

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/327861973>

A abordagem da física moderna e contemporânea por professores após a interação com cientistas de um centro de pesquisa avançada

Conference Paper · August 2018

CITATIONS

0

READS

31

3 authors:



Luciano Denardin

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

14 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Siqueira Harres

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

36 PUBLICATIONS 200 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



João Bernardes da Rocha Filho

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

50 PUBLICATIONS 17 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Experimentation on Physics education [View project](#)



Physics and Psychology [View project](#)

A ABORDAGEM DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA POR PROFESSORES APÓS A INTERAÇÃO COM CIENTISTAS DE UM CENTRO DE PESQUISA AVANÇADA

THE APPROACH OF MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS BY TEACHERS AFTER THE INTERACTION WITH SCIENTISTS OF AN ADVANCED RESEARCH CENTER

Luciano Denardin¹, João Bernardes da Rocha Filho², João Batista Siqueira Harres³

¹Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/Escola de Ciências,
luciano.denardin@pucls.br

²Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/Escola de Ciências, jbrfilho@pucls.br

³Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/Escola de Ciências, joao.harres@pucls.br

Resumo

A Física Moderna e Contemporânea (FMC) é raramente abordada no ensino médio, em parte por subjetividades do professor, como seu desinteresse ou percepção de inaptidão para explorar esse tema, em parte por ação de externalidades, como a falta de tempo curricular, a baixa ênfase que a FMC recebe no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e a estipulação rígida de conteúdos de certos sistemas de ensino. Como uma forma de superar isso, a Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear (CERN) promove regularmente um curso para professores de Física do ensino médio que visa a, entre outras coisas, promover a introdução da FMC no ensino formal. Esta investigação, então, foi até um grupo de participantes deste curso e ouviu suas manifestações sobre a abordagem da FMC em sala de aula após suas participações no curso do CERN. As manifestações foram analisadas por meio da Interpretação Essencial Sintética e as conclusões sugerem que a ida ao CERN muda a ação dos professores, incentivando-os a introduzir a FMC em suas aulas, mas essa nem sempre é uma mudança imediata e inclui a superação de vários obstáculos.

Palavras-chave: Física Moderna e Contemporânea; Escola de Física do CERN.

Abstract

Modern and contemporary physics (FMC) is rarely approached in high school, partly because of the subjectivity of the teacher, such as his lack of interest or the perception of his inability to explore this theme, partly due to externalities such as lack of curricular time, emphasis in the National High School Examination (ENEM) and the rigid provision of content in certain education systems. As a way to overcome this, the European Organization for Nuclear Research (CERN) regularly promotes a course for teachers of high school physics that aims, among other things, to promote the introduction of FMC in formal education. This research then went to a group of participants in this course and heard their statements about the approach of the FMC in the classroom after their participation in the CERN course. Demonstrations were analyzed using the Synthetic Essential Interpretation and the conclusions suggest

that going to CERN changes the action of teachers, encouraging them to introduce FMC into their classes, but this is not always an immediate change, and includes overcoming various obstacles.

Keywords: Modern and Contemporary Physics; CERN Teachers Programme.

Introdução

A abordagem da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio tem sido tema de pesquisas realizadas nas últimas décadas (TERRAZZAN, 1994; OSTERMANN; MOREIRA, 2000a; PEREIRA; OSTERMANN, 2009) e vantagens e obstáculos a essa inserção foram identificados (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007; MONTEIRO; NARDI; BASTOS, 2009; SILVA; ARENGHI; LINO, 2013). Apesar disso, apenas uma pequena parcela de professores discute esse tema em aula (MONTEIRO, NARDI e BASTOS, 2009).

Desde 2009 professores brasileiros têm participado da Escola de Física do CERN (Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear) - um curso de formação continuada que ocorre anualmente no próprio CERN. Os participantes desse curso visitam as instalações da organização e assistem a palestras e minicursos ministrados pelos próprios cientistas que lá desenvolvem suas pesquisas. Um dos principais objetivos da Escola de Física do CERN é o de atualizar os professores nos conceitos relacionados à FMC, em particular a física de partículas (GARCIA, 2015). Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a abordagem da FMC em sala de aula por parte de um grupo de professores que participaram da Escola de Física do CERN, bem como identificar os agentes que dificultam tal inserção.

