

## **SOBRE AS COMPETÊNCIAS ENVOLVIDAS NO PROCESSO DE PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM MECÂNICA**

### **ON THE CAPABILITIES INVOLVED IN THE PROCESS OF PROMOTING A MEANINGFUL LEARNING IN MECHANICS**

**Sorandra Corrêa de Lima<sup>1</sup>, Eduardo Kojy Takahashi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Física/sorandrafis@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia/Instituto de Física/ektakahashi@gmail.br

#### **Resumo**

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a ocorrência desse tipo de aprendizagem pressupõe: a disposição por parte do aluno em relacionar o material a ser aprendido de forma substantiva e não arbitrária à sua estrutura cognitiva, possuir um conjunto de idéias relevantes na sua estrutura cognitiva (subsunçores) e o material a ser aprendido ser potencialmente significativo. Neste trabalho, estamos investigando como esses elementos se apresentam e como podem ser estimulados em estudantes ingressantes no ensino superior, na aprendizagem do tema “movimento”. Os estudantes envolvidos na pesquisa são de diferentes cursos da área de ciências exatas e engenharia e cursam uma disciplina denominada Introdução à Física. Para possibilitar o estabelecimento de um significado lógico ao conteúdo inicial de estudos, utilizou-se da estratégia de iniciar a discussão pelo tema Origem do Universo, segundo o modelo do Big Bang. Esse tema foi escolhido pelo seu caráter multidisciplinar, pela sua relação mais ampla com o conceito de movimento e pelo interesse que os estudantes ingressantes apresentam, em geral, sobre conteúdos associados à área de astronomia ou afins. Para se verificar a presença e qualidade de subsunçores nos estudantes foi aplicado um questionário contendo questões discursivas e foram solicitados que os estudantes confeccionassem mapas conceituais. As análises dessas atividades mostraram que os estudantes apresentam, em sua maioria, consideráveis deficiências com relação à clareza e/ou estabilidade dos conceitos subsunçores. Foi possível perceber, ainda, que, tanto a escolha do tema, como a forma de abordá-lo em aula, estimulando a participação de estudantes com propostas intelectualmente desafiadoras, promoveram um maior interesse dos estudantes no tema, comparativamente à abordagem tradicional do mesmo.

**Palavras-chave:** Aprendizagem significativa, Física, Mecânica.

**Abstract**

According to Ausubel's Meaningful Learning Theory, the occurrence of this kind of learning assumes: the disposition of the student in making substantive and non literal relationships of the material to be learned with his/her cognitive structure, to possess a set of relevant ideas in his/her cognitive structure (subsensors) and the material to be learned must have potential meaning. In this work, we are investigating how this elements are present and how they can be stimulated in students starting higher education courses in mechanics. This research involves science and engineering students enrolled in a discipline named Introduction to Physics. In order to enable the establishment of a logical meaning to the content of the study, we have utilized the strategy of discussing the origin of the Universe, according to Big Bang model. The choice of this theme was due to its multidisciplinary character, to its great relationship with the concept of motion e due to the interest that the students show on contents associated to astronomy and similar fields. It was applied a test consisting of open questions and it was asked to students to construct concept maps in order to verify both, the presence and the quality of the students subsensors. The analysis of these activities show that, in general, the students present considerably deficiencies related to the clarity and/or the stability of the subsensors concepts. It has been noted yet that not only the choice of the theme but also the way it has been discussed in classroom, with the students taking part of proposals intellectually challenging, has promoted a greater interest of the students on the theme, as compared to its conventional approach.

**Keywords:** Meaningful learning, physics, mechanics.

## **Introdução**

Embora o desenvolvimento das pesquisas em ensino de ciências tenha obtido um grande avanço nas últimas duas décadas (PAIXÃO et al., 2008) a transposição dos resultados dessas pesquisas para o ambiente de sala de aula é ainda muito pontual no Brasil (PENA, 2004). Em particular, o ensino da mecânica clássica newtoniana no nível médio ainda apresenta uma padronização na sua abordagem, com ênfase nos aspectos matemáticos e em detrimento de um maior enfoque epistemológico e fenomenológico do tema.

