



O uso da interferometria como conexão entre a Física Moderna e Contemporânea e a preservação ambiental

Cíntia Daniele da Silveira Picalho^a, Aline Viégas^b, Eduardo Folco Capossoli^b

^aEscola Dinâmica do Ensino Moderno (EDEM) / mestranda no Mestrado do Profissional Práticas de Educação Básica (MPPEB - CPII),

^bColégio Pedro II / Departamento de Anos Iniciais / Mestrado Profissional em Práticas da Educação Básica (MPPEB).

ARTICLE INFO

Recebido: 13 de septiembre de 2021

Aceito: 30 de octubre de 2021

Disponível on-line: 30 de noviembre de 2021

Palavras chave: Física Moderna e Contemporânea (FMC), Educação Ambiental, Enfoque CTSA

E-mail: fis.cintiad@gmail.com
alineviégas26@gmail.com
eduardo_capossoli@cp2.g12.br.

ISSN 2007-9847

© 2021 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Neste trabalho propusemos uma atividade baseada em uma sequência didática para estudantes do ensino médio, dentro do ensino de ondulatória. Esta atividade pretende abordar como o uso da técnica de interferometria pode estabelecer uma conexão entre a Física Moderna e Contemporânea (FMC), através da temática das ondas gravitacionais, e a educação ambiental, dentro do recorte da preservação ambiental. Os referenciais teóricos que serão utilizados como vetores, com a finalidade para relacionar os dois assuntos, vem através das perspectivas Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA). Esperamos que essa prática contribua com as pesquisas sobre a inclusão da FMC na educação básica, bem com, reforce o caráter interdisciplinar da educação ambiental e desperte entre os discentes as relações existentes entre os avanços científicos e a sustentabilidade ambiental e social.

In this work we have proposed an activity based on a didactic sequence for high school students, within the teaching of waves. This activity aims to address how the use of the interferometry technique can establish a connection between Modern and Contemporary Physics (MCP), by considering the subject of gravitational waves, and environmental education, by considering the framework of environmental preservation. The theoretical support that will be used as a vector in order to relate these two subjects come from the Science-Technology-Society (STS) and Science-Technology-Society-Environment (STSE) perspectives. We hope that this activity will contribute on the research regarding the inclusion of MCP in basic education, as well as, increases the interdisciplinary feature of environmental education and raises among students the existence of relationships between scientific advances and environmental and social sustainability.

I. INTRODUÇÃO

A ordem da apresentação dos conteúdos curriculares da disciplina de Física pode diferir entre instituições de ensino, ou até mesmo, entre diferentes países. Independentemente dessas questões organizacionais, cedo ou tarde, todos os estudantes irão se deparar com os conteúdos de ondulatória, ou seja, com a parte da Física que estuda os movimentos ondulatórios (ondas), suas naturezas, suas propriedades e etc.

Os livros didáticos brasileiros que trazem os conteúdos da Física voltados para a Educação Básica, em sua maioria, apresentam duas naturezas distintas para os fenômenos ondulatórios. Neste contexto, as ondas podem ser classificadas em relação à sua natureza como mecânicas ou eletromagnéticas. Ocorre, porém, que a teoria da relatividade geral de Albert Einstein, por volta de 1915, fez a previsão de uma onda que não teria uma natureza mecânica e nem

eletromagnética. Seria uma onda de natureza gravitacional, isto é, esta onda gravitacional, como é chamada, teria sua origem através de perturbações ou oscilações no espaço-tempo.

Quase cem anos após os trabalhos de Einstein, no dia 14 de Setembro do ano de 2015, ocorreu a primeira detecção de ondas gravitacionais através dos detectores gêmeos do interferômetro *Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory* (LIGO) (Abbott et al, 2016). O sinal captado, chamado de evento GW150914, teve sua origem em uma fusão de dois buracos negros, cada um com aproximadamente 30 vezes a massa do Sol, e que estavam a uma distância de aproximadamente 1,5 bilhão de anos luz da Terra.

Esta fantástica realização científica poderá nos abrir várias portas para um melhor entendimento do nosso universo, uma vez que várias outras detecções já foram realizadas até os dias de hoje.

Em particular, no âmbito do ensino de Física na educação Básica, a detecção, e por sua vez a confirmação das ondas gravitacionais, nos traz uma possibilidade de rediscutir a natureza das ondas, e utilizar essa discussão, para fazer a inclusão de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) nos conteúdos curriculares de Física.

