

# Princípios da aprendizagem significativa crítica na construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa de radiação implementada no Ensino Médio

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Principles of Critical Meaningful Learning in the Construction of a Potentially Significant Teaching Unit of Radiation Implemented in High School

Joecir Palandi<sup>1</sup>, Lisiane Calheiro<sup>2</sup>, José Claudio Del Pino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima, 1000 - Cidade Universitária - Bairro Camobi - CEP 97105-900 / Santa Maria - RS, Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Av. Costa e Silva, s/nº - Bairro Universitário - CEP 79070-900 / Campo Grande - MS, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Ramiro Barcelos 2600 Anexo, Porto Alegre -RS, Brasil

E-mail: joecir@gmail.com

## Resumo

Este trabalho destaca como os princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica contribuem para a construção e implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa tomando, como exemplo, uma que aborda o tema Radiação no ensino médio. Os resultados obtidos nas situações propostas evidenciam indícios de aprendizagem significativa e uma possível evolução nos conceitos associados ao tema Radiação. Com a implementação desta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, verificamos que a aprendizagem significativa depende fortemente da qualidade do diálogo desenvolvido na sala de aula, isto é, depende de o professor muito mais propor questões do que procurar respondê-las e de os alunos perceberem que serão escutados e que suas respostas serão efetivamente consideradas e discutidas.

**Palabras clave:** Aprendizagem Significativa Crítica; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Ensino de Física; Radiação.

## Abstract

This paper highlights how the facilitating principles of Critical Meaningful Learning contribute to the construction and implementation of a Potentially Meaningful Teaching Unit, taking, as an example, one that addresses the topic Radiation in high school. The results obtained in the proposed situations show evidence of significant learning and a possible evolution in the concepts associated with the theme Radiation. With the implementation of this Potentially Meaningful Teaching Unit we find that meaningful learning strongly depends on the quality of the dialogue developed in the classroom, that is, it depends on the teacher proposing questions much more than trying to answer them and on the students realizing that they will be listened to and that their answers will be effectively considered and discussed.

**Keywords:** Critical Meaningful Learning; Potentially Meaningful Teaching Units; Physics Teaching; Radiation.

## I. INTRODUÇÃO

A pesar da grande quantidade de pesquisas desenvolvidas nas últimas décadas que abordam alternativas didáticas para o ensino de Física, este ainda se apresenta pautado em metodologias tradicionais, com planos de aula engessados pelo livro texto, desarticulados da realidade do aluno, com ênfase na Matemática e com pouca abordagem conceitual ou de fenômenos propriamente ditos. Os conteúdos de Física são transmitidos aos estudantes do ensino médio a través de discursos fragmentados e prontos, muitas vezes simples reproduções dos livros didáticos, que acabam não se efetivando como práticas

capazes de construir ou reconstruir uma aprendizagem com significados. Além disso, os estudantes são condicionados a um comportamento passivo, que os leva a aceitar uma aprendizagem mecânica e superficial, que privilegia a repetição e a memorização de conceitos e fórmulas, não incentivando o diálogo nem o questionamento. Para Tavares (2010), a aprendizagem memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material e o esforço que o estudante faz para esse tipo de aprendizagem é muito menor. Apesar de custar menos esforço, esse tipo de aprendizagem é volátil e a apropriação dos conceitos se dá com um grau baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo. Para Moreira (2014), o ensino de Física é comportamentalista, desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, focado no treinamento para as provas e abordando a Física como uma ciência acabada.

Nosso entendimento vai de encontro a tudo isso. Acreditamos em uma educação crítica, pois que vivemos numa época de imensa disponibilidade de informações e o indivíduo crítico tem mais capacidade de “filtrar” e detectar aquilo que realmente pode ser importante para chegar ao conhecimento. Assim, num cenário de mudanças e possibilidades, onde prevaleça o ensino com criticidade, busquemos, através da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, alternativas à prática docente usual. Segundo esse autor, a aprendizagem significativa é definida a partir da relação entre as novas ideias e as ideias prévias do aprendiz. Esta relação não é arbitrária, mas significativa, porque permite ao aprendiz atribuir sentido a essas novas ideias (Ausubel, 2000). Avançando um pouco mais no conceito de Aprendizagem Significativa Crítica (ASC), encontramos, nas palavras de Marco Antonio Moreira, a defesa da ideia de que o conhecimento, embora faça parte da cultura, não pode ser subjugado por ela e por suas ideologias. O aprendiz deve manter e exercitar seu senso crítico (Moreira, 2005).

