



CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Unidade de ensino potencialmente significativa:
análise da aplicação sobre efeito fotoelétrico*Potentially significant teaching units: analysis of the application on the photoelectric effect*Ronald dos Santos Merlim¹, Vanessa dos Santos Merlim Saraiva², Dilcineia Correia da Silva Meneguelli³, Cassiana Hygino Machado⁴, Renata Lacerda Caldas⁵**RESUMO**

O presente artigo apresenta a implementação de uma sequência didática em uma turma do segundo ano do Ensino Médio em uma escola estadual, no município de São Sebastião do Alto/RJ. O objetivo central dessa sequência é compreender o conceito de Efeito Fotoelétrico (EF) e a importância dos estudos da Física Moderna e Contemporânea e relacioná-las aos fenômenos do cotidiano; compreender a natureza corpuscular da luz por meio do experimento EF e reconhecer as aplicações do EF em situações cotidianas. Para tanto foram aplicados em quatro encontros uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com o uso de questionário inicial e experimento para o levantamento dos conhecimentos prévios, aula expositiva, simulação, mapa conceitual e avaliação. Constatou-se que o uso de metodologias ativas de ensino potencializa a aprendizagem dos conceitos, levando os alunos a serem mais ativos construindo seu próprio conhecimento. Apesar das dificuldades dos alunos em algumas tarefas, em virtude de ser a primeira experiência com esses instrumentos, há indícios que a turma conseguiu compreender o conceito e aplicações do EF.

Palavras-chave: Efeito fotoelétrico; UEPS; aprendizagem significativa.

ABSTRACT

This article presents the implementation of a didactic sequence in a second year high school class in a state school, in the municipality of São Sebastião do Alto/RJ. The central objective of this sequence is to understand the concept of Photoelectric Effect (PE) and the importance of Modern and Contemporary Physics studies and relate them to everyday phenomena; to understand the corpuscular nature of light through the EF experiment and to recognize EF applications in everyday situations. For that purpose, a Potentially Significant Teaching Unit (LIFO) was used in four meetings, using an initial questionnaire and an

¹ Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro - SEEDUC-RJ, Rio de Janeiro/RJ - Brasil. E-mail: ronald1merlim@yahoo.com.br

² Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro - SEEDUC-RJ, Rio de Janeiro/RJ - Brasil. E-mail: vanessa03merlim@gmail.com

³ Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo - SEDU-ES, Vitória/ES - Brasil. E-mail: dilcineia.meneguelli@gmail.com

⁴ Instituto Federal Fluminense - IFF, Rio de Janeiro/RJ - Brasil. Email: cassiana.h.machado@iff.edu.br

⁵ Instituto Federal Fluminense - IFF, Rio de Janeiro/RJ - Brasil. Email: renata.caldas@iff.edu.br



experiment to collect the previous knowledge, expository class, simulation, conceptual map and evaluation. It was found that the use of active teaching methodologies potentiates the learning of concepts, leading students to be more active in building their own knowledge. Despite the difficulties of the students in some tasks, because it is the first experience with these instruments, there are indications that the group was able to understand the concept and applications of EF.

Keywords: Photoelectric effect; LIFO; meaningful learning.

1. INTRODUÇÃO

As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +) declaram que é necessário que o ensino de Física na educação básica permita a construção de um cidadão contemporâneo. Ou seja, a formação do cidadão deve analisar a participação e a intervenção do indivíduo na sociedade. No entanto, essa sociedade está vinculada cada vez mais às inovações tecnológicas em diferentes áreas. A compreensão dessa evolução tecnológica está alicerçada as concepções de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Dessa forma, é indispensável o estudo de tópicos da FMC no ensino médio. (KIKUCHI *et al.*, 2013).

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. (BRASIL, 2002, p.19).

Segundo Moreira (2011) ainda é perceptível no contexto escolar a predominância de uma aprendizagem mecânica, a qual se baseia na reprodução das informações e na memorização e é utilizada normalmente por alunos para realizar as avaliações e logo em seguida o conteúdo é esquecido. Dessa forma, Moreira elabora uma sequência didática denominada Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). A UEPS se baseia na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (1980).

Dentro dessa perspectiva, busca-se compreender nessa pesquisa se é possível, a partir de uma sequência didática na forma de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, contribuir para aprendizagem de alunos acerca do fenômeno efeito fotoelétrico e suas aplicações no cotidiano?

Mais especificamente objetivou-se com a aplicação da UEPS, facilitar a aprendizagem do conceito de efeito fotoelétrico e da natureza corpuscular da luz (radiação eletromagnética), dada sua importância para o estudo da FMC; além de incentivar a relação conceitual entre o tema estudado e as aplicações cotidianas advindas desse estudo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Moreira (2011), a aprendizagem significativa é definida como um processo no qual uma nova informação se relaciona com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do sujeito, denominado subsunçor, e ela se baseia na interação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, os conceitos se relacionam de forma não-literal e não arbitrária, ganhando significado e estabilidade na estrutura cognitiva, promovendo a



