

RESSINIFICANDO A FORMAÇÃO DOS PROFESSORES PARA O ENSINO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Maria Amélia Monteiro¹

¹FACET-UFGD, Dourados - MS, br (mariamonteiro@ufgd.edu.br)

Resumo: Abordamos uma experiência educacional desenvolvida com três licenciandos em Física, visando abordarmos conceitos da espectroscopia de emissão e absorção atômicos. Mediamos com a História e a Filosofia da Ciência e da Natureza da Ciência. Trata-se de uma investigação qualitativa e com preceitos da pesquisa participante. Constatamos que através da HFC e da NdC, os estudantes ressignificarem dados conceitos, vislumbrando que os futuros professores venham a abordar o tema na educação básica.

Palavras-chave: Ensino de Física Moderna e Contemporânea; Espectroscopia; Formação de Professores; Pesquisa Participante.

INTRODUÇÃO

Na última década do século XX, em distintos locais/países se fortaleceram movimentos em defesa da inserção da FMC na educação básica. Ao encontro dessas perspectivas, várias proposições teóricas foram construídas e igualmente se deu o crescimento de experiências educacionais relacionadas, bem como a análise de abordagens das temáticas dessa Física nos livros didáticos, destinado a esse nível de ensino. Além disso, nos eventos da área, ocorreram várias discussões em torno da proposição, confluindo para um panorama com relevância assegurada entre pesquisadores e nas programações de eventos.

Vale acrescentar que defesas pontuais visando a inserção da FMC nos currículos são anteriores à década citada. Seguindo essa perspectiva de entendimento, em 1986, ocorreu no FERMILAB - Illinois, a Conferência Sobre o Ensino da Física Moderna, tendo como principal propósito alertar para a necessidade de inserção de tópicos da FMC nos cursos introdutórios das faculdades e universidades. Desta conferência, além de físicos bastante influentes, também participaram professores da educação básica, os quais interagiram entre si (Aubrecht, 1986).

Em 1990, Stannard investigou as motivações de estudantes universitários ingleses para escolherem o curso de Física. Constatou o interesse por tópicos da FM (Física Moderna), tais como a Relatividade, as Partículas Elementares, a Teoria Quântica e a Astrofísica. Ao defender a inserção da FMC na educação básica, Torre (1998) apresentou algumas justificativas para a sua proposição, a saber: possibilitar que os estudantes se situem historicamente; proteger o pensamento dos estudantes das interferências das pseudociências; possibilitar que os estudantes localizem

coerentemente o ser humano nas escalas temporal e espacial da natureza e compreenderem as consequências das tecnológicas, bem como pelo prazer do conhecimento, haja vista os vínculos da mencionada FM com a cultura. Em 1986, Aubrecht alegou que a inserção da FM na educação básica, certamente asseguraria que os estudantes compreendessem os princípios físicos de artefatos presentes no cotidiano.

Ao final da década de oitenta, Aubrecht (1989) requereu a incorporação de abordagens da FM em currículos dos EUA. O autor se reportou a uma menção de dois físicos da universidade de Maryland, a qual havia sido proferida sobre os livros didáticos, na década de sessenta. A afirmativa dos físicos, em linhas gerais, foi que se um físico do século XIX fosse requerido a ensinar física introdutória a partir dos livros didáticos usados na mencionada década, o faria sem maiores problemas. No entanto, esse físico não seria capaz de ler revistas que traziam pesquisas da Física. Ou seja, tenta evidenciar um descompasso temporal entre as abordagens dos livros didáticos e a Física da época.

Em 1990, Stannard publicizou análise de currículos de Física da educação científica básica, declarando que pareciam ter sido propostos há cem anos antes. Em nenhum deles havia sido declarado que pareciam ter sido propostos há cem anos antes. Os currículos não incorporaram a Física desenvolvida no século XX. O autor apontou a necessidade de atualizações curriculares, haja vista que duas centenas e meia de estudantes em idade escolar básica investigados, mostraram-se interessados em ampliar conhecimentos sobre tópicos da astrofísica moderna, para os quais haviam sido despertados através de filmes.



As discussões e defesas para a inserção da FMC na educação básica até a década de 1990 adquiriram vigor e deixaram marcas em segmentos das políticas públicas educacionais. Acerca das proposições curriculares, por exemplo, em 2005, Lobato e Greca analisaram os currículos oficiais da educação básica de alguns países - Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá (Província de Ontário), Itália, Finlândia e Austrália - constatando que, apesar das particularidades curriculares de cada um desses, temas da FMC foram incorporados nessas programações. Com isso, denotam intenções adequarem as abordagens curriculares em sintonia com padrões teóricos e tecnológicos sugeridos para a contemporaneidade.