Neste contexto, a utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que agregam conceitos fundamentais da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Aprendizagem Significativa Crítica, se mostrou eficaz como instrumento didático alternativo às práticas convencionais. Neste trabalho, discutimos a construção e a implementação de uma UEPS procurando destacar, nas situações em que aparecem, os conceitos e os princípios que fundamentam tais teorias, de forma a possibilitar seu entendimento e compreensão. Também buscamos mostrar que a UEPS pode proporcionar uma maior interação entre aluno, professor e materiais de aprendizagens, no sentido da relação triádica proposta por Gowin (1981). A partir dessa realação, o professor, ao preparar o material educativo, tem que perceber, através das concepções prévias dos alunos, as potencialidades que devem ser desenvolvidas, tornando este material potencialmente significativo, o que, por sua vez, facilita o processo de ensino/aprendizagem.

Cabe ressaltar que este trabalho é um recorte de uma pesquisa de doutorado do segundo autor deste artigo e que, para análise dos resultados, discutiremos uma das três UEPS implementadas.

Por fim, é importante frisar que um dos objetivos deste trabalho é discutir os princípios facilitadores da ASC elencados por Moreira (2010), que podem ser considerados, no todo ou em parte, quando do desenvolvimento de estratégias e atividades didáticas para o ensino. Também buscamos, a partir de exemplos de respostas apresentadas pelos estudantes, explicitar como os princípios da ASC contribuem para o estudo dos processos de aprendizagem significativa em aulas de Física de alunos do terceiro ano do ensino médio, por meio de UEPS que abordaram diferentes Radiações.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

### A. Teoria da Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Significativa Crítica

A TAS é uma teoria cognitivista e preocupa-se em estudar os mecanismos internos da mente humana, tendo como conceito chave a aprendizagem significativa e como alicerce, a estrutura cognitiva do aluno. Uma aprendizagem com significados deve considerar o conhecimento que os estudantes conseguem externalizar, tanto do cotidiano como das relações com conteúdos científicos de outras disciplinas e séries e trazê-lo para a sala de aula. Isto possibilita um compartilhamento com os demais alunos. Interagir e articular os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do estudante proporciona uma aprendizagem com significados.

O conhecimento é significativo por definição. É o produto de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos dele) e o seu “mecanismo” mental para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos (Ausubel, 2000, p.1).

Numa visão mais contemporânea, a ASC (Moreira, 2010) propõe que a aprendizagem significativa deve ser crítica como estratégia de sobrevivência na sociedade contemporânea. A ASC tem a possibilidade de permitir ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela,

colocando-se como participante e também como sujeito crítico dos processos de ensino e aprendizagem, sendo capaz de modificar a realidade apresentada (Moreira, 2010). Nesse sentido e tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner (1969), mas de modo menos radical e mais viável na prática, Moreira elenca alguns Princípios Facilitadores da ASC, que podem ser considerados no todo ou em parte quando do desenvolvimento de estratégias e atividades didáticas para o ensino (Moreira, 2010): 1. Conhecimento Prévio: aprender que se aprende a partir do que já se sabe; 2. Interação Social e Questionamento: aprender e ensinar perguntas e não respostas; 3. Não Centralidade do Livro Texto: aprender a partir de diferentes materiais educativos potencialmente significativos; 4. Aprendiz como Preceptor ou Representador: aprender que os indivíduos são perceptores e representantes do mundo; 5. Conhecimento como Linguagem: aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade; 6. Consciência Semântica: aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras; 7. Aprendizagem pelo Erro: aprender que o ser humano aprende corrigindo seus próprios erros; 8. Desaprendizagem: aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência; 9. Incerteza do Conhecimento: aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para o pensamento; 10. Não Utilização do Quadro-de-Giz: aprender a partir de distintas estratégias de ensino; 11. Abandono da Narrativa: aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.

No planejamento e na implementação da UEPS, valemo-nos destes princípios para estabelecer relações entre as estratégias de ensino e a sua execução. Como já dito, estes princípios podem ser considerados no todo ou em parte quando do desenvolvimento de estratégias e atividades didáticas para o ensino, a fim de se obter uma Aprendizagem Significativa Crítica, o que implica em mudanças na didática do professor e no modelo escolar atual. Segundo Moreira (2010), para a sociedade contemporânea não basta adquirir novos conhecimentos de maneira significativa, é preciso adquiri-lo criticamente. É neste contexto que a TAS e a ASC serviram de base para a construção e a implementação da UEPS deste trabalho.