Levando-se em conta que a formação acadêmica contemporânea nos aponta para conexões entre a ciência, tecnologia, sociedade, e até mesmo, incluindo o meio ambiente, vislumbra-se na FMC, através das ondas gravitacionais, a possibilidade de abordar aspectos da preservação do ambiental, uma vez que essa duas temáticas, aparentemente distintas, compartilham, de certa forma, o mesmo conceito físico, conhecido como interferência de ondas. Note que a detecção o experimental das ondas gravitacionais se dá através de um aparato que nos permite observar o tipo interferência sofrida por duas ondas, e é conhecido como interferômetro. Silveira (2011) nos apresenta uma utilização de técnicas de interferometria e, por conseguinte, do interferômetro, como uma ferramenta altamente qualificada para realizar o monitoramento ambiental (SILVEIRA 2011, p.10) nos diz que

“...o desenvolvimento de sistemas tecnologicamente avançados para amedidação de parâmetros físicos, tais como, fluxo de água, índice de refração, temperatura, salinidade, turbidez ou outros, pode permitir a detecção antecipada de fatores nocivos ao ambiente, como por exemplo, poluição térmica e de elementos químicos na água.”

Como mencionado anteriormente, este trabalho procura realizar conexões entre a ciência, tecnologia, sociedade e o meio ambiente. Para tal, vemos que Aikenhead (1994) reúne as possíveis relações científicas, tecnológicas e sociais através da abordagem “Ciência-Tecnologia-Sociedade” ou abordagem CTS. Além disso, de acordo com Tomazello (2009), no intuito de contemplar a dimensão ambiental, e para que esta ganhe uma posição de destaque dentro das discussões do movimento CTS, foi incluída a letra “A”, de Ambiente, na sigla CTS, sendo agora, CTSA.

Acreditando-se que as abordagens CTS ou CTSA sejam vetores que podem contribuir para a relação entre a FMC e a educação ambiental, através do viés da preservação ambiental, este trabalho proporá um roteiro instrucional baseado em uma sequência didática (SD). Essa proposta de atividade tem a finalidade de trazer estratégias de abordagem da FMC na educação básica e ressaltar que, embora a FMC possa envolver conceitos complexos em sua formulação, a sua conexão com temas do cotidiano e de grande relevância atual, representados aqui pela preservação ambiental, é plenamente possível. As SD's são recursos educacionais bem estabelecidos e possuem uma metodologia sistemática para a sua implementação e execução em práticas de sala de aula. Na perspectiva do estudante, considerando-se a Física como um dos campos dos saberes que contribui com as tecnológicas vivenciadas pela sociedade, esta SD poderia ser um motivador para que esses estudantes pudessem refletir sobre a construção de um mundo mais conectado com as relações existentes entre os avanços científicos e a sustentabilidade ambiental e social.

Este trabalho será desenvolvido da seguinte maneira: Na seção II, será feito um breve histórico da FMC; na seção III serão introduzidos os referenciais teóricos do CTS, CTSA e a educação ambiental; na seção IV será apresentada a sequência didática proposta nesse trabalho e finalmente na seção V, serão trazidas as conclusões do trabalho.

II. UM BREVE HISTÓRICO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA (FMC) E SUA INSERÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Ao final do século XIX a comunidade científica se deparou com uma série de situações que desafiavam às leis, que até aquele momento regiam o funcionamento do universo, e não encontravam solução na chamada Física clássica. De um ponto de vista puramente didático, e pouquíssimo aprofundamento, pode-se citar o “problema” do espectro de emissão de energia do corpo negro, que foi solucionado por Max Planck, e é considerado como o surgimento da mecânica quântica. Outro “problema”, por assim dizer, diz respeito à precessão da órbita do planeta Mercúrio. A solução para a perturbação orbital sofrida por Mercúrio só seria encontrada, no início do século XX, a partir da teoria da relatividade geral de Einstein. A fim de caracterizar esse novo ramo da Física que tratará das situações insolúveis do fim do século XIX, surge a nomenclatura de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Provavelmente a grande característica da FMC, em relação à Física clássica, é acomodar no seu escopo as teorias da mecânica quântica e da relatividade (especial e geral). Essas teorias trouxeram um entendimento incrível sobre o universo, possibilitando sondar desde o mundo subatômico até escalas astronômicas de distância.