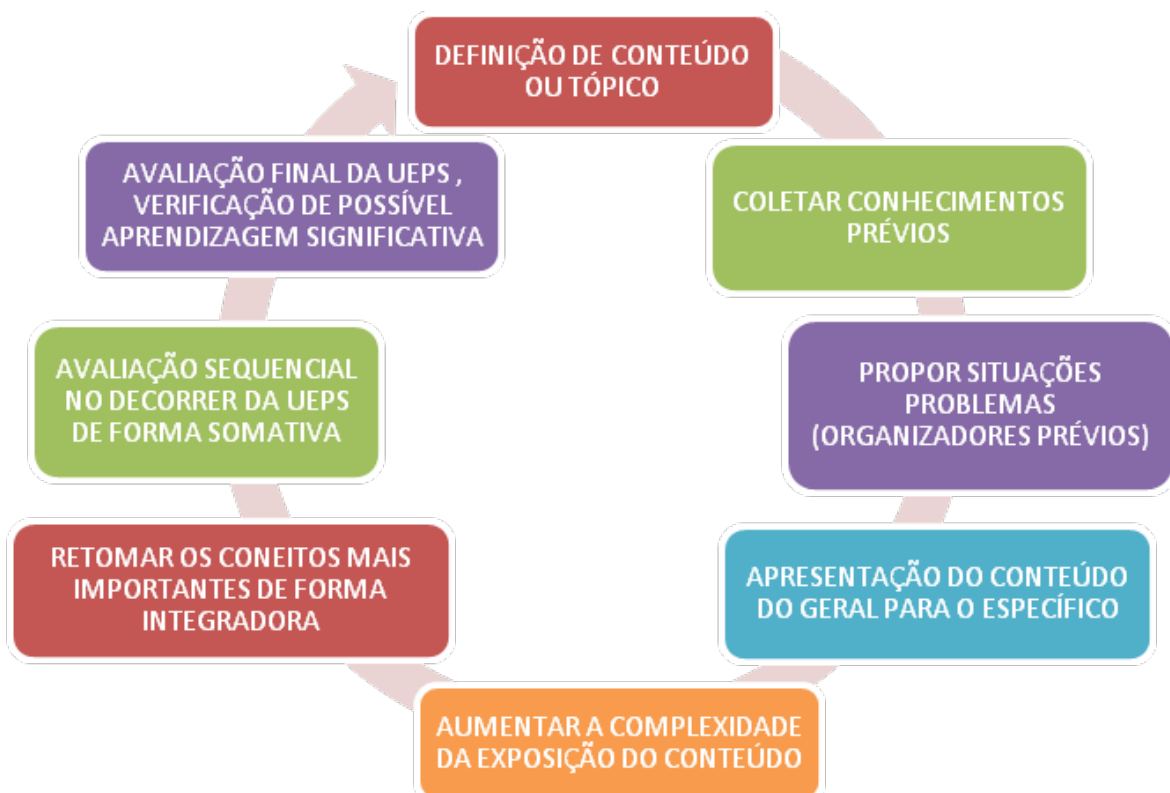
assimilação conceitual e alteração do subsunçor. A Teoria da Aprendizagem Significativa fundamenta-se em dois princípios: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

A diferenciação progressiva de um determinado conteúdo deve ser apresentada desde o início dos conceitos mais gerais da matéria, e diferenciados por suas especificidades. Durante a aplicação do conteúdo ocorre a reconciliação integrativa, na qual os conceitos vão sendo explorados, diferenciados, e relacionados com os conhecimentos prévios, assim como fazendo a reconciliação entre as inconsistências reais e aparentes (MOREIRA, 2006). Uma das ferramentas que utilizam esses dois princípios são os mapas conceituais:

O princípio de Ausubel da diferenciação progressiva estabelece que a aprendizagem significativa é um processo contínuo, no qual novos conceitos adquirem maior significado à medida que são alcançadas novas relações (ligações preposicionais). Assim, os conceitos nunca são "finalmente aprendidos", mas sim permanentemente enriquecidos, modificados e tornados mais explícitos e inclusivos à medida que se forem progressivamente diferenciando. A aprendizagem é o resultado de uma mudança do significado da experiência, e os mapas conceituais são um método de mostrar, tanto ao aluno como ao professor, que ocorreu realmente uma reorganização cognitiva. (NOVAK; GOWIN, 1996, p.114).

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), são sequências didáticas que se baseiam na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel (1980). Moreira (2011) determina que a UEPS deve seguir passos para a sua elaboração, conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Esquema de uma UEPS.



Fonte: Construção dos/as autores/as.

O Quadro 1 explica de forma sucinta as características de cada etapa da UEPS.

**Quadro 1** - Etapas da UEPS.

ETAPAS DA UEPS	
Definição de conteúdo	Inicialmente deve-se escolher o conteúdo a ser abordado da sequência didática.
Conhecimentos Prévios	O professor ou pesquisador deve utilizar ferramentas para identificar os conhecimentos prévios do aluno. Essas ferramentas podem ser questionários, mapas mentais, mapas conceituais, discussão livre, entre outras.
Situações problemas	É necessário elaborar situações problema em nível introdutório com objetivo de prepará-lo para a introdução do conteúdo.
Conteúdo	É apresentado o conteúdo de forma geral.
Aumentar a complexidade do conteúdo	Utilizando nível mais alto de complexidade retomar os aspectos mais gerais e propor em níveis crescentes de complexidade outras situações.
Avaliação somativa	Avaliação somativa para registrar evidências de aprendizagens significativas. No entanto, deve-se registrar evidências ao longo da aplicação da UEPS de todas as atividades aplicadas.

Fonte: Moreira (2011).

3. CONTEXTO DA PESQUISA

A sequência didática foi aplicada em uma turma do 2ª ano do Ensino Médio, com um total de 19 alunos, em uma escola estadual localizada no município de São Sebastião do Alto, na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. O tema da pesquisa educacional foi EF e foi aplicado durante seis aulas de 50 minutos. No Quadro 2 é apresentada a sequência didática com base na UEPS. A turma foi dividida em grupos de cinco alunos (essas equipes foram às mesmas em toda a aplicação da sequência didática para melhor organização).

Os instrumentos de coleta de dados foram: questão escrita inicial (buscar informações sobre o que os alunos já conhecem sobre o tema abordado, efeito fotoelétrico); questões envolvendo conceitos relacionados ao EF nas atividades; questionário avaliativo dando notas sobre o que achou de cada atividade realizada e confeccionaram um mapa conceitual sobre o assunto abordado.

Quadro 2 - Descrição das atividades da UEPS.