## B. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

UEPS são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem, particularmente a da Aprendizagem Significativa, e têm como objetivo desenvolver atividades facilitadoras da aprendizagem, proporcionando uma participação mais ativa por parte dos alunos envolvidos no processo e, por consequência, um ensino e uma aprendizagem com significados, ancoradas em seus conhecimentos prévios. Em particular, a UEPS propõe-se apresentar conteúdos com o objetivo de valorizar os princípios programáticos da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, a negociação de significados, os organizadores prévios, os recursos instrucionais e as estratégias pedagógicas.

A UEPS apresentada neste trabalho, além dos princípios mencionados, foi construída de modo a incorporar os onze princípios listados abaixo, que Moreira (2011) julga fundamentais para elaboração de uma UEPS, com elementos de algumas teorias relacionadas à aprendizagem cognitiva, como aquelas propostas por Novak (1980), Vergnaud (1990), Vygotsky (1987) e Moreira (2010), entre outros: *Ideias Prévias*: aquilo que o aprendiz já conhece; *Pensar, Sentir e Agir*: elementos que devem estar integrados positivamente para que se construa significativamente os conhecimentos; *Interesse*: pré-disposição para aprender; *Organizadores Prévios*: material introdutório usado para relacionar os novos conhecimentos aos conhecimentos prévios; *Situações-Problema*: situações propostas em níveis crescentes de complexidade para despertar a intenção de aprender significativamente; *Modelos Mentais*: construções mentais construídas em analogia às situações reais; *Consolidação do Conhecimento*: insistência no domínio do que está sendo estudado antes de introduzir-se novos conhecimentos; *Avaliação Progressiva*: busca de indícios ou evidências de aprendizagem significativa propondo situações-problema e mediando as novas informações com os conhecimentos prévios; *Interação Social*: atividade fundamental para que o sujeito, usando uma linguagem adequada, capte significados; *Relação Triádica de Gowin*: relação entre aprendiz, professor e material educativo com objetivo fundamental de promover a captação e o compartilhamento de significados contextualizados; *Aluno como Sujeito Ativo*: abandono da narrativa em favor da participação ativa do aprendiz na construção do seu conhecimento, estimulando, com estratégias diversas, não a memorização, mas o questionamento.

Moreira (2011) propõe que se levem em conta oito aspectos sequenciais (passos) para o planejamento de uma UEPS, com materiais e estratégias didáticas diversificadas, cabendo ao professor buscar a melhor forma de implementá-las. Na metodologia mostraremos os passos trabalhados na UEPS implementada.

### III. METODOLOGIA

A UEPS analisada neste trabalho foi aplicada em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública brasileira pela segunda autora deste trabalho, que também era a professora regente efetiva das turmas, atendendo 41 alunos, durante o terceiro trimestre letivo de 2017. Foi desenvolvida em 20 aulas de 45 minutos cada uma e foi denominada “*Da Segunda Guerra Mundial às Histórias em Quadrinhos interagindo com a matéria*”. A seguir apresentamos a sequência utilizada para a UEPS.

No primeiro passo (tabela 1) definimos os conceitos a serem abordados e os objetivos da UEPS. Esses conceitos devem explicar como as informações serão declaradas para posteriormente servirem de base para a construção dos conhecimentos. Nesta UEPS, a ênfase conceitual foi dada às radiações ionizantes. Um dos objetivos desta UEPS, também objetivo da pesquisa da qual retiramos o recorte que estamos analisando, era o de identificar os invariantes operatórios do campo conceitual da Radiação. No segundo passo, investigação do conhecimento prévio, o objetivo foi elaborar situações-problema (SP) que visassem a explicitação da estrutura cognitiva relevante dos sujeitos. Neste passo elaboramos duas situações iniciais.

A primeira situação foi elaborada a partir de uma atividade com imagens de cenas da Segunda Guerra Mundial e do acidente de Chernobyl com o objetivo de saber quais as relações que os alunos pudessem fazer entre as radiações produzidas nesses eventos e aquelas sobre as quais já tivessem algum conhecimento obtido em disciplinas escolares ou pela mídia, presentes em dispositivos ou equipamentos relacionados direta ou indiretamente ao seu cotidiano. Na segunda situação, foi elaborado um questionário abordando diferentes aspectos do tema Radiação. Nestas situações, buscamos identificar os conhecimentos prévios e os subsunçores relevantes porque alunos do terceiro ano já deveriam ter sido apresentados, em algum momento de sua vida escolar, a conceitos relacionados.