A Inserção da FMC no Ensino Médio

Há muitas razões para a inserção da FMC no ensino médio, das quais destacam-se: atrair os jovens para a ciência (STANNARD, 1990; OSTERMANN; MOREIRA, 2000b); contribuir para que os estudantes compreendam os princípios físicos dos dispositivos tecnológicos (OSTERMANN; MOREIRA, 2000a; SILVA; ARENGHI; LINO, 2013); abordar aspectos da FMC com os quais os alunos têm contato midiático (OSTERMANN; MOREIRA, 2000a; OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007); promover atualização curricular (TERRAZZAN, 1994; OSTERMANN; MOREIRA, 2000a; PEREIRA; OSTERMANN, 2009; MONTEIRO; NARDI; BASTOS, 2009; SILVA; ARENGHI; LINO, 2013); viabilizar contato com ideias inovadoras da ciência dos séculos XX e XXI para aqueles alunos que não seguirão a carreira científica (ALVETTI, 1999); apresentar uma interpretação da natureza diferente da proposta pela física clássica (SILVA; ARENGHI; LINO, 2013); formar indivíduos críticos, conscientes e que atuem no mundo contemporâneo, bem como que compreendam as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) (TERRAZZAN, 1994; SILVA; ARENGHI; LINO, 2013).

Entretanto a abordagem da FMC no ensino médio ainda é incipiente. Entre as razões para isso estão a pequena carga horária semanal de física e a extensa lista de conteúdos ligados à física clássica (OLIVEIRA; VIANNA; GERBASSI, 2007; MONTEIRO; NARDI; BASTOS, 2009). A rigidez dos projetos político pedagógicos das escolas e a falta de atualização e capacitação dos professores também são obstáculos (ROSA; ROSA, 2005); MONTEIRO; NARDI; BASTOS, 2009).

Escola de Física do CERN

A Escola de Física do CERN em língua portuguesa consiste em um curso de formação continuada ofertada anualmente no CERN a professores de países lusófonos, com duração de sete dias. As atividades incluem palestras e um minicurso sobre física de partículas ministrados por pesquisadores locais. São realizadas visitas às salas de controle do LHC (Grande Colisor de Hádrons) e ao acelerador (GARCIA, 2015). Uma oficina para a construção de uma câmara de nuvens de baixo custo ainda figura entre as atividades desenvolvidas. A Escola de Física do CERN é destinada a professores da educação básica, e desde 2009 já recebeu mais de 200 docentes brasileiros. A seleção dos participantes no curso de formação é realizada pela Secretaria para Assuntos de Ensino da Sociedade Brasileira de Física (SBF).

A Escola de Física do CERN pretende que seus participantes se tornem divulgadores das pesquisas realizadas pela organização inserindo aspectos da FMC e física de partículas em suas aulas (GARCIA, 2015). No retorno ao Brasil os participantes se comprometem a socializar, em diferentes espaços formais e não formais de ensino, as vivências e aprendizagens construídas no CERN.

A pesquisa com professores participantes da Escola de Física do CERN

Esta pesquisa, de caráter qualitativo, realizou entrevistas semiestruturadas que foram analisadas segundo o método da Interpretação Essencial Sintética (MEDEIROS, 2016). O objetivo foi identificar como os participantes abordam a FMC em sala de aula após a visita. Seis professores que participaram de duas edições da Escola de Física do CERN foram entrevistados. O Quadro 1 apresenta os perfis desses docentes, identificados por P1 a P6. O professor P1 foi entrevistado 49 meses após a ida ao CERN, enquanto os demais professores, entre 13 e 17 meses de concluída a formação.