Encontros	Detalhamento da atividade
1º) Identificação dos conhecimentos prévios (1 aula)	Cada grupo recebeu uma ilustração e propôs uma explicação escrita para o fenômeno observado na imagem. <div style="text-align: center;"> </div>
Situações problemas - Apresentação de vídeo (1 aula)	Vídeo sobre um experimento, utilizando um eletroscópio, papel toalha, canudinho, duas lâmpadas de frequências diferentes: uma incandescente e outra ultravioleta. O vídeo mostra como a radiação ultravioleta consegue "arrancar" os elétrons. Após o término do vídeo os alunos responderam a três questões discursivas. Disponível em:



	< https://www.youtube.com/watch?v=VVka6Mp5vyA >. Acesso em: 29 mar. 2019.
2º) Apresentação do conteúdo (1 aula) Aumentar a complexidade do conteúdo - Atividade com simulador <i>Phet</i> (1 aula)	Aula expositiva com a utilização de <i>slides</i> sobre conteúdo: definição do fenômeno, aplicações, conceito de fótons, concepção de função trabalho e limiar de energia. Utilização no computador do simulador <i>Phet</i> . Foi pedido que os alunos variassem a intensidade da luz, a frequência e o tipo de material e observassem o que está acontecendo. Os alunos responderam quatro questões com intuito de compreender a relação entre essas variáveis.
3º) Aumentar a complexidade do conteúdo (1 aula) Avaliação - Mapa conceitual (1 aula)	Experimento " <i>Ouça o seu controle remoto</i> ". Foi pedido que os grupos produzissem o experimento em casa e apresentasse para a turma no último encontro. O objetivo do experimento é mostrar aplicações do EF no cotidiano. Roteiro da atividade experimental. Disponível em: < https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n2p313/22920 >. Acesso em: 29 mar. 2019. Elaboração de mapas conceituais para fins de explicitarem relações de hierarquização e de dependência entre os conceitos estudados. Questionário final para avaliação da UEPS.

Fonte: Construção dos/as autores/as.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As respostas dadas pelos alunos aos questionários, questões e mapas conceituais foram categorizadas sempre em dois enfoques: unidade significativa adequada e inadequada. De acordo com Bardin (2011), a categorização é um meio de classificar os dados descritivos de forma que o material determinado possa ser apontado por outros dados, que ocorre com palavras ou frases chamadas de categoria de codificação. Nessa pesquisa, as respostas foram categorizadas em duas vertentes: respostas consideradas cientificamente corretas, chamadas de unidade adequada, e incorretas, unidade inadequada.

Os alunos realizaram todas as atividades em grupos que foram denominados como G1, G2, G3, G4 e G5, a fim de preservar suas identidades.

I. Aplicação do Questionário inicial

1 - Explique como ocorre o fenômeno representado pela imagem abaixo:

Quadro 3 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G1: diferentes tipos de radiação e tem as cores para diferenciar tais tipos. G5: um sensor que ativa quando não há presença de claridade.
Conhecimento inadequado	G2: tempo estimulado para cada atividade, utilizando um cronômetro, via satélite. G3: quando a luz do sol bate na placa e é absorvida se transformando em energia elétrica. G4: contato da energia mecânica do corpo que entra em atrito com as placas magnéticas.

Fonte: Pesquisa (2019).

Essa primeira atividade buscou ressaltar os conhecimentos prévios dos alunos, para fins de elaboração da sequência didática de forma progressiva de conceitos.

Duas equipes mostraram certa relação das imagens com conceitos sobre radiação, cores, sensores ativados pela luz, todos presentes na compreensão do EF, apesar de nunca terem estudado o conteúdo. As repostas das demais equipes explicitaram relações conceituais sobre processos de



eletrização, automação via satélite e conservação da energia mecânica. Ficou claro o desconhecimento acerca do fenômeno EF.

Halliday e Resnick (2012) declaram que quando iluminados a superfície de um metal, a luz faz com que elétrons sejam emitidos pelo metal e esse fenômeno ocorre em diferentes equipamentos como televisões, óculos de visão noturna, portas automáticas e controles remotos que apresentam células fotoelétricas que convertem energia luminosa em energia elétrica e funcionando como sensores.

II. Questionário sobre o vídeo – Eletroscópio

1 - Por que a lâmpada incandescente não é capaz de descarregar o eletroscópio?

Quadro 4 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G1: baixa frequência. G4: lâmpada incandescente tem uma frequência menor.
Conhecimento inadequado	G2: lâmpada não tem carga elétrica o suficiente. G3: emite uma carga de energia muito baixa mantendo os elétrons negativos. G4: emite menos onda eletromagnética. G5: ela transmite energia que ativa o eletroscópio.

Fonte: Pesquisa (2019).

Para que o elétron escape é necessário uma energia mínima que depende do material, denominado função trabalho. Se a energia cedida por um fóton a um elétron é maior que a função trabalho, o elétron pode escapar. Nesta questão, apenas o grupo G1, G2 e G4 responderam corretamente, nos demais grupos apresentaram erros em conceitos, como o G3 que afirma que a lâmpada mantém os elétrons negativos e o G5 que afirmou que a lâmpada transmite energia que ativa o eletroscópio, ou seja, não mostra ligação com o efeito fotoelétrico. (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

2 - Qual a relação entre as radiações emitidas e o efeito fotoelétrico?

Quadro 5 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	Nenhum
Conhecimento inadequado	G1: as radiações emitidas e o efeito fotoelétrico têm cargas negativas. G2: grande carga elétrica. G3: radiação depende da cor/elétrons dependem da carga. G4: efeito fotoelétrico necessita da luz e das ondas eletromagnéticas para realizar o processo juntamente com as radiações. G5: ambos têm energia positiva.

Fonte: Pesquisa (2019).

Nesta questão os grupos precisavam mostrar a relação entre a frequência das ondas eletromagnéticas com a emissão o elétron. Tipler e Mosca (2011) declaram que fótons que possuem frequências menores que a frequência de corte não tem energia suficiente para ejetar um elétron de um determinado metal.

Nenhum grupo percebeu essa relação e nas respostas mostram relações errôneas e conflituais nos conceitos, como o G3 que acredita que a luz visível não é uma onda eletromagnética, os grupos G2 e G5 a não compreensão de carga elétrica.



3 - Como é possível descarregar um eletroscópio com a radiação ultravioleta?