**TABELA 1.** Primeiro e Segundo Passos da UEPS.

<p><b>1º Passo:</b> Identificar os objetivos que nortearão a unidade didática e os conceitos propostos para o desenvolvimento da UEPS.</p>
<p>Objetivos: identificar e entender a natureza dos diferentes tipos de radiações e suas principais características e promover o domínio progressivo do campo conceitual para as radiações a partir dos possíveis invariantes operatórios emergidos nas resoluções das situações.</p> <p>Conceitos: radiação eletromagnética, radiações <math>\alpha</math>, <math>\beta</math> e <math>\gamma</math>, radioatividade, raios x e energia nuclear.</p>
<p><b>2º Passo:</b> Elaborar uma atividade introdutória com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios de Radiação</p>
<p><b>SI 1.</b> Foram entregues aos alunos imagens de cenas da segunda guerra mundial (<a href="http://pt.rfi.fr/geral/20150809-70-anos-apos-bomba-atomica-sobre-nagasaki-e-hiroshima">http://pt.rfi.fr/geral/20150809-70-anos-apos-bomba-atomica-sobre-nagasaki-e-hiroshima</a>) e do acidente de Chernobyl (<a href="https://pt.energia-nuclear.net/acidentes-nucleares/chernobyl">https://pt.energia-nuclear.net/acidentes-nucleares/chernobyl</a>) e questões envolvendo a parte conceitual dos dois eventos. 1. O que significam as imagens? A que fato histórico elas se referem? 2. De que forma o desenvolvimento da Ciência pode estar relacionado com as imagens? Justifique 3. Que conceitos da Ciência (Física, Química e Biologia) você consegue identificar a partir das imagens.</p>
<p><b>SI 2.</b> Foram propostas questões envolvendo a parte conceitual dos dois eventos para que fizessem relações entre Ciência e Sociedade e externalizassem seu conhecimento prévio. Questões: 1. De que o átomo é composto? 2. Que tipos de interações estão presentes na natureza. 3. O que você entende por energia. 4. Você acha possível que as radiações possam ser emitidas por fontes naturais? Justifique. 5. Existe diferença entre contaminação e irradiação? Explique. 6. Algumas indústrias utilizam radiação em seus processos produtivos. Você conhece algum tipo de produto que se utilize desse processo? Exemplifique. 7. Quais as vantagens e desvantagens do uso da radiação nas indústrias, na sua opinião? 8. O que você acha que diferencia uma bomba atômica de uma usina nuclear?</p>

No terceiro passo (tabela 2) foram elaboradas SP introdutórias construídas a partir de estratégias diversificadas (simulações computacionais, vídeos, exemplos do cotidiano, experimentos, entre outros) para dar sentido aos novos conhecimentos. A Diferenciação Progressiva é apresentada no quarto passo, que apresenta o conhecimento ensinado/aprendido dos aspectos mais gerais para os mais inclusivos.

Para que ocorra a diferenciação progressiva é necessário que sejam apresentados os aspectos mais gerais e abrangentes dos conceitos que serão abordados, para que o aluno tenha uma visão geral do que se pretende ensinar, sendo que logo em seguida é necessário que os aspectos mais específicos sejam evidenciados e exemplificados. As atividades desenvolvidas neste passo têm como objetivo a troca de significados entre os alunos, lembrando sempre que ela deve ser mediada pelo professor.

TABELA 2. Terceiro e Quarto Passos da UEPS.

