

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA A PARTIR DE UMA SEQUENCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE LENTES ESFÉRICAS

MEANINGFUL LEARNING FROM A DIDACTIC SEQUENCE FOR LENSES STUDY

Tarso Leandro Holanda, LEITE¹
Laudileni, OLENKA²

Resumo

Este trabalho trata da utilização de uma metodologia baseada na Aprendizagem Significativa, sendo proposta uma sequência didática baseada na utilização de atividades experimentais sobre óptica geométrica. Diante dessa concepção, o objetivo geral foi construir uma metodologia que valoriza os conhecimentos prévios dos alunos de forma individual e em grupo, como também ajudar os professores a desenvolver uma metodologia mais dinâmica e participativa para trabalhar o conteúdo de lentes esféricas. A proposta, fundamentada pela teoria de David Ausubel, fornece uma sequência didática, com uma situação problema para cada atividade proposta, os discentes registram as suas possíveis hipóteses de forma individual, depois em grupos e finalmente são realizadas as demonstrações experimentais para discussão e compreensão dos conceitos. Durante o desenvolvimento da sequência didática esses conceitos vão se formando e se firmando para ajudar o processo do aprendizado de forma duradoura, e desta forma trazer significado ao que ele aprende na teoria através de fórmulas e equações.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Atividades Experimentais Investigativas; Lentes Esféricas.

Abstract

This work deals with the use of a methodology based on "Meaningful Learning", proposing a didactic sequence based on the use of some experimental activities. Within this concept, the general objective is to build a methodology that values the previous knowledge of the students individually and in groups, but also helps teachers develop a more dynamic and participatory methodology for working the contents of spherical lenses. The proposal, based on the theory of David Ausubel, provides a didactic sequence with a problem situation, where the students record their possible

¹ Instituto Federal de Rondônia - *Campus* Calama. Email: tarso.leite@ifro.edu.br

² Universidade Federal de Rondônia - *Campus* Porto Velho. Email: laudileni@unir.br

hypotheses individually, after discussing it in groups and finally the experimental demonstrations are held for the understanding of the concepts. During the development of the didactic sequence, these concepts will be formed and established to help the process of learning, and in this way bring a meaning to what the student learns in theory through formulas and equations.

Keywords: Meaningful Learning; Experimental Activities Investigative; Spherical Lens.

Introdução

As estratégias pedagógicas devem levar o aluno a pensar, questionar e criar suas próprias ideias e conceitos sobre a importância dos fenômenos físicos que os cercam. A Física é uma Ciência que procura descrever e explicar os fenômenos da natureza, para isso utiliza o método científico, realizando observações, reproduções, elaboração e comprovação experimental e estabelece a compreensão desses fenômenos naturais que são explicados pelas suas leis e teorias.

A utilização de aulas baseadas no uso de experimentos reais ou virtuais para fazer uma conexão entre a teoria e a prática é uma metodologia que visa melhorar o ensino de Física nas nossas instituições de ensino. Do trabalho de Araújo e Abib (2003), encontramos uma justificativa para o desenvolvimento de aulas de Física com o uso de experimentos práticos, os mesmos afirmam que

De modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. Nesse sentido, no campo das investigações nessa área, pesquisadores têm apontado em literatura nacional recente a importância das atividades experimentais (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.176).

No processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Óptica Geométrica, por exemplo, percebe-se que são poucas ou nenhuma as atividades experimentais realizadas ao longo das aulas devido a inúmeras dificuldades, como exemplo: falta de laboratório didático, despreparo dos professores para utilizar os equipamentos experimentais, pouco tempo para a produção de materiais experimentais bem como o planejamento dessas aulas, etc. Normalmente os professores preferem apenas trabalhar com o método tradicional de ensino utilizando apenas o quadro para fazer ilustrações, representações e diversas listas de exercícios.

Carvalho et al. (2010), sugerem a utilização das atividades experimentais de forma investigativa, mostrando que é possível ensinar Física, motivando e despertando o interesse dos alunos nas aulas. Para tornar isso acessível, o professor deverá fazer com que os alunos percebam a importância de compreender os fenômenos da natureza, desenvolvendo suas habilidades através de aulas com participação ativa, construindo o seu conhecimento.

No trabalho de Gaspar e Monteiro (2005), é feita uma referência ao uso das aulas experimentais, conforme a narrativa

As atividades experimentais de demonstração em sala de aula, tanto quanto as atividades tradicionais de laboratório realizadas por grupos de alunos com orientação do professor, apresentam dificuldades comuns para a sua realização, desde a falta de equipamentos até a inexistência de orientação pedagógica adequada. No entanto, alguns fatores parecem favorecer a demonstração experimental: a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p.227-228).

Para tornar as aulas mais significativas, tornando o conteúdo de Óptica Geométrica mais claro para os alunos, é fundamental que a metodologia desenvolvida com o uso de experimentos investigativos possua um diferencial comparado ao enfoque tradicional de experimento, que já vem pronto acompanhado de um roteiro estilo “receita de bolo”, de acordo com Villatorre, Higa e Tychanowicz (2008)

O experimento serve para estimular e ampliar o campo de argumentação dos alunos. Onde a prática experimental deve ser combinada com outras estratégias, pois requer referencial teórico sobre estes novos conceitos científicos para que se possa despertar reflexões nos estudantes. Para isso, torna-se mais adequado trabalhar o experimento num enfoque qualitativo, devendo ser usado para suscitar reflexões nos alunos, que podem ser sobre a utilização e o aperfeiçoamento da produção científica nas atividades humanas, o conflito entre suas concepções e teorias científicas ou, ainda, algo que lhe desperte curiosidade e exija sua explicação. A estratégia experimental deve acontecer combinada com outras estratégias, pois requer referencial teórico sobre ideias científicas para as reflexões que deve suscitar nos estudantes (VILLATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2008, p.119).