Quadro 6 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G1: alta frequência. G3: canudo amarelo carregado de elétrons negativos, eliminando os positivos do eletroscópio. G4: a lâmpada retira os íons negativos com a radiação ultravioleta.
Conhecimento inadequado	G2: tem um sensor capaz de descarregá-lo/elétrons positivo e negativo. G3: radiação ultravioleta aumenta a carga negativa do eletroscópio. G5: Quando uma carga positiva se encontra com uma energia.

Fonte: Pesquisa (2019).

Na questão 3, o grupo G1 respondeu corretamente que a radiação ultravioleta possui alta frequência; o G2 não compreendeu corretamente o funcionamento e ainda apresenta dificuldade de alguns conceitos, como elétrons, partículas com carga negativa. O G3 demonstra compreensão parcial de como ocorre processo de descarregamento no eletroscópio, mas ainda possui dificuldade em saber o que é radiação ultravioleta; já o G4 utiliza o termo errado, pois não são íons negativos, mas apenas elétrons se deslocando; o G5 não consegue relacionar nenhum conceito relevante.

Sabe-se que os elétrons são mantidos no metal por forças elétricas atrativas e para que sejam ejetados é necessária uma energia mínima chamada de função trabalho, se um fóton tiver uma baixa frequência e sua energia for menor que a sua função trabalho não ocorrerá o efeito fotoelétrico. A radiação ultravioleta apresenta uma frequência maior que a luz visível, portanto, os elétrons são ejetados, pois a sua frequência é maior que a frequência de corte f_0 . (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

III. Questionário do simulador PHET

1 - O que acontece quando aumenta a frequência da radiação emitida?

Quadro 7 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G1: radiação arranca os elétrons da superfície metálica/ondas eletromagnéticas envolvidas com esse fenômeno transferem energia aos elétrons. G4: frequência da radiação aumenta a saída de elétron negativo.
Conhecimento inadequado	G2: Aumenta a produção de elétron. G3: As cargas negativas ficam e as positivas são eliminadas. G5: Aumenta a quantidade de elétrons emitidos.

Fonte: Pesquisa (2019).

Nesta questão o grupo G1 respondeu corretamente como ocorre o processo do efeito fotoelétrico, o G2 acredita que a radiação produza elétrons, o G3 inverteu a situação citando que as cargas positivas que são emitidas, o G4 e o G5 compreenderam que os elétrons são emitidos. Os elétrons são liberados apenas quando a frequência da radiação excede a frequência de corte e quanto maior a frequência da radiação, maior a energia cinética dos elétrons liberados. (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

2 - Qual a relação da intensidade da radiação emitida com o efeito fotoelétrico?



Quadro 8 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G2: luz incide em uma placa metálica ela libera elétrons. G3: mais alta a radiação emitida melhor vai dar pra perceber o efeito. G4: maior a frequência, mais radiação eletromagnética são emitidas e o efeito fotoelétrico acontece.
Conhecimento inadequado	G1: mais intensidade da radiação maior energia será transmitida ao elétron. G5: intensidade da radiação quanto o efeito fotoelétrico tem que possuir energias iguais.

Fonte: Pesquisa (2019).

A energia cinética dos elétrons emitidos é realizada pelo aumento da tensão até a corrente chegar a zero, a energia cinética máxima dos elétrons emitidos é a mesma para um dado comprimento de onda da luz incidente, independente da sua intensidade (TIPLER; MOSCA, 2011), no entanto, nenhuma equipe conseguiu relacionar a intensidade da radiação com o fenômeno do efeito fotoelétrico.

3 - Todas as radiações permitem a visualização do efeito fotoelétrico?

Quadro 9 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G1: o raio UV não é visível. G4: são partículas que compõem a luz e podem ser definidas como pequenos pacotes.
Conhecimento inadequado	G2: maior for a distância do material menor será a visualização. G3: sim, porque desde a radiação infravermelha e ultravioleta mesmo uma sendo mais alta que a outra. G5: algumas não podem ser vistas a olho nu.

Fonte: Pesquisa (2019).

Nesta questão o grupo G1 respondeu corretamente analisando quando não ocorre o fenômeno. Já o G2 não compreendeu, pois abordou conceitos que não estão de acordo com a questão. O G3 da mesma forma que o G2 não compreendeu que esse fenômeno não ocorre para todas as radiações. O G4 compreendeu parte do processo abordando conceitos corretos, mas o G5 não compreendeu que esse fenômeno não ocorre para todas as radiações. Tipler e Mosca (2011) afirmam que apenas radiações que possuem frequências maiores que a frequência de corte apresentam energia suficiente para ejetar um elétron de um determinado metal.

4 - Todos os materiais possuem a mesma facilidade na liberação de elétrons?

Quadro 10 - Caracterização das respostas: unidades significativas (US).

Categoria	US
Conhecimento adequado	G1 e G5: somente as placas metálicas G4: fóton deve ter uma energia mínima (função trabalho)
Conhecimento inadequado	G2: alguns materiais possuem cargas elétricas negativas G3: depende da carga negativa do metal

Fonte: Pesquisa (2019).

Nesta questão o grupo G1 respondeu corretamente assim como o G5, mas o G2 não compreendeu a relação entre distribuição das cargas elétricas da superfície metálica e o fenômeno analisado, o G3 possui dificuldade em entenderem esse fenômeno e o G4 relacionou corretamente com a questão do cálculo na função trabalho. Um elétron para escapar de um alvo necessita de uma energia mínima, chamada função trabalho, que depende do material. Ele só escapará do alvo, se a



energia cedida ao elétron for maior que a função trabalho do material. (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

IV. Análise dos Mapas Conceituais

Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre os conceitos ou palavras que podem representar conceitos, portanto, são diagramas de relações significativas. Os mapas conceituais, geralmente, seguem um modelo hierárquico no qual conceitos mais inclusivos estão no topo e conceitos mais específicos localizados na base. No mapa conceitual, a palavra-chave que interliga dois conceitos forma uma proposição que evidencia a relação significativa conceitual. (MOREIRA, 1992).

