



Difusão de conceitos da Física Moderna através da plataforma Moodle: O que é realmente Quântico do ponto de vista científico?

Modern Physics explained for people through the virtual learning environment: What can be really in the limit of quantum concepts?

Milton Baptista Filho <https://orcid.org/0000-0002-4035-436X>

Doutor em Ciências Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professor no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do polo IFFluminense – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: mfilho@iff.edu.br.

Leandro Carvalho Pinto Filho

Aluno de Licenciatura em Ciências da Natureza no IFFluminense – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: leandrocpfilho@gmail.com.

Resumo

Neste trabalho, trataremos do relato de experiência da iniciativa desenvolvida entre os meses de julho e setembro de 2020. A iniciativa consistiu na oferta de curso livre na modalidade EaD. O curso foi ofertado abertamente ao público em geral e contou com mais de 300 inscritos dos diversos níveis de formação. A proposta do curso surgiu naquele contexto de discussão sobre a relevância da ciência acerca do enfrentamento da covid-19 e do crescente uso do termo Quântico em pseudociências e abordagens inadequadas e incorretas. Os fenômenos reconhecidos a partir de 1900 são fenômenos cuja abordagem passa a considerar seus níveis de energia não mais contínuos, mas discretos, ou seja, em valores definidos, de onde vem a origem do termo Quantum e de onde deriva a palavra Quântico. A grande revolução trazida por esses fenômenos e o grande paradigma constituído transformou a física e a tecnologia. No entanto, lamentavelmente, vem atualmente recebendo usos incorretos e associações indevidas. Portanto, a proposta da oferta do curso veio como apoio a essa necessidade de divulgação científica em nossa região. Neste trabalho, vamos descrever a proposta desse curso e discutir resultados obtidos analisando o perfil dos cursistas e suas opiniões.

Palavras-chave: Física Moderna. Quantum. Pseudociências. Divulgação científica. Complementariedade.

Abstract

In this experience report, it will be described a short term course offered between July and September 2020. The initiative was provided by the virtual learning environment, Moodle from Instituto Federal Fluminense. It was free fee course, and destined to the general public from high school level with more than 300 applications was received including participants of all levels of education. The course programed was made to discuss the main ideas about Modern Physics since the black body problem until matter waves. In special, about Modern Physics, plenty of bad interpretation has been used to explain and relate questions of personal lives or to find esoteric reasons for meaning of people life. In fact, the Modern Physics made a large revolution in the Classical Physics concepts. New interpretations about deterministic about physical quantity as position or velocity in the quantum world are admitted as probability. The philosophical meaning brought new ideas and perspectives. This course intended to explain the first principles of that revolution and brought a bit of context for those changes in the heart of the physics. In this works, it will be reported the course, its programme and some results about participants.

Keywords: Modern Physics. Quantum. Pseudoscience. Science divulgation. Complementarity.

I Introdução

Desde o início da pandemia, um processo acirrado de negacionismo contra os avanços científicos ganhou força e expressão na sociedade e em meios de comunicação em geral. As críticas e a não aceitação das construções científicas sempre existiram, mas nestes tempos recentes parecem ter ganhado um impulso, a ponto de correntes de negacionismo. Esses fenômenos têm ocorrido em muitos lugares do mundo e têm seu espaço em território nacional. Apesar de muito avanço no ensino de ciências na educação brasileira, as formas de ensinar e o que ensinar ainda permanecem no centro de muita discussão, em especial a formação científica de base, potencializando o senso crítico da população em geral (CASSIANI, 2022).

No vazio deixado pela falta de alfabetização científica e desinformação, ganham espaço as pseudociências. Um caso em especial sobre a física chama a atenção quando observamos a adoção da palavra “Quântico” associada a práticas e serviços traduzidos como modernos e revolucionários, o que não necessariamente tem conexão com os fundamentos científicos e, aparentemente, apenas

pega carona na conotação a que o termo remete. A origem da palavra Quântico está na palavra Quantum. Nos idos do ano 1900, Max Planck propôs esse conceito para expressar a hipótese de que, em sistemas microscópicos, na escala de micrômetros e menores, os sistemas físicos apresentavam transformações de energia em quantidades bem definidas, os Quantum de energia, diferentemente dos sistemas clássicos em que as quantidades de energia em distintas transformações eram tratadas de forma contínua (BUCKLEY, 1929).