Ainda que pesasse a complexidade matemática envolvida em sua fundamentação, muitos educadores passaram a acreditar que a sua inserção na educação básica era necessária. Em especial, a década de 1990 traz para o Brasil inúmeros estudos e pesquisas sobre a inclusão da FMC na Educação Básica, como por exemplo, em (TERRAZZAN, 1994; OSTERMANN, 1999, ZANETIC, 1999; OSTERMANN, MOREIRA, 2000). Uma particularidade sobre uma grande quantidade de trabalhos da década de 1990 e outros que avançaram a década de 2000 foi apresentar razão pelas quais a FMC não era ensinada nas escolas. Picalho (2020) traz um resumo dessas razões apontadas por vários autores, onde se podem destacar: a carência na formação de professores, falhas com investimento e na melhoria na qualidade do ensino, questões relacionadas aos materiais e livros didáticos, dentre outras.

Na última década, a partir dos anos de 2010, nota-se uma mudança nas pesquisas e nos trabalhos em FMC se comparados aos da década de 1990. Basicamente, o enfoque mais atual, embora discuta a necessidade ou os porquês de não se ensinar na FMC, entende que para além dessas discussões, se torna importante à proposição de estratégias concretas para a inclusão da FMC na educação básica. Alguns exemplos podem ser vistos em (CAPOSSOLI et al., 2015; HIGA; GROCH, 2015; SCHITTLER, MOREIRA, 2016; MARQUES *et al.*; 2019; FEITOSA et al, 2020). Cabe-se ressaltar que este presente trabalho corrobora com essas pesquisas mais recentes, citados no parágrafo anterior, uma vez que aqui a proposta da inclusão da FMC ganha protagonismo em relação às discussões se se deve, ou não, ensinar a FMC na escola básica. Além disso, o presente trabalho vai ao encontro dos documentos normativos brasileiros. De acordo com o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro o conteúdo programático previsto para o segundo bimestre da primeira série do ensino médio possibilitaria aos estudantes

“Compreender as interações gravitacionais, identificando a força gravitacional e o campo gravitacional para explicar aspectos do movimento de planetas, cometas, satélites e naves espaciais; Conhecer os modelos atuais do Universo (Evolução estelar, buracos negros e Big-Bang).” (SEEDUC-RJ, 2017). (Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/seeduc>>. Acesso em 21/02/2018).

Outro importante documento normativo brasileiro, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) afirma que

“Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores.”(BRASIL, 1999).

Mais recentemente, em Dezembro de 2017, houve a publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que deverá ser implantada em sua totalidade até 2020. A BNCC será o documento balizador das aprendizagens essenciais que serão abordadas no âmbito das redes educacionais, públicas e privadas, no Brasil. A BNCC terá abrangência em todos os segmentos da educação, tais como, Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. Embora jovem este documento se atenta para a inclusão da FMC no Ensino Médio, quando a competência específica 2, para as Ciências da

Natureza, apresenta os conteúdos de “espectro eletromagnético; modelos cosmológicos; astronomia; gravitação; mecânica newtoniana; previsão do tempo” (BNCC, 2017, p. 542).

Por fim, acreditamos que a FMC deva ser inserida no escopo da educação básica e como diria o professor João Zanetic que deveríamos ensinar a Física do século XX, ou seja, a FMC, antes que o século XX acabasse. O século XX acabou! Agora temos que correr, antes que o século XXI acabe.

III. UMA BREVE REVISÃO SOBRE CTS/CTSA E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Tendo a sua gênese na década de 1970 o movimento ou abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade, conhecido pela sigla CTS se firma, de acordo com Santos e Mortimer (2001, p. 96), “...em contraposição ao pressuposto cientificista, que valorizava a ciência por si mesmo, depositando uma crença cega em seus resultados positivos”. Andrade (2020) nos chama a atenção que essa afirmação dos autores decorre do fato que na década de 1970 existia uma preocupação mundial acerca dos impactos econômicos, sociais e ambientais provenientes do desenvolvimento científico e tecnológico, em particular do desenvolvimento armamentístico de matriz nuclear.

Dentro do recorte do ensino ou da educação, Barros (2017, apud ANDRADE, 2020, p.26) nos traz que

“As ideias desse movimento são, então, incorporadas à educação e tem como principal objetivo a “preocupação com a formação cidadã, incluindo a capacidade de tomada de decisão por meio de uma abordagem integradora entre ciência, tecnologia e sociedade.”