Um mapa conceitual é uma representação idiossincrática, isto é, cada indivíduo elabora seu mapa em conformidade com seu conhecimento, suas experiências, suas convicções e dúvidas.

Seguindo proposta de análise qualitativa de Caldas *et al.* (2009), os mapas conceituais elaborados pelos alunos desta investigação foram analisados segundo os critérios propostos por Novak e Gowin (1999). Atribuídos valores para o número de proposições, hierarquias, ligações cruzadas e exemplos, conforme estabelece a Tabela 1 de pontuação.

Tabela 1 - Pontuação utilizada para os mapas conceituais elaborados.

Crítérios	Pontuação
Proposições (ligações entre dois conceitos): cada ligação se for válida e significativa	1
Hierarquia: cada nível válido	5
Ligações Transversais: cada ligação se for válida	1

Fonte: Adaptado de Caldas *et al.* (2009).

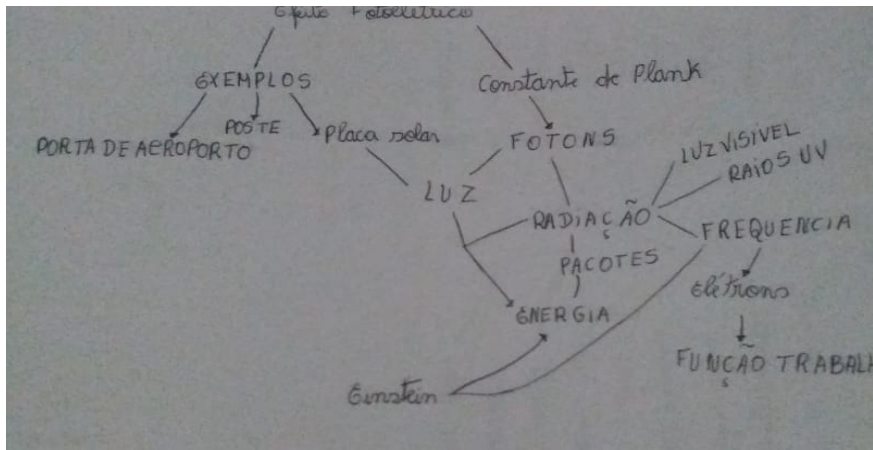
A análise dos mapas elaborados pelos grupos mostra, de forma geral (Figuras 2 a 6), ausência de palavras de ligação. Embora ensinados a construir um mapa conceitual e sobre a importância do termo conector, tal ausência, bem como o imediatismo nas relações entre os conceitos, pode estar evidenciando dificuldades em explicitar o que aprenderam. Esse resultado entra em ressonância com a pesquisa de Caldas (2009) realizada em duas turmas de ensino médio, na qual apesar de obter resultados de mapas conceituais elaborados em conjunto, atendendo ao objetivo do experimento proposto e demonstrando compreensão conceitual, os grupos pesquisados por um semestre ainda deixavam de usar termos conectores em seus mapas.

Para Davies (2011), a falta de um termo de ligação impede o entendimento da relação conceitual e produz um mapa mental que se limita a representar a associação entre conceitos. A falta dos elementos semânticos e sintáticos produz uma mensagem incompleta, que não é capaz de expressar a relação conceitual com precisão. Essa imprecisão foi percebida em todos os mapas elaborados pelos grupos.

No mapa da Figura 2, relativa ao grupo 1, são explicitados 17 conceitos relacionados de forma pouco coerente. Algumas ligações, como exemplos-poste-porta de aeroporto-placa solar, pressupõem compreensão sobre aplicações cotidianas do EF; constante de Planck-fótons-energia, podem mostrar a ideia de energia de um fóton ($E=nh\nu$), e; as ligações radiação-luz visível-raiosUV-frequência, levam a concepção de ondas eletromagnéticas e conceitos básicos do EF.



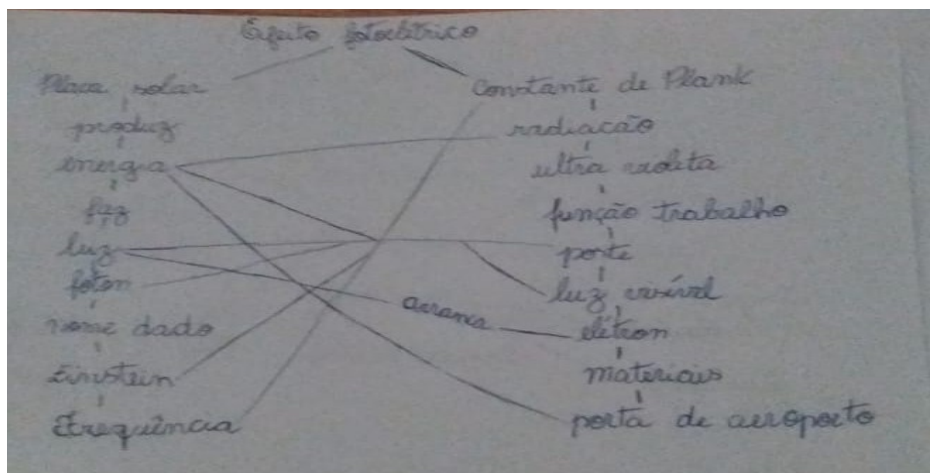
Figura 2 - Mapa conceitual elaborado pelo G1.



Fonte: Pesquisa (2019).

O mapa G2 apresenta 19 conceitos, no entanto, a equipe elaborou em duas colunas, como se fosse uma tabela, tendo apenas uma ligação entre uma coluna e outra com algum termo de ligação: "luz-arranca-elétron", conceito introdutório enfatizado durante as atividades nas aulas. A equipe G2 realizou demais ligações entre as colunas, porém sem utilizar termos de ligações entre elas, como nos casos: "energia-faz-luz" e "fóton-nome dado-Einstein".

Figura 3 - Mapa conceitual elaborado pelo G2.



Fonte: Pesquisa (2019).