Moreira (1999) relaciona a importância do processo de aprendizagem ativa com o ensino de Física centrado no aluno, pois o que funciona melhor do que aulas expositivas e temas (problemas) de casa, segundo numerosos estudos, é ter os alunos em pequenos grupos trabalhando de forma ativa e sob o auxílio do professor, conseguindo descobrir seus pontos fortes, seus interesses e suas necessidades.

Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Ausubel (1968) apresenta uma teoria cuja essência do processo de aprendizagem significativa consiste em que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas ao que o aprendiz já conhece, ou que apresente aspecto relevante na sua estrutura de conhecimento (isto é, um subsunçor). Para Ausubel o material a ser estudado (aprendido) precisa ser potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, estar relacionado de forma não arbitrária a sua estrutura de conhecimento.

Moreira (1999) define o que seria uma teoria de aprendizagem

De um modo geral, uma teoria é uma tentativa humana de sistematizar uma área de conhecimento, uma maneira particular de ver as coisas, de explicar e prever observações, de resolver problemas. Uma teoria de aprendizagem é, então, uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos aprendizagem. Representa o ponto de vista de um autor/pesquisador sobre como interpretar o tema aprendizagem, quais as variáveis independentes, dependentes e intervenientes. Tenta explicar o que é aprendizagem e porque funciona como funciona (MOREIRA, 1999, p.12).

A teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por Ausubel (1968), procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento (PRÄSS, 2012, p. 28). Isso ocorre quando ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva com conhecimentos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. De maneira simplista quanto mais sabemos mais aprendemos, por que o que mais influência na aprendizagem é o que o aluno já sabe, ou seja, sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem Significativa é influenciada por fatores internos e externos, matéria esta já citada por diversos educadores, que exemplificam os fatores afetivos e cognitivos como fatores internos, pois ancora, por subordinação, novas ideias, principalmente levando em consideração a pré-disposição do aluno em aprender significativamente relacionando o material de maneira consistente e não arbitrária, e

não de forma mecânica, forma essa muito difundida nas escolas tradicionalistas, e até hoje muito utilizada como forma de aprendizagem.

Um dos principais fatores externos, segundo Ausubel, está relacionado ao papel dos professores na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem. O conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente significativo. O educador deve averiguar se o aprendiz possui conhecimentos prévios, para assim inserir novas informações que serão acopladas na estrutura cognitiva, a isso Ausubel chamou de subsunção, definido por Moreira (2012), como

[...] um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo”, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunção pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos (MOREIRA, 2012, p.34).

Sendo, portanto necessário ao professor auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da disciplina e a reorganizar sua própria estrutura cognitiva.

Ensinar, de acordo com Ausubel (1968), sem levar em conta o que o aluno já sabe, é um esforço vão, pois o novo conhecimento não tem onde se ancorar, mas há outro requisito, que se refere ao desafio diário de tornar a escola um ambiente motivador. Pode-se preparar a melhor atividade, no entanto é o aluno que determina se houve ou não a compreensão do tema. De nada adianta desenvolver uma aula divertida se ela for encaminhada de forma automática, sem possibilitar a reflexão e a negociação de significados.

Esta proposta educacional teve como base o processo de ensino de Física a partir da utilização de atividades experimentais que exploram uma participação ativa, proporcionando uma interação dos alunos na construção do seu próprio conhecimento.

Durante o trabalho de mestrado (MNPEF-SBF/CAPES), foram preparadas e aplicadas atividades experimentais sobre todos os conteúdos de óptica geométrica para o ensino médio. Neste artigo vamos discutir apenas uma pequena parte do que foi desenvolvido.

Com o objetivo de tornar as aulas de física, mais motivadoras e facilitadoras de aprendizagem, utilizou-se uma sequência didática de aulas experimentais

investigativas baseadas no conceito de aprendizagem significativa com a concepção de interação, participação, debates, fazendo com que as aulas se tornassem mais interessantes e os alunos conseguissem perceber a sua importância e vivenciar os fenômenos luminosos no cotidiano, inseridos no estudo de lentes esféricas, e desta forma aprender, compreender e relacionar o conteúdo com o meio a sua volta.

Encaminhamento metodológico

O material desenvolvido procurou abordar os conceitos envolvidos no estudo de lentes, podendo ser facilmente utilizado por outros docentes de Física no Ensino Médio. Os estudos dos fenômenos luminosos foram dirigidos a partir da compreensão dos fenômenos físicos, inicialmente de forma individual sobre certa situação problema, depois em grupos e finalmente são observados em atividades experimentais investigativas, seguindo uma sequência didática própria proposta para o estudo de lentes delgadas esféricas.

Desenvolvimento da Proposta

A sequência didática é proposta para ser utilizada no 2º (segundo) ano do Ensino Médio. Nessa metodologia os alunos são levados a refletir inicialmente de forma individual, construindo suas hipóteses e depois são incentivados a interagir como os outros colegas argumentando sobre os temas tratados, depois realizando as atividades experimentais investigativas para comprovar as suas ideias iniciais ou modifica-las.

Antes de iniciar cada atividade educacional proposta na sequência didática é necessário que o professor apresente claramente o que espera que os alunos consigam conquistar no seu processo de aprendizagem e construção do conhecimento. Os objetivos de cada atividade educacional determinam o conteúdo a ser estudado e seus aspectos principais promoverão as argumentações dos alunos, buscando seus conhecimentos prévios, criando um ambiente de aprendizagem durante as aulas.

Em seu trabalho Rosa e Rosa (2012, p.5), propõe algumas possibilidades, tais como: formulação de perguntas sobre o conteúdo, exposição de situações-problemas ou situações-ilustrativas e retomada histórica.

O problema proposto pelo professor visa dar início à discussão relacionada ao conteúdo a ser desenvolvido ao longo da aula. Será apresentada a questão inicial a

ser debatida com os alunos, para formulação de hipóteses. Oportunidade do professor avaliar o conhecimento prévio dos alunos e aprofundar na construção das ideias.

O objetivo principal na utilização desta metodologia, “consiste na construção de situações-problema que irão estruturar as situações de aprendizagem, dando-lhes um significado percebido pelos alunos” (CARVALHO et al., 2010).