Quadro 1: Perfil dos professores entrevistados

Professor	Sexo	Experiência (anos)	Rede(s) de atuação	Nível acadêmico mais alto
P1	Masculino	10	Federal	Doutorado em andamento em Educação
P2	Masculino	12	Federal	Doutorado em andamento em Educação
P3	Masculino	3	Federal	Mestrado profissional em andamento em ensino de Física
P4	Masculino	10	Estadual e particular	Graduação em Física
P5	Masculino	20	Municipal e estadual	Mestrado em andamento em ensino de Física
P6	Feminino	25	Estadual	Mestrado acadêmico em Física

Resultados e Discussão

Analisando as entrevistas constata-se que cada professor reage de forma diferente a essa vivência, dependendo de fatores como experiências e formações anteriores e locais de trabalho. Muitos participantes se sentem em condições de ensinar a FMC a partir da vivência no CERN. O professor P1 alega abordar temas atuais de física em sala de aula:

Teve todo um ambiente, todo um clima criado para poder despertar o interesse e a motivação dos professores para levar aqueles temas para a sala de aula. Mas é uma experiência inicial. Porque eu estou falando isso? Porque aquilo por si só não vai fazer a gente levar nada para a sala de aula. Depende da gente, depende de como é que a gente sai de lá. (P1)

Já o professor P3 afirma que a discussão da FMC e do CERN se restringe ao nível superficial e informativo, enquanto os conteúdos tradicionais de física clássica têm um maior aprofundamento, como verificado no excerto:

O que tento colocar mais são exemplos como algumas falas e algumas histórias que eu vou tentando ilustrar durante as aulas. [...] Eu confesso que até então eu não falei de quarks e algumas coisas. [...] não vou exigir que saibam exatamente o que está acontecendo, até porque a gente não sabe [...]. Mas eu tenho receio às vezes de falar. Às vezes não, quase sempre, de falar sobre esses conteúdos. É porque eu não domino [...]. (P3)

Os professores P1 e P2 começaram a ensinar a FMC após a ida ao CERN:

[...] a vivência lá no CERN abriu minha mente e me deixou mais à vontade para poder trazer para as aulas de física, temas de física moderna. [...] me sinto bem mais à vontade, bem mais tranquilo para poder pensar em fazer atividades de física moderna. [...] Antes da Escola de Física do CERN, eu me sentia um tanto que travado para trabalhar essas questões (e não trabalhava). Hoje me sinto mais confiante. (P1)

Na minha prática docente, sempre que eu for falar de física moderna, quando for possível no ensino regular, eu vou falar sobre física de partículas. (P2)

Outros professores mencionaram que o curso fez com que fosse superada a insegurança inicial. A ida ao CERN foi tão significativa para o professor P5 que a temática do produto educacional vinculado ao mestrado profissional mudou. Inicialmente ligado à geociência, após a ida a Genebra ele abordou a física de partículas e as tecnologias desenvolvidas no CERN:

O projeto inicial que eu tinha apresentado era sobre geociência, então nós mudamos [...] Aí a gente desenvolveu esse projeto e apresentamos. Já desenvolvi em sala de aula e ficou bacana. Muito bacana mesmo! Ficou sendo sobre o modelo padrão do ensino médio [...]. (P5)

Quando perguntado se a participação no curso tinha lhe dado mais aptidão para trabalhar a FMC, P5 destacou o aumento na sua autoestima:

Eu não diria aptidão, mas é coragem. [...] Porque antes eu queria abordar tópicos da física moderna e principalmente sobre o modelo padrão, mas eu não me sentia com confiança para explicar sobre aquele assunto. [...] no curso do CERN eu tive a certeza que o que eles disseram que nós deveríamos ensinar era justamente o que eu estava pensando, então eu pensei – ‘Ah, então eu tenho condições.’ – então, eu fui e ensinei. (P5)

P5 manifestou o desejo de ampliar a abordagem da FMC em suas aulas:

Todo ano eu vou trabalhar (física de partículas) com os terceiros anos, somente com os terceiros anos, porque com o primeiro e segundo ano eu quero abordar outros assuntos relacionados à física moderna. (P5)

P4 vê a Escola de Física do CERN como uma porta de entrada para discutir aspectos da FMC, contudo ressalta a necessidade de realizar transposições didáticas sobre o que é ofertado no curso e o que deve ser abordado em aula:

[...] te dá uma noção básica de física de partículas. Você não sai de lá como o cara da física de partículas. Muito pelo contrário, é uma sementinha que eles plantam em você. [...] Para sala de aula, você precisa adequar isso [...].