<p><b>3º Passo:</b> Desenvolver duas SP num nível introdutório para trabalhar os conceitos de radiação ionizante e energia nuclear. No início de cada SI foram propostas questões-chave para discussão no grande grupo.</p>
<p><b>Questões-Chave 1.</b> Como você explicaria para uma criança o que é matéria? 2. Como descrever o átomo se não podemos observá-lo diretamente? 3. Em qual(is) local(is) você acha que pode estar exposto a alguma forma de radiação? Justifique suas escolhas. a) em casa b) na praia c) no hospital d) na escola e) na rua f) em uma indústria g) em uma usina nuclear.</p>
<p><b>SP1.</b> Utilizou-se um vídeo sobre Hiroshima (<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Yvo0dyW1vTE">https://www.youtube.com/watch?v=Yvo0dyW1vTE</a>) como organizador prévio. Na sequência, foram propostas três questões com base nesse vídeo para iniciar os estudos das radiações ionizantes e o envolvimento da questão social. 1. Que radiações são observadas no documentário? 2. Quais efeitos esse tipo de radiação pode causar para a saúde? 3. Quais questões sociais e políticas estão envolvidas no documentário?</p>
<p><b>SP2.</b> Para responder as questões-chave foram desenvolvidas duas atividades a partir da visualização de imagens projetadas por datashow. Atividade 1- Interagindo com as imagens. Observe as imagens (ilustração de uma radiográfica do tórax, imagem do símbolo utilizado para indicar radiação nuclear) e faça um relato do que você observa e justifique o funcionamento, a importância e os tipos de radiação que podem estar relacionados com as imagens.</p>
<p><b>SP3.</b> Revelando os “super-heróis” - Os bombardeios de Hiroshima e Nagasaki, em agosto de 1945, mostraram que, a partir daquele momento, era possível, nas palavras do filósofo alemão Günther Anders, “apagar o mundo como se apaga uma lâmpada”. Na década de 60 vivíamos a era pós Segunda Guerra e a luta das grandes potências pelo domínio da ciência dos armamentos nucleares, com objetivo de obter a supremacia tecnológica em caso de novas guerras. As imagens (“Quarteto Fantástico” em 1961 e 2005, “Homem Aranha” em 1962 e 2014 e o “Incrível Hulk” em 1962 e 2003) mostram fotos das revistas em quadrinhos na época de seu surgimento e na atualidade. Para Stan Lee e outros roteiristas das Histórias em Quadrinhos, “o átomo representa uma espécie de varinha mágica narrativa”, como observou Lainé, autor de quadrinhos. Na impossibilidade de compreender a ciência de seu tempo ou lidar com seus perigos, eles incorporaram o vocabulário dela às Histórias em Quadrinhos. I - Em desenhos e filmes, a radiação pôde transformar pessoas comuns em super-heróis. Pensando nas radiações a que eles foram submetidos, seria possível acontecer essas transformações? Explique e identifique as radiações envolvidas.</p>
<p><b>4º Passo:</b> Apresentar os conceitos trabalhados nas situações, abordando aspectos específicos de cada atividade, levando-se em conta a diferenciação progressiva.</p>
<p>Aula expositiva e dialogada. Os conceitos foram apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação de slides, simulações e vídeos. Os conceitos foram apresentados a partir do espectro eletromagnético, as radiações vistas até o momento e com o uso de simulações e vídeos curtos, juntamente com questões investigativas discutidas durante as duas atividades com a utilização de simulações.</p>

No quinto passo (tabela3) temos a complexidade. Este passo visa estruturar os conhecimentos pela apresentação de novas situações-problema em nível mais alto de complexidade, através da diferenciação e da abstração dos conceitos abordados em diferentes atividades na UEPS. Segundo Moreira (2011, p. 4), “esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto [...]”. Estas atividades devem sempre ser mediadas pelo professor, negociando significados.

A reconciliação integrativa descrita no sexto passo deve retomar as características essenciais dos conteúdos através da apresentação de novos significados. Também prevê explorar relações, similaridades e diferenças das ideias estudadas a fim de reconciliar discrepâncias que apareçam entre os conhecimentos na estrutura cognitiva do aluno.

No sétimo passo foi proposta uma avaliação da aprendizagem. Nele objetivamos registrar, ao longo da intervenção, todos os possíveis indícios de evolução conceitual denotando aprendizagens significativas, ou seja, tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado juntamente com uma avaliação somativa individual.

Por fim, o oitavo passo buscou verificar a efetividade da UEPS avaliando o desempenho dos alunos pela análise da progressiva evolução do campo conceitual, enfatizando evidências contínuas e não comportamentos finais, que evidenciem aprendizagem significativa.

A UEPS procurou implementar uma metodologia diferenciada para as aulas de Física com base em diferentes teorias de aprendizagem, da utilização de perguntas e situações-problemas estimuladoras, contextualizando com aspectos sociais e científicos que envolviam diretamente conceitos relacionados ao tema Radiações e associados aos conhecimentos prévios dos estudantes.

TABELA 3. Quinto, Sexto, Sétimo e Oitavo Passos da UEPS.