Contemplando o contexto curricular brasileiro, Arruda, Azevedo e Basso (2022) investigaram as abordagens de Física para o nível médio de ensino na Base Nacional Curricular Comum – Ensino Médio (BNCC-EM) (Brasil, 2018) e identificaram o não lugar da FMC para esse nível de ensino. Os autores apontaram que, o documento na apresenta clareza quanto a proposição de conteúdos da FMC e mesmo assim se encontram diluída pela interdisciplinaridade, conferindo essa organização ao contexto escolar. Ou seja, além das problemáticas já recorrentes, uma nova perspectiva que poderá dificultar a inserção da FMC na educação básica brasileira.

Vale salientar que a presença da FMC nos currículos oficiais não assegura que a mesma esteja de fato sendo trabalhada em sala de aula ou trabalhada em sintonia com as perspectivas defendidas pelos pesquisadores ou com as recomendações contidas nas políticas públicas ou mesmo em sintonia com as perspectivas do público

Ostermann e Moreira (2000) procederam com uma revisão sobre as várias justificativas para a inserção da FMC na educação básica. A título de conclusão/reflexão os autores sinalizaram como bastante desafiadora a escolha dos tópicos a serem contemplados nas programações de ensino, bem como a própria formação dos professores para empreenderem adequadamente essa demanda na educação básica. Que desafios são esses aventados por Ostermann e Moreira no tocante a dificuldade dos professores em abordarem a FMC na educação básica?

Será que na atualidade, os cursos de formação de professores de Física existentes no Brasil não estariam trabalhando dadas necessidades formativas, haja vista que transcorreram 25 anos após as constatações desses autores? Vamos as pesquisas.

FORMAÇÃO DE PROFESSORES E A FMC

Apesar das recomendações recorrentemente apontadas para a inserção da FMC na educação básica, impedimentos e situações inadequadas

também têm sido amplamente identificados. Um desses perpassa pela formação básica inadequada dos professores, cujas instituições formadoras não têm se atentado para algumas diretrizes formativas, logo, não contemplados nas proposições curriculares. Outros, apontam questões do próprio contexto escolar.

Ao encontro da perspectiva anterior, em 2004, por exemplo, Machado e Nardi investigaram a atuação de vinte e quatro professores de Física no nível médio de ensino, em um Estado da região Sul brasileira. Desses, doze atribuíram alto grau de importância o ensino da FMC no nível médio. Apenas 29% dos vinte e quatro professores mencionaram abordar em suas aulas temas da FMC com uma certa frequência; 38%, às vezes; 8%, raramente e 21%, nunca abordou. A incompatibilidade da programação com o tempo disponibilizado foi um dos impedimentos para não contemplarem a FMC em suas programações. Ou seja, impedimentos do contexto escolar.

Machado e Nardi (idem) também constataram que, dos vinte e quatro professores que participaram da pesquisa, apenas sete possuíam formação compatível - dois licenciados em física; três são licenciados em física e matemática e dois licenciados em Ciências com habilitação em Física. Os demais, possuíam outras formações.

Em uma pesquisa com similaridades à anterior, Sonza e Fagan (2006) usaram um questionário e investigaram o perfil da formação de vinte professores de Física atuantes de um município da região Sul do Brasil e se abordavam a FMC na educação básica. Apenas oito desses concluíram a licenciatura em Física (Grupo A), mas todos esses consideraram que as formações em FMC haviam sido satisfatórias. Os demais professores, ou seja, doze professores (Grupo B) concluíram a licenciatura em Matemática, com habilitação em Física, porém, não tinha tido formação em FMC. Todos os professores investigados por Sonza e Fagan consideraram relevante a inserção da FMC na educação básica, mas, no grupo A, apenas quatro abordaram a mencionada FMC em suas aulas. Os demais desse grupo, abordaram a FMC apenas superficialmente com o intento de contemplar alguns tópicos da programação de ingresso em uma universidade pública. No grupo B, apenas dois professores já abordaram a FMC em suas aulas.

Em 2007, Oliveira, Vianna e Gerbassi analisaram as opiniões de dez professores de Física, atuantes em escolas públicas e particulares de um município na região Sudeste do Brasil, acerca da abordagem da temática Raios X e outras da FMC. Os autores identificaram que todos os professores se mostraram favoráveis as abordagens da FMC na educação básica. Porém, sete desses nunca tinham introduzido qualquer tópico da FMC em seus planos de aulas. Três destes mencionaram já terem abordado,



superficialmente, tópicos da FMC nas aulas de Física.