Você ouvia falar, por exemplo, como prótons sendo partículas elementares, conhecimento da composição do átomo, que na graduação alguns não tinham e acaba passando para os alunos isso. [...] com uma semana de curso você não ia ficar mestre do assunto, mas você tem um começo, tem uma base para que possa estudar [...]. Como o conteúdo é agradável, então isso te dá prazer e te dando prazer, você acaba seguindo. (P4)

P4 identificou lacunas na sua formação inicial afirmando que alguns conceitos que lhe foram ensinados equivocadamente eram retransmitidos em sala de aula. Segundo ele, a vivência no CERN tornou-o crítico sobre a sua formação, ampliando sua visão sobre a física e percebendo o muito que há para aprender. P4 revelou que no primeiro ano após a participação na Escola as atividades realizadas por ele estavam centradas na divulgação científica afirmando que incluiria, no ano seguinte, a FMC em suas aulas regulares:

As ações tendem a acontecer mais no ano que vem de forma programada. Então eu acho que o próximo ano vai ser um ano em que minhas aulas vão estar programadas para falar desse assunto. [...] Então esse ano foi mais de divulgação do programa e da minha viagem em si. No ano que vem já vou falar um pouco mais dos conteúdos específicos. (P4)

O número elevado de aulas e a rotina de trabalho podem dificultar que o professor aplique, imediatamente ao retorno do CERN, novas atividades ligadas à FMC. Por essa razão pode haver um retardo na execução de aprofundamentos, em detrimento de uma abordagem mais superficial de conceitos da FMC. A inserção substancial de um novo assunto em sala de aula exige tempo para a preparação de aulas e realização de transposição didática. Pode-se supor, então, que ao longo do tempo a inserção da FMC se amplie.

P2 remete à necessidade de abordar todos os conteúdos da física clássica para depois discutir a FMC, seguindo a ordem curricular. Como não cogita no reposicionamento valorativo de qualquer conceito da física clássica, praticamente não resta tempo para a FMC:

Quando dá para chegar na física moderna na quarta unidade, agora por conta do trabalho da Escola de Física do CERN, é que a gente vai falar sobre o modelo padrão de física de partículas. [...] antes o que ficava de fora era a física de partículas, agora eu coloco física de partículas [...] (P2)

Essa linha sequencial inflexível, juntamente com outras causas, como a fragmentação curricular em disciplinas isoladas e os limites programáticos rígidos são os obstáculos de fundo a serem superados. P6 leciona em estabelecimentos nos quais o estudo da FMC está restrito a um bimestre, sem contemplar o tópico física de partículas. Porém, por conta própria ela discute aspectos relacionados ao CERN:

Não. Especificamente não, mas como eu falo, eu tiro uma aula minha para falar do modelo padrão, dessas coisas. (P6)

Esse movimento subversivo é uma tentativa de romper com a proletarização docente denunciada por Contreras (2012), por isso P6 parece apresentar, neste aspecto, uma maior autonomia docente em relação a P2. Enquanto P2 defende apenas uma mudança dos conteúdos, deixa transparecer uma preocupação crítica menor sobre o quê ensinar, como ensinar e por que ensinar.

O ensino das físicas clássica e moderna permitem uma abordagem crítica de questões atuais envolvendo CTSA. Esses estudos podem contribuir para a formação de um aluno crítico, instrumentalizando-o a participar de discussões envolvendo o

uso da ciência e da tecnologia na sociedade, mesmo depois de sua formação escolar ter sido concluída (SILVA; ARENGHI; LINO, 2013). Podem também auxiliar o desenvolvimento do senso reflexivo, criando um cidadão consciente e contemporâneo, alfabetizado do ponto de vista científico (TERRAZZAN, 1994).