O mapa G3 apresenta 15 conceitos e três ligações (desconsiderando as duas preposições que os alunos usaram como conectores), entre alguns desses conceitos, apesar de serem confusos e incoerentes, como no caso "energia-produz-placa solar-na-radiação" e "energia-emite-poste-da-luz visível". Os alunos dessa equipe cometeram erros na estrutura hierárquica, pois colocaram esses conceitos de mesmo nível um embaixo do outro.



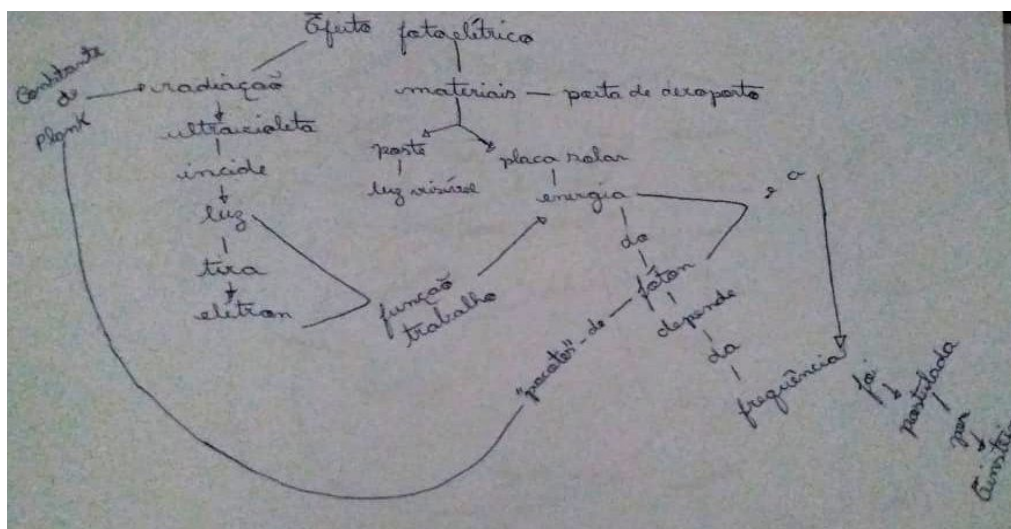
Figura 4 - Mapa conceitual elaborado pelo G3.



Fonte: Pesquisa (2019).

O mapa G4, no entanto, apresenta uma organização melhor totalizando 21 conceitos e uma melhor relação entre eles, como a ligação "materiais-porta de aeroporto-poste-placa solar", apresentando aplicações do EF, a relação "radiação-constante de Planck-pacotes de-fótons-depende-da-frequência", induzindo a relação entre a energia e a frequência e a constante de proporcionalidade de Planck.

Figura 5 - Mapa conceitual elaborado pelo G4.



Fonte: Pesquisa (2019).

O mapa do G5 apresenta pouca hierarquia e confusão entre os conceitos. Foram identificados cinco níveis hierárquicos como "constante de Planck e radiação" e "função trabalho e radiação". Foram identificadas sete proposições, tais como "baixa frequência-não-ocorrerá-radiação", "constante de Planck-função trabalho", "luz-função trabalho-energia mínima". Dessa forma, os alunos do G5 conseguiram entender os conceitos, mas apresentam dificuldade em interligá-los e estruturar o mapa conceitual.

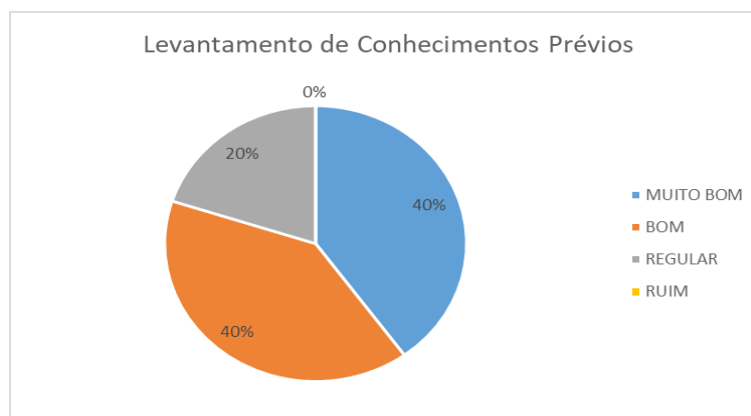


mesma. Novak e Gowin (1999) consideram fundamental trabalhar com atividades prévias que auxiliem os alunos para as atividades de elaboração dos mapas conceituais.

V. Questionário Final

Para verificar se os alunos gostaram da sequência didática aplicada, foi solicitado aos cinco grupos que preenchessem um questionário de avaliação, colocando nota de 0 a 4 para cada atividade realizada. Em relação à primeira atividade, explicação das imagens sobre aplicações do efeito fotoelétrico (ver Gráfico 1, exibido na Figura 7), as opiniões se dividiram em porcentagens iguais para o critério de muito bom e bom, totalizando 80%. Já no critério regular, 20% e nenhum grupo considerou a atividade ruim. Isso reflete o desejo dos alunos de “contar” o que sabem antes de receber novos conhecimentos. Para Ausubel (1980) saber o que o aluno já sabe é o aspecto mais importante para se alcançar uma aprendizagem significativa.

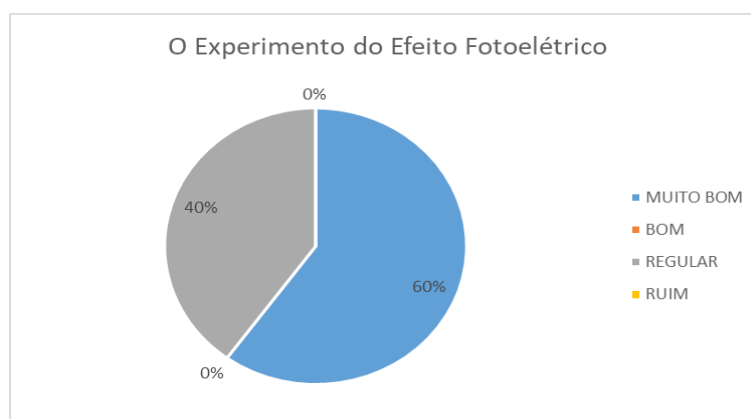
Figura 7 - Gráfico 1.