<b>5º Passo:</b> Propor novas situações-problema com um maior nível de complexidade. Novas situações foram apresentadas para trabalhar o conceito de meia-vida e foram retomadas e discutidas as aplicações mais específicas das radiações, os perigos e as vantagens do uso na sociedade.
<b>Questão-Chave:</b> No ano de 2017, o acidente radioativo com o Césio 137 fez 30 anos. Escreva o que você conhece sobre um dos maiores acidente nucleares do mundo.
<b>SP1.</b> Foi apresentado um documentário sobre o acidente com o Césio 137 e um questionário sobre esse assunto.
<b>SP2.</b> Foi trabalhado um texto de divulgação científica e uma simulação encontrada no endereço eletrônico <a href="https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radioactive-dating-game">https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radioactive-dating-game</a> . O objetivo era que os alunos discutissem e entendessem o decaimento radioativo e o conceito de meia vida.
<b>6º Passo:</b> Realizar uma aula expositiva dialogada para concluir a unidade, retomando os conteúdos e integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS, buscando a reconciliação integrativa através de duas atividades.
Primeiro os conteúdos da UEPS foram apresentados em datashow numa aula expositiva e dialogada para revisão de conceitos e suas relações, abordando situações com novos significados.
Após a atividade inicial, os alunos fizeram uma atividade em duplas com o título Recriando o Espectro Electromagnético. Nesta atividade, foram distribuídas várias imagens em diferentes contextos e um modelo em branco do espectro eletromagnético para que os estudantes recriassem o espectro com situações e imagens, relacionando-as com o comprimento de onda e a frequência.
<b>7º Passo:</b> Propor uma avaliação individual da aprendizagem.
<b>Avaliação Individual</b> - A avaliação continha 12 questões abertas e fechadas abordando diferentes tipos de radiações. Exemplos de questões presentes na avaliação: <b>1.</b> Cite pelo menos três aplicações da radioatividade no cotidiano? Explique. <b>2.</b> Em 13 de setembro de 1987, na cidade de Goiânia, Goiás, uma cápsula de césio-137, deixada em uma sala do antigo Instituto Goiano de Radiologia (IGR), foi removida, violada e vendida por dois trabalhadores. Atraídos pela intensa luminescência azul do sal de césio-137 contido na cápsula, adultos e crianças manipularam-no e distribuíram-no entre parentes e amigos. As pessoas contaminadas, que procuraram farmácias e hospitais, foram inicialmente medicadas como vítimas de alguma doença infectocontagiosa. [Adaptado]. Se no lixo radioativo encontra-se 20 g de Cs-137 e o seu tempo de meia-vida é 30 anos, depois de quantos anos teremos aproximadamente 0,15 g de Cs-137? <b>3.</b> Os raios X são utilizados tanto para diagnóstico quanto para tratamento de câncer. Seus fótons possuem maior energia, comparados com fótons da luz visível. Sobre os raios X, marque as alternativas verdadeiras: a) Os raios X são radiação eletromagnética de alta frequência, produzidos quando um feixe de elétrons colide com um alvo metálico. b) Considerando o espectro eletromagnético, os raios X estão compreendidos em uma faixa de comprimento de onda entre 0,01 e 10 nm. c) Os raios X não podem ser utilizados em exposições prolongadas pois podem causar diversas reações adversas, como queimaduras, mutações de DNA e até morte celular.
<b>8º Passo:</b> Avaliar a aprendizagem da UEPS.
Os estudantes elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento com o objetivo de verificar se ocorreu uma progressividade na aprendizagem e detectar indícios de aprendizagem significativa.

#### IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresentamos, a seguir, a discussão dos resultados com vistas a demonstrar como, durante a construção e a implementação da UEPS, foram incorporados os onze princípios facilitadores da ASC. Os resultados apontam evidências de indícios de aprendizagem significativa, tanto pela influência das atividades diferenciadas e colaborativas, como pela reestruturação do conteúdo segundo os princípios da UEPS e da ASC. Para demonstrar esses indícios, escolhemos três situações-problema que evidenciam a importância da utilização da TAS e da ASC na prática escolar.

Com as SIs, através do diálogo e da discussão que se estenderam a todos os alunos, o professor estimulou os alunos a explicitarem suas ideias e seu conhecimento prévio. Desta maneira foi implementado o *Princípio do Conhecimento Prévio*. Aqui, assim como em várias passagens seguintes, é importante ressaltar que o resultado almejado dependeu fortemente do diálogo desenvolvido na sala de aula. A SI1, questão 3 (tabela 2) buscou analisar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação aos dois acontecimentos que evidenciam dois aspectos diferentes de abordar as radiações ionizantes. Pelo fato desses dois acontecimentos possuírem relação com diferentes disciplinas, não foi possível destacar, nas respostas de 32 dos estudantes, subsunções relevantes quanto o tipo de radiações presentes nos eventos, ou seja, ideias ou conceitos que pudessem servir de âncora para novos conhecimentos. Como exemplo destas respostas citamos: “*A bomba causa destruição e doenças, queimaduras, morte de animais*”; “*Os conceitos envolvem combustão e degradação*”; “[...]causam um grande impacto ambiental”, “*guerras químicas e catástrofes biológica*”. As respostas não apresentaram relações diretas com as radiações, apenas citaram a palavra radiação como exemplo de conceito relacionado à Física e à Química, como por

exemplo: “a radiação em si é um dos conceitos presentes nas imagens”; “a radiação do ar”, “conceito de radiação e química”.