Os autores dessa pesquisa constataram que as principais dificuldades apontadas pelos professores para não contemplarem a FMC nas aulas foi o pouco tempo destinado às aulas de Física, principalmente nas escolas públicas, como também a não exigência dos conteúdos em programas para acesso às universidades do Estado em que a pesquisa foi realizada. Esta última foi alertada principalmente em relação às escolas particulares, as quais priorizam em suas programações, os temas exigidos no programa da mencionada seleção.

No início da década anterior, Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2013) realizaram entrevistas semiestruturadas e, a partir da análise do discurso francesa e da teoria da ação comunicativa habermasiana, analisaram os discursos de dez professores de Física atuantes em uma região metropolitana de um Estado na região Nordeste do Brasil, os quais haviam concluído a formação básica há menos de cinco anos. Nenhum dos professores entrevistados incluía ou havia incluído a FMC em seus planos de ensino. Os autores identificaram que os dez professores tinham tido formação em FMC, porém foi fundamentada em preceitos da racionalidade técnico-instrumental, o que dificultava a inserção da mencionada física na educação básica. Ou seja, há muito o que se investigar sobre a formação dos professores para se contemplar a meta de introduzir a FMC na educação básica.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

O contexto

A experiência de ensino-aprendizagem que nos reportamos foi desenvolvida como parte da programação da componente Instrumentação Para o Ensino de Física II (IEF II), em uma universidade pública brasileira, cujo propósito básico é o desenvolvimento de estratégias e materiais didáticos para o ensino de Física na educação básica. A componente curricular em voga estava organizada em 90 horas-aula, das quais 72 horas-aula eram presenciais e implementada em encontros semanais com 4 horas-aulas. As demais horas eram atribuídas ao planejamento e elaboração de materiais didáticos. Organizamos a componente curricular em quatro Situações de Ensino (SE), nas quais foram contempladas distintas áreas da Física. Abordaremos aspectos da terceira SE, relacionados com o objetivo proposto. A totalidade da terceira SE, consistiu no mapeamento de uma situação problema, identificada através de uma notícia, o encaminhamento teórico da situação, a qual requeria a compreensão da espectroscopia de emissão e absorção atômicas, também mencionado em outra notícia e a última etapa, a fundamentação histórico-conceitual sobre

espectros atômicos, no sentido propiciar uma compreensão contextualizada sobre o tema.

A abordagem sobre a HFC foi desenvolvida em dois encontros, totalizando oito-horas aula. A abordagem experimental posterior ocorreu em quatro-horas aulas. Porém, aqui, mencionaremos apenas algumas breves ocorrências dessa última etapa.

Três licenciandos participaram da componente curricular IEF II. Inicialmente, constatamos que todos os licenciandos já tinham cursado componentes curriculares que contemplavam abordagens básicas sobre espectros atômicos. Um deles, já havia cursado uma componente curricular mais aprofundada. Porém, o currículo não possui nenhuma abordagem específica sobre o ensino da FMC na educação básica.

A investigação

A presente investigação é de natureza qualitativa e delimitada como pesquisa participante, haja vista que a investigadora também participou do conjunto de ações desenvolvidas (Minayo, 2007). As situações referem-se a tratativas de planejamento para a inserção da FMC na educação básica, seja através de abordagens conceituais, seja através da elaboração de materiais didáticos.

Esteban (2010) propõe que, quando a experiência se desenvolve no ambiente educacional, é imprescindível se buscar compreender as expressões dos estudantes através das suas falas, escritas e outros.

O nosso propósito fundamental foi analisar como futuros professores de Física poderiam ressignificar alguns aspectos da sua formação conceitual sobre FMC, a partir de considerações histórico-filosóficas desses conceitos.

A partir do objetivo citado, nos guiamos pelas questões de pesquisa, a saber: i) Qual a contribuição da História e da Filosofia da Ciência (HFC) na compreensão dos conceitos abordados? ii) Em que medida as abordagens sobre a HFC sobre as linhas espectrais ressignificam a compreensão desses pelos licenciandos?

DISCUSSÕES E INTERPRETAÇÕES

Um panorama da abordagem

Inicialmente, através da leitura de uma notícia, apresentamos aos estudantes uma dada situação problema, cuja interpretação e possível compreensão da solução estaria associada a mobilização de conceitos já conhecidos dos licenciandos. A notícia tratava de uma substância desconhecida que emergiu nas praias brasileiras, notadamente, na região Nordeste.