Fonte: Construção do autor.

Quanto ao experimento sobre o efeito fotoelétrico, chamado eletroscópio, no qual os alunos puderam perceber a diferença entre as diferentes radiações emitidas, percebendo que nem todas as radiações obtêm energia suficiente para ejetar um elétron, o Gráfico 2, exibido na Figura 8, mostra que 60% dos alunos achou muito bom e 40% regular. Considera-se pelo resultado ser potencial a atividade introdutória do conteúdo.

Figura 8 - Gráfico 2.

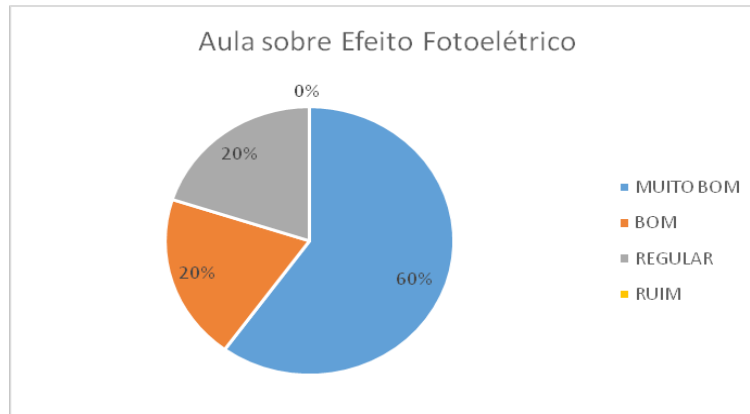


Fonte: Construção do autor.



No segundo encontro foi realizada uma aula expositiva abordando os conceitos gerais sobre o efeito fotoelétrico, nesta aula foram feitas reconciliações entre as atividades anteriores e o conteúdo explicado. No Gráfico 3, exibido na Figura 9, 60% dos alunos declara como atividade muita boa, 20% boa e 20% regular. Ainda a constatação de que muitos alunos gostam de aulas expositivas, o que coaduna com o que propõe Moreira (2009), quando afirma serem essas aulas uma etapa importante da UEPS, na qual poderão ser sanadas dúvidas, bem como ser de base para a ancoragem de novos conceitos.

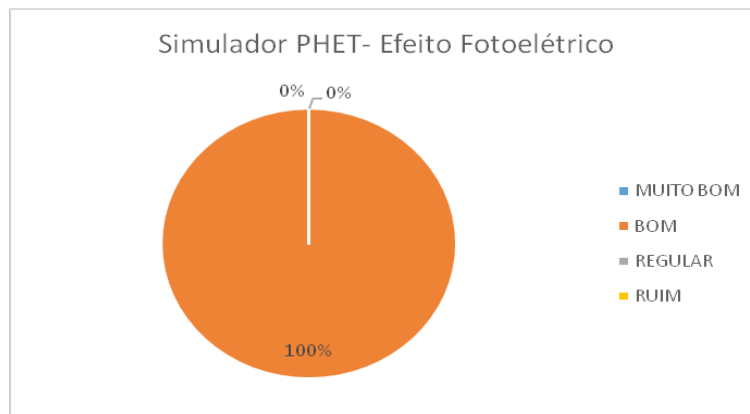
Figura 9 - Gráfico 3.



Fonte: Construção do autor.

No terceiro encontro (ver Gráfico 4, exibido na Figura 10), foi utilizado como recurso educacional o simulador PHET, no qual os alunos foram levados a manuseá-lo, de acordo com algumas orientações variando a sua frequência, intensidade e material utilizado. Neste momento eles foram levados a relacionar a prática observada com os conceitos abordados no decorrer das aulas. Esta atividade se mostrou muito eficaz já que temos como base que 100% dos alunos opinaram como muito bom, demonstrando que o simulador quando bem aplicado se torna uma importante ferramenta no ensino.

Figura 10 - Gráfico 4.



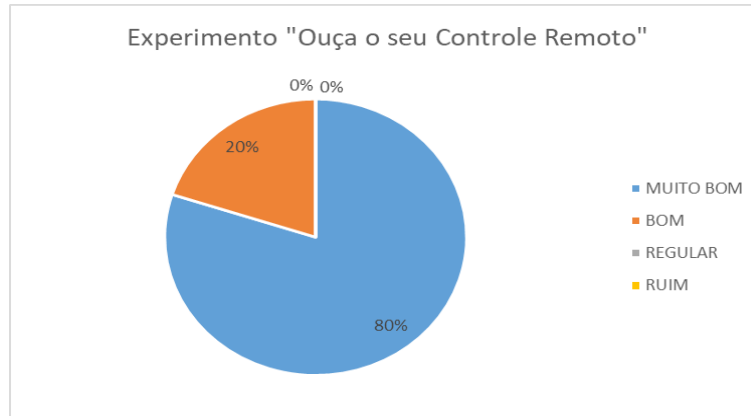
Fonte: Construção do autor.

No quarto e último encontro (ver Gráfico 5, exibido na Figura 11), um dos grupos divididos no primeiro momento, tiveram como função a construção de um experimento com o nome "Ouça o meu Controle Remoto", este grupo no final da UEPS teve que apresentar este experimento



demonstrando uma das aplicações do efeito fotoelétrico. Nesta atividade 80% dos alunos julgou a atividade satisfatória pois marcaram o critério muito bom, já o restante dos grupos que representam 20% das opiniões marcaram como bom. Nenhum grupo marcou o critério regular ou ruim. Isso demonstra que as práticas experimentais desempenham um importante papel na educação quando aplicadas com um objetivo específico de relacionar a teoria a prática.

Figura 11 - Gráfico 5.