As metas nesses problemas que iniciam cada atividade educacional é aproveitar os conhecimentos prévios que os alunos trazem de sua vivência cotidiana e levam para a sala de aula. Como afirmam em seu trabalho Delizoicov e Angotii (1992)

A problematização poderá ocorrer pelo menos em dois sentidos. Por um lado, o aluno já poderá ter noções sobre as questões colocadas, fruto da aprendizagem anterior na escola ou fora dela. (...) Por outro lado, a problematização pode permitir que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1992, p.29).

Certamente que os problemas iniciais de cada atividade educacional, são o ponto de partida e o tema gerador de motivação, o mesmo vai proporcionar o registro de algumas possíveis hipóteses, investigações, abstrações e generalizações que o aluno venha realizar durante o desenvolvimento dos conteúdos propostos pela sequência didática, de forma individual e depois em grupo. Esse momento vai proporcionar que os alunos tenham uma maior interação, participação, gerando debates e investigações dos conteúdos que serão trabalhos pelo professor ao longo da realização de todas as atividades.

Atividade Educacional

Serão apresentadas três atividades, como proposta a serem desenvolvidas e algumas sugestões de como cada atividade pode ser trabalhada em sala pelos professores.

Atividade 1: Lente Esférica de Bordas Finas

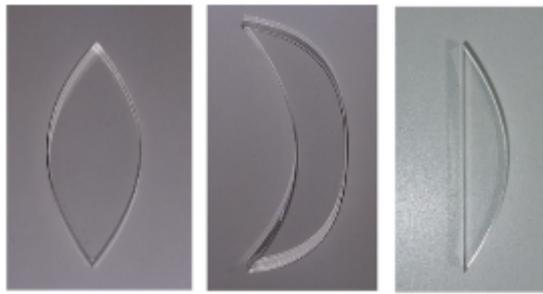
Essa atividade é sugerida para verificar o comportamento óptico de uma lente esférica de bordas finas feita de acrílico quando imersa no ar, bem como determinar a sua distância focal. Buscamos sempre iniciar com uma situação problema,

momento, que os alunos registram as suas possíveis hipóteses de forma individual, depois em grupos e finalmente são realizadas as investigações experimentais.

Material utilizado: 01 Lente esférica de bordas finas (biconvexa) feita de acrílico; 03 Canetas laser; Suporte para colocar a lente esférica e apoiar o laser; 01 folha de papel milimetrado; 01 Régua.

Objetivo: Verificar o comportamento de uma lente esférica de bordas finas quando imersa em um meio cujo índice de refração seja menor do que é feito a lente e determinar a sua distância focal.

Figura 1 - Lentes esféricas de bordas finas (convexa).

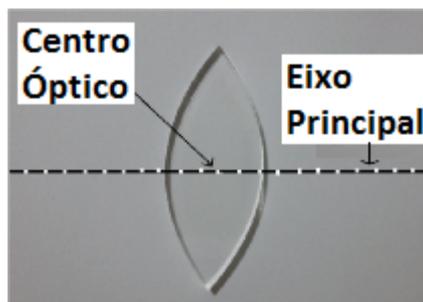


Fonte: O autor

As lentes de bordas finas (convexa) possuem pelo menos uma de suas faces ou superfícies curvadas para fora (formato convexo). A Figura 1 mostra os três tipos de lentes esféricas de bordas finas (convexa).

Na Figura 2 se observa uma lente esférica de bordas finas (biconvexa) e um eixo horizontal que representa o eixo principal da lente. O centro da lente é conhecido como centro óptico.

Figura 2 - Elementos geométricos de uma lente esférica de bordas finas (biconvexa).



Fonte: O autor

Orientações para o docente:

A maioria dos alunos está ciente que numa lente esférica a luz passa por ela e que sofre o fenômeno de refração, porém não conhecem as propriedades dos principais raios notáveis de luz refratados e nem para onde eles vão se dirigir. O importante dessa atividade será levantar e considerar quais as evidências que eles conhecem e sustentam este fato. Eles podem desenhar um esquema mostrando como imaginam que a luz se comporta quando é refratada na lente esférica. Até esse momento nenhum argumento deve ser feito sobre o comportamento da luz ao ser refratada, os alunos devem ter oportunidade de expressar suas ideias. O propósito destas questões é motivar o surgimento de ideias sobre a refração da luz numa lente esférica e seu comportamento.

Problema: Para onde será que a luz se dirige após passar por uma lente esférica de bordas finas?

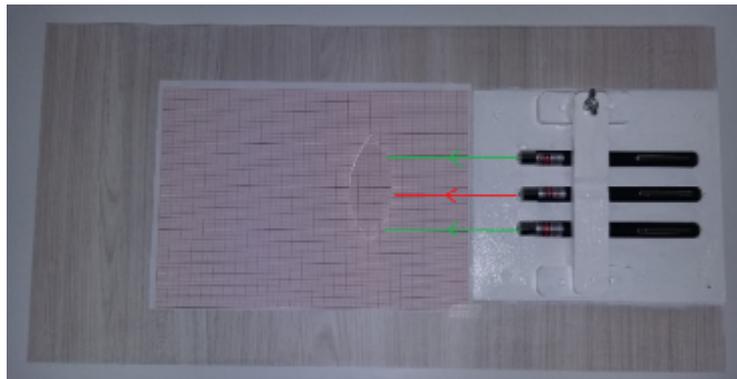
(Registrar algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos)

Perguntas chave:

a) Responda individualmente: O que você acha que vai acontecer?

Seu professor possui uma lente esférica de bordas finas (biconvexa) feita de acrílico e incidirá três feixes de luz sobre uma das faces esféricas da lente como representado na Figura 3. Como você acha que os feixes de luz vão se comportar após sofrerem refração na lente? Desenhe a continuação destes feixes de luz do lado esquerdo da lente.

Figura 3 - Três feixes de luz incidindo numa lente esférica de bordas finas (biconvexa).



Fonte: O autor

b) Agora em grupo: O que vocês acham?