A apropriação de teorias recentes também favorece que o indivíduo intervenha na realidade e no contexto e, a partir disso, adquira subsídios para interceder na sociedade. A escola é um dos instrumentos sociais que pode aproximar o aluno da ciência e da tecnologia, levando-o a superar a condição de usuário passivo, assumindo uma função social mais ativa (OSTERMANN; MOREIRA, 2000a). O enfoque CTSA e a compreensão tecnológica, como sugerido na literatura (TERRAZZAN, 1994), podem ser identificados no discurso de P1:

[...] tem uma contribuição muito grande da física moderna. [...] Não é discutir a física pela física, é discutir a física com algum objetivo, com alguma pretensão (que é) formar nos alunos uma cultura científica que possa de fato contribuir para a vida deles e, para contribuir para a vida deles a gente tem que pensar não somente no que ensinar, mas para que ensinar. (P1)

P1 recorre ao tema da enculturação científica. A inclusão da FMC nos currículos é uma forma de assegurar que aqueles estudantes que não optem por carreiras científicas ou até não ingressem no ensino superior tenham contato com a ciência ampliando assim suas bagagens culturais (ALVETTI, 1999). O conhecimento é uma produção cultural e a abordagem da FMC amplia a relevância do estudo da física na educação básica. P4 e P6 também identificaram temas relacionados ao enfoque CTSA nos discursos dos pesquisadores do CERN:

[...] eles produzem os experimentos e acabam usando a tecnologia para outras coisas, por exemplo, a medicina. Nós tivemos uma palestra de física médica e eles colocaram para gente a questão de como se pode trabalhar o material usado lá para a detecção de câncer, por exemplo. (P4)

Eu não sabia que lá (no CERN) se fazia pesquisa voltada para área médica. [...] Então isso é uma coisa interessante, porque é como se você tivesse fazendo uma pesquisa voltada de fato para a sociedade. (P6)

Alunos do final do ensino médio têm baixo interesse pela carreira científica (BROCK; ROCHA FILHO, 2011) em parte pela ênfase no formalismo matemático das aulas, pela pouca discussão contextualizada e pela falta de atividades experimentais (LUNKES; ROCHA FILHO, 2011). Estudos com calouros universitários da área científica mostraram que tópicos como teoria da relatividade, física quântica, física de partículas e astrofísica estão entre as principais influências desta opção profissional. O jovem busca cursos de graduação em física pelo seu interesse e contato com temas atuais e não pela abordagem clássica (STANNARD, 1990). É necessário motivar os jovens para a carreira científica (STANNARD, 1990; OSTERMANN; MOREIRA, 2000b; GARCIA, 2015) e o curso do CERN faz isso por intermédio de seus professores:

[...] meu objetivo é mostrar o que o CERN faz e estimular esses meninos-aqueles que pensaram em fazer, por exemplo, física, ou química, ou engenharia- que eles podem chegar lá para serem pesquisadores. (P6)

[...] tentar despertar nos meninos o interesse, inicialmente falando da ciência e acho que aí vem os novos cientistas, né? (P4)

[...] é necessário estimularmos os jovens de 15 e 16 anos hoje, para daqui a 10 anos eles possam ir para o CERN e usar esse acelerador. (P2)

A experiência no CERN, portanto, sensibiliza os professores a introduzirem a FMC em suas práticas, contudo fatores externos podem dificultar o processo. Alguns professores alegam que a alta carga de trabalho, a exigência de prepararem os estudantes para exames seletivos de ingresso à universidade, o desequilíbrio entre o baixo número de períodos semanais e a elevada quantidade de conteúdos a serem discutidos em sala de aula são agentes que dificultam a ampliação da FMC:

Se não fosse a carga horária tão alta que a gente tem, daria para a gente fazer muito mais coisas. (P4)

Eu não consigo ainda [...] Têm tantos fatores que influenciam, tem tempo e tem conteúdos que a gente elege como mais ou menos importantes [...] (P3)