Ainda dentro do campo do ensino ou educação, uma importante contribuição é trazida em (LUZ, QUEIROZ, PRUDÊNCIO, 2019, p.32) que nos diz que embora “as possibilidades de integração ainda não foram investigadas de forma aprofundada, uma das formas de aproximar a Educação Ambiental e o Ensino de Ciências é por meio da Educação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)”.

Talvez a junção das ideias de (Barros, 2017) e de (Luz, Queiroz, Prudêncio, 2019) pudesse ser de certa forma preconizado em (AGUIAR; RODRIGUES; CHRISPINO, 2013, p. 2) onde é desejado que

“O ensino de ciências deve ser tratado de forma contextualizada, tendo como objetivo principal “despertar no aluno o seu papel de cidadão participante, cidadão que interfere na Sociedade com suas escolhas e decisões.”

Em relação à abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente já foi mencionada na introdução do trabalho que a letra “A” foi incorporada à sigla CTS, se tornando CTSA, de forma que a dimensão ambiental ganhasse uma posição de destaque, ou de importância, uma vez que a educação ambiental ganhava espaço nas políticas públicas educacionais e um protagonismo nos debates dentro da sociedade. (ANDRADE,2020, p.31-33) traz uma compilação sobre o entendimento e a percepção de vários autores sobre a perspectiva CTSA. Ainda através de (ANDRADE, 2020, p.33) podemos compreender que “que propor uma educação em Ciências com enfoque CTS/CTSA, vai além da abordagem de questões do cotidiano em sala de aula.” Além disso, também podemos ver que os enfoques CTS/CTSA poderão

“contribuir para a discussão de outras dimensões - econômica, social, ambiental, histórica - envolvidas em questões que são objeto de estudo da Ciência, se aproximando da realidade do educando e contribuindo para sua formação como cidadão.” (ANDRADE, 2020, p.33)

Entendendo que a questão ambiental envolve várias dimensões da realidade, o último tópico desta seção abordará um pouco da construção histórica da educação ambiental. Nota-se que a educação ambiental se confunde historicamente com os movimentos ambientalistas que foram deflagrados no planeta ao longo das décadas de 1960 e 1970. Cascino (1999) coloca os movimentos ambientalistas em parceria com aqueles que protestavam contra a utilização de armas nucleares, em favor do feminismo, a luta dos movimentos negros e dos homossexuais e etc. Por sua vez, Viégas (2017,

p. 43-44) nos apresenta diversos eventos que podem ser relacionados à educação ambiental, ocorridos na década de 1970, entendendo a sua força como um movimento social, antes mesmo de penetrar os espaços escolares.

Dentro do contexto que é importante para este trabalho, vemos que a incorporação da educação ambiental no ambiente escolar vem dos movimentos sociais, como os relatados no parágrafo anterior, trazendo uma reflexão acerca responsabilidade da cultura científica sobre o meio ambiente. Ou seja, por vezes a ciência aparece como responsável pela destruição do ambiente, e por outras vezes, como fonte de solução para todos os males. Vemos em (ANDRADE, 2020, p.16) que uma vez que a educação ambiental entra na pauta de debates mundial, esta temática foi capaz de influenciar a redação de vários documentos da legislação brasileira. Ainda que os documentos normativos apontem para uma inserção interdisciplinar da educação ambiental nos sistemas de ensino, (GUIMARÃES, 2015) nos lembra de que a própria essência da educação ambiental é interdisciplinar, já que desde os primórdios de sua construção, a problemática ambiental já era entendida como social e ambiental. Sendo assim não podemos restringir que educação ambiental interaja somente com disciplinas que tratem diretamente de temas ambientais, mas sim, potencializar ao máximo o caráter interdisciplinar, a permitir a interação com qualquer disciplina.

Nesse sentido, vindo ao encontro do pensamento de Guimarães (2015), este trabalho trará uma proposta de se abordar a educação ambiental através da FMC.

IV. SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UMA POSSIBILIDADE DIALÓGICA ENTRE A FMC E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

As Sequências Didáticas (SD's) são ferramentas educacionais que permitem a interação entre o profissional da educação e os estudantes. Dentre os vários autores que contribuíram e contribuem nessa temática, optou-se pela interpretação de Batista et al (2017) que nos aponta as fases estruturantes de uma SD. A saber, a intervenção, a repetição de conteúdo aprendido, o estudo individual, a comunicação da lição, a atividade motivadora, a explicação de perguntas ou problemas, a respostas intuitivas ou elaboração de hipóteses.