Inclua desenhos das ideias que o grupo formulou que sejam diferentes das suas.

Orientações para o docente:

Circule pela sala de aula e observe os esboços dos alunos e desenhe alguns dos mais representativos na lousa. Utilizando o material do experimento investigativo, alinhe os três feixes centrais de laser e a lente biconvexa de 4,0 cm de espessura, de tal modo que os feixes incidam perpendicularmente na superfície esférica da lente. Faça a investigação mostrando o que acontece.

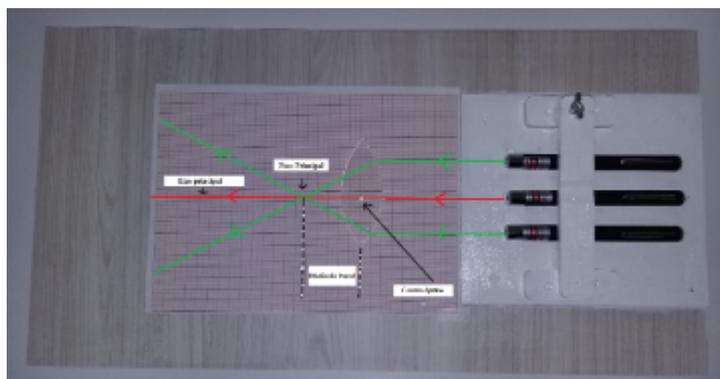
c) Fazendo investigações: Seu professor tem um conjunto experimental, nele incidirá três feixes de luz numa lente esférica de bordas finas (biconvexa). O que você observou? Após a realização da investigação, se seu desenho não estiver de acordo com o observado faça um novo desenho.

d) Concluindo: O que aconteceu com a continuação dos feixes de luz ao passarem pela lente de bordas finas (biconvexa) do outro lado da mesma?

Orientações para o docente:

Após a realização da investigação, solicite aos alunos para descreverem suas observações. Conclua, fazendo no quadro, um esboço esquemático conforme a figura 4, contendo o nome do ponto de cruzamento dos três feixes de luz e explicita que os raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal, refratam indo para o foco principal da lente e que a distância ao centro óptico chamamos de distância focal (f). Meça essa distância com uma régua e anote-a no esboço desenhado no quadro.

Figura 4 - Feixes de luz incidindo numa lente esférica de bordas finas (biconvexa).



Fonte: O autor

Atividade 2: Lente Esférica de Bordas Grossas

Essa atividade é sugerida para verificar o comportamento óptico de uma lente esférica de bordas grossas feita de acrílico quando imersa no ar, bem como

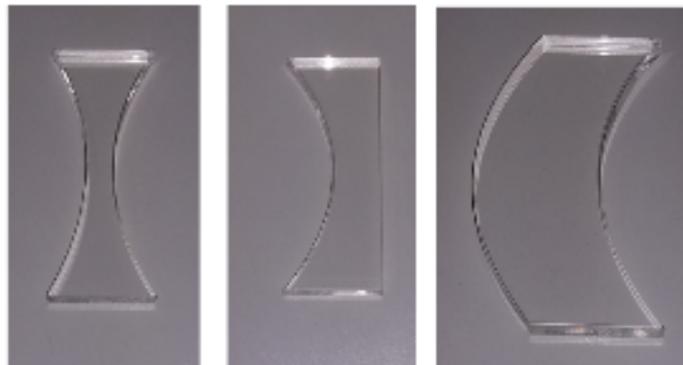
determinar a sua distância focal. Buscamos sempre iniciar com uma situação problema, nesta etapa os alunos registram as suas possíveis hipóteses de forma individual, depois em grupos e finalmente são realizadas as investigações experimentais.

Material utilizado: 01 Lente esférica de bordas grossas (côncava) feita de acrílico; 03 Canetas laser; Suporte para colocar a lente esférica e apoiar o laser; 01 folha de papel milimetrado; 01 Régua.

Objetivo: Verificar o comportamento das lentes esféricas de bordas grossas (côncavas) quando imersas em meios cujo índice de refração do meio seja menor que da lente e determinar a sua distância focal.

As lentes de bordas grossas (côncava) possuem pelo menos uma de suas faces ou superfícies curvada para dentro (formato côncavo). A Figura 5 mostra os três tipos de lentes esféricas de bordas grossas.

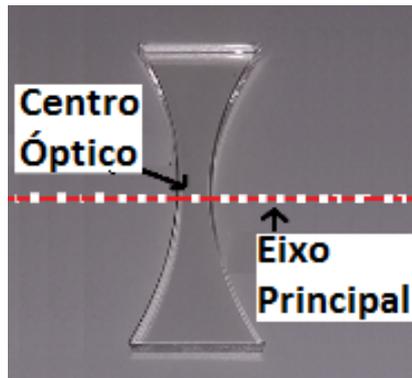
Figura 5 - Lentes esféricas de bordas espessas (côncava).



Fonte: O autor

Na Figura 6, observamos uma lente de bordas grossas (côncava) e um eixo horizontal que representa o seu eixo principal. O centro da lente é conhecido como centro ótico da lente.

Figura 6 - Lente de bordas espessas (bicôncava) com seu centro óptico e seu eixo principal.



Fonte: O autor

Orientações para o docente:

Os alunos em sua grande maioria estão cientes que numa lente esférica a luz passa por ela, sofrendo refração, porém não conhecem as propriedades dos principais raios de luz refratados e nem para onde eles vão se dirigir. O importante dessa atividade será levantar e considerar quais as evidências que eles conhecem e sustentam este fato. Eles podem desenhar um esquema mostrando como imaginam que a luz se comporta quando é refratada na lente esférica. Até esse momento nenhum argumento deve ser feito sobre o comportamento da luz na refração, os alunos devem ter oportunidade de expressar suas ideias. O propósito destas questões é motivar o surgimento de ideias sobre a refração da luz numa lente esférica de bordas grossas.

Problema: Para onde será que a luz vai se dirigir após passar por uma lente esférica de bordas grossas (bicôncava)?