Diante da crescente quantidade de trabalhos em ensino de ciências que apontam para a inserção de temas da física moderna e contemporânea no ensino de nível médio (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007), (PENA, 2006), (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2001) perde-se, com a metodologia tradicional de ensino da mecânica, uma grande oportunidade de discutir o tema movimento mostrando a sua importância, a sua presença na natureza em escalas que variam das dimensões sub-atômicas às cósmicas e as idéias contidas nas teorias desenvolvidas tendo-o como foco principal (mecânica quântica, mecânica newtoniana e mecânica relativística).

O fato de o tema ser introdutório ao estudo da Física, induz questionamentos sobre a metodologia atual e sua incapacidade de envolver os estudantes em um processo de aprendizagem significativa dessa matéria. A ocorrência desse tipo de aprendizagem, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1978), pressupõe que o estudante tenha disposição em relacionar o material a ser aprendido de forma substantiva e não arbitrária a sua estrutura cognitiva, possua um conjunto de idéias relevantes na sua estrutura cognitiva (subsúnciores) e que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo. Algumas práticas e atitudes do professor claramente facilitam o estabelecimento de um ambiente propício à aprendizagem significativa.

Neste trabalho, estamos investigando como esses elementos se apresentam e como podem ser estimulados em estudantes ingressantes no ensino superior, na aprendizagem do tema “movimento”.

## **Metodologia**

A metodologia aqui proposta foi aplicada a turmas ingressantes aos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica e Física da Universidade Federal de Uberlândia, e foram observadas as seguintes etapas de execução:

- a) Escolha do tema inicial a ser discutido na disciplina, pelos professores, a saber, Origem do Universo, em função da sua relação com o conceito de movimento e sua característica interdisciplinar;
- b) Identificação dos objetivos cognitivos e das estratégias de ensino-aprendizagem;
- c) Levantamento das concepções prévias dos estudantes sobre o tema Origem do Universo, utilizando um questionário com questões discursivas;
- d) Listagem dos conceitos físicos associados à temática, pelos estudantes, com os respectivos significados;
- e) Confecção de mapas conceituais sobre o Big Bang;

Para possibilitar o estabelecimento de um significado lógico ao conteúdo inicial de estudos, utilizou-se a estratégia de iniciar a discussão do tema movimento pela Origem do Universo, segundo o modelo do Big Bang. Em relação a esse tema foi definida uma taxonomia de objetivos cognitivos (BLOOM, 1956), (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001), especificando os objetivos educacionais, os principais conceitos a serem trabalhados e as estratégias de aprendizagem (Quadro 1).

### QUADRO 1

#### Taxonomia de objetivos cognitivos para o tema Origem do Universo.

Tópico	Objetivos Cognitivos Esperados	Conteúdo Abordado	Conceitos Trabalhados	Estratégias Adotadas
Origem do Universo	<p><b>Conhecimento:</b></p> <p>i) Conhecer os diferentes modelos sobre a origem do Universo, em especial o do Big Bang.</p> <p>ii) Especificar os principais conceitos físicos associados à origem do universo.</p> <p>iii) Conhecer as bases científicas que sustentam a teoria do Big Bang.</p> <p>iv) Conhecer as etapas da evolução do Universo e as condições físicas associadas, após o Big Bang.</p> <p><b>Compreensão:</b></p> <p>i) Reconhecer o movimento como um fenômeno inerente à origem do Universo.</p> <p>ii) Compreender a inter-relação dos diversos campos da ciência no estudo da evolução do Universo.</p> <p><b>Análise:</b></p> <p>i) Identificar os fenômenos e conceitos físicos relevantes nesse tema, estabelecendo relações entre eles.</p> <p><b>Avaliação:</b></p> <p>i) Confrontar o conhecimento trabalhado nessas atividades com o conhecimento adquirido nas aulas regulares sobre Mecânica.</p>	Abordagem introdutória de: Termodinâmica, Mecânica Clássica, Eletromagnetismo e Física Moderna.	Espaço, tempo, matéria, energia, temperatura, calor, inércia, massa, radiação, movimento (expansão, contração), partículas, fases da matéria, ligação química, átomo, força (gravitacional e eletromagnética), carga elétrica, campo (campo gravitacional e campo eletromagnético) e fóton.	Pesquisa na Internet; chat; discussão coletiva; confecção de Mapas Conceituais