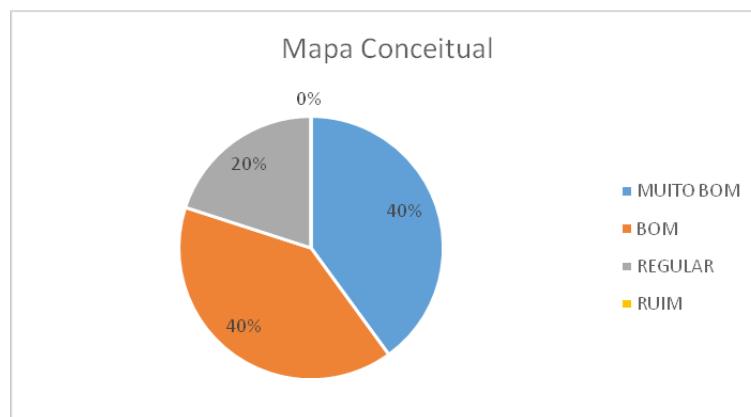


Fonte: Construção do autor.

Ainda no último encontro foi realizado, como forma de avaliar os conhecimentos adquiridos durante a aplicação das UEPS, um mapa conceitual, que de acordo com os referenciais abordados é um excelente recurso para organizar os conceitos de forma hierárquica, dos conceitos mais gerais para os mais específicos.

Diferente das demais atividades, as opiniões se dividiram bastante nas quais houve um empate entre os critérios muito bom e bom, somando assim 80% das respostas sobre o uso do mapa conceitual, dos grupos analisados 20% demonstram que a atividade para eles era regular e 0% acharam a atividade ruim, mostrando que o mapa conceitual possui um potencial importante na obtenção de dados sobre os conhecimentos existentes e os adquiridos no decorrer da UEPS, nesta atividade foi possível observar os níveis de hierarquização dos conceitos apresentados por eles, assim como a reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva.

Figura 12 - Gráfico 6.



Fonte: Construção do autor.



As atividades que foram desenvolvidas na UEPS desempenharam motivação dos alunos em aprender de maneira satisfatória, demonstrado nos comentários deixados por eles. Diante desses fatos, o material pode ser considerado potencialmente significativo, por demonstrar indícios de boa receptividade dos discentes promovendo uma predisposição para aprender os conteúdos, apesar dos mapas conceituais, ferramenta de avaliação, não apresentarem um resultado satisfatório, pois foi a primeira vez que os alunos pesquisados tiveram acesso a esse tipo de instrumento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo foi apresentada a aplicação de uma sequência didática sobre efeito fotoelétrico em uma turma de segundo ano do Ensino Médio baseado nas ideias de Moreira (2011), seguindo as Unidades de Ensino Potencialmente Significativa, na qual o professor não teve nenhuma dificuldade em aplicar.

Os alunos responderam ao questionário no primeiro momento para coleta das ideias iniciais sobre o conteúdo interligando a sua vivência. Nessa atividade, apenas duas equipes conseguiram fazer uma análise com princípios considerados corretos. Na atividade experimental por meio do vídeo apresentado, as respostas das equipes já mostram explicações mais elaboradas e relacionadas com os conhecimentos já estudados nas aulas de química e física, apesar de alguns conceitos errados. Na tarefa com o simulador, percebe um número maior de conceitos certos, os alunos puderam verificar a relação da frequência, da radiação, do tipo de superfície com o EF. No entanto, na tarefa dos mapas conceituais, não houve muito sucesso em virtude de ser o primeiro contato com os alunos com esse tipo de instrumento avaliativo.

As atividades realizadas pelos alunos foram catalogadas e os indicadores mostram um bom aproveitamento da turma, os alunos mostraram que gostaram dessa nova forma de introduzir o conteúdo, como mostra o relatório final respondido pelos próprios alunos que avaliaram toda atividade.

Apesar da dificuldade de realizar os mapas conceituais, a turma pesquisada esteve motivada durante todas as aulas e atenta a todas as atividades, indicando uma predisposição em aprender, uma das condições que favorece a aprendizagem significativa. Portanto, a sequência didática contribuiu para favorecer a aprendizagem de efeito fotoelétrico.

Desse modo, pode-se concluir que a proposta didática mostrou que o professor deve introduzir diferentes atividades para ensinar e avaliar o conteúdo trabalhado, como atividades experimentais, simuladores e mapas conceituais, averbando diferentes métodos na sua construção pedagógica.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. C. P. de; SOUZA, R. de; URENDA, P. A. V. Mapas conceituais: avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 4., 2004, Bauru. **Anais...** Bauru: UNESP, 2004.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.212, 2000.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.



BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Básica, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+)**, 2002.

CALDAS, R. L.; SOUSA, C. M. G. ; LETTERE, M. F. S. A utilização de diagramas conceituais no ensino de Física em nível médio: um estudo em conteúdos de ondulatória, acústica e óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.31, p.3401-1-3401-12, 2009.

GLASER, B; STRAUSS, A. L. **The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research**. Chicago: Aldine, 1967.

HALLIDAY, David; RESNICK, J. W. **Fundamentos de Física 4**. 9. ed. Editora LTC, 2012.

KIKUCHI, L. A.; ORTIZ, A. J. ; BATISTA, I. L. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: 2013.

MITRE, S. M.; SIQUEIRA-BATISTA, R.; GIRARDI-DE MENDONÇA, J. M.; MORAIS-PINTO, N. M.; MEIRELLES, C. A. B.; PINTO-PORTO, C.; MOREIRA, T.; HOFFMANN, L. M. A. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.13, 2008.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 5., 2006, Madrid. **Anais...** Madrid: EIAS, 2006.

MOREIRA; M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, Porto Alegre: UFRGS, v.1, n.2, p.43-63, 2011.

MOREIRA; M. A. Organizadores previos y aprendizaje significativo. **Revista Chilena de Educación Científica**, Santiago: Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, v.7, n.2, p.23-30, 2008.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais no ensino de Física**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1992.

NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. **Aprender a aprender**. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros 3**. 6. ed. Editora LTC, 2011.

Submetido em: **29/03/2019**

Aceito em: **30/05/2019**