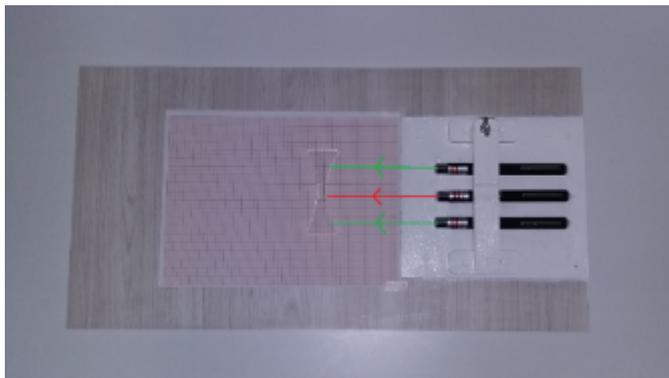
(Registrar algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos).

Perguntas chave:

a) Responda individualmente: O que você acha que vai acontecer?

Seu professor possui uma lente esférica de bordas grossas (bicôncava) feita de acrílico e incidirá três feixes de luz sobre uma das faces esféricas da lente como representado na Figura 7. Como você acha que os feixes de luz se comportarão após sofrerem refração e saírem do outro lado da lente? Desenhe a continuação destes feixes de luz do lado esquerdo da lente.

Figura 7 - Três feixes de luz incidindo numa lente esférica de bordas espessas (bicôncava).



Fonte: O autor

b) Agora em grupo: O que vocês acham? Inclua desenhos das suas ideias, ou seja, o que o grupo formulou que sejam diferentes das suas.

Orientações para o docente:

Circule pela sala de aula e observe os esboços feitos pelos alunos e desenhe alguns dos mais representativos no quadro. Utilizando o material investigativo do experimento, alinhe os três feixes centrais de luz laser e a lente bicôncava, de tal modo que os feixes incidam perpendicularmente na superfície esférica da lente. Faça a demonstração mostrando o que acontece.

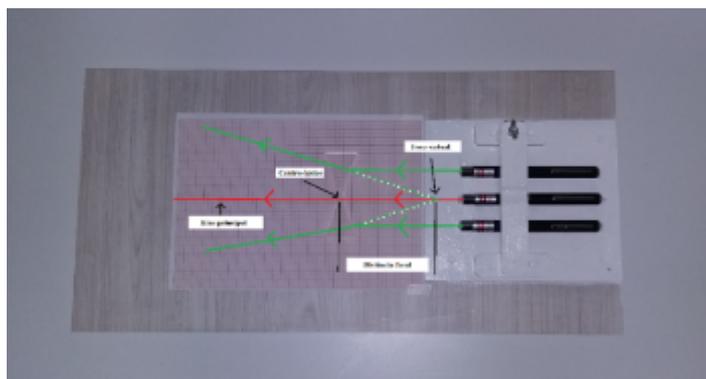
c) Fazendo investigações: Seu professor tem um conjunto experimental, nele incidirá feixes de luz numa lente esférica de bordas grossas (bicôncava). O que você observou? Após a realização da investigação, se seu desenho não estiver de acordo com o observado faça um novo desenho.

d) Concluindo: O que aconteceu com a continuação dos feixes de luz ao passarem pela lente do outro lado da mesma?

Orientações para o docente:

Após a realização da investigação, peça aos alunos para descreverem suas observações. Conclua, fazendo no quadro, um esboço esquemático conforme a figura 8, contendo o nome do ponto de cruzamento do prolongamento dos três feixes de luz refratados e explicita que os raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal, refratam de forma divergente e o encontro do prolongamento dos feixes de luz chamamos de foco virtual da lente e a distância ao centro óptico chamamos de distância focal (f). Meça essa distância com uma régua e anote-a no esboço desenhado no quadro para discutir com a turma.

Figura 8 - Feixes de luz refratados, foco virtual e distância focal de uma lente bicôncava.



Fonte: O autor

Atividade 3: Formação de Imagens em Lentes Esféricas

Essa atividade é sugerida para verificar a formação das imagens numa lente biconvexa (lupa) e determinar a sua distância focal utilizando a equação de Gauss. Buscamos sempre iniciar com uma situação problema, os alunos irão registrar as suas possíveis hipóteses de forma individual, depois em grupos e finalmente são realizadas as investigações experimentais. Uma das atividades que despertará mais a curiosidade dos alunos, justamente quando se observa a formação de uma imagem real do outro lado da lente esférica.

Material utilizado: 01 Lente esférica biconvexa; 01 Fonte de luz; 01 Trilho óptico (Suporte de madeira); 01 Régua ou trena; 01 Anteparo de madeira ou folha de papel; 01 objeto (F) ou 01 vela acesa.

Objetivo: Conhecer o processo de formação e as características das imagens numa lente esférica biconvexa; Observar a projeção das imagens reais; Calcular a distância focal de uma lente esférica biconvexa utilizando a equação de Gauss.

Problema: O que você acha que será visto se pegarmos uma lente esférica biconvexa, por exemplo, uma lupa que você possui na sua casa e através dela olharmos um objeto na sua frente?

(Registrar algumas possíveis hipóteses formuladas pelos alunos).

Assim como os espelhos planos e esféricos, as lentes esféricas estão presentes no dia-a-dia: nos óculos para correção de defeitos da visão, nos instrumentos ópticos, como binóculos, máquinas fotográficas, lunetas, microscópios, etc.

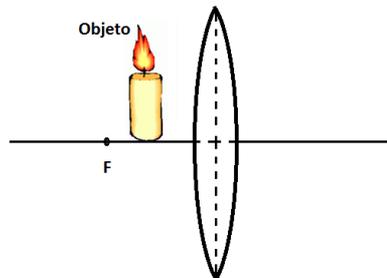
Pergunta chave: Como você acha que são formadas, as imagens, por uma lente esférica biconvexa?

1º Momento: Observando as imagens

a) Responda individualmente: O que você acha?