Esse tema foi escolhido pelo seu caráter multidisciplinar, pela sua relação mais ampla com o conceito de movimento e pelo interesse que os estudantes ingressantes apresentam, em geral, sobre conteúdos associados à área de astronomia ou afins. O tema escolhido permitiu a sua abordagem do ponto de vista do conhecimento científico e não científico e a ênfase nos conceitos mais inclusivos da ciência.

Inicialmente, foi apresentado pelos professores das disciplinas um organizador prévio sobre o tema Origem do Universo, como forma de dar ciência aos estudantes sobre o conteúdo que viria a ser trabalhado.


Para se verificar a organização das estruturas de conhecimentos relevantes ao tema e presentes na estrutura cognitiva dos alunos, foi aplicado um questionário contendo questões discursivas.

Logo após, os estudantes confeccionaram uma listagem dos conceitos físicos relevantes ao tema, com mediação do professor. Em seguida, pesquisaram os

significados de cada conceito e confeccionaram um mapa conceitual sobre o assunto em discussão.

### Resultados e Discussões

O questionário aplicado aos estudantes, com o objetivo de investigar o a presença e a qualidade dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do estudante encontra-se ilustrado na Figura 1. As respostas a esse questionário relativo ao Big-Bang mostraram conhecimento pouco aprofundado dos estudantes e, em certos aspectos, equivocados em relação ao tema.



**Universidade Federal de Uberlândia**  
**Instituto de Física**  
**NUTEC – Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas**  
Av. João Naves de Ávila, 2121 – C.P. 593 – CEP 38400-902 – Uberlândia - MG - Brasil  
Fone: (034) 32.39-4109 – Fax: (034) 32.39-4106 – email: [info@infis.ufu.br](mailto:info@infis.ufu.br)

**Questionário de Introdução à Física**

- 1) Como você define a Física?
- 2) Você acha que aprender Física será relevante para sua formação? Justifique.
- 3) O que você sabe sobre o Big Bang?
- 4) De que você acha que é feito o Universo? Justifique sua resposta.
- 5) Qual é o significado de matéria para você? Utilize alguma representação ou exemplo, se necessário, para expor sua idéia.
- 6) Descreva sua idéia sobre átomo. Utilize alguma representação se necessário, para expor sua idéia.
- 7) O que é uma partícula, na sua concepção? Utilize alguma representação ou exemplo, se necessário, para expor sua idéia.
- 8) Como você entende o que é a luz?
- 9) O que é campo gravitacional? Utilize alguma representação ou exemplo, se necessário, para expor sua idéia.
- 10) O que é energia? Utilize alguma representação ou exemplo, se necessário, para expor sua idéia.

**Figura 2: Questionário aplicado referente ao tema: Origem do Universo**

Surgiram diversas respostas semelhantes à que se segue:

*“O Big-Bang é uma teoria que foi criada para explicar a origem do universo. Esta explica que antes de existir os planetas havia apenas uma esfera gigantesca e incandescente e que após alguns milhares de anos ocorreu a explosão desta esfera dando origem aos planetas atualmente existentes”*  
[Estudante 1]

Um estudante justificou seu desconhecimento sobre o tema da seguinte forma:

*“Sei muito pouco sobre a teoria do Big -Bang. No 1º e 2º graus é muito difícil discutir a origem do Universo, pois a fé nos é mais intensa – na maioria dos casos”* [Estudante 2]

Esse conhecimento bem superficial dos estudantes em relação ao tema e aos conceitos associados à origem do Universo, como partículas elementares, campo, espaço, etc. mostra que, apesar da considerável quantidade de pesquisas apontarem a necessidade de inserção de temas relacionados à física moderna e contemporânea no nível médio de ensino, essa transposição de fato ainda não ocorreu satisfatoriamente.