IV.1 Sequência didática: O uso da interferometria no auxílio da preservação do meio ambiente

A SD prevista neste trabalho é direcionada a uma série do Ensino Médio que esteja trabalhando o assunto de ondulatória. A duração prevista é de dois tempos de aula. Note que o tempo de aula poderá variar conforme a rede de ensino, de país, etc. De toda forma, uma característica das SD's é a possibilidade de adequação, por parte do docente, conforme as suas necessidades. De uma maneira sucinta pode-se ver que a SD terá a seguinte estrutura:

I – Questionário Investigativo;

II – Uso do simulador: Experimento Michelson – Morley;

III- Explorar informações sobre o interferômetro LIGO e sobre a primeira detecção das ondas gravitacionais;

IV- Relacionar o conteúdo da FMC com a preservação ambiental, através do viés CTS/CTSA.

A etapa I, tratando do questionário investigativo conterà algumas perguntas acerca de conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto de ondulatória. As perguntas propostas neste trabalho são, por exemplo: “Quais são os fenômenos ondulatórios que você conhece?”; “Quais são as naturezas das ondas?”; “Você saberia dizer quais são os elementos d uma onda?”; “Você já ouviu falar em ondas gravitacionais?”; “Você saberia dizer como são detectadas as ondas gravitacionais?”.

A partir deste ponto, prosseguindo para a etapa II, uma vez que o docente já apresentou o aparato experimental do interferômetro, necessário para a detecção das ondas gravitacionais, ele apresentaria uma simulação computacional de um tipo de interferômetro. Esta simulação traz uma modelagem do interferômetro de Michelson – Morley que bem conhecido no contexto da Física e se encontra disponível no seguinte endereço eletrônico <https://www.vascak.cz/>.

A razão da etapa III é introduzir o conceito de CTS aos estudantes. É nesta etapa que o docente explorará todas as possibilidades de conectar a ciência, a tecnologia e a sociedade.

Por fim, na etapa IV, será a culminância da atividade. A etapa se inicia quando o docente apresenta um recorte do trabalho de Silveira (2011). Esse recorte mostrará aos estudantes que a detecção de poluição (química ou térmica) nos rios e, portanto, o monitoramento ambiental, pode ser realizado, também, através das técnicas de interferometria. O docente abrirá uma discussão com os estudantes sobre como dois temas, aparentemente distintos, podem ser conectados, através dos interferômetros. Esse momento é visto como a oportunidade ideal para que o docente traga o referencial teórico relativo ao enfoque CTSA que poderia em tese, abrir entre os discentes, uma nova visão de um mundo. Espera-se que nesse recorte educacional, este discente se torne um ator crítico, com capacidade de discernimento sobre os avanços tecnológicos e científicos que promovem o bem-estar da sociedade.

V. CONCLUSÕES

Neste presente trabalho ressaltamos a importância da inclusão da FMC na Educação Básica. Seja através da sua inclusão no currículo escolar ou através de atividades extraclasse. Além disso, a proposição atividades concretas e contextualizadas para a inclusão da FMC na Educação Básica estaria consonância com os documentos normativos brasileiros, como mostrado ao longo do texto. Essa contextualização, tão almejada, no ensino é muito propícia aos enfoques CTS/CTSA. Mostramos ao longo do texto o caráter interdisciplinar intrínseco a educação ambiental. Neste trabalho trouxemos as SD's como ferramenta educacional, bem estabelecida, e estudada por vários autores. Potencializando o a Esta interdisciplinaridade intrínseca a educação ambiental, concluímos ao longo de desse trabalho, que as SD's possibilitam uma relação dialógica entre a FMC e a educação ambiental através do viés CTS/CTSA de forma plenamente satisfatória. Ainda foi pontuada nesse trabalho, a possibilidade da atividade educacional instigar nos discentes uma postura crítica diante dos avanços tecnológicos e científicos.