A Figura 9 mostra um objeto real na frente de uma lente esférica biconvexa, posicionado entre o foco principal objeto e o centro óptico. Você acha que a imagem formada será direita (direta) ou invertida? Vai ser maior ou menor que o objeto? Onde ela estará posicionada no mesmo lado do objeto ou do lado oposto? (Desenhe suas ideias na própria figura).

Figura 9 - Objeto posicionado entre o foco objeto e o centro óptico.



Fonte: O autor

b) Agora em grupo: Formulem ideias. Escreva as ideias que o grupo elaborou que sejam diferentes das suas ou faça desenhos no espaço abaixo.

Orientações para o docente:

Circule pela sala de aula e observe os esboços feitos pelos alunos e desenhe alguns dos mais representativos no quadro. Utilizando o material investigativo do experimento faça uma montagem e solicite aos alunos que observem a imagem formada.

c) Fazendo investigações: Seu professor tem um conjunto experimental para investigar as características das imagens formadas de um objeto posicionado na frente de uma lente esférica biconvexa, nesse primeiro momento o objeto se encontra entre o foco objeto e o centro óptico da lente. Como você observou a imagem formada, isto é, direita ou invertida? Tamanho maior ou menor? Onde ela estará posicionada, no mesmo lado do objeto ou do lado oposto? Faça um desenho do objeto, sua imagem e da lente esférica no espaço abaixo.

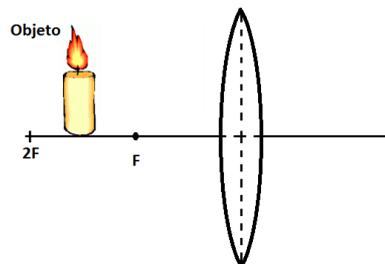
Orientações para o docente:

Após a realização da investigação, peça aos alunos para descreverem suas observações. Conclua, fazendo no quadro, uma representação do objeto, imagem, lente esférica e seus elementos principais.

d) O que você acha?

A Figura 10 mostra um objeto na frente de uma lente esférica biconvexa, posicionado entre o ponto antiprincipal objeto e o foco principal objeto. Você acha que a imagem formada será direita (direta) ou invertida? Vai ter tamanho maior ou menor em relação ao objeto? Onde ela estará posicionada na frente ou atrás da lente esférica? (Desenhe suas ideias na própria figura).

Figura 10 - Objeto posicionado entre o ponto antiprincipal objeto e o foco principal objeto.



Fonte: O autor

e) Agora em grupo: Formulem ideias. Escreva as ideias que o grupo elaborou que sejam diferentes das suas ou faça desenhos no espaço abaixo.

Orientações para o docente:

Circule pela sala de aula e observe os esboços feitos pelos alunos e desenhe alguns dos mais representativos no quadro. Utilizando o material investigativo do experimento faça uma montagem e solicite aos alunos que observem a imagem formada.

f) Fazendo investigações: Seu professor tem um conjunto experimental para investigar as características das imagens formadas de um objeto posicionado entre o ponto antiprincipal objeto e o foco principal de uma lente biconvexa. Como você observou a imagem formada, isto é, direita ou invertida? Tamanho maior ou menor? Onde ela se posiciona na frente ou atrás da lente esférica? Faça um desenho do objeto, sua imagem e da lente esférica no espaço abaixo.

Orientações para o docente:

Após a realização da investigação, peça aos alunos para descreverem suas observações. Conclua, fazendo no quadro, uma representação do objeto, imagem, lente esférica e seus elementos principais.

2º Momento: Determinando a distância focal de uma lente biconvexa (Equação de Gauss)

Observamos que uma lente esférica biconvexa proporciona a convergência e o encontro de raios de luz refratados permitindo a formação de imagens reais, que podem ser projetadas em um anteparo. Para representarmos as imagens formadas basta utilizarmos duas das quatro propriedades relacionadas aos raios de luz notáveis refratados. No caso particular, em que o objeto está muito afastado da lente, os raios de luz provenientes desse objeto chegam praticamente paralelos entre si, e refratam na direção do foco imagem da lente, ou seja, a imagem se forma sobre esse ponto.

A distância entre o centro óptico da lente e o seu foco chama-se *distância focal* (f) da lente. A *distância focal* (f) de uma lente esférica, os raios das suas faces, juntamente com o índice de refração do material que é feito a lente, são os parâmetros que caracterizam o seu comportamento. Por convenção, a distância focal é positiva para as lentes convergentes ($+f$): *foco real*, e negativo para as lentes divergentes ($-f$): *foco virtual*. Sendo muito importante quando utilizamos a Equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

que relaciona a *distância focal* (f), com a *distância objeto-lente* (p) e *imagem-lente* (p').

Fazendo investigações: Seu professor tem um conjunto experimental para determinar a *distância focal* (f) de uma lente esférica biconvexa (lupa), nesse momento você deverá seguir os seguintes passos:

a) Colocar o objeto (letra F) na frente da fonte de luz (ou a vela), posicionada no trilho óptico, agora posicionar o anteparo na outra extremidade, depois colocar a lente esférica biconvexa entre os dois, procurando sempre manter todos os objetos alinhados numa mesma altura, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Trilho com fonte de luz, objeto, lente esférica biconvexa e anteparo alinhados.



Fonte: O autor

b) Acenda a fonte de luz (ou a vela, no caso de ser ela o objeto), mantendo certa distância da lente esférica biconvexa (faça as medidas utilizando uma régua ou a escala no trilho).

c) Deslize o anteparo sobre o trilho, até que sobre o anteparo se forme uma imagem nítida da chama da vela ou da letra F.

d) Usando a régua ou trena, *meça e anote* as distâncias “objeto-lente” (p) e “imagem-lente” (p').

e) Através da equação de Gauss, *determine a distância focal (f)* da lente esférica biconvexa.

Orientações para o docente:

Após a realização da investigação e medidas, peça aos alunos para descreverem suas observações e utilizando a equação de Gauss determinar a distância focal da lente utilizada. Conclua, fazendo no quadro, uma representação do objeto, imagem, lente esférica e seus elementos principais para auxiliar na discussão do que foi observado e do valor encontrado para o foco da lente.