As respostas dos estudantes para as situações iniciais mostram a dificuldade que eles possuem em relacionar fatos históricos com conceitos científicos e a importância de dialogar e trabalhar as relações Ciência e Sociedade. Assim, pode ser implementado também o *Princípio da Interação Social e Questionamento*, que parte do pressuposto de que a aprendizagem é um processo social que envolve a partilha entre os sujeitos e destes com o ambiente social em que estão inseridos.

Importante ressaltar que a UEPS foi construída a partir de vários elementos ou estratégias: discussões, mostras de fotos e vídeos, questionários, experimentos, etc. O livro texto foi utilizado apenas quando houve a necessidade de alguma informação complementar ou para reforçar algum conteúdo necessário à integração dos conhecimentos. Desse modo, o *Princípio da Não Centralidade do Livro Texto* permeia toda estrutura da UEPS, o que não significa abandoná-lo, mas utilizá-lo como um dos materiais didáticos a serem explorados e não apenas como única fonte didática. Moreira (2005) afirma que a utilização de um único tipo de material é uma prática deformadora, enquanto que, para ser crítica, deve ser formadora. Um dos recursos utilizados na UEPS foram vídeos com documentários. Na SP3 do terceiro passo, foi utilizado, como organizador prévio, um documentário curto sobre Hiroshima: “História da bomba atômica”. Ele apresenta conceitos claros e diretos, de forma a fornecer subsunçores para abordar alguns conceitos que não apareceram nas situações iniciais do segundo passo.

As respostas dos estudantes apresentaram uma evolução conceitual, mesmo que pequena e, por vezes, confusa, o que mostra a importância de trabalhar os conceitos em diferentes níveis de complexidade e com diferentes materiais didáticos. Como exemplo das respostas das questões 2 e 4, os mesmos alunos da SI apresentaram mudanças significativa: “a usina nuclear a energia elétrica é obtida a partir de materiais radioativos e a bomba atômica ocorre a partir da fissão”; “as radiações emitidas causam câncer e alguns sintomas começam com o vômito e tonturas”; “A diferença está na utilização da usina nuclear para a produção de energia elétrica a partir da divisão do átomo e a bomba atômica utilizada em guerras”.

A escolha do material utilizado e das questões colocadas permitiu ao professor expor e discutir a percepção dos alunos e, a partir daí, os tipos de representações que fazem. Este é um exemplo claro do *Princípio do Aprendiz como Preceptor ou Representador*.

Já o *Princípio do Conhecimento como Linguagem* é outro daqueles que podem perpassar toda a UEPS, desde que os conteúdos sejam abordados introduzindo-se e discutindo-se os significados das palavras e das expressões usadas no desenvolvimento das atividades. No caso deste trabalho, palavras e expressões como radiação, radiação eletromagnética, raios x e meia-vida, césio, fissão e fusão são empregadas para a descrição científica dos fenômenos pois, para discutir fenômenos, devem ser usadas palavras e expressões que fazem parte do vocabulário científico porque a chave da compreensão de um conhecimento ou, em termos escolares, de um conteúdo, é conhecer a linguagem através da qual seu caráter de verdade pode ser expresso.

Por sua vez, o *Princípio da Consciência Semântica* implica em reconhecer que os significados das palavras foram atribuídos a elas por pessoas e que, portanto, esses significados dependem ou estão relacionados ao conhecimento e à experiência dessas pessoas. Este princípio aparece na construção do conhecimento, que implica em atribuição de significados a partir do conhecimento prévio dos estudantes, conhecimento este apurado a partir das SPs iniciais. Outro aspecto deste princípio, entendido como condição para a aprendizagem significativa, é que o aprendiz chegue a atribuir significados próprios, idiossincráticos, a respeito do que está sendo discutido. No quinto passo, uma das situações abordou o acidente radioativo com Césio 137. O documentário foi escolhido por fazer parte da nossa história e, a partir do documentário, vários conceitos foram abordados, como decaimento radioativo, diferença de contaminação e irradiação, material radioativo, lixo atômico e efeitos biológicos. Situações que representavam esses conceitos foram distribuídas ao longo dos diferentes passos em diferentes graus de complexidade. Na questão chave (tabela 3), dos 41 estudantes, 28 não sabiam que o acidente tinha acontecido no Brasil e confundiram-no com as bombas atômicas e 10 confundiram-no com o acidente de Chernobyl, que já havia sido discutido em aula. Apenas três alunos descreveram o evento. Algumas respostas: “...o acidente de Chernobyl foi causado por erro humano...”; “nunca ouvi falar”; “Não conheço nada a respeito disso, foi em Hiroshima”; “...mais conhecido como a usina nuclear de Chernobyl... com um valor muito alto de radiação, contaminou várias gerações”; “... Chernobyl houve uma falha na máquina de refrigeração...”; “... a bomba de Hiroshima destruiu e contaminou o Japão...”.