Para exemplificar, podemos pensar em uma pessoa dando um salto. Normalmente a altura máxima atingida pelo salto depende da capacidade física da pessoa, da sua estrutura esquelética e muscular. Em um sistema microscópico, ou seja, no limite dos fenômenos quânticos, um salto não pode ser dado em qualquer altura, mas sempre em valores de altura naturalmente definidos e estabelecidos. Portanto, o termo Quântico refere-se a essa característica de comportamento dos sistemas físicos. Não será difícil observar que diversos serviços dedicados à terapêutica e à orientação pessoal vêm adotando o termo Quântico como forma de agregar valor e trazer um tom de modernidade. De fato, os desdobramentos obtidos a partir de 1900 trouxeram uma grande revolução nos conceitos da física. O que não se confunde com o descompromisso da simples adoção do termo Quântico sem qualquer vinculação conceitual com a construção da física.

A adoção da palavra “Quântico” em usos diversos se tornou algo muito comum em variados setores destinados à oferta e à comercialização de serviços como consultorias, terapias etc. O fato de a Física Moderna trazer vários pontos de vista inovadores a serem considerados no campo científico, de forma confusa e errônea, vem sendo adotado livremente em ações que não carregam necessariamente compromisso com a metodologia científica e a coerência. Tratar e intitular determinado serviço ou metodologia como “Quântica” se tornou sinônimo de algo moderno e revolucionário, o que é fato a ser inquirido e debatido quanto à falta de honestidade intelectual. De fato, fenômenos quânticos são aqueles que ocorrem na escala microscópica apropriada e em essência. Ao se tratar fenômenos de ocorrência na escala macroscópica ou de dimensões macroscópicas, todo desenvolvimento da teoria quântica retorna aos fundamentos do que chamamos de teoria clássica (LIMA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2021; MARQUES et al., 2019; AMORIM, 2021).

Esse tipo de adoção se torna possível em muito pelo vazio de esclarecimento que o ensino de ciências traz, em especial, da ausência da Física Moderna aplicada na vida cotidiana das pessoas. Por outro lado, muitas das tecnologias em equipamentos eletrônicos, por exemplo, só foram possíveis graças aos desdobramentos obtidos da Física Moderna. Transistores, Sistemas microeletromecânicos, Ressonância magnética, Lasers e nanotecnologia são alguns dos exemplos de tecnologias que foram produzidas a partir de fundamentos construídos da mecânica quântica – desenvolvimento ocorrido a partir de meados da década de vinte do século XX. Um aspecto que chama muito a atenção de adoções inadequadas e errôneas da física quântica está em alguns fundamentos de base como o princípio da incerteza ou mesmo nas probabilidades de estados possíveis, na qual em determinado fenômeno sempre há alguma possibilidade de comportamento que, na visão clássica, seria exótico. O avanço de pseudociências parece dar permissão para que

certas condutas errôneas utilizem de hipóteses da Física Moderna para trazer tom de esoterismo a algumas práticas com associação da palavra Quântico.

O ensino de Física Moderna no ensino básico ainda carece de presença mais frequente nos currículos escolares. A intenção já existe há um bom tempo, mas resistências diversas ainda dificultam sua viabilização. De todo modo, não apenas o conhecimento da Física Moderna e Contemporânea quanto a má formação em conhecimentos científicos na educação básica permitiu uma lacuna diante do avanço de tantas pseudociências, fato que ficou muito evidente no período mais inicial da pandemia de covid-19. A efetiva inclusão de tais temas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) vem se ampliando ao longo dos anos (BRASIL, 2017). Já encontramos em diversos livros didáticos conceitos introdutórios sobre Física Moderna. Mas ainda temos bastante espaço para buscar aproximar a população em suas diversas camadas à divulgação de tais conceitos. Em especial, para o público adolescente, atendido pelo Ensino Médio, tais conceitos estimulam muita curiosidade e interesse (GARCIA; COSTA, 2014).