A explicação apresentada pela estudante 1 ilustra uma necessidade que os estudantes possuem de justificar a ocorrência do Big Bang como resultado de algum processo que o desencadeou. Essa relação de causa-efeito aparece constantemente em diversos momentos da avaliação do conhecimento prévio dos estudantes sobre o assunto. A estudante 1 procura acomodar temporalmente a sua explicação, considerando que “após alguns milhares de anos ocorreu a explosão”. Outro estudante se preocupou em aperfeiçoar essa relação causal, como mostrado no extrato apresentado a seguir:

*“O Big-Bang é a teoria mais aceitável sobre a origem do universo. Nela uma pequena esfera incluída no universo explodiu, graças a inúmeras reações internas e cada parte dessa esfera foi transformando-se em planetas ou estrelas ou galáxias, que foram distanciando-se até virar o que é conhecido e o que não é.”* [Estudante 2]

Essa questão da causalidade permeou todas as discussões travadas sobre movimentos. Há quase um consenso que o movimento é um evento produzido a partir da ação de forças. A consideração de movimento como um fenômeno intrínseco ao próprio conceito de Universo e, portanto, sempre observável a partir de um referencial apropriado e do papel da força como simples agente modificador dos estados de movimento existentes, não é totalmente aceita pelos estudantes.

Outro ponto interessante na análise dos relatos dos estudantes 1 e 2 refere-se às opostas dimensões atribuídas às esferas primordiais (“esfera gigantesca” e “pequena esfera”) que eles associam ao Big-Bang.

A construção de mapas conceituais hierárquicos sobre o Big-Bang evidenciou as grandes dificuldades dos alunos. Em primeiro lugar, mostrou que, em geral, os estudantes não possuem clareza e estabilidade em relação aos significados de alguns conceitos físicos, o que os limita nas tarefas de diferenciar e

classificar os conceitos em mais inclusivos ou menos inclusivos e relacioná-los corretamente. Dentre as explicações de alguns conceitos físicos pelos estudantes ressaltam-se as seguintes:

*“Temperatura – quantidade de calor. Quantificação ou grau de agitação das partículas que compõe(sic) um corpo” [Estudante 3]*

*“Radiação – uma força da energia que se propagam (sic) por meio de ondas ou partículas” [Estudante 3]*

*“Espaço – vácuo situado além da atmosfera da Terra” [Estudante 4]*

*“Partículas elementares – parte muito pequena de composição, de funcionamento simples, primário, rudimentar” [Estudante 5]*

O estudante 3, por exemplo, atribui significados equivalentes para conceitos distintos (temperatura e calor; radiação e força), demonstrando a falta de clareza conceitual mencionada.

Nas Figuras 1 e 2 são apresentados dois desses mapas, construídos pelos estudantes do curso.



Figura 1: Mapa conceitual confeccionado por um aluno, sobre o Big Bang.