Ao discutir as várias SP, respeitando as respostas dos alunos, o professor incentivou cada um deles a se posicionar e expressar, sem receios, o conhecimento que tem naquele momento. A partir da prática do diálogo em sala de aula, o aluno pode vir a compreender que seu conhecimento pode não ser aquele que é considerado verdadeiro e aceitar que ele pode ser corrigido pela discussão. Com o tempo, o aluno pode passar a manifestar seu conhecimento para testá-lo, para saber se ele é verdadeiro ou falso, algo como o

cientista que formula uma hipótese para depois testá-la. Desta forma, o professor pode implementar, na sua prática e junto a seus alunos, o *Princípio da Desaprendizagem*. Podemos exemplificar e explorar este princípio valendo-nos do passo sete, na avaliação. Neste, o desaprender foi usado com o sentido de que os estudantes, ao auto-avaliarem seu conhecimento, buscaram novos subsunçores que os ajudassem a resignificar os conhecimentos prévios não relevantes sobre os conceitos abordados durante toda a UEPS. Em alguns casos, os estudantes tiveram que abandonar certas concepções para buscar um novo conceito com significados relevantes para determinadas situações. Para Moreira (2005, p.16), “*aprender a desaprender é aprender a distinguir entre o relevante e o irrelevante no conhecimento prévio e libertar-se do irrelevante, i.e., desaprendê-lo*”. Também aprende-se a desaprender pela escolha das SPs e pelo modo como são elaborados os diálogos em sala de aula, porque disso pode provir a percepção de que o conhecimento não é um dado ou um alvo fixo, já definido, a ser alcançado, mas que depende das definições que aceitamos, das perguntas que fazemos e das metáforas que associamos ao objeto de interesse. Assim, o *Princípio da Incerteza do Conhecimento* também pode perpassar toda UEPS.

Finalmente, pela própria natureza, estrutura e conteúdo da UEPS, fica claro que ela incorpora o *Princípio da Não Utilização do Quadro-de-Giz*, no uso de atividades diferenciadas como seminários, atividades experimentais, documentários, etc., e é evidente o *Princípio do Abandono da Narrativa*, uma vez que os estudantes tiveram voz em todas as situações-problemas desenvolvidas.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi discutir os princípios facilitadores da ASC a partir de uma UEPS elaborada e implementada em sala de aula, apresentar alternativas metodológicas para a prática docente no ensino de Física e analisar indícios de aprendizagem significativa nas situações-problemas avaliadas.

Pudemos constatar que a aprendizagem significativa tem estreita relação com a interação professor-aluno e a interação aluno-materiais educativos desenvolvidas na sala de aula. Através do diálogo, o professor deve muito mais propor questões do que procurar respondê-las, incentivando discussões e debates entre todos os alunos e procurando mostrar que suas manifestações são sempre relevantes. Inicialmente, os alunos apresentaram dificuldades em resolver as situações e em expressar suas opiniões, fazendo-o sempre com respostas curtas e vagas, sem muita disposição para escrever. Contudo, no transcorrer do trabalho de implementação da UEPS, observamos uma participação cada vez maior, com maior coragem e maior qualidade, evidenciando uma evolução nos conceitos abordados e indícios de aprendizagem significativa.

Por fim, cabe salientar que a abordagem das radiações teve caráter introdutório, com alguns conceitos sendo explorados apenas com ênfase no caráter conceitual, sem o formalismo matemático peculiar. Esta abordagem teve também o objetivo de estabelecer a base teórica para uma melhor compreensão da Física das Radiações e suas relações com o dia a dia dos estudantes, principalmente para aqueles que vão continuar seus estudos na área, contribuindo, de certa forma, para uma formação qualificada de cidadãos.

## REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. (2000). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Paralelo.
- Gowin, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
- Moreira, M. A. (2014). Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea (Conferencia). Guayaquil, Equador: *11ª Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física*.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de ensino potencialmente significativas. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 1(2), 43-63.
- Moreira, M. A. (2010). Aprendizagem significativa crítica. *Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. 2. ed.
- Moreira, M. A. (2005). *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Ed. do Autor.
- Novak, J. D. (1980). *Uma teoria de educação* (M. A. Moreira, Trad.). São Paulo: Pioneira.
- Postman, N. & Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing.

Tavares, R. (2010). Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 18(2), 4-16.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170.

Vygotsky, L. (1987). *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.