No contexto dos meses iniciais da pandemia por covid-19, o Instituto Federal Fluminense possibilitou a seu corpo docente três cursos via Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), Moodle, com o intuito de, ao final do terceiro curso, possibilitar que o docente participante pudesse estruturar cursos completos na plataforma. Nos meses seguintes, a Coordenação de Educação a Distância, ligada ao Centro de Referência, por meio de edital, possibilitou que professores concluintes do processo de formação completa em Moodle, pudessem criar e ofertar publicamente cursos livres. Desta forma, unindo a visão de todo o contexto observado sobre o uso da palavra Quântico e todo o cenário negacionista, surgiu a ideia de elaborar um curso autoinstrucional para divulgar as ideias e conceitos que embasam a Física Moderna – desenvolvimento ocorrido na física entre os anos de 1900 e o início da década de vinte do século passado. Desta forma, este trabalho visa relatar a experiência obtida na elaboração e os resultados obtidos a partir da percepção dos participantes do curso.

2 Estrutura Programática do Curso

O curso foi esquematizado em quatro temas gerais, que são acompanhados de descrição de contexto histórico e discussão sobre a construção de cada conceito em uma carga horária total de 40 horas de curso distribuídas em quatro semanas. Quando se fala em Física Moderna, inclui-se também os desenvolvimentos da chamada Teoria da Relatividade. Por conta de todo desenvolvimento transformador e revolucionário, certo mito conceitual foi criado, dando a entender ao leigo em ciências que tais desenvolvimentos surgiram de repente. Mas fato é que tanto a Teoria da relatividade quanto a Teoria quântica, assim como a Física Estatística, são produtos de um franco, fértil e profícuo período de grande desenvolvimento da física, na qual cada novo conceito possui base nos conceitos pregressos, como tipicamente ocorre no desenvolvimento científico.

Ao longo do curso, que foi estruturado em quatro partes, textos e vídeos diversos são utilizados para trazer os conceitos, além da exibição de experimentos e aplicativos dedicados à simulação de fenômenos. Ao final das quatro partes, o cursista é convidado a responder a um questionário composto por dez questões com opções “Verdadeiro” ou “Falso”, tendo sido exigido um mínimo de setenta por cento de acertos para obter o certificado emitido pelo curso. Nas subseções a seguir, será abordada com mais detalhes a estrutura de conteúdo do curso.

2.1 A origem do termo *Quantum*

O primeiro tema do curso trata da origem do termo *Quantum*: debate da natureza da luz, das características ondulatórias da luz, da radiação do corpo negro, da discretização da energia e, por fim, do efeito fotoelétrico. Seguindo a cronologia histórica da construção dos conceitos, o curso se inicia tratando dos desenvolvimentos ainda em meados do século XIX, quando James Clerk Maxwell apresenta uma publicação extremamente importante na física, trazendo os fundamentos básicos sobre a relação entre eletricidade, magnetismo e a possibilidade de existência de ondas eletromagnéticas. Tal feito tem muita relevância, trazendo novos elementos a uma discussão antiga acerca da natureza da luz: se esta era composta por partículas ou se era estruturada como uma onda. Mais de duas décadas depois, Heinrich Hertz conduziu um experimento emblemático onde se produziam as primeiras ondas eletromagnéticas, corroborando as expectativas trazidas pelo trabalho de Maxwell. Faz-se importante mencionar que, por mais de dois séculos, um franco debate sobre a natureza da luz se seguiu na física, e o trabalho de Maxwell trouxe fôlego novo aos defensores da corrente ondulatória (EISBERG; RESNICK, 1994).