Aplicação da Atividade

As atividades foram desenvolvidas no próprio ambiente da sala de aula da turma e para tornar o ambiente apropriado aos experimentos, as janelas foram escurecidas.

Aplicação da Atividade 1

Na primeira parte da aula foi aplicado, individualmente, o pré-teste que consiste em um questionário para verificar os conhecimentos prévios dos alunos, composto por 10 (dez) questões sobre Lentes Esféricas, com duração de 20 minutos da primeira aula.

Após o pré-teste foi discutido o funcionamento de uma lente esférica delgada, seu comportamento óptico e os elementos geométricos principais. Em seguida foi entregue para cada aluno da turma a sequência didática impressa referente às atividades educacionais e depois apresentado todo o material que seria utilizado na parte da atividade experimental investigativa, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Material utilizado nas atividades experimentais.



Fonte: O autor

Os alunos iniciaram de forma individual a leitura da atividade educacional e pensando nas situações propostas foram anotando suas ideias. Finalizada a parte individual, os alunos formaram grupos e iniciaram um debate entre as ideias formuladas por cada aluno. Após esse debate entre os alunos nos grupos, foi feita a socialização das ideias mais significativas no quadro.

Em seguida foi realizada a montagem da parte experimental investigativa da atividade educacional para verificação das ideias formuladas pelos alunos e verificação dos resultados. Os alunos participaram de forma ativa das atividades, Figura 13, e todos os grupos observaram tirando as suas conclusões, anotando os seus resultados. Houve um momento para discutir e ouvir as opiniões dos alunos sobre o comportamento de uma lente de bordas finas quando imersa num meio com índice de refração menor do que o índice de refração da lente.

Após a finalização das observações experimentais, foi realizado um debate e explicações sobre o comportamento de uma lente de bordas finas tendo um comportamento de convergir um feixe de luz, seus elementos geométricos e aplicações na correção de defeitos da visão.

Figura 13 – Alunos realizando a parte experimental da atividade educacional 1.



Fonte: O autor

Aplicação da Atividade 2

Foi solicitado que os alunos iniciassem de forma individual a leitura da atividade educacional 2 e pensando nas situações propostas respondesse com suas ideias a primeira questão.

Finalizada a parte individual, formaram-se os grupos e iniciou a atividade de debate entre as ideias formuladas por cada aluno. Foi feita novamente a socialização das ideias mais significativas no quadro e discutidas com os grupos.

Realizou-se na sequencia a montagem da parte experimental investigativa da atividade 2 para verificação das hipóteses apresentadas e verificação dos resultados. Os alunos participaram das atividades, Figura 14, e todos os grupos observaram tirando as suas conclusões, foi reservado um momento para discussão e ouvir as opiniões dos discentes sobre o comportamento de uma lente de bordas grossas quando imersa num meio com índice de refração menor que o da lente. Finalizando com as considerações do professor para concluir as observações.

Figura 14 – Alunos realizando a parte experimental da atividade 2.



Fonte: O autor

Após a finalização das observações experimentais foi realizado um debate sobre o comportamento da lente de bordas grossas quando seu índice de refração é maior do que o índice de refração do meio que está imersa, tendo um comportamento divergente, bem como seus elementos geométricos e aplicações na correção de defeitos da visão.

Aplicação da Atividade 3

Neste encontro, foi dedicado à aplicação do pós-teste das atividades sobre o comportamento das lentes e iniciado a atividade referente a formação das imagens nas lentes esféricas delgadas e o estudo analítico (Equação de Gauss e aumento linear transversal). Em seguida foi entregue para cada aluno da turma a sequência didática impressa referente à atividade e depois apresentado todo o material que seria utilizado na parte experimental.

Seguindo a metodologia das atividades anterior, os alunos iniciaram de forma individual a leitura da atividade 3 e pensando nas situações responderam as questões iniciais apresentando suas ideias. Depois, em grupo debateram as ideias e iniciaram a montagem experimental para investigação dos fenômenos físicos envolvidos na formação de imagens e também para determinar a distância focal da lente convergente, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Alunos realizando a parte experimental da atividade.



Fonte: O autor

Após a finalização das observações experimentais, foram discutidas as explicações sobre as características das imagens formadas em cada tipo de lente esférica (convergente e divergente), foi também determinada a distância focal da lupa, discutido o conceito de vergência e equação dos fabricantes de lentes esféricas.

Todas as atividades educacionais propostas foram realizadas com a participação de toda a turma, proporcionando um ambiente favorável aos questionamentos e discussões.

Resultados e Discussão

Libâneo (2004) discute os processos do pensar e do aprender, para além da acentuação do papel ativo dos sujeitos na aprendizagem, insiste na necessidade dos sujeitos desenvolverem competências e habilidades cognitivas. Analisando as ideias presentes nesses estudos, percebemos que a teoria da aprendizagem ativa fornece excelentes sugestões didáticas para que os docentes realizem com os alunos a capacidade de construir seus próprios conceitos através de sua vivência.

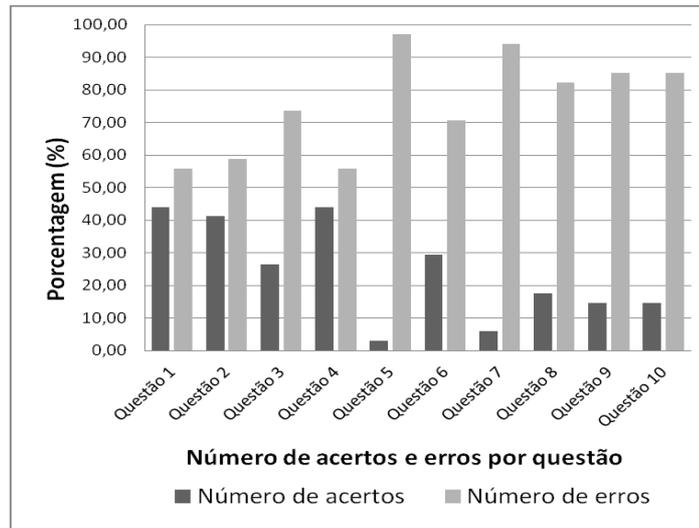
Trabalhando essa metodologia mais participativa, o aluno pode “se expressar” ou seja, discutir com os colegas e professor o que ele realmente está compreendendo e aprendendo. Essas discussões durante a atividade são fundamentais e extremamente enriquecedoras, pois as dúvidas que eles vão apresentando nessas discussões mostram que o conteúdo e os conceitos aprendidos estão fazendo sentido, e essa aprendizagem será uma aprendizagem duradoura pois terá significado para o aprendiz