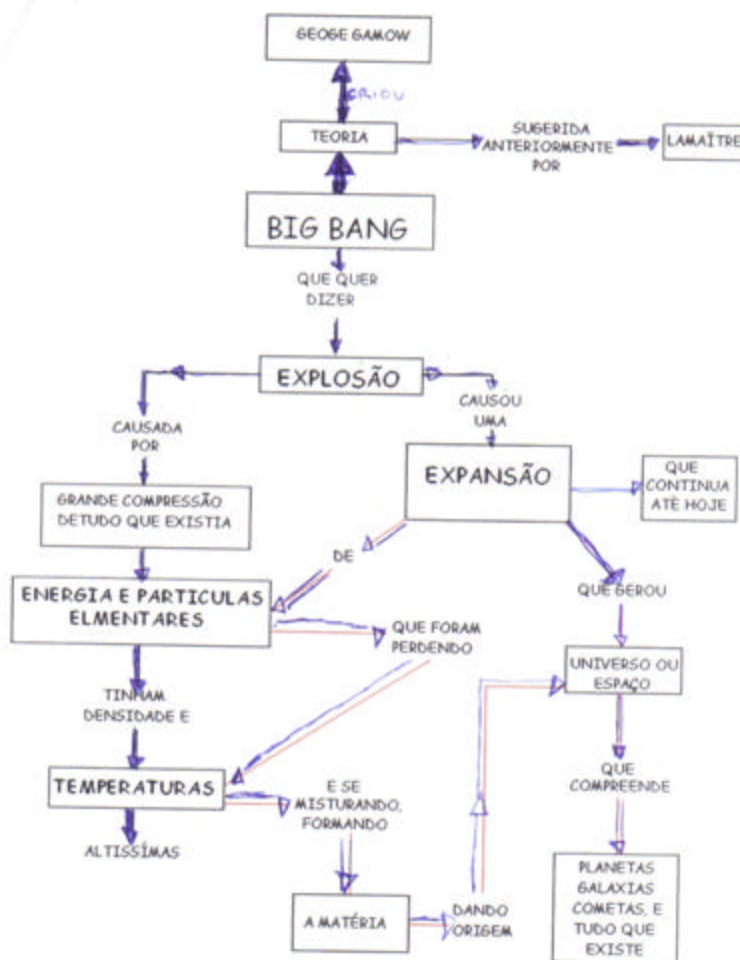


Figura 2 : Mapa conceitual confeccionado por outro aluno, sobre o Big Bang.

A partir das análises dos mapas conceituais construídos individualmente, 59% dos estudantes ingressantes no curso de Licenciatura em Física e 51% dos ingressantes nos cursos de Engenharia voltaram a explicitar uma causa para o Big-Bang, na forma de proposições como as seguintes:

*“O Big-Bang originou-se de uma grande explosão” [Estudante 6 Jessica]*

*“Big-Bang quer dizer explosão causada por grande compressão de tudo o que existia” [Estudante 7]*

*“A elevada temperatura e a grande concentração de energia, com a alta densidade, teria levado a uma grande explosão que daria início a tudo” [Estudante 5]*

*“O Big-Bang aconteceu devido a alta temperatura” [Estudante 8]*

*“O Big-Bang aconteceu em um determinado tempo” [Estudante 8]*



Embora os demais estudantes não tenham explicitado idéias semelhantes de causa-efeito para o Big-Bang em seus mapas conceituais, não se pode considerar que esse conceito estivesse ausente de seus esquemas mentais, especialmente pelo fato que, nos debates promovidos após a apresentação de alguns dos mapas, nenhum estudante apresentou uma idéia contrária a essas proposições.

Nesse ponto, os professores das disciplinas apresentaram questões que pudessem levar os estudantes a refletir sobre a falta de sentido em se pensar em uma causa para explicar a origem de tudo, segundo o modelo em discussão, mas essa idéia, entretanto, ou não é aceita ou é aceita com grandes reservas. Na verdade, os estudantes resistem à aceitação da origem do Universo como a origem de tudo o que se conhece.

O interesse dos estudantes pelo tema ficou evidenciado pela ativa participação dos mesmos nas atividades de discussão (diversas questões e proposições foram feitas pelos estudantes nas aulas) e na elaboração dos mapas conceituais. Nessa última atividade, fez-se uso de cartelas de papel para o registro, pelos estudantes, dos conceitos físicos relacionados ao tema. Esse procedimento facilitou a reorganização dos conceitos em cada mapa, após discussões promovidas entre os estudantes do grupo e estabelecido um consenso entre eles.

Provavelmente, esse interesse foi despertado pela metodologia mais centrada em discussões qualitativas sobre o tema e pouco focada sobre aspectos matemáticos logo no início da abordagem. De acordo com o relato verbal de alguns estudantes do curso, um dos fatores que promovem a desmotivação na aprendizagem de Física no ensino médio e a sucessiva matematização da disciplina, sem uma ênfase nos aspectos conceituais e fenomenológicos da mesma.

Conforme mencionado na introdução desse artigo, a existência de subsunçores claros e estáveis é determinante para viabilizar uma aprendizagem significativa. Nesse trabalho, precisamos criar situações conceitualmente conflitantes para promover discussões acerca dos principais conceitos físicos relacionados ao tema em questão e, com isso, procurar solucionar eventuais problemas nesse sentido.

A participação ativa dos estudantes nas discussões promovidas, reforçou-nos a certeza da correção na escolha das estratégias adotadas, ainda que não podemos garantir nesse momento que a aprendizagem dos mesmos tenha sido efetivamente significativa, pelo fato de que são necessárias novas incursões, em instantes de aprendizagem posteriores, para investigar a permanência dos subsunçores formados nas estruturas cognitivas desses estudantes, em relação ao tema estudado. De qualquer forma, houve um notável progresso no estímulo a uma melhor compreensão dos conceitos físicos, em relação a turmas anteriores dessa disciplina, onde tal metodologia não foi aplicada. Essas impressões foram obtidas, inclusive, por meio de relatos verbais de um número considerável dos estudantes envolvidos.

### **Conclusões Parciais**

A intenção de promover a aprendizagem significativa em física, a partir de uma abordagem diferenciada dos conteúdos escolares, com uso de estratégias de ensino-aprendizagem como a confecção de mapas conceituais, mostra que esse objetivo só pode ser alcançado se existirem determinadas competências disponíveis no estudante, como a existência de conceitos claros e estáveis em sua estrutura cognitiva. A ausência dessa condição fundamental impossibilita esse tipo de aprendizagem, como já havia sido mencionado por Ausubel (o mais importante para uma aprendizagem significativa é aquilo que o estudante já sabe). A estratégia adotada de promover discussões a partir de questões intelectualmente desafiadoras, revelou-se positiva como forma de estimular a participação dos estudantes nas aulas e, a partir da intenção de aprender, favorecer a aquisição de conhecimentos de forma significativa.

A escolha de um material instrucional diferenciado e que possa ter significado lógico ao estudante é apenas um primeiro passo para viabilizar o seu envolvimento no objeto de estudo, porém, não garante por si só, a qualidade da aprendizagem. As metodologias de ensino propostas com a finalidade de promover o tipo de aprendizagem aqui abordada devem focalizar sua atenção na construção de oportunidades para o estabelecimento dessas capacidades primordiais. O tema Origem do Universo permitiu abordar os principais conceitos da mecânica e, devido ao interesse que temas relacionados à astronomia despertam, em geral, nos estudantes, também despertou maior curiosidade dos mesmos pela matéria. Assim, a associação de assuntos de interesses dos estudantes na abordagem da matéria em questão, como foi feito aqui, permite atribuir significado à aprendizagem.

Aparentemente, o estímulo à promoção dessas capacidades é muito mais efetivo em modelos pedagógicos que incitem o estudante a refletir por meio de arguições, debates e desafios e que o leve a gerenciar conscientemente a sua aprendizagem (metacognição), como foi feito na metodologia aqui empregada. Nesse sentido, a confecção de mapas conceituais apresentou-se como um valioso instrumento pedagógico, por apresentar essa característica.

Ao final do semestre letivo, diversos estudantes ainda procuraram os professores das disciplinas relacionadas no artigo, para discutir alguns aspectos que lhe pareceram interessantes e cujas discussões promovidas não tinham satisfeito completamente suas curiosidades.

## Referências

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R.. **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. New York: Longman, 2001
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H.. **Educational psycology**. New York: Holt, Rinehart And Winston, 1978.
- BLOOM, B. S.. **Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: The Cognitive Domain**. New York: David Mckay Co Inc, 1956.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 3, n. 18, p.298-316, 2001.
- OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S.. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 3, n. 29, p.447-454, 2007.
- PAIXÃO, Fátima et al. Where are we? Contribution to a better understanding of the state of the art in science education research. **Journal Of Science Education**, Bogotá, n. , p.4-8, 2008.
- PENA, F. L. A.. Por que, apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 4, n. 26, p.293-295, 2004.
- PENA, F. L. A.. Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e idéias de Física Moderna e Contemporânea na sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 1, n. 28, p.1-1, 2006.