A Teoria da Relatividade também é um desdobramento do trabalho de Maxwell. Nos anos da realização do experimento de Hertz, muitas outras observações experimentais são relatadas, incluindo experimentos para observação da luz emitida por vapores e gases em baixas pressões, com intuito de observar o comportamento atômico. Outra frente é a observação da luz e radiação emitida de corpos aquecidos, idealizada pelo conceito de corpo negro, o qual seria um corpo que emite e absorve radiação na mesma proporção. Essas duas linhas de estudo levaram aos primeiros sinais de que a energia poderia se apresentar de forma discreta, em pacotes definidos de onde Max Planck cunhou o termo *Quantum* (EISBERG; RESNICK, 1994; MARQUES et al., 2019).

O primeiro tema detalha a caminhada histórica que se segue na formulação de questionamentos importantes para esse período do final do século XIX e se encerra tratando do fenômeno do efeito fotoelétrico, um desdobramento da hipótese de Planck, tratando de um fenômeno observado em semicondutores que passam a ter mais condução elétrica quando irradiados com certos comprimentos de onda de luz visível. Já a partir do segundo tema, tendo sido feito um paralelo com o primeiro tema entre as concepções corpuscular e ondulatória da luz, tratando-se da concepção de que a luz de fato tem comportamento dual, ou seja, pode se comportar

como corpúsculo e onda a depender do contexto e da forma de se observá-la, o curso se direciona a explorar as descobertas entre 1895 até início da década de vinte sobre o comportamento da matéria no nível atômico.

2.2 Mecânica Quântica: cenas de uma nova realidade

O segundo tema, após tratar sobre o comportamento da matéria e da descoberta de seus componentes elementares, passa a abordar a Mecânica Quântica, incluindo Modelos atômicos, a Descoberta do elétron, o Modelo atômico de Rutherford e o Modelo de Bohr. Entre os anos de 1895 e 1915, muitos desenvolvimentos são obtidos especialmente no campo da Física nuclear, parte da física dedicada ao estudo das reações nucleares. Os raios-x, descobertos em 1895 por Thomson, além dos elétrons, que também fazem parte desse movimento, tão profícuo e revelador quanto à natureza da estrutura nuclear de átomos, além de prótons e nêutrons investigados nesse período, compondo parte importante das ideias sobre modelos atômicos. Pelos idos de 1913, o modelo de Bohr é proposto, tendo como fundamento o núcleo atômico denso, ideia fundamentada nas recentes descobertas de Rutherford (EISBERG; RESNICK, 1994). A concepção do modelo, além de considerar o núcleo atômico denso, segue a ideia de modelo planetário, com a eletrosfera (parte externa no entorno do núcleo ocupada com elétrons) no entorno do núcleo atômico. O modelo proposto por Bohr segue, por um tempo, atendendo a algumas evidências experimentais, como para os níveis de energia de algumas transições eletrônicas. No início da década de vinte, De Broglie lança seu postulado, que traz luz ao possível comportamento ondulatório da matéria, o que acaba por ser um primeiro passo do início da mecânica quântica. (LIMA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2021).

2.3 As partículas que também são ondas

O comportamento dual da matéria segue uma tendência discutida por séculos para o comportamento da luz. Por quase três séculos, esteve em debate se a natureza da luz seria de caráter corpuscular ou ondulatório. Além de veementes defensores de ambas as visões, havia evidências favoráveis a ambas. No início do século XX, com o surgimento da ideia de Quantum de energia, a ideia de fóton é introduzida, dando força aos defensores do comportamento corpuscular da luz. Porém, já estava consolidada, através do trabalho de Maxwell, a ideia de onda de eletromagnética, restando estabelecer-se que a luz de fato se apresenta das duas formas. No início da década de vinte do século passado, com o postulado de De Broglie, a ideia de onda de matéria fica sugerida, incluindo limites palpáveis para o comprimento de onda típico de uma dada porção de matéria. Alguns anos depois, experimentalmente, George Thomson, filho de J. J. Thomson, descobridor

do elétron, observou experimentalmente elétrons em comportamento ondulatório. A partir do trabalho de Erwin Schroedinger, que formulou uma equação diferencial que poderia modelar o comportamento ondulatório da matéria, várias possibilidades puderam ser tratadas. Em especial, das conclusões obtidas da solução da equação