[...] as atividades experimentais quantitativas podem ser enriquecidas adotando-se uma postura mais flexível, que possibilite a introdução ao de outros elementos e métodos, como discussões que propiciem reflexões críticas acerca dos fenômenos estudados e da estrutura de funcionamento dos equipamentos utilizados, bem como dos elementos e fatores que influenciam o experimento e que podem acarretar eventuais discrepâncias entre os resultados observados experimentalmente e as previsões teóricas que se pretendia verificar (ARAÚJO; ABIB, 2003).

O resultado dos testes aplicados antes e após o desenvolvimento das atividades educacionais é apresentado no histograma da Figura 16, que mostra os resultados obtidos pelos 40 (quarenta) alunos da turma.

No pré-teste, Figura 16a, o nível de acertos foi em média de 24,1%. Observa-se um número baixo de acertos, com índice mínimo na questão 05 de 2,9%. Este número de acertos para a turma mostra um conhecimento muito baixo a respeito de lentes esféricas.

Na Figura 16b são apresentados os resultados do pós-teste das atividades envolvendo o conteúdo de lentes esféricas.

Figura 16 - Resultado do pré e pós-teste das atividades com lentes esféricas

(a)



(b)

Fonte: O autor

Pode-se observar, no geral, uma média de acertos de aproximadamente 75,5%. Como podemos ver, a diferença percentual de acertos entre o pré e pós-teste foi significativa passando de 24,1% para 75,5%. É bom destacar a melhora significativa na maioria das questões, principalmente na questão 05 passando de 2,9% para 93,5%, que envolvia aplicações das lentes esféricas na correção dos defeitos da visão.

Präss (2012) propõe que as ideias já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, podem progressivamente ir se interconectando umas com as outras, através do trabalho intelectual consciente do indivíduo, que busca e estabelece relações.

O avanço observado (quantitativamente) com os resultados do pós-teste é decorrente da aplicação das atividades educacionais, que facilitou aos alunos observarem as propriedades das lentes esféricas, e também o empenho dos alunos, que motivados com a aprendizagem por participação e a interação entre eles, conseguiram compreender e aprender o conteúdo estudado.

A estrutura cognitiva é extremamente hierarquizada e organizada, de acordo com a relação que há entre as ideias, que se encadeiam, e a elas vão se incorporando novas ideias de forma não arbitrária e substantiva, ou seja, o aluno passa a ser capaz de traduzir para sua realidade, para seu contexto as novas informações adquiridas e elas irão se relacionar com as anteriormente disponíveis em sua estrutura cognitiva, ampliando e reconfigurando ideias já existentes e relacionando novos conteúdos.

Moreira (1999) explica que o uso da nova informação ocorre em um processo que envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimentos específicos, na qual Ausubel define como subsunção, deste modo, a aprendizagem significativa ocorre quando esta nova informação é absorvida em conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Considerações finais

A sequência didática, sobre lentes, buscou uma metodologia mais investigativa, por meio do uso de experimentos práticos, o que proporcionou uma participação ativa dos alunos durante o desenvolvimento das atividades nas aulas.

A proposta apresentada pode ser compartilhada por outros professores, com a perspectiva de trabalhar os conteúdos planejados de forma interativa, ativa e significativa, de modo a aprofundar os conteúdos, despertando uma maior motivação nos alunos.

Os professores podem aprimorar a sequência de acordo com a turma ou o tempo disponível ou ainda utilizar a atividade complementar às aulas expositivas.

Para os alunos, a sequência didática serve como um guia para a construção das suas ideias iniciais sobre os fenômenos ópticos estudados e depois a socialização das ideias faz com que esses alunos “pensem” sobre o fenômeno envolvido. Eles precisam encontrar uma resposta coerente para explicar para o grupo. Isso faz com que tenham responsabilidade sobre o que estão aprendendo.

O pré e pós-teste de múltipla escolha mostra uma melhora no conhecimento adquirido pelo discente após a atividade, mas o mais importante é que em sala,

percebe-se a autonomia que eles adquirem a cada aula, as respostas vão se tornando mais coerentes sobre os fenômenos e os alunos ficam mais motivados em participar das aulas.

Referências

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, junho, 2003.
- AUSUBEL, D.P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York, Holt, Rinehart and Winston. 1968.
- CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, M. L. V. S.; PIETROCOLA, M. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, Coleção ideias em ação. p.42, 2010.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. 2ed. São Paulo: Cortez, p.29, 1992.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. Atividades experimentais de demonstração em sala de aula: Uma análise segundo referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.10, n. 2, p. 227-254, 2005.
- LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-cultural da Atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, n. 27, 2004.
- MOREIRA, M. A. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências**. Porto Alegre, 1999. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2018.
- MOREIRA, M. A.. Al final, qué ES aprendizaje significativo?. **Revista Currículum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha. n. 25, p. 34, 2012.
- PRÄSS, A. R. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.unilatus.com.br/download/Livro_Teorias_de_Aprendizagem.pdf> Acesso em: 26 mar. 2018.
- ROSA, C. W.; ROSA, A. B. Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização de roteiro para aulas de física. **Revista Física na Escola**, v. 13, n.1, 2012.
- VILLATORRE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. **Didática e Avaliação em Física**. Curitiba: Ed. IBPEX, p. 107 – 119, 2008.

Recebido em: 24/10/2018

Aprovado em: 12/12/2018