REFERENCIAS

- Abbott, B. P. *et al.* [LIGO Scientific and Virgo]. Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Phys. Rev. Lett.* 116, no.6, 061102 (2016) doi:10.1103/PhysRevLett.116.061102 [arXiv:1602.03837 [gr-qc]].
- Aikenhead, G. What is STS science teaching? In: SOLOMON, Joan; AIKENHEAD, Glen. *STS Education: international perspectives on reform.* New York: Teachers College Press, 1994.
- Andrade, M. S. de. *A Educação Ambiental em aulas de campo na Baixada Fluminense: uma proposta para o ensino de Ciências.* 2020. 72 f. Dissertação (mestrado). Mestrado Profissional em Prática de Educação Básica, Colégio Pedro II, Rio de Janeiro.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.* Brasília: Ministério da Educação, 1999, 360p.
- BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base.* Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.
- Capossoli, E. F., Santana, D. B. V. da S. de, Silva, M. C. R. da, Fernandes, M. E. L., Castro, P. L. N. S. de, Azevedo, P. S. de o grupo de física moderna e contemporânea do colégio Pedro II: uma proposta de apresentação da física moderna e contemporânea aos alunos do ensino médio do campus são Cristóvão III, *Caderno de resumos do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física.* Uberlândia, MG 2015. Disponível em https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/atas/XXI_SNEF_livro_de_programa_e_resumos.pdf. Acesso em 02/11/2021
- Cascino, F. *Educação ambiental: princípios, história e formação de professores.* São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1999.

Feitosa, S. dos S., Araújo, K. M. G. de, Silva, M. S. da, Nobre, F. A. S. Uma sequência didática utilizando a literatura de cordel e a arte das histórias em quadrinhos para inserção de tópicos da Física Quântica no Ensino Médio, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Vol.37, No.2, p. 662 – 694, ago, 2020.

Guimarães, M. A Dimensão Ambiental Na Educação. 12. ed. Campinas, SP: Editora Papyrus, 2015.

Higa, I., Groch, T. M. Professores de Física da rede estadual de ensino e suas práticas pedagógicas em Física Moderna e Contemporânea, *Ensino em Revista*, Vol.22, No.2, p.281-298, jul./dez. 2015.

Luz, R., Queiroz, M. B. A., Prudêncio, C. A. V. CTS ou CTSA: o que (não) dizem as pesquisas sobre educação ambiental e meio ambiente? *ALEXANDRIA: R. Educ. Ci. Tec.*, Florianópolis, v. 12, n. 1 p. 31-54, maio. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2019v12n1p31/40020>>. Acesso em: 02/11/2021.

Marquez, T. C. F; Martins, T. C., Novais, A. L. F., Gomes, L. M., Paschoal, C. M. M., Fernandes, C. S., Ferreira, F. C. L. Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura, *Revista Scientia Plena*, Vol. 15, No.7, mar, 2019.

Ostermann, F. Tópicos de Física Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores de Física. 1999. 433f. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Ostermann, F.; Moreira, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna E contemporânea no ensino médio”. Florianópolis: Instituto de Física, UFRS. 2000.

Picalho, C. D. da S. Contrapontos entre a cosmogonia antiga e a ciência moderna: Uma proposta para o ensino de cosmologia no Ensino Médio. 2020. 58f Monografia (especialização em Ensino de Física na Educação Básica), Colégio Pedro II, Rio de Janeiro.

Santos, W. L. P. dos; Mortimer, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em educação em ciências*, v. 2, n. 2, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172000000200110>. Acesso em: 02/11/2011.

Schittler, D., Moreira, M. A. É possível ensinar Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio? Como? Uma UEPS de LASER DE RUBI como exemplo. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Vol. 9, No. 3, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2407>>. Acesso em: 02/11/2021.

Silveira, C. R. da. Desenvolvimento de sensores baseados em fibra óptica afunilada para monitoramento ambiental. 2015. 112f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), UFPA/ITEC/PPGEE, Campus Universitário do Guarά, Belém-PA, Brasil.

Terrazzan, E. A. Perspectivas para a Inserção da Física Moderna na Escola Média. 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Tomazello, M. G. C. O Movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade–Ambiente na Educação em Ciências. *Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente*, I, 2009.

Viégas, Aline Vianna. Educação Ambiental e Escola: caminhos e interconexões necessárias no Colégio Pedro II. In: Katia Regina Xavier Pereira da Silva, et. al. (Org). *Pesquisa na Educação Básica, Coleção O novo velho Colégio Pedro II*, vol. 5. Rio de Janeiro: Colégio Pedro II, 2017. p. 41-56.

Zanetic, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Cad. Cat. Ens. Fís.*, Vol. 16, No. 1: p. 7-34, abr. 1999.