Assim, esperávamos que esses lançassem interpretações sobre a situação e apontassem possibilidades de identificação da substância, haja



vista a formação prévia desses em dados. Consideramos que uma ocorrência de grande impacto, como a citada, noticiada por vários meios de comunicação durante meses, seria uma autêntica situação que requeria a discussão no contexto da educação básica, no sentido de vincular as aulas de Física com questões ambientais, sociais e até culturais, conforme sugerem as distintas tendências do movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, os documentos oficiais brasileiros para a educação básica e outros.

Contrariando nossas expectativas, inicialmente percebemos a dificuldade dos licenciandos em mapearem a situação - ou seja, analisarem aspectos de uma situação concreta a partir dos referenciais teóricos adquiridos no percurso formativo. A mobilização do gênero textual notícia como objeto didático para se propiciar uma abordagem conceitual a partir de uma problemática, por si só, mostrava-se pouco eficiente. Ou seja, esses licenciandos mostravam-se em condição semelhante aos investigados por Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2013), os quais apesar de terem tido formação em componentes curriculares que contemplavam a FMC, havia sido implementada a partir dos preceitos da razão técnica, dificultando a sua inserção em outras situações.

Na situação em curso, interpretamos que os licenciandos deveriam ser oportunizados a ressignificarem os conceitos sobre linhas espectrais e espectros atômicos. Assim optamos por proceder com uma abordagem focada na HFC no sentido de contemplar parte do desenvolvimento das proposições teóricas sobre a espectroscopia. Apresentamos a seguir, as principais abordagens históricas realizadas e buscamos responder os seguintes questionamentos:

- ✓ O que é espectroscopia?
- ✓ Como a espectroscopia atômica emergiu e se consolidou como técnica analítica?
- ✓ Quais as técnicas espectroscópicas disponíveis e se deu as respectivas construções?
- ✓ Quais técnicas analíticas seriam compatíveis para a análise do material mencionado na notícia?
- ✓ Qual o arranjo experimental possível de ser construído e se realizar a identificação qualitativa dos componentes de uma dada substância no contexto da educação básica?

O último questionamento encontra-se vinculado a realização da atividade experimental implementada após a abordagem histórico-filosófica, porém, não trataremos dessa experimentação na presente abordagem. Apenas, aspectos da mobilização da HFC nessa etapa.

Visando explorar os questionamentos anteriores, a professora abordou o contexto das primeiras identificações das linhas espectrais e as significações atribuídas a partir da segunda década do século XIX, a identificação das substâncias a partir da coloração das chamas da sua combustão, bem como as novas interpretações que emergiram a partir da adoção da ideia de quantização da emissão e absorção atômica, no início do século XX. As abordagens foram pautadas em fundamentos histórico-conceituais e com abrangência pertinente a licenciandos em Física. Nessa explanação histórico-filosófica, foram abordados os seguintes temas:

- ✓ As atividades desenvolvidas por William H. Wollaston (1766 - 1828) e Joseph von Fraunhofer (1787-1826) e suas respectivas contribuições na detecção e interpretação das linhas espectrais no início do século XIX. A classificação das linhas espectrais claras e escuras realizadas por Fraunhofer (Fraunhofer, 1823; 1824).
- ✓ As polêmicas sobre a origem das linhas espectrais escuras propostas por David Brewster (1781-1968) e William Miller (1782-1849) a partir da década de 1830: formar-se-iam nas atmosferas terrestre ou celeste? A partir de dois pontos de vista distintos, se estabeleceu uma disputa interpretativa em torno da questão (Brewster, 1836; Miller, 1845).
- ✓ A espectroscopia como técnica analítica na identificação das substâncias em uma mistura a partir das cores do espectro de combustão e a construção do Bico de Bunsen propiciando refinamento a técnica espectral. As interações entre Bunsen e Kirchhoff, resultando na construção do espectroscópio de prismas em meados do século XIX e a análise do espectro solar durante um eclipse, lançando luz sobre a origem das linhas espectrais e consequentemente nas disputas interpretativas entre Brewster e Miller (Kirchhoff; Bunsen, 1860).
- ✓ A identificação de novos elementos químicos localizados fora da Terra, através dos espectros e a gênese da astrofísica. A complementação da Tabela Periódica ao longo da segunda metade do século XIX (Frey, 1966).
- ✓ Os propósitos significados das séries espectrais e suas respectivas faixas frequenciais (Séries de Lyman; Balmer; Paschen; Brackett; Pfund).
- ✓ A origem das linhas escuras nos espectros solares e linhas claras nos espectros de substâncias em combustão (Crowe, 1994).