Eu gostaria de fazer mais, mas a questão do doutorado acaba restringindo, mas faz parte. Atualmente eu gostaria de fazer mais, em particular pela física moderna (P1)

[...] nem é tocado no assunto (FMC) porque quando cai no vestibular de vinte questões é uma. O ENEM cita de uma forma muito superficial. (P2)

Considerações Finais

A partir da análise dos discursos dos participantes desta pesquisa pode-se concluir que a experiência no CERN desencadeia atitudes nos professores no sentido de inserirem aspectos relacionados à FMC, em particular à física de partículas, em suas aulas. Alguns professores salientam que a vivência no CERN os motivou e encorajou para realizarem tal inserção. Verificou-se que alguns professores realizam discussões superficiais relacionadas à temática, principalmente por ainda precisarem de tempo para prepararem materiais envolvendo esses assuntos. Aspectos ligados ao enfoque CTSA são abordados por alguns professores participantes, enquanto outros seguem realizando discussões apenas pautadas nos conteúdos e nas teorias. Independentemente da forma de abordagem, os professores fazem divulgações do CERN e das pesquisas lá realizadas, bem como narram suas vivências em Genebra acreditando ser uma forma de sensibilizar e motivar os alunos a seguirem as carreiras científicas.

A inserção da FMC no ensino médio, portanto, não depende apenas das boas intenções dos professores, mas também de fatores externos, como a elevada carga horária de trabalho e o pequeno número de encontros semanais com os alunos. Os currículos rígidos e a tendência de algumas escolas em direcionarem sua abordagem para os conteúdos programáticos dos exames de seleção à educação superior também podem dificultar essa abordagem.

Nesse sentido parece que a Escola de Física do CERN faz uma importante contribuição pois, ainda que a repercussão em sala de aula aqui constatada seja pequena, a vivência promove reflexões sobre a própria prática, entre elas, a da análise da inserção deste ou aquele conteúdo, em especial, o da FMC. Além de todo o trabalho louvável que a SBF faz ao promover esse curso seria interessante que ela, e também a comunidade de pesquisa, fizesse uma avaliação mais aprofundada e de longo prazo das suas repercussões.

Referências Bibliográficas

- ALVETTI, M.A.S. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista Ciência Hoje**. 1999, 169f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- BROCK, C.; ROCHA FILHO, J.B. Algumas origens da rejeição pela carreira profissional no magistério em física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.28, n.2, p. 356-372, 2011.
- CONTRERAS, J. **A autonomia dos professores**. São Paulo: Cortez editora, 2012.
- GARCIA, N.M.D. A Escola de Física CERN e sua contribuição na formação de professores brasileiros de Física do Ensino Médio. In: GARCIA, N.M.D. (Org.) **Nós, professores brasileiros de física do Ensino Médio, estivemos no CERN**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física: Editora Livraria da Física, 2015. p. 59-82.
- LUNKES, M.J.; ROCHA FILHO, J.B. A baixa procura pela licenciatura em física, com base em depoimentos de estudantes do ensino médio público do oeste catarinense. **Ciência & Educação**, v.17, n.1, p. 21-34, 2011.
- MEDEIROS, G.S. **Olhar para o sol: concepção da análise fenomenológica hermenêutica**. 2016, 59f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MONTEIRO, M.A.; NARDI, R.; BASTOS, F. A Sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, v.15, n.3, p. 557-580, 2009.
- OLIVEIRA, F.; VIANNA, D.; GERBASSI, R. 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. 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, 2000a.
- OSTERMANN, F. MOREIRA, M.A. Física contemporânea en la escuela secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 3, p. 391-404, 2000b.
- PEREIRA, A.P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009.
- ROSA, C.W.; ROSA, Á. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.
- SILVA, J.R.; ARENGHI, L.; LINO, A. Porque inserir física moderna e contemporânea no Ensino Médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 69-83, 2013.
- STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, v.25, n.3, p.133, 1990.
- TERRAZZAN, E.A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média**. 1994, 241f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.