

Efeito fotoelétrico - Uma abordagem experimental para o Ensino de Física Moderna

Photoelectric Effect - An Experimental Approach to Teaching Modern Physics

Karine de Cássia Prado Batista

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP)
Karine.prado1@gmail.com

Alice Assis

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP)
aliassis@gmail.com

Silmar Antonio Travain

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP)
siltravain@gmail.com

Resumo

Neste artigo, analisou-se a aplicação de uma sequência de aulas sobre Efeito Fotoelétrico, com alunos de uma sala da 3ª série do Ensino Médio, em uma escola da rede estadual de ensino localizada no Vale do Paraíba. Essa sequência foi aplicada pelo professor de física, em um total de sete aulas em cinco encontros semanais, por meio de duas estratégias de ensino: aula dialogada e atividade experimental. A abordagem do conteúdo se deu mediante a participação ativa dos alunos, levando-se em consideração as suas concepções iniciais, de modo a propiciar a reflexão, o questionamento e a discussão sobre os conceitos envolvidos no experimento. Os resultados desta pesquisa mostraram que a realização de uma aula dialogada propiciou a interação alunos-professor e alunos-experimento, que viabilizou a participação dos alunos de forma crítica, reflexiva e investigativa, bem como o interesse pela compreensão do conceito utilizado no experimento de forma articulada ao seu cotidiano.

Palavras chave: Instrumentação, Física Moderna, Ensino, CTS.

Abstract

In this article, we analyze the application of a sequence of classes on Photoelectric Effect, with students from a room of the third grade of High School, in a school of the state education network located in the Paraíba Vale. This sequence was applied by the professor of physics, in a total of seven classes in five weekly meetings, through two teaching strategies: dialogic class and experimental activity. The content approach was based on the active participation of students, taking into account their initial conceptions, in order to provide reflection, questioning and discussion about the concepts involved in the experiment. The results of this research showed that the realization of a dialogic class facilitated the interaction between students and teachers and students, which enabled the participation of students in a critical,

reflexive and investigative way, as well as the interest in understanding the concept used in the experiment articulated to their daily lives.

Key words: Instrumentation, Modern Physics, Education, CTS.

Introdução

Com o decorrer dos tempos, pode-se perceber uma mudança na cultura de diversos países devido à tecnologia. Ela vem nos apresentando as mais variadas formas de relações, comportamentos e aprendizado. A tecnologia facilita a comunicação e o acesso às informações para grandes massas, fazendo com que haja reformulações nos ambientes cultural e social de determinados povos (MEDEIROS e VENTURA, 2009).

Dessa maneira, o mundo vem apresentando novos estímulos a crianças e jovens na área da aprendizagem. Atualmente, podemos citar como exemplo crianças menores de idade aprendendo a manusear aparelhos eletrônicos e jovens cada vez mais interessados no funcionamento desses aparelhos (PAIVA e COSTA, 2015).

Diante dessa situação, presenciamos certa defasagem no ensino de ciências nas escolas, particularmente no ensino de Física Clássica, que não é mais suficiente para explicar os fenômenos do nosso mundo atual. Esse descompasso, provocado por uma grade curricular de uma física desatualizada, resulta em uma prática pedagógica totalmente descontextualizada da realidade dos alunos, fazendo com que esses não percebam a importância do estudo de determinados conceitos físicos. No currículo atual, a disciplina de física acaba sendo resumida em aulas baseadas em fórmulas e soluções de problemas para o preparo do vestibular, excluindo toda a importância social, cultural e histórica que a física possui (MOREIRA, 2014).

Para situar o aluno nesse mundo científico, faz-se necessário introduzir no currículo alguns conceitos da Física Moderna, a qual aborda conteúdos fundamentais para a explicação do funcionamento da tecnologia e a produção de uma nova ciência. Entretanto, teorias tão intangíveis como o estudo de partículas elementares, a dualidade da luz, o efeito fotoelétrico e os efeitos da relatividade especial podem encontrar algumas barreiras em sala de aula, tais como: a falta de aptidão de alguns professores em trabalhar com componentes eletrônicos e a física que os envolve, ou a falta de recursos didáticos para auxiliarem na compreensão do aluno. No transcorrer dos estudos pedagógicos, a utilização de experimentos vem mostrando uma importância significativa na aprendizagem do aluno, trazendo como aspectos positivos a motivação, o despertar da curiosidade, o estímulo à criatividade, o desenvolvimento da capacidade de observação de grandezas físicas, a elaboração de hipóteses para a explicação do experimento e a comparação do efeito físico assimilado com fenômenos do cotidiano, entre outros. Segundo Oliveira (pág. 146, 2012)

[...] Ao montar sistemas experimentais, mesmo os mais simples, manipular os materiais empregados nos experimentos, ou eventualmente operarem equipamentos, os alunos aprimoram múltiplos saberes procedimentais, o que [...] é fundamental para sua formação, especialmente na sociedade atual, cada vez mais cercada pela ciência e tecnologia.

Fundamentados nessa questão, propomos a utilização de experimentos em uma aula dialogada expositiva que, consiste na exposição de conteúdo com uma participação ativa dos alunos e levando em consideração a bagagem de conhecimento que eles trazem. O professor pode conduzi-los à reflexão, ao questionamento e à discussão sobre o objeto de estudo, que no caso

é o funcionamento do experimento, causando-lhes conflitos cognitivos relativos aos seus conceitos espontâneos. Com isso, o professor assume o papel de mediador entre as novas ideias e a realidade do aluno (ANASTASIOU e ALVES, 2004).

No diálogo, as ideias vão tomando corpo, tornando-se mais precisas. O conflito de pontos de vista aguça o espírito crítico, estimula a revisão das opiniões, contribui para relativizar posições [...]. É neste momento do diálogo e da reflexão que os alunos tomam consciência de sua atividade cognitiva, dos procedimentos de investigação que utilizaram aprendendo a geri-los e aperfeiçoá-lo (GARRIDO, pág. 45, 2002).

Levar atividades investigativas para a sala de aula, como forma de desenvolver a compreensão de conceitos, é uma estratégia de ensino na qual o estudante, por meio de uma aula dialogada, percebe o seu papel fundamental na construção do conhecimento em aula, abandonando uma postura passiva e tornando-se crítico, adquirindo a liberdade de questionar, relatar acontecimentos e buscar as causas dessas relações, o que dá ao seu trabalho características de uma investigação científica. Utilizar-se da experimentação para desenvolver uma atividade faz com que o aluno perceba toda a construção da ciência por meio do desenvolvimento do método científico que se baseia na observação, criação de hipóteses, testes, entre outros, em que o aluno consegue desenvolver cada etapa para chegar no seu objetivo, que corresponde à explicação do fenômeno (AZEVEDO e STELLA, 2004).

Buscando um ensino interdisciplinar, o currículo de Ensino de Ciências vem abordando temas que envolvem tecnologia, sociedade e ambiente, com o intuito de que o aluno desenvolva, por meio da ciência, o pensamento crítico em relação a problemas sociais e ambientais enfrentados pela a sociedade que está inserido.

Segundo Strieder (pag. 32, 2008),

Dentre as várias propostas, particularmente no que diz respeito ao campo educacional, abordar as relações entre CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), geralmente possui como “pano de fundo”: (i) A busca por um ensino que contribua para uma mudança da compreensão do status da ciência, que envolve preparar os estudantes para compreender o papel que a ciência e a tecnologia exercem na sociedade e vice-versa. (ii) O desenvolvimento de uma aprendizagem social, entendida como a formação de cidadãos capazes de utilizar os conhecimentos escolares, que deixam de ser apenas científicos, já que envolvem questões mais humanistas e culturais, para se posicionar criticamente e decidir sobre questões relacionadas à ciência e à tecnologia.

Em resumo, devem-se abordar conceitos de ciência e tecnologia na sala de aula, propiciando ao aluno resolver problemas do seu dia a dia, formando um sujeito crítico, capaz de tomar decisões em sua sociedade.

Metodologia

Elaboramos uma sequência de aulas, sobre o conteúdo Efeito Fotoelétrico, que foi desenvolvida com 35 alunos de uma sala da 3ª série do Ensino Médio, em uma escola da rede estadual de ensino localizada no Vale do Paraíba. Essa sequência foi aplicada pelo professor de física da sala, em um total de sete aulas em cinco encontros semanais, conforme Tabela 1.

Encontros	Tema abordado	Tempo
1º encontro	Apresentação e aplicação do 1º questionário introdutório ao tema	1 aula (50 min)
2º encontro	Aula expositiva: Explicação do conceito fotoelétrico com abordagens em	2 aulas (1h40min)

	Física Quântica	
3º encontro	Demonstração e análise do Experimento "Motor acionado por luz"	2 aulas (1h40min)
4º encontro	Aula dialogada com discussões sobre a abordagem CTS e nova apresentação do experimento	1 aula (50 min)
5º encontro	Revisão de conteúdo e aplicação do 2º questionário	1 aula (50 min)

Tabela 1: Sequência de aulas.

No primeiro encontro, o professor fez um breve levantamento das ideias dos alunos sobre o tema “radiação eletromagnética e energia”, por meio de um questionário.

No segundo encontro, abordou conceitos de Física Quântica, tais como frequência de radiação e emissão de fótons em dispositivos eletrônicos, para explicar o Efeito Fotoelétrico, usando como recurso uma vídeo aula.

Na semana seguinte, foi abordado o funcionamento de uma atividade experimental de demonstração intitulada “motor acionado por luz”. Nessa atividade, o professor solicitou a alguns alunos voluntários que emitissem o laser e observassem o seu funcionamento. Nesse contexto, o professor propiciou discussões a fim de que os alunos colocassem as suas hipóteses para explicar o experimento. A atividade de demonstração experimental em sala de aula possibilita o aperfeiçoamento do conhecimento do aluno, pois a maioria das concepções criadas por ele são resultados de experiências vividas no dia a dia, mas essas experiências só adquirem sentido quando compartilhadas com pessoas mais capazes, porque são elas a oferecerem significados e explicações a experiências presentes no mundo sócio cultural que o aluno vive.

No quarto encontro, o professor utilizou novamente o experimento para mostrar aos alunos sua aplicação em equipamentos tecnológicos, como por exemplo: no acionamento de portas automáticas, na interrupção de motores prevendo acidentes, na iluminação de ruas, em sensores eletrônicos de presença, entre outros. Nessa aula, o professor possibilitou a discussão dos fenômenos físicos e os alunos assumiram uma postura ativa durante o diálogo, levantando dúvidas e trazendo seu conhecimento prévio sobre o assunto.

Na semana seguinte, no quinto encontro, o professor colocou novamente o fenômeno Efeito Fotoelétrico em discussão para que os alunos tirassem suas dúvidas. Após alguns questionamentos sobre o experimento e suas aplicações, o professor aplicou um novo questionário para um diagnóstico da opinião dos alunos acerca das atividades desenvolvidas na sequência de aulas em questão. Os dados de análise deste trabalho foram constituídos pelas respostas dos alunos ao primeiro questionário e pela transcrição de alguns recortes da interação ocorrida em sala de aula no quarto encontro.

A pesquisa

O tema abordado no experimento é o efeito fotoelétrico, que se baseia no estudo da emissão de elétrons por um material metálico ou semicondutor, ao absorver uma quantidade específica de radiação eletromagnética (como a luz). Esses elétrons ejetados, também chamados de fotoelétrons, podem conduzir uma corrente elétrica. Entretanto, para que esse efeito ocorra, é preciso que o feixe de radiação emitido sobre o material possua energia maior que a energia de remoção dos elétrons (denominada função trabalho). Essa energia é dada por $E = hf$ (Energia = Constante de Planck x Frequência da radiação). Para cada material, o efeito fotoelétrico dependerá de um valor mínimo de frequência. Se a energia emitida for igual à energia de remoção, o elétron será removido sem energia cinética. Porém, se a energia

emitida for superior à energia de remoção, o elétron será removido com uma energia cinética (DE CAMPOS VALADARES e MOREIRA, 2004). A Figura 1 representa o espectro eletromagnético em diversos tipos de ondas eletromagnéticas.

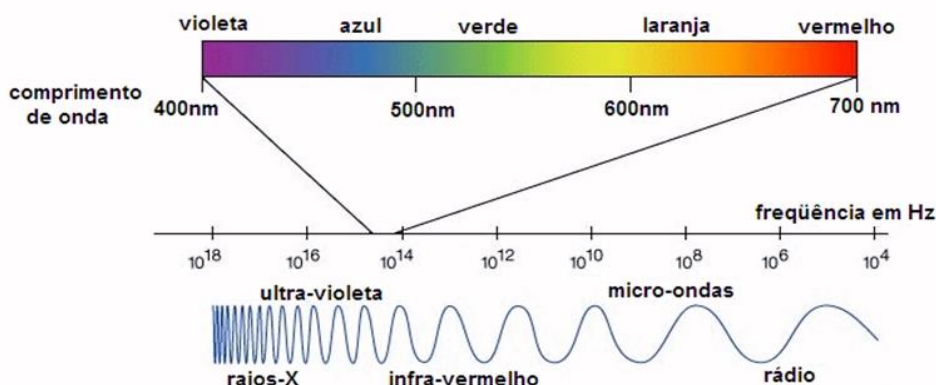


Figura 1: Espectro Eletromagnético (<http://www.ensinoadistancia.pro.br/ead/qg/aula-5/aula-5.html>).

O experimento utilizado é um motor elétrico acionado por luz, cujo funcionamento é baseado no conceito de efeito fotoelétrico.

Como mostra a Figura 2, na montagem do circuito do motor, deve-se ligar os componentes eletrônicos aos terminais da ponte utilizando um ferro de solda. É de extrema importância que a polarização do LED esteja invertida na ligação, colocando o terminal negativo (mais curto) em contato com o polo positivo da fonte. Feito isso, pode-se perceber que o motor não funciona diretamente após a ligação de todos os componentes.

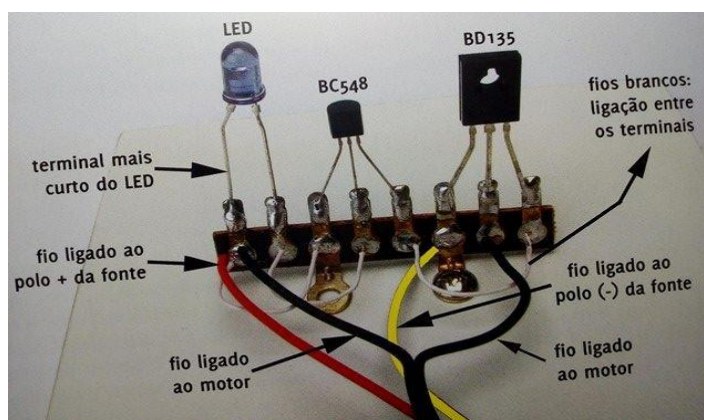


Figura 2: Aparato experimental do circuito (Paula, H.F et al, 2011).

Com o circuito montado, deve-se irradiar a luz da caneta laser em direção ao LED (Light Emitting Diode) que, por sua vez, irá captar os fótons da radiação do laser. Essa radiação faz com que sua resistência elétrica diminua, levando o LED a conduzir uma corrente elétrica suficiente para induzir o transistor ao nível de condução. Essa corrente elétrica acionará o motor elétrico. É importante que os alunos observem que o funcionamento só acontece quando uma determinada radiação (no caso, a do laser) for emitida em direção ao LED e que, no momento em que essa radiação for interrompida, o funcionamento do motor também será.

Análise de dados

Os dados obtidos após a aplicação da sequência de aulas foram avaliados usando o método de análise de conteúdo. Esse método descreve o conteúdo das mensagens durante as comunicações, visando o entendimento dos significados e sua interpretação (MORAES, 1999). A partir da identificação das diversas amostras, essas foram codificadas e agrupadas de acordo com suas características em comum.

No primeiro encontro, foi aplicado um questionário inicial para diagnóstico dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema radiação eletromagnética e energia. A seguir, destacamos algumas respostas dos alunos à seguinte questão: *“Existe alguma relação entre os termos energia e radiação eletromagnética?”*.

Aluno 1: *“A energia está contida no Sol e vem até a Terra através da radiação solar”*.

Aluno 2: *“Os átomos se movimentam ao redor do núcleo atômico devido a sua energia radioativa”*.

Aluno 3: *“Quando se liga a luz, podemos medir a energia dos elétrons em movimento”*.

Aluno 4: *“A energia é diferente, pois ela está em todos os lugares: tem a energia potencial e a elástica, que pode ser transferida de uma a outra”*.

É apresentado, na Tabela 2, um resumo das respostas obtidas nesse questionário inicial, que foram divididas em quatro categorias: radiação como forma de energia, energia como descarga elétrica, radiação como energia solar e outras respostas sem explicação conceitual.

Categorias	nº de alunos	Porcentagem
Alunos que indicaram que radiação eletromagnética é uma forma de energia	7	26%
Alunos que afirmaram que a energia surge após uma descarga elétrica	9	33%
Alunos afirmaram que a radiação eletromagnética e energia são fatores solares	5	18%
Alunos que não conseguiram explicar	6	22%

Tabela 2: Ponto de vista dos alunos sobre a relação entre o termo energia e radiação eletromagnética.

Os alunos mostraram em suas respostas muita confusão com o termo energia, articulando-o a um sistema conservativo em alguns casos. Cerca de 22% dos alunos não associaram energia à radiação eletromagnética. Na maioria das vezes, associavam o termo radiação eletromagnética à radiação solar, não usando outros fenômenos relacionados à radiação.

Na sequência, selecionamos alguns diálogos do quarto encontro, em que o professor abordou novamente o experimento, mediante uma aula dialogada:

Aluno 1: *“A radiação é proveniente do big-bang, a radiação veio em forma de energia dando vida ao planeta terra.”*

Professor: *“Como? Você disse que a radiação se transformou em energia, e deu vida ao planeta?”*

Aluno 1: *“A radiação veio do sol e nosso corpo pode sofrer com ela”*.

Aluno 2: *“Isso mesmo, com ela podemos sofrer queimaduras, por isso, utilizamos um bloqueador de radiação solar”*.

Professor: *“Agora você está me dizendo que ela faz mal ao ser humano?”*

Em seguida, houve um silêncio. Alguns alunos ficaram em dúvida, mas não se pronunciaram.

Aluno 3: *“A radiação solar é também essa do experimento?”*

Aluno 1: *“Professor, essa radiação do laser é a mesma da luz...ela dá energia do mesmo jeito com vimos o motor funcionando?”*

Professor: *“O que vocês acham, a radiação que vem do Sol e a que vem do laser, o que elas têm em comum?”*

Aluno 1: *“Uma energia igual?”*

Aluno 4: *“Professor eu acho que as energias são diferentes”*.

Professor: *“Como vocês acham que podemos medir essa energia? Porque você está dizendo que são diferentes?”*

Aluno 2: *“A radiação natural é diferente do laser.”*

Aluno 1: *“A radiação vai depender da modalidade então, o que muda ela?”*

Professor: *“Não é bem a modalidade, mas aquele fator que chamamos de frequência, cada emissão pode ter uma frequência diferente, que pode resultar em uma energia diferente”*.

Essas respostas sugerem que os alunos estão buscando compreender a diferença entre as radiações solar (que eles chamam de “natural”) e eletromagnética. Eles conseguem perceber que existe uma característica diferente entre elas. Ao falar que muda a modalidade, o aluno 1 demonstra perceber que existe uma grandeza variável, que corresponde à frequência, conforme explicitado pelo professor. Depois da explicação do professor, alguns alunos ficaram em dúvida, mas outros procuraram responder à pergunta do professor:

Aluno 1: *“Então, professor, podemos falar que energia é a frequência dessa onda que fez o motor funcionar?”*.

Professor: *“Quase isso, vamos voltar para a aula, lembrem da expressão: $E = hf_{luz}$, ou seja, a energia depende da frequência, que para nós é uma forma de radiação eletromagnética e pode ser transmitida em forma de luz”*.

Aluno 5: *“E o som que ouvimos também pode fazer o motor girar?”*

Professor: *“Não, o som é outro tipo de frequência, frequência diferente dessa das ondas eletromagnéticas”*.

Após a resposta do professor, alguns alunos ficaram inquietos, tentando entender porque existe frequência que não aciona o motor. Com o diálogo constituído, o professor pôde mostrar o experimento e os fenômenos de radiação eletromagnéticos envolvidos, possibilitando uma troca de conhecimento entre os próprios alunos. A aula expositiva dialogada com a introdução de um experimento facilitou a observação dos alunos, com a descoberta coletiva, criando novas interpretações do saber sistematizado (ANASTASIOU e ALVES, 2004).

Outro aspecto a ser destacado é que, nessas aulas, ocorreram discussões sobre o enfoque CTS, por meio de questões associadas à importância da aplicação dos conceitos de radiação eletromagnética e energia para o desenvolvimento tecnológico aplicado em aparelhos eletrônicos utilizados na sociedade. Usamos como exemplo o sistema das luminárias nos postes que opera de acordo com o efeito fotoelétrico, em que os alunos puderam debater sobre os pontos positivos e negativos desse tipo de iluminação. A esse respeito, o professor colocou as seguintes perguntas, tentando articular o conceito envolvido nesse fenômeno com o cotidiano dos alunos: 1. O efeito fotoelétrico é eficiente nesse sistema?; 2. Qual a relação de custo benefício?; 3. O que pode ocorrer em dias nublados, com pouca luminosidade?; 4. Quanto tempo de utilização pode haver um circuito desse tipo?

A análise das respostas dos alunos a essas questões mostrou que cerca de 65% deles relacionaram o funcionamento das luminárias de rua com o conceito abordado no experimento, demonstrando compreender o seu funcionamento, bem como a sua importância como uma alternativa para a economia de energia elétrica em situações diversas, tal como o uso desse conceito em sensores de presença. A atividade experimental de demonstração utilizada neste trabalho permitiu a abordagem do conceito científico de forma articulada aos aspectos tecnológicos e sociais, o que pode ter viabilizado a formação de cidadãos conscientes de como a tecnologia pode influenciar na sociedade e com atitudes críticas em prol de um desenvolvimento sustentável.

Considerações finais

A sequência das aulas busca implementar o conceito de Efeito Fotoelétrico para os alunos de maneira sutil e construtiva, considerando que os estudantes não estão familiarizados com equações e aplicações da Física Moderna. Além disso, para um estudo concreto, faz-se necessária uma abordagem na Física Quântica, evidenciando temas como a estrutura dos átomos, camadas de valência e dualidade da luz. Os alunos, ao se depararem com conceitos de Física Quântica, procuraram, em sua maioria, explicar o funcionamento do experimento usando fundamentos de Física Clássica Newtoniana, demonstrando desconhecimento sobre conceitos de Física Moderna.

Os resultados da análise dos instrumentos desta pesquisa mostraram que a realização de uma aula dialogada propiciou a interação alunos-professor e alunos-experimento, que viabilizou a participação dos alunos de forma crítica, reflexiva e investigativa, bem como o interesse pela compreensão do conceito utilizado no experimento de forma articulada ao seu cotidiano. Destacamos ainda que, na discussão sobre o uso racional de energia elétrica a partir da abordagem da aplicação do efeito fotoelétrico no cotidiano, os alunos participaram ativamente da discussão sobre as fontes e da utilização de energia elétrica, demonstrando terem refletido acerca dos problemas enfrentados pelo uso irracional da energia e das soluções relativas aos problemas apresentados, o que pode ter propiciado uma formação científica articulada aos aspectos tecnológicos, sociais e ambientais. Esses resultados mostram a importância de que sejam abordados temas atuais no Ensino de Física, o que pode ser facilitado por meio do uso de experimentos, cuja abordagem lúdica, tornem os conceitos trabalhados menos abstratos e mais próximos da realidade dos alunos.

Agradecimentos e apoios

À CAPES, pela bolsa PIBID e aos orientadores Alice Assis e Silmar Antonio Travain.

Referências

- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Estratégias de ensinagem**: Processos de ensinagem na universidade. Pressupostos para as estratégias de trabalho em aula 3, 2004, p. 67-100.
- DE AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação**: problematizando as atividades em sala de aula. *Ensino de Ciências unindo a pesquisa e a prática*. 2004, p. 19.
- DE CAMPOS VALADARES, E.; MOREIRA, A. M.. Ensinando física moderna no ensino médio: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **CBEF**, v. 21, 2004, p. 359-371.
- DE OLIVEIRA, J. R. S. Contributions and approaches of the experimental activities in the science teaching. **Acta Scientiae**. 12(1), 2012, p. 139-153.
- DE PAIVA, N. M. N.; COSTA, J. S. **A influência da tecnologia na infância: desenvolvimento ou ameaça?**, Teresina. 2015.
- GARRIDO, E. Sala de aula: Espaço de construção do conhecimento para o aluno. In: Castro, A. D.; Carvalho, A. M. P.. (org). **Ensinar a Ensinar: Didática para a escola fundamental e médio**. São Paulo: Pioneira, Thomson Learning, 2002.
- MEDEIROS, Z.; VENTURA, P. C. S. O conceito Cultura Tecnológica e um estudo no meio educacional. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 2, 2009, p. 237-251.
- MOREIRA, M. A. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea**. Porto Alegre. 2014.
- MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **R Educação**, Porto Alegre, v 22, n 37, 1999, p 7-32.
- MUNDIM, K. C. Ensino a distância, aula-5. Disponível em: <<http://www.ensinoadistancia.pro.br/ead/qg/aula-5/aula-5.html>>. Acessado em 15/12/2016.
- PAULA, H. F I. **Quântica para iniciantes: investigações e projetos**. Belo Horizonte: UFMG, 2011.
- STRIEDER, R. **Abordagem CTS e Ensino Médio**: Espaços de Articulação. Dissertação Universidade de São Paulo. Interunidades em Ensino de Ciências, 2008.