- ✓ Emissão e absorção do átomo quantizado e as frequências associadas e as explicações para as linhas espectrais claras e escuras.

✓

Algumas análises

Para as abordagens históricas assinaladas anteriormente, usamos como estratégia a abordagem expositivo-dialogada, viabilizando as interações com os participantes. Abordagens da HFC nos possibilitaram situar as ocorrências em princípio da natureza da ciência (NdC), os quais, segundo a ampla revisão da literatura realizada por Azevedo e Scarpa (2017), cinco proposições são consensuais para o ensino das ciências. São elas:

- ✓ A ciência é influenciada pelo contexto social, político e cultural na qual é planejada e construída.
- ✓ A ciência é mutável ao longo do tempo, dinâmica e tem como propósito básico explicar os fenômenos naturais.
- ✓ A ciência, tecnologia e sociedade encontram-se correlacionadas.
- ✓ Não existe um único método científico. É mesmo questionável se há algum.
- ✓ A teoria não é consequência da observação e da experiência e vice-versa.

Mediando a apresentação, enfatizamos aspectos da natureza da ciência (NdC), como as disputas interpretativas em torno de alguns dados experimentais constatados na detecção das linhas espectrais, notadamente, nas três primeiras décadas do século XIX e o contexto técnico associado, sua profissão de mineralogista e o foco do seu interesse na refração da luz pelos cristais e não nas linhas espectrais. Evidenciamos a não linearidade da construção de significados para as interpretações da origem das linhas espectrais claras e escuras, percebidos nos espectros da luz (emissão solar, lunar e estelar) e da combustão de várias substâncias.

Ao encontro das sugestões de Lemke (2002), na presente etapa, mobilizamos vários recursos imagéticos contemplando diagramas de linhas espectrais originadas pela combustão de substâncias terrestres, bem como de estrelas e da Lua e os significados conferidos. Também discutimos as imagens da constituição física do espectroscópio de prismas construídos por Kirchhoff e Bunsen, evidenciando aspectos dos propósitos da construção, do manuseio e funcionamento do aparato experimental. Grande maioria das imagens discutidas são originais.

Durante a abordagem ocorreu uma intensa participação dos licenciandos, notadamente, buscando articulações das imagens das linhas

espectrais com abordagens teóricas de cunho matemático, as quais haviam sido desenvolvidas em outras componentes curriculares. Também denotaram desconhecer os propósitos da construção das séries espectrais, digo, as Séries de Lyman; Balmer; Paschen; Brackett; Pfund apesar de já terem resolvido questões de lápis e papel relacionadas. Desconheciam que, as proposições das séries matemáticas deram-se com o propósito de estabelecer um modelo preditivo para as respectivas linhas, porém, antes de se construir um modelo atômico que explicasse o comportamento da estrutura da matéria que gerava aquele fenômeno.

A partir da abordagem e das interações e articulações com as abordagens conceituais mencionadas, interpretamos os licenciandos denotaram terem elaborado significações mais amplas e autênticas para as mencionadas séries, notadamente, conhecendo os propósitos da construção desse empreendimento.

Com o intento de proceder com uma incursão no campo da tecnologia, disponibilizamos uma segunda notícia, a qual se referia a identificação de características da substância desconhecida, indicando subliminarmente que ocorreu através de uma técnica espectroscópica, a professora procedeu com uma breve abordagem sobre técnicas espectroscópicas e algumas especificidades correspondentes. Dentre elas, as técnicas espectroscópicas de emissão e absorção atômica, força atômica, infravermelho, Raios X e Raman. Como referência, foi disponibilizado aos licenciandos um artigo do gênero divulgação científica, no sentido de ampliarem a articulação das abordagens conceituais com as tecnologias.

Posteriormente, os licenciandos denotaram terem se situado introdutoriamente em relação às mencionadas técnicas, seus propósitos e condições gerais de uso. De forma breve, procedemos com uma discussão sobre o texto de divulgação científica. A partir dessa, foi possível uma discussão sobre as possíveis técnicas espectroscópicas que a notícia se referia.

Logo após os encaminhamentos anteriores, no encontro seguinte, tratamos de encaminhamentos para a abordagem experimental que realizaríamos, construída com finalidades didáticas. A abordagem experimental consistiu em analisar a composição de seis soluções contendo distintos sais, a partir do espectro dos espectros de emissão atômicos. Da atividade experimental também participou um outro professor, o qual contribuiu significativamente para a implementação da atividade. ASSOCIACOES

Na atividade anterior, também foi possível indicar materiais de fácil acesso, os quais possibilitam que, em futuras atuações, os licenciandos realizem em suas aulas atividades experimentais semelhantes.



CONSIDERAÇÕES

A partir da presente investigação podemos perceber que, a partir da mobilização da HFC no contexto das compreensões dos conceitos introdutórios dos espectros de emissão e absorção atômicos possibilitaram resultados bastante positivos na compreensão dos estudantes sobre a temática. Notadamente, seus vínculos com as tecnologias modernas, o que vai ao encontro de várias defesas para a inserção da FMC na educação básica.

As diretrizes da BNCC para as abordagens da Física no nível médio de ensino, aumentam as problemáticas para que a FMC seja contemplada na educação básica, conforme apontam Arruda, Azevedo e Basso (2022).

No tocante as questões de pesquisa elencadas na investigação, entendemos que a HFC possibilitou uma ressignificação na compreensão da espectroscopia de emissão e absorção atômicos. Além porque, se deu em uma perspectiva dialogada e com parâmetros que valorizavam uma NdC sintonizada com os propósitos e elaborações teóricas.

Devemos considerar, porém, que diante do cenário que as tecnologias ocupam na contemporaneidade, defesas para o ensino da FMC na educação básica não deve se limitar a situações isoladas e no campo das estratégias de aprendizagem. Mas, deverá fazer parte das políticas públicas, impactando nos documentos e currículos oficiais.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, R. S.; DE AZEVEDO, M. A. R.; BASSO, L. D. P. O Não Lugar da Física Moderna na BNCC: A Construção de Redes Temáticas e a Interdisciplinaridade. **Revista Prática Docente**, v. 7, n. 1, e011, 2022.

AUBRECHT, G. J. Report on the conference on the teaching of modern physics. **The Physics Teacher**, v. 24, n. 9, p. 540-546, dec. 1986.

_____. Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century. **America Journal of Physics**, v. 57, n. 4, p. 352-359, apr. 1989.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos Sobre Concepções da Natureza da Ciência no Ensino das Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 579-619, 2017.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica, Brasília: DF, 2018.

BREWSTER, D. **Phil. Mag.**, 8, 384, 1836.

CROWE, J. **Modern theories of the universe. From Hershel to Hubble**. New York: Dover Publications, 1994.

ESTEBAN, M. P. S. Pesquisa Qualitativa em Educação: fundamentos e tradições. Porto Alegre: RS, Artmed, 2010.

FRAUNHOFER, J. **Ann. Phys.** 74, 337, 1823.

FRAUNHOFER, J. **Phil. Journal**. Edinburg, 10, 1824.

FREY, J. E. Discovery of the noble gases and foundations of the theory of atomic structure. **Journal of Chemical Education**, v. 43, n. 7, p. 371-374, 1966.

KIRCHHOFF, G.; BUNSEN, R. Chemical analysis by observation of spectra. **Annalen der Physik und der Chemie**, v. 110, p. 161-189, 1860.

LEMKE, J. Enseñar Todos Los Lenguajes de la Ciencia: palabras, símbolos, imágenes y acciones. In: BENLLOCH, M. (eds.). **La Educación en Ciencias: ideas para mejorar su práctica**. Barcelona, Paidós, p. 159-186, 2002.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Avaliação do ensino e aprendizagem de física moderna e contemporânea no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Porto Alegre: ABRAPEC, 2004. 1 CD.

MILLER, W. A. Experiments and observations on some cases of lines in the prismatic spectrum produced by the passage of light through coloured vapours and gases, and from certain coloured flames. **Philosophical Magazine**, n. 27, p. 81-91, 1845.

MINAYO, M. C. S. O. **Desafio do Conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 10ª ed. São Paulo: SP, Hucitec, 2007.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2013.

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**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN, F. A.; MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Área de Pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

SONZA, A. P.; FAGAN, S. B. Investigação sobre abordagens de física moderna no ensino médio. Bauru: **Atas do V ENPEC**, 5, 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: p. ABRAPEC, 2006, 1 CD.



STANNARD, R. Modern Physics for the Young.
Physics Education, Bristol, v. 25, n. 3, p. 132-143,
may. 1990.