como, também, as outras duas hierarquias seguem.

O aluno interpreta o conceito de calor como sendo uma ideia de energia que pode ser transferida de um corpo para outro por meio da diferença de temperatura entre eles.

Podemos notar no mapa, relações entre conceitos clássicos e conceitos de FMC, que justificam a assimilação de novos significados ao conceito subsunçor (obliteração subsunçora).

Pela observação das estruturas de seu mapa e pela obliteração do subsunçor, podemos inferir a ideia de que o aluno 8 atingiu o objetivo esperado, o de aprender significativamente conceitos de FMC fazendo ligações aos conceitos clássicos.

CONCLUSÕES

De acordo com a análise verificada, podemos concluir de uma forma segura que existem possibilidades de inserção de FMC no EM a partir das limitações da FC, e que, principalmente os alunos podem aprender significativamente estes conhecimentos.

A abordagem conferida por esta metodologia, nos mostra que é possível gerar um material com potencial significativo levando em consideração a organização dos conceitos que devem ser ensinados aos alunos. Os conceitos que devem ser apresentados são os de maior generalidade, para assim, serem especificados por outros conceitos, como seguimos durante o desenvolvimento das aulas. Os conceitos de energia e calor foram apresentados, inicialmente, para que assim fossem progressivamente especificando-os ao longo das aulas, com o objetivo de inserção de conceitos de quantização de energia a partir dos limites da FC.

Esta forma de abordagem nos forneceu um material de aula potencialmente significativo, umas das premissas básicas para a aprendizagem significativa. Assim, analisamos as obliterações sofridas pelo subsunçor energia, sendo que investigamos a ideia que os alunos tinham antes das abordagens quânticas e depois. A análise nos mostrou que realmente houve uma obliteração deste conceito subsunçor, isso quer dizer que o conceito de energia se modificou, incorporando novos significados, os de quantização (FMC). Este foi um dos primeiros indícios para inferirmos que houve aprendizagem significativa.

A obliteração do conceito é importante na perspectiva da aprendizagem significativa, pois quando este assimila novos conceitos, estes novos deixam resíduos no subsunçor, modificam os significados do subsunçor, ou ainda, deixam os subsunçores com mais significados. Quando o indivíduo tem o esquecimento destes conceitos mais específicos, que foram incorporados pelo subsunçor, a lembrança ou a reaprendizagem é facilitada pelos resíduos deixados.

Esta ideia pode ser melhor explicada analisando a seguinte situação: vamos supor que a conceito de energia (que simbolizaremos por “E”) assimile um conceito mais específico (que simbolizaremos por “e”), como nos mostra a figura a seguir:

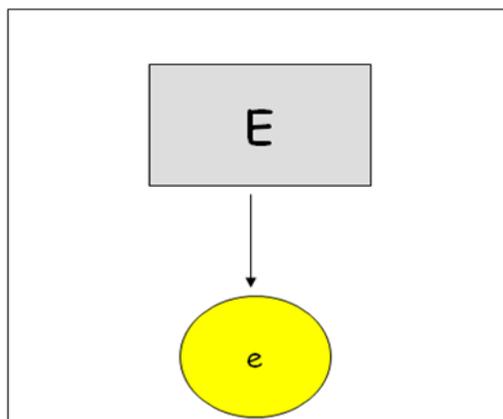


Figura 36 - Esquema de assimilação de conceitos alcançada pelos alunos participantes do projeto.

O conceito de energia sofrerá uma obliteração, modificando-se, pois o conceito e foi assimilado, deixou o conceito subsunçor com mais significados, assim, E se torna E' , como mostra a próxima figura.

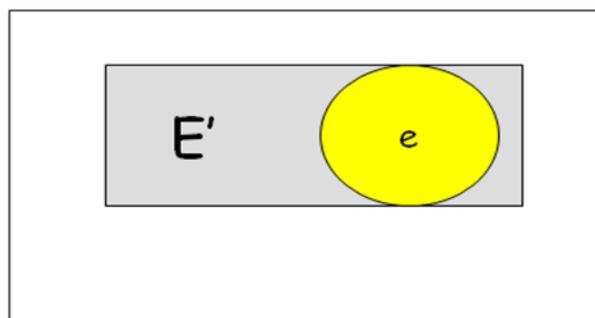


Figura 37 - Esquema de formação de um novo conceito de energia pelos alunos participantes do projeto.

Isso aconteceu na estrutura cognitiva dos alunos que obtiveram aprendizagem significativa. Levando em consideração a assimilação de apenas um conceito e , e que este conceito seja o de quantização de energia, quando este e foi assimilado pelo subsunçor energia E , este por sua vez sofreu sua obliteração, se modificando para E' , como a figura nos mostra.

Quando há esquecimento, por exemplo, da ideia de quantização da energia, temos o seguinte:

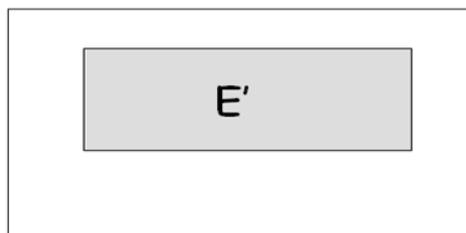


Figura 38 - Esquema do novo conceito de energia formado pelos alunos participantes do projeto.

Este é o conceito de energia obliterado, e o que queremos dizer é que a vantagem disto está no fato da reaprendizagem ser facilitada pelo resíduo deixado no conceito subsunçor pelo significado de quantização.

E ainda, outro indício de aprendizagem significativa que obtivemos, foi pela análise dos mapas conceituais que nos mostrou, principalmente, estruturas organizadas de conceitos, ou seja, estruturas hierárquicas e conexões cruzadas entre elas de conceitos assimilados pelos alunos durante as aulas de FMC.

Estas estruturas são modelos idealizados das estruturas cognitivas dos alunos, por isso, se elas nos mostram organização, hierarquia, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, quer dizer que aluno aprendeu de forma coerente e, principalmente, significativa.

Um fator importante que devemos citar é o de que o aluno, quando aprende significativamente, não externaliza seus conhecimentos de forma literal ao material assimilado e sim, na maioria das vezes, de forma genérica. O que queremos dizer com externalização de forma genérica, é que o aluno nos mostra o conteúdo que aprendeu de forma diferente do original, pois ele atribui seus próprios significados aos conceitos assimilados. Na maioria das vezes, quando analisamos os mapas e os questionários, encontramos estes tipos de externalizações genéricas, proposições não literalizadas em relação ao material apresentado aos alunos; de tal maneira que isto nos fornece mais uma evidência de que realmente ocorreu aprendizagem significativa.

Devemos salientar também que o objetivo deste trabalho não foi o de ensinar para alunos de ensino médio todas as idéias da mecânica quântica ou da FMC, mas sim, tentamos mostrar que por meio dos limites da FC é possível uma inserção de FMC, como a que fizemos. Pode-se pensar em outros conceitos ainda, como por exemplo, a partir dos limites da mecânica clássica pode se inserir conceitos e idéias do conteúdo de teoria da relatividade, tomando como um desses limites o problema da velocidade de um corpo próxima a velocidade da luz.

Com certeza, notamos sim, muita dificuldade por parte dos alunos para a assimilação desses novos conceitos que foram apresentados a eles. Mas, um dos fatores principais que citamos no início deste trabalho era que, primeiramente, o aluno teria que estar apto ao conhecimento, ou seja, o aluno tem que querer aprender para aprender. Mas mesmo estando aptos, muitas vezes eles encontram obstáculos pelo “meio do caminho do aprendizado”.

Tentamos minimizar estes obstáculos, de uma forma geral, quando optamos por utilizar como referencial para a preparação das aulas a teoria dos obstáculos epistemológicos de Gaston Bachelard. Este referencial nos mostrou como deveríamos evitar os entraves do conhecimento no momento das aplicações das aulas, fazendo com que o aluno pensasse crítica e reflexivamente nos conteúdos que estavam para ser aprendidos. Forneceu-nos subsídios, ainda, para evitar as analogias desnecessárias que poderiam atrapalhar o aprendizado do aluno. Levamos em consideração, também, aquele conhecimento prévio que o aluno “trás” para dentro da sala de aula, no contexto do senso comum, em que a observação muitas vezes nos ilude e não nos deixa perceber a profundidade do fenômeno físico.

Enfim, mostramos como os referenciais nos ajudaram no momento das aplicações das aulas, no momento da preparação das aulas e também para a análise dos dados. Estes puderam nos mostrar que de certa forma é possível a inserção de FMC no EM, quando estes assuntos são inseridos no contexto das limitações dos conceitos clássicos como solução e continuidade do estudo da Física; e que além do mais, pode mudar a concepção que os alunos têm sobre tal ciência, tornando-se um estudo prazeroso, curioso e, principalmente um estudo atual.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- AUSUBEL, D.P. ; NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Interamericana: Rio de Janeiro, 1980.
- AUSUBEL, D. **Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. Platano edições técnicas: Lisboa, 2002.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro Lisboa: Edições 70, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2002
- CHALMERS, A. **O que é a ciência, afinal?** Ed. Brasiliense: São Paulo, 1993.
- DIAS, C. **Pesquisa qualitativa: características gerais e referências**. 2000. Disponível em: <<http://www.geocities.com/claudiaad/qualitativa.pdf>>. Acesso em 16 nov. 2004.
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, maio/jun. 1995.
- LIEBSCHER, P. **Quantity with quality? teaching quantitative and qualitative methods in a LIS Master's program**. *Library Trends*, v. 46, n. 4, p. 668-80, 1998.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: Condições para a ocorrência e lacunas que levam ao comprometimento.** São Paulo: Vetor. 2008.

MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel.** Editora Moraes: São Paulo, 1982.

NOVAK, J.D. **Uma teoria de educação.** Ed. Pioneira: São Paulo, 1981.

NOVAK, J.D., GOWIN, B. **Aprendiendo a aprender.** Ediciones Martínez Roca: Barcelona, 1988.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais.** Cad.Cat.Ens.Fís., v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.** Revista Investigação em Ensino de Ciências do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 05, n. 01, mar. 2000. Disponível em <[HTTP://www.if.ufrgs.br/public/ensino](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino)> Acesso em 15/03/2010.

SANCHES, M. B., *A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?* 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná.

TERRAZZAN, E.A. **Perspectivas para a inserção de Física Moderna na Escola Média.** 1994, 241 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANEXOS

Anexo 1:

Regras de elaboração e pontuação de mapas conceituais proposta por Joseph Novak

Estrategias para introducir los mapas conceptuales desde el séptimo curso hasta el nivel universitario.

A. Actividades previas a la elaboración de mapas conceptuales

1. Prepare una lista con nombres de objetos y otra con acontecimientos que resulten conocidos para los alumnos y muéstrelas en la pizarra, o bien mediante un proyector de transparencias. Por ejemplo, podrían servir como nombres de objetos: coche, perro, silla, árbol, nube, libro. Los acontecimientos podrían ser: llover, jugar, lavar, pensar, tronar, fiesta de cumpleaños- Pregunte a los alumnos si son capaces de decir en qué se diferencian las dos listas. Trate de ayudarlos a darse cuenta de que la primera lista es de cosas u objetos mientras que la segunda es de sucesos o acontecimientos y ponga título a las dos listas.
2. Pida a los alumnos que describan lo que piensan cuando oyen la palabra coche, perro, etc. Ayúdelos para que se den cuenta de que, aunque utilizamos las mismas palabras, cada uno de nosotros puede imaginar las cosas de manera ligeramente distinta. Estas imágenes mentales que tenemos de las palabras son nuestros conceptos; presente la palabra concepto.
3. Repita las actividades del paso 2 utilizando ahora palabras que designen acontecimientos y señale de nuevo las diferencias que existen entre las imágenes mentales, o conceptos, que tenemos de los acontecimientos. En este momento tal vez le interese sugerir que una de las razones por las que, a veces, nos resulta difícil entendernos mutuamente, es que nuestros conceptos nunca son exactamente iguales,

incluso aunque conozcamos las mismas palabras. Las palabras son signos para designar los conceptos, pero cada uno de nosotros debe adquirir sus propios significados para las palabras.

4. Ahora nombre una serie de palabras como: eres, donde, el, es, entonces, con. Pregunte a los alumnos qué se les viene a la mente cuando oyen cada una de estas palabras. Estas palabras no son términos conceptuales; las llamaremos palabras de enlace y las utilizamos cuando hablamos y cuando escribimos. Las palabras de enlace se utilizan conjuntamente con los conceptos para formar frases que tengan significado.
5. Los nombres de personas, acontecimientos, lugares u objetos determinados no son términos conceptuales sino nombres propios. Ponga algunos ejemplos y ayude a los alumnos a ver la diferencia entre los signos que designan regularidades en los acontecimientos y en los objetos, y los que designan acontecimientos y objetos determinados (o nombres propios).
6. Escriba en la pizarra unas cuantas frases cortas formadas por dos conceptos y una o varias palabras de enlace, con objeto de ilustrar cómo utiliza el ser humano conceptos y palabras de enlace para transmitir algún significado. Algunos ejemplos pueden ser los siguientes: “El perro está corriendo” o “Hay nubes y truenos”.
7. Pida a los estudiantes que formen por sí solos unas cuantas frases cortas, que identifiquen las palabras de enlace y los términos conceptuales, y que digan si estos últimos se refieren a un objeto o un acontecimiento.
8. Si algunos de los alumnos de la clase son bilingües, pídeles que digan algunas palabras del otro idioma que designen los mismos acontecimientos y objetos. Ayude a los alumnos a darse cuenta de que el lenguaje no crea los conceptos sino que tan sólo proporciona los signos que utilizamos para designarlos.
9. Presente algunas palabras cortas pero que resulten desconocidas como atroz o terso. Éstas son palabras que designan conceptos que los alumnos ya conocen pero que tienen significados un poco especiales. Ayude a los alumnos a darse cuenta de que el significado de los conceptos no es algo rígido y determinado, sino algo que puede crecer y cambiar a medida que vayamos aprendiendo más cosas.
10. Elija una sección de un libro de texto (basta con una página) y prepare copias para todos los alumnos. Hay que elegir un pasaje que transmita un mensaje concreto. Como tarea de clase pida a los alumnos que lean el pasaje e identifiquen los

principales conceptos (generalmente pueden encontrarse entre 10 y 20 conceptos relevantes en un texto de una página). Pida también a los alumnos que anoten algunas palabras de enlace y términos conceptuales de importancia menor para el desarrollo del argumento de la narración.

B. Actividades de elaboración de mapas conceptuales

1. Elija uno o dos párrafos especialmente significativos de un libro de texto o de cualquier otro tipo de material impreso y haga que los estudiantes lo lean y seleccionen los conceptos más importantes, es decir, aquellos conceptos necesarios para entender el significado del texto. Una vez que estos conceptos hayan sido identificados, prepare con ellos una lista en la pizarra o muéstrela mediante un proyector de transparencias y discuta con los estudiantes cuál es el concepto más importante, cuál es la idea más inclusiva del texto.
2. Coloque el concepto más inclusivo al principio de una nueva lista ordenada de conceptos y vaya disponiendo en ella los restantes conceptos de la primera lista hasta que todos los conceptos queden ordenados de mayor a menor generalidad e inclusividad. Los estudiantes no van a estar siempre de acuerdo entre ellos con la ordenación, pero generalmente sólo se producirán unas cuantas diferencias importantes en el orden de los conceptos. Esto resulta positivo porque sugiere que hay más de un modo de entender el contenido de un texto.
3. Una vez que se ha llegado a este punto, se puede empezar a elaborar un mapa conceptual empleando la lista ordenada como guía para construir la jerarquía conceptual. Haga que los estudiantes colaboren eligiendo las palabras de enlace apropiadas para formar las proposiciones que muestran las líneas del mapa. Una buena forma de que practiquen la construcción de mapas conceptuales es hacer que escriban conceptos y palabras de enlace en unos pequeños rectángulos de papel y que los reordenen a medida que van descubriendo nuevas formas de organizar el mapa (véase la figura 2.10).
4. Busque a continuación relaciones cruzadas entre los conceptos de una sección del mapa y los de otra parte del “árbol” conceptual. Pida a los estudiantes que le ayuden a elegir palabras de enlace para las relaciones cruzadas.

5. La mayor parte de las veces, en estos primeros intentos los mapas tienen una mala simetría o presentan grupos de conceptos con una localización deficiente con respecto a otros conceptos o grupos de conceptos con los que están estrechamente relacionados. Hay que rehacer los mapas, si ello puede ayudar. Indique a los estudiantes que, para conseguir una buena representación de los significados proposicionales, tal como ellos los entienden, hay que rehacer el mapa una vez por lo menos y, a veces, dos o tres.
6. Discuta los criterios de puntuación de los mapas conceptuales que se presentan en la tabla 2.4 y puntúe los mapas conceptuales elaborados. Señale posibles cambios estructurales que pudieran mejorar el significado y, quizá, la puntuación del mapa.
7. Haga que los estudiantes elijan una sección de un texto o de cualquier otro material, y que repitan los pasos 1 al 6 por sí mismos (o en grupos de dos o tres).
8. Los mapas construidos por los educandos pueden presentarse en clase mediante un retroproyector o en la pizarra. La “lectura” del mapa debería aclarar a los demás alumnos de la clase sobre qué trataba el texto, tal como lo interpretaba el alumno que ha elaborado el mapa.
9. Haga que los estudiantes construyan mapas conceptuales para las ideas más importantes de sus pasatiempos favoritos, el deporte o todo aquello que les interese especialmente. Estos mapas se pueden colocar alrededor de la clase y fomentar las discusiones informales sobre ellos.
10. En el próximo examen incluya una o dos preguntas sobre mapas conceptuales, para dejar claro que tales mapas constituyen un procedimiento válido de evaluación que exige pensar con detenimiento y que puede poner de manifiesto si se ha comprendido la materia. (NOVAK & GOWIN, 1988, p. 43-57).

Criterios de puntuación de los mapas conceptuales.

1. Proposiciones: ¿Se indica la relación de significado entre dos conceptos mediante la línea que los une y mediante la(s) palabra(s) de enlace correspondiente(s)? ¿Es válida esta relación? Anótese un punto por cada proposición válida y significativa que aparezca (véase el modelo de puntuación más adelante).
2. Jerarquía. ¿Presenta el mapa una estructura jerárquica? ¿Es cada uno de los conceptos subordinados más específico y menos general que el concepto que hay

dibujado sobre él (en el contexto del material para el que se construye el mapa conceptual)? Anótense cinco puntos por cada nivel jerárquico válido.

3. Conexiones cruzadas. ¿Muestra el mapa conexiones significativas entre los distintos segmentos de la jerarquía conceptual? ¿Es significativa y válida la relación que se muestra? Anótense diez puntos por cada conexión cruzada válida y significativa y dos por cada conexión cruzada que sea válida pero que no ilustre ninguna síntesis entre grupos relacionados de proposiciones o conceptos. Las conexiones cruzadas pueden indicar capacidad creativa y hay que prestar una atención especial para identificarlas y reconocerlas. Las conexiones cruzadas creativas o singulares pueden ser objeto de un reconocimiento especial o recibir una puntuación adicional.
 4. Ejemplos. Los acontecimientos y objetos concretos que sean ejemplos válidos de lo que designa el término conceptual pueden añadir un punto, cada uno, al total (estos ejemplos no se rodearán con un círculo, ya que no son conceptos).
 5. Además, se puede construir y puntuar un mapa de referencia del material que va a representarse en los mapas conceptuales, y dividir las puntuaciones de los estudiantes por la puntuación del mapa de referencia para obtener un porcentaje que sirva de comparación. (Algunos alumnos pueden construir mejores mapas que el de referencia y su porcentaje será mayor que el 100 %, de acuerdo con lo anterior.)
-

Modelo de puntuación

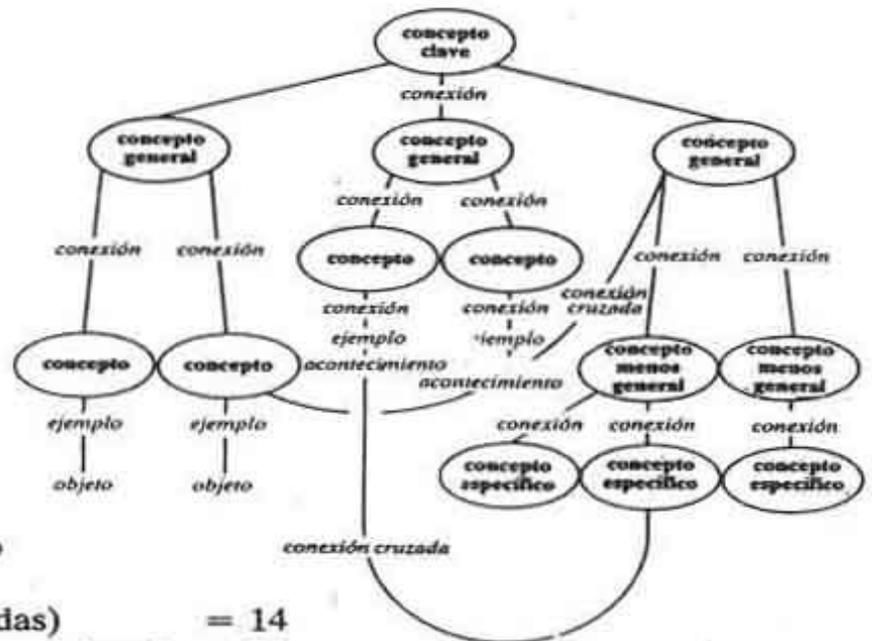
Jerarquía

Nivel 1

Nivel 2

Nivel 3

Nivel 4



Puntuación de acuerdo

con este modelo:

Relaciones (si son válidas) = 14

Jerarquía (si es válida) $4 \times 5 = 15$

Conexiones cruzadas (si son válidas y significativas) $10 \times 2 = 20$

Ejemplos (si son válidos) $4 \times 1 = 4$

58 puntos en total

Anexo 2:

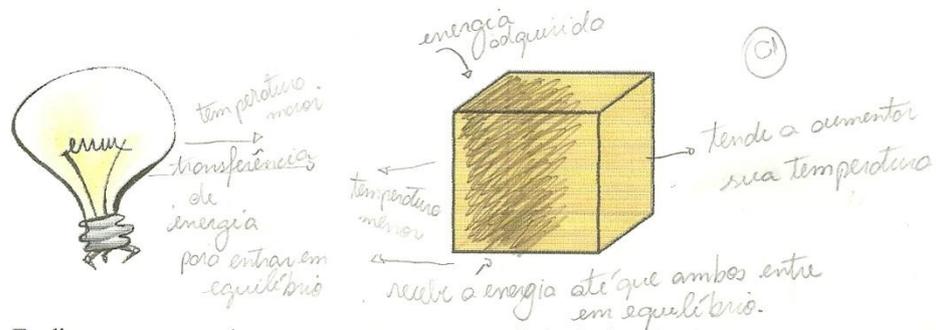
Questionários e mapas conceituais analisados

Aluno 1:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.

É necessário haver uma diferença de temperatura entre os corpos. Ocorre transferência de calor em condução, convecção e irradiação. Exemplo: O sol aquece nosso planeta, entre sol e o terra não há meio material. A energia térmica vindo do sol é transferida para Terra por meio de ondas eletromagnéticas, que se propagam no vácuo (transferência por irradiação).

- 3.) Explique o que é calor.

Calor é uma partícula térmica trocada entre duas porções de matéria, graças à diferença de temperatura entre elas.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.

A lâmpada transfere energia, por ondas eletromagnéticas e o corpo absorve essa energia, o local atingido por essa radiação tem uma agitação de suas partículas, o que aumenta sua temperatura.

- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.

Os corpos com energia, mantêm trocas de energia radiante com o meio ambiente. Assim se sua energia térmica está alta, a energia absorvida por esse corpo é menor que a energia irradiada. Desse modo o corpo tende a perder energia, diminuindo temperatura, até que entre em equilíbrio.

- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?

Elas são interligadas, como no caso do Sol e da Terra, o sol emite energia para o corpo (no caso a Terra), este corpo absorve essa energia emitida pelo Sol.

Os 2 formam uma relação de transferência de energia, ondas eletromagnéticas, um dos corpos tende a ganhar (absorve) e o outro a perder (emite) a radiação.

Questionário II

QUESTIONÁRIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

O calor emite radiação eletromagnética que é um conjunto de fótons que é absorvido por um outro corpo, que faz com que aumente sua temperatura.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

É a energia transferida de um corpo de temperatura maior para um corpo de temperatura menor. Sua relação é que ocorre a troca de energia entre os corpos.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

O corpo irá absorver a radiação da lâmpada, fazendo com que ocorra uma vibração entre as partículas, aumentando a temperatura.

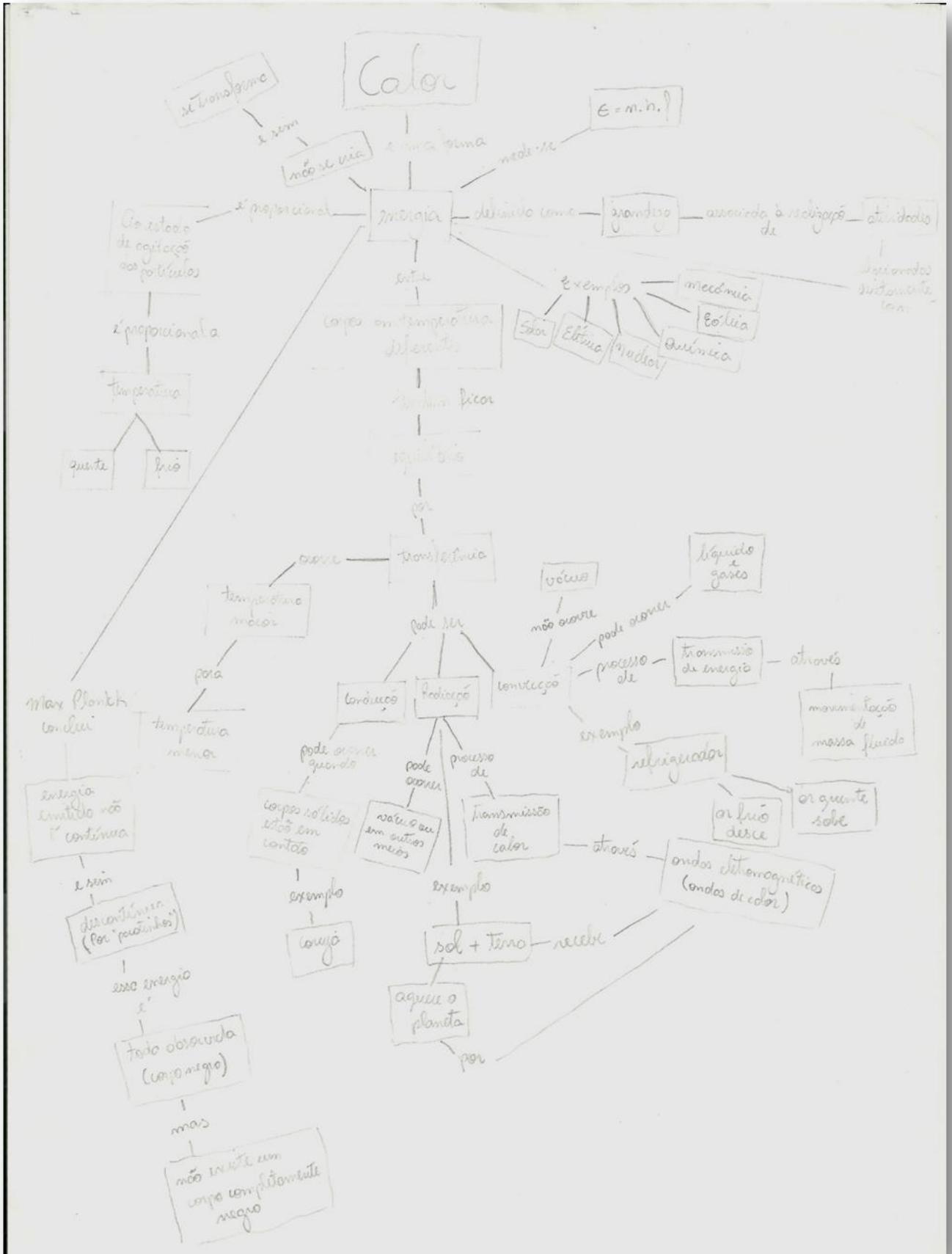
- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

O corpo absorve a radiação emitida pelo outro corpo, assim fazendo com que haja vibração entre as partículas, aumentando sua temperatura.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

Como todo metal é bom condutor elétrico e térmico a coloração vermelha significa que ele está liberando energia térmica.

Mapa Conceitual

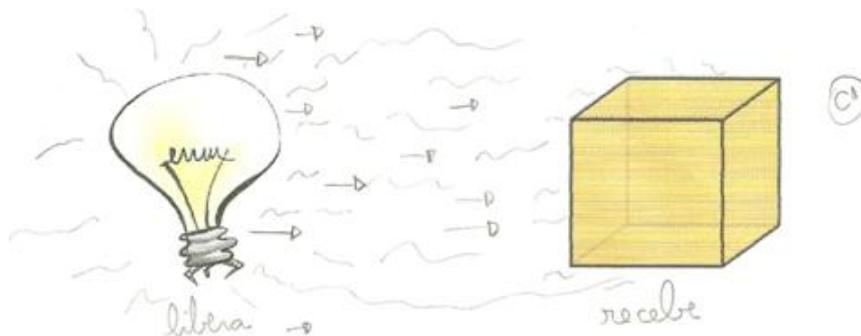


Aluno 2:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.

o corpo que está mais quente transfere energia para o corpo mais frio até que eles se equilibrem

- 3.) Explique o que é calor.

Calor é a transferência de energia do corpo mais quente para o mais frio

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.

Porque a lâmpada transfere ondas eletromagnéticas que contém energia para o corpo.

- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.

Porque o corpo está mais quente que o ar e vai transferir energia para o ar até atingirem o equilíbrio

- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?

A mesma quantidade de energia que o corpo absorve ele transmite.

Questionário II:

QUESTIONÁRIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

Um corpo transmite calor, em forma de blocos chamados fótons, e o corpo que absorverá a radiação aumenta a agitação dos partículas e da temperatura.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

Calor é a energia transferida de um corpo para outro.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

Com o calor, a agitação das partículas aumentam, aumentando consequentemente sua temperatura.

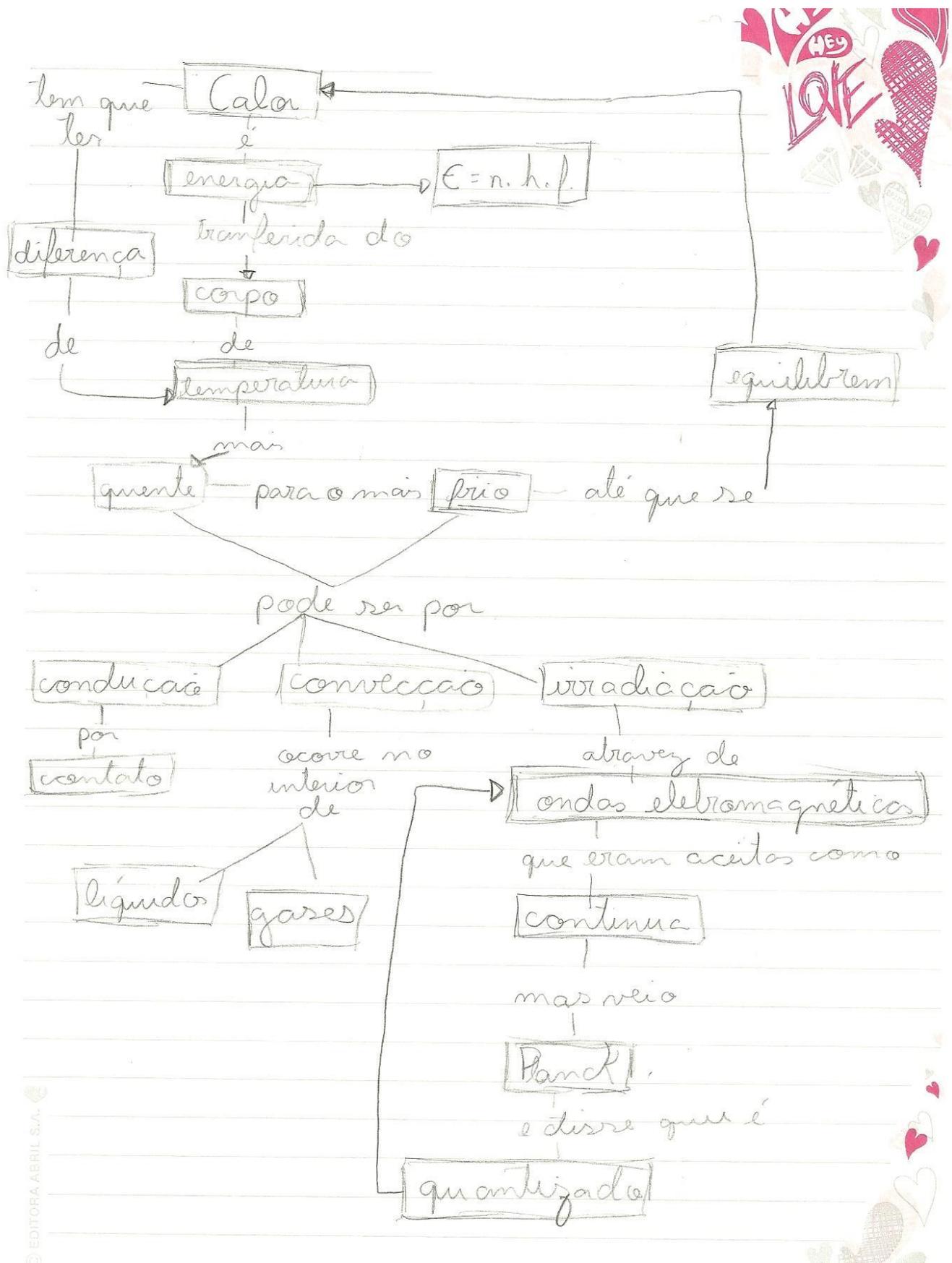
- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

Com a absorção da radiação faz com que a agitação dos moléculas aumente, elevando a temperatura.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

Quanto mais a frequência da partícula mais se aproxima da luz visível.

Mapa conceitual

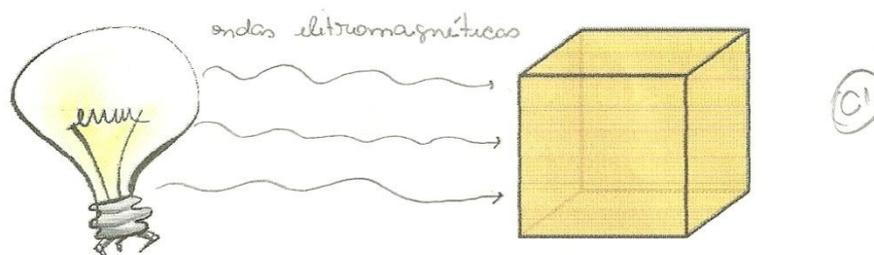


Aluno 3:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.

C1 Quando se coloca dois corpos em contato, e eles tem diferentes temperatura, o corpo mais frio aquece, e o corpo mais quente esfria. Isso vai acontecer até que suas temperaturas entre em equilíbrio, estejam com a mesma temperatura.

- 3.) Explique o que é calor.

C1 Calor é a energia transferida entre corpos que tem temperaturas diferentes.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.

C1 A lâmpada de uma temperatura maior que o corpo, então, a lâmpada emite ondas eletromagnéticas que aquece o corpo.

- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.

C1 O corpo estará mais quente que o ar, então o corpo transmitirá calor ao ar. O ar aquecerá e o corpo esfriará, até entrarem em equilíbrio térmico.

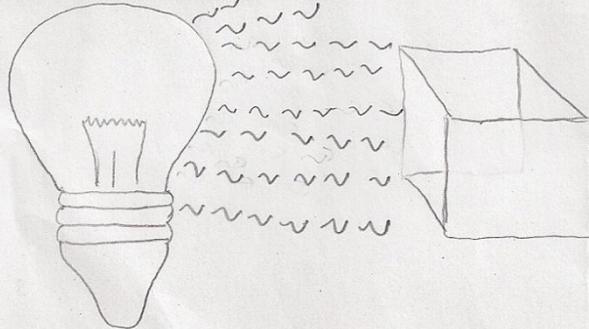
- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?

C1 A energia que o corpo emite é a mesma que ele absorve.

Questionário II

QUESTIONÁRIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

O corpo I transmite calor através da energia eletromagnética, que são um conjunto de fótons, para o corpo II que irá absorver a radiação fazendo com que o corpo aumente sua temperatura, ou seja, agitando as partículas.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

Calor é a energia transmitida de um corpo mais quente para o corpo mais frio, até que os corpos entrem em equilíbrio térmico.

Em sua relação com a energia é que a radiação térmica pode ser separada em várias faixas de frequência.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

As partículas irão se agitar por maior energia.

- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

Elas estão relacionadas com a radiação térmica de um ou mais corpos.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

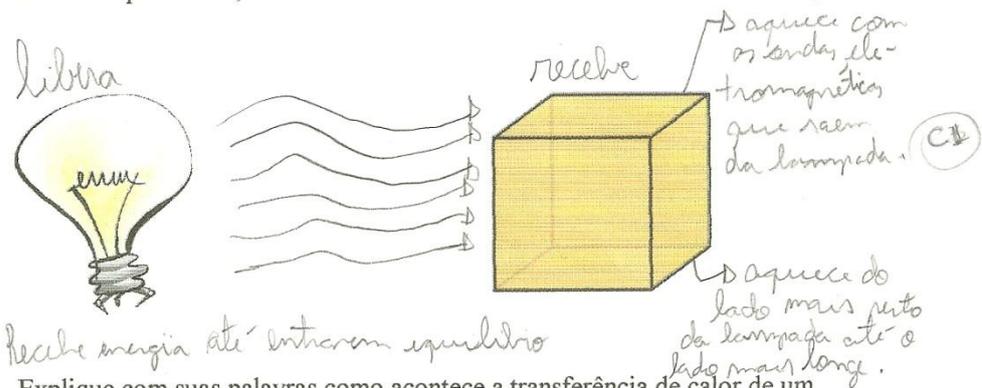
Quanto maior a temperatura, maior a frequência.

Aluno 4:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.
Um corpo com temperatura maior transfere sua energia para o corpo que tem menor temperatura até ambos terem equilíbrio. (C1)
- 3.) Explique o que é calor.
Calor é energia transferida de um corpo para o outro. (C1)
- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.
- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.
Porque a lâmpada libera ondas eletromagnéticas que em contato com objeto, aumenta a temperatura até ambos entrarem em equilíbrio. (C1)
- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.
Porque o objeto com o ar, tendem a equilibrar sua temperatura, até que a lâmpada fique com a mesma temperatura do ar. (C1)
- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?
São as mesmas energias. (C2)

Questionário II:

QUESTIONÁRIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

Essa radiação é a eletromagnética. O corpo emite essa radiação que é um conjunto de ondas que será absorvida por outro corpo, aumentando sua temperatura.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

Calor é a energia transferida de um corpo com maior temperatura para um corpo de menor temperatura. A relação é que há transferência de energia entre os corpos.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

As partículas da lâmpada estão vibrando mais que o corpo iluminado, assim, elas se chocam com as partículas do corpo, fazendo vibrar na mesma frequência.

- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

O corpo absorve a radiação, suas partículas começam a vibrar na mesma frequência, fazendo com que sua temperatura aumente.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

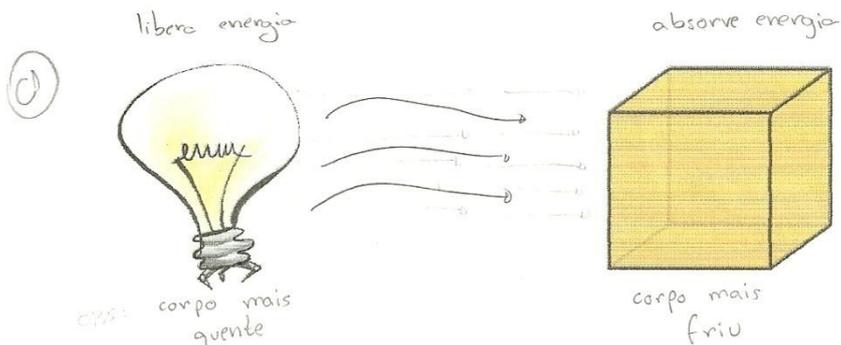
O corpo que está liberando a energia, está liberando uma grande quantidade de energia, fazendo assim que mude a cor do corpo.

Aluno 5:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.

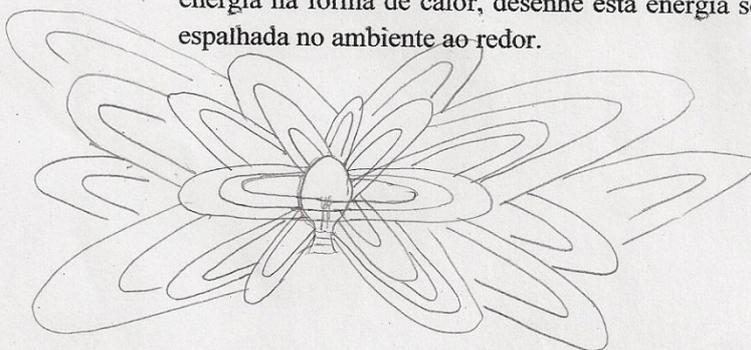


- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.
- de transferência ocorre quando se tem dois corpos, um que se encontra quente e o outro que se encontra frio, a tendência é haver transferência de energia do corpo quente para o corpo frio até que esses dois corpos atinjam um equilíbrio térmico ou seja, até que fiquem com a mesma temperatura.
- 3.) Explique o que é calor.
- Calor é a parcela de energia transferida de um corpo mais quente para um corpo mais frio, até atingirem o equilíbrio térmico.
- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.
- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.
- De acordo com a transferência de temperatura através da irradiação, a lâmpada irá emitir ondas que ao entrarem em contato com a mão irá aquece-la, afim de que ambos os corpos (mão e lâmpada) fiquem em um equilíbrio térmico.
- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.
- a) mão, encontrava-se em um equilíbrio com a lâmpada, que ao ser desligada parou de emitir essas ondas. agora o objetivo é de que possa a mão entrar em equilíbrio térmico com o ar, a mão irá transmitir essa energia até entrar em equilíbrio térmico com o ar.
- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?
- ambas as energias, tanto a emitida pela lâmpada como a energia emitida pelo corpo são de origem eletromagnéticas.

Questionário II

QUESTIONÁRIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

O corpo I transmite calor através da energia eletromagnética, que são um conjunto de fótons, para o corpo II o mesmo irá absorver essa radiação fazendo com que o corpo II aumente sua temperatura fazendo assim que haja uma vibração das partículas do corpo.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

Calor é uma parcela de energia transmitida de um corpo mais quente para um corpo mais frio, até que estes entrem em equilíbrio térmico. A sua relação com a energia é que a radiação térmica pode ser separada em várias faixas de frequência.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

Em contato com o infra-vermelho, essas partículas entraram em maior movimento, tendo assim um aquecimento do corpo.

- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

Ambas estão relacionadas com a radiação térmica de um ou mais corpos.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

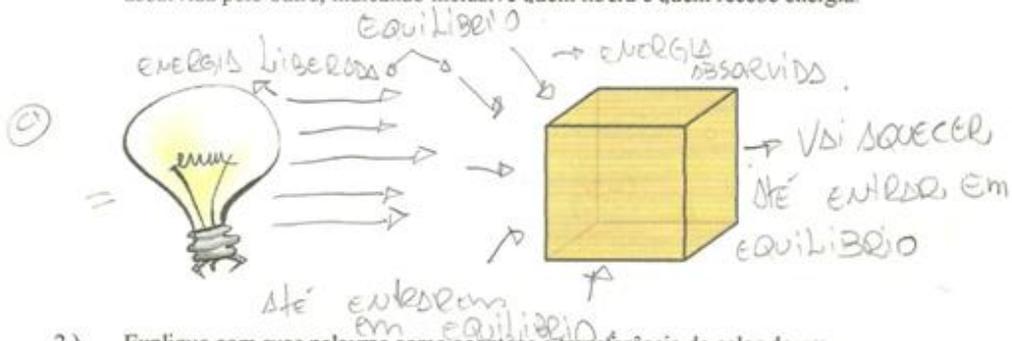
Pois quanto maior a temperatura maior será a frequência.

Aluno 6:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.

Um corpo com temperatura maior transfere sua energia para o corpo de temperatura menor, até entrarem em equilíbrio.

- 3.) Explique o que é calor.

É a energia transferida entre corpos.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.

Porque a transferência das ondas eletromagnéticas para as partículas desse corpo vibram mais, até ficarem em uma vibração igual.

- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.

O ar está em contato com o objeto e as partículas desse objeto entram em sintonia com as partículas do ar.

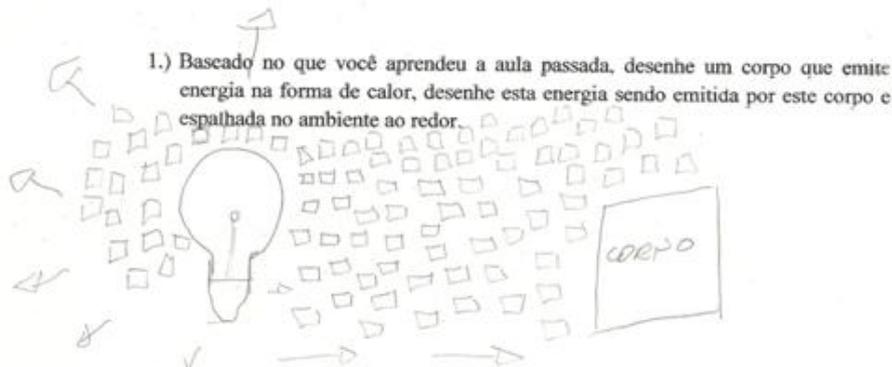
- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?

A energia absorvida é quando um corpo absorve a energia de outro que está mais quente.

A energia emitida, é quando um corpo com temperatura alta emite energia para outro corpo com menor temperatura, até os dois entrarem em equilíbrio.

Questionário II

QUESTIONARIO



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

O calor emite radiação eletromagnética que é um conjunto de fótons absorvidos por um outro corpo, que fará com que aumente sua temperatura.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

É a energia transferida de um corpo de temperatura maior para um corpo de temperatura menor.

A relação é que ocorre transferência de energia entre corpos.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a etc. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

As partículas da lâmpada estão com uma vibração maior, sendo assim, elas vão se chocar com as partículas do corpo, e faz-las vibrarem na mesma frequência.

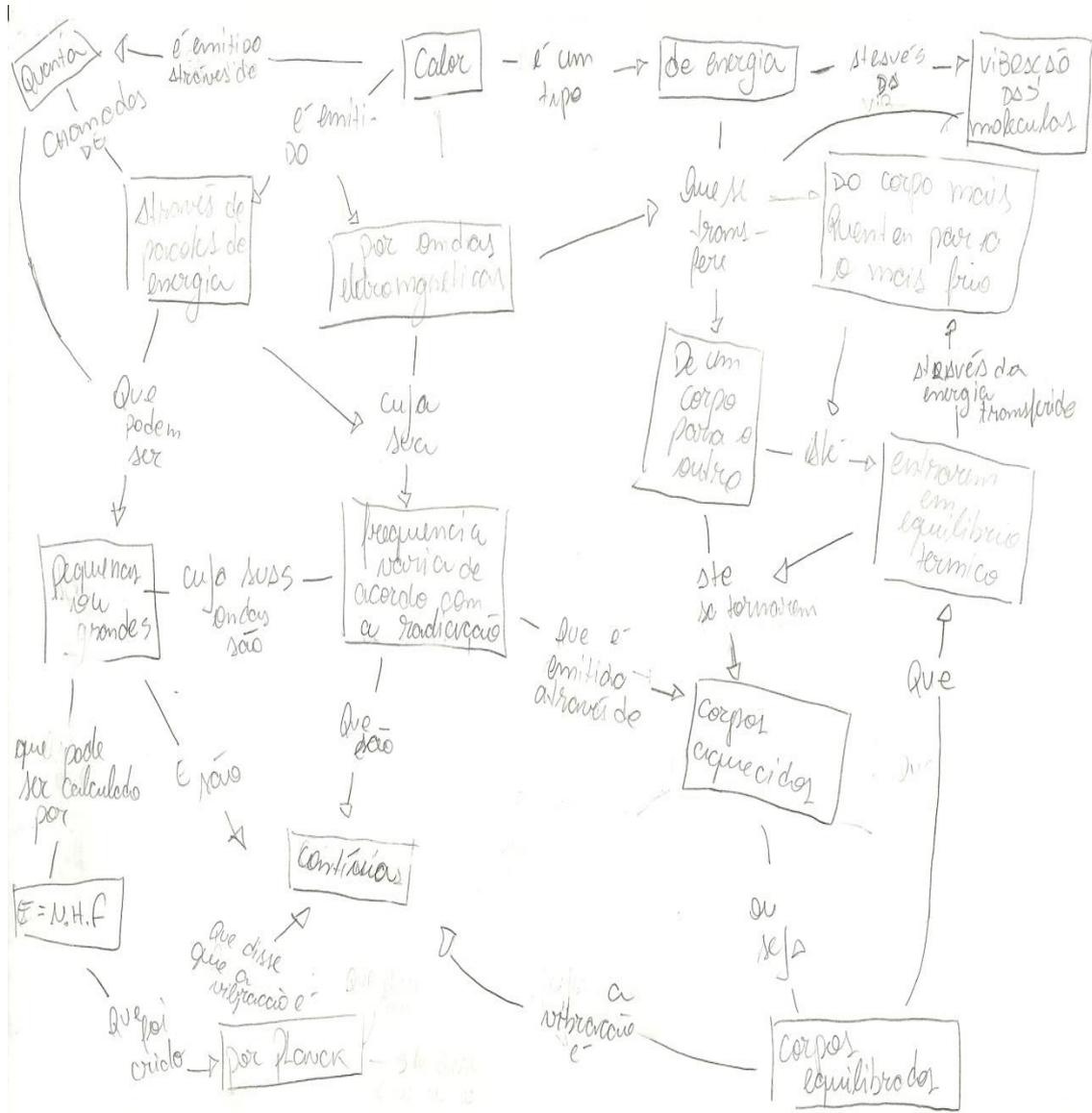
- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

Um corpo absorve a radiação emitida por outro, suas partículas vibram e sua temperatura aumenta.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

É sinal de que o corpo está liberando uma grande quantidade de energia, sendo assim sua coloração fica avermelhada.

Mapa conceitual

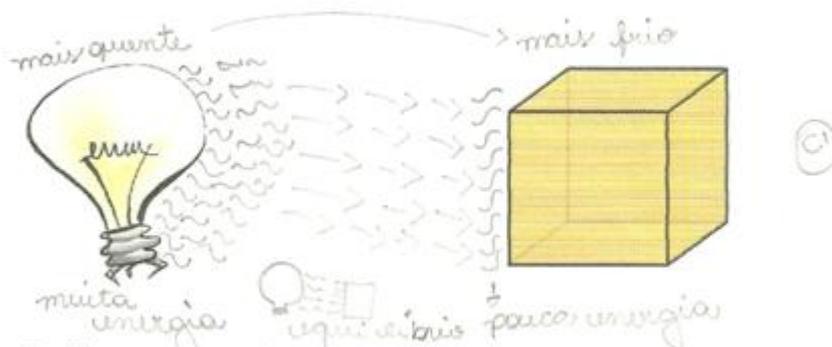


Aluno 7:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.

C3 A transferência ocorre do corpo mais quente para o mais frio, por causa da vibração das partículas, que vibram e os dois ficam com a mesma temperatura.

- 3.) Explique o que é calor.

C1 Calor é a transferência de energia de um corpo para o outro.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.

C1 O corpo terá aumento de temperatura, por que a lâmpada, por estar mais quente, faz as partículas do corpo se agitarem.

- b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.

C1 O corpo estará mais quente que o ar, então

C1 pelas leis já citadas, o corpo transmitirá calor para o ar, até atingir um equilíbrio.

- c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?

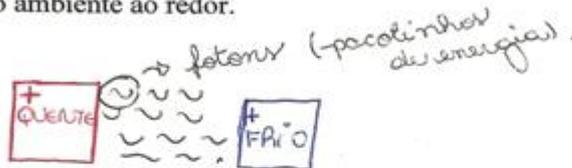
C1 O corpo só emite energia que ele recebeu

C1 E só recebe se outro corpo emitir.

Questionário II

QUESTIONARIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

O calor é emitido do corpo mais quente, para o mais frio, e a radiação ultravioleta.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

Calor é a transferência de energia.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

Elas se agitar com mais rapidez.

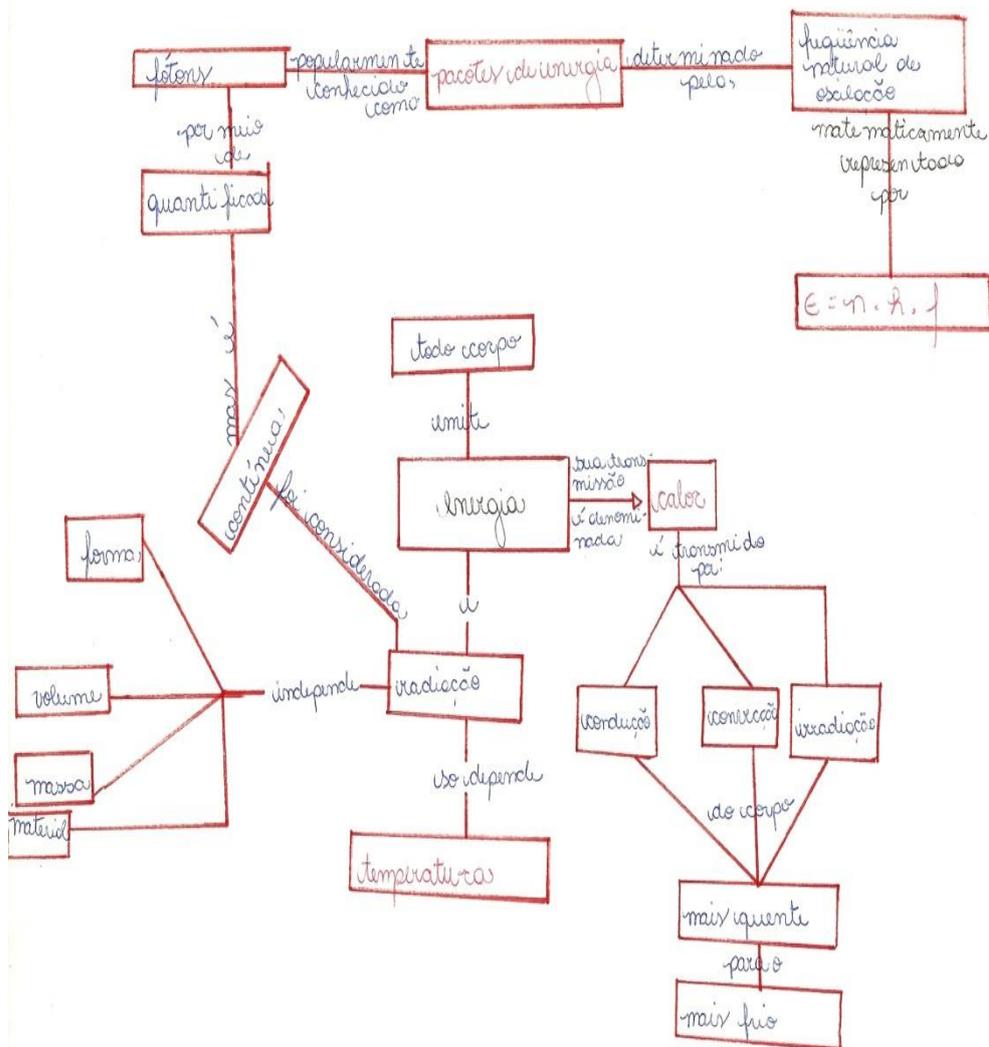
- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

Quanto mais radiação absorvida, a vibração é maior e a temperatura do corpo aumenta.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

Ocorre por que quanto maior a temperatura maior a radiação emitida.

Mapa conceitual

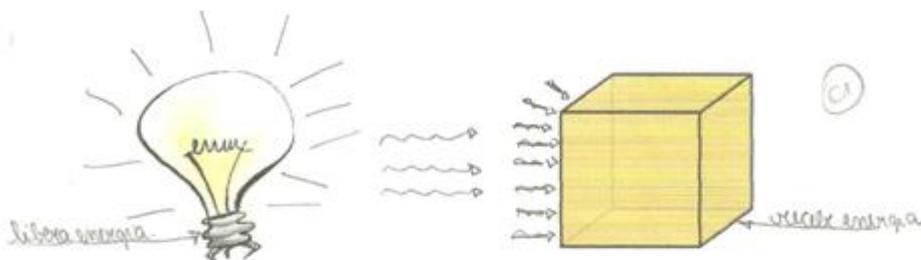


Aluno 8:

Questionário I

QUESTIONÁRIO:

- 1.) Desenhe na figura abaixo como você imagina que seja a transferência de calor entre os dois blocos. Desenhe a energia sendo liberada por um corpo e absorvida pelo outro, indicando inclusive quem libera e quem recebe energia.



- 2.) Explique com suas palavras como acontece a transferência de calor de um corpo para o outro.

(C1) Um corpo mais quente transfere sua energia para um corpo mais frio. Para haver transferência é preciso que a temperatura de um corpo seja diferente do outro.

- 3.) Explique o que é calor.

(C1) Calor é a energia transferida de um corpo mais quente para um corpo mais frio.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

a. Explique como e porque este corpo terá um aumento de temperatura.

(C1) A lâmpada que é mais quente, irá transmitir a sua energia para o corpo que é mais frio.

b. Após a lâmpada ser desligada, o corpo tenderá a diminuir a sua temperatura até que atinja o equilíbrio térmico com o ar. Explique como isso ocorre.

O ar vai roubar a energia do corpo porque o ar está frio e o corpo está quente. (C1)

c. Qual é a relação entre a energia absorvida e a energia emitida pelo corpo?

(C1) energia absorvida → quando um corpo está diante de um corpo mais quente que ele, tende a absorver a energia.

energia emitida → quando um corpo está diante de um corpo mais frio que ele, tende a emitir energia.

Questionário II

QUESTIONÁRIO

- 1.) Baseado no que você aprendeu a aula passada, desenhe um corpo que emite energia na forma de calor, desenhe esta energia sendo emitida por este corpo e espalhada no ambiente ao redor.



- 2.) Explique novamente com suas palavras como um corpo emite radiação na forma de calor. Que tipo de radiação é esta?

O corpo transmite calor, que é energia eletromagnética que é um conjunto de lotes para um outro corpo, a temperatura de um corpo aumenta, fazendo suas partículas vibrarem.

- 3.) Explique o que é calor, e qual é sua relação com a energia.

Calor é a parcela de energia térmica transferida espontaneamente do corpo de temperatura maior para o corpo de temperatura menor.

- 4.) Considere um corpo sendo iluminado por uma lâmpada que está bem próximo a ele. Este corpo irá aumentar a sua temperatura após alguns minutos.

- a. Explique o que irá acontecer com as partículas do corpo para ele ter aumentado a temperatura.

Os átomos vibram como osciladores que aceleram e desaceleram ao redor de uma posição de equilíbrio.

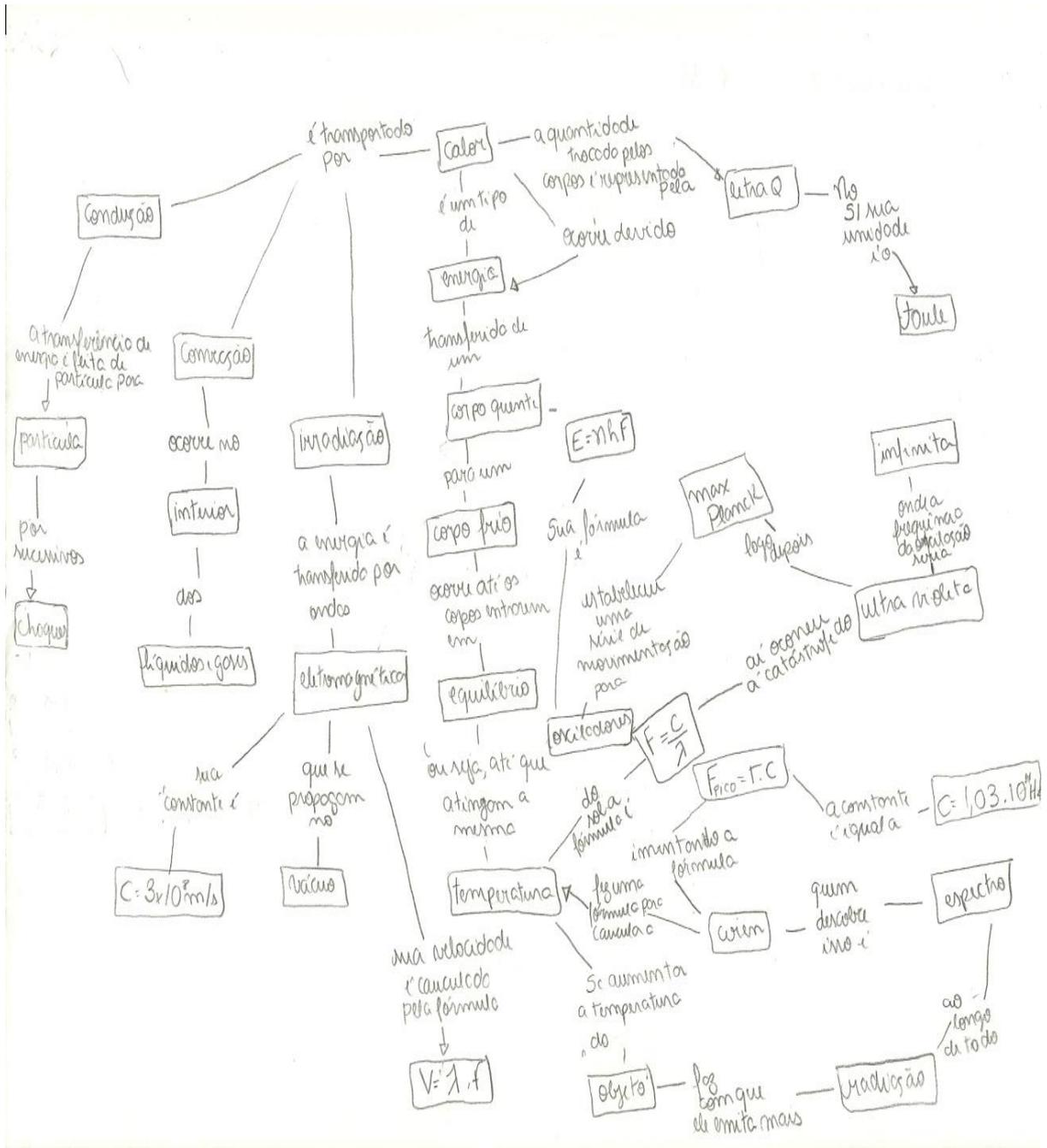
- b. Qual é a relação entre a radiação absorvida, vibração das partículas de um corpo e sua temperatura?

Quando um corpo absorve radiação as partículas vibram como osciladores, dando ao corpo uma temperatura.

- c. Se o corpo for aquecido até uma temperatura muito alta, ele começará a mudar de cor, começando a emitir luz vermelha, por exemplo. Explique porque isso ocorre.

Se aumentar a temperatura do objeto, ele vai emitir mais radiação ao longo de todo espectro e por isso irá mudar de cor.

Mapa conceitual



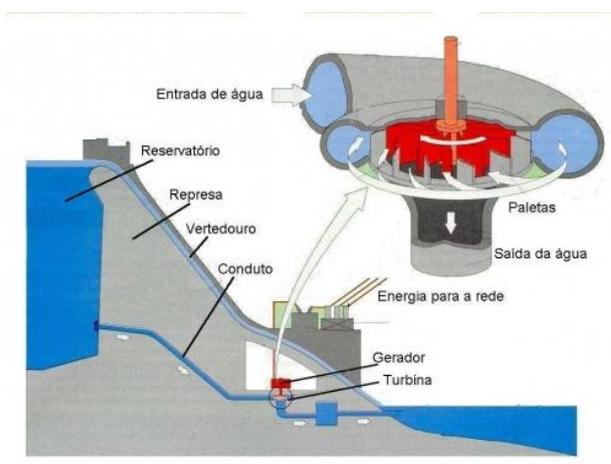
Anexo 3:

Texto utilizado na aula sobre a elaboração de mapas conceituas

O funcionamento de uma usina hidrelétrica

As usinas hidrelétricas (ou hidroelétricas) são sistemas que transformam a energia contida na correnteza dos rios, em energia cinética que irá movimentar uma turbina e, esta um gerador que, por fim, irá gerar energia elétrica.

A construção das usinas hidrelétricas se dá sempre em locais onde podem ser aproveitados os desníveis naturais dos cursos dos rios e deve-se ter uma vazão mínima para garantir a produtividade. De acordo com o potencial de geração de energia podemos classificar as hidrelétricas em: PCH's, ou Pequenas Centrais Hidrelétricas, que operam em uma faixa de geração de 1 a 30 MW e com um reservatório de área inferior a 3km²; e GCH's, ou Grandes Centrais Hidrelétricas, que operam com potências acima de 30MW.



Esquema de uma usina Hidrelétrica

A maior hidrelétrica do mundo é a Itaipu Binacional com capacidade de geração de 12.600 MW.

As hidrelétricas podem receber classificações ainda, de acordo com o tipo de queda ou o tipo de reservatório, mas o princípio de funcionamento é o mesmo: a água, armazenada em um reservatório (represa), passa pela turbina fazendo-a girar. A turbina por sua vez, está acoplada a um gerador que transforma a energia da turbina em energia elétrica.

Os principais componentes das usinas hidrelétricas, também são quase sempre os mesmos: a barreira, ou represa, onde fica armazenada a água que irá gerar a energia e é, na maioria das vezes, aproveitado para atividades de lazer pela população, assim como,

é também o maior responsável pelo impacto ambiental de uma usina; o canal, por onde a água passa assim que a porta (ou comporta) de controle é aberta enviando água para o duto que a levará às turbinas; turbinas, geralmente do tipo “Francis” (com várias lâminas curvas em um disco que ao serem atingidas pela água, giram em torno de um eixo) e que fazem cerca de 90 rpm (rotações por minuto); geradores, eles possuem uma série de ímãs que produzem corrente elétrica; um transformador elevador, que aumenta a tensão da corrente elétrica até um nível adequado à sua condução até os centros de consumo; fluxo de saída, (ou tubo de sucção) que conduz a água da turbina até a jusante do rio; e as linhas de transmissão, que distribuem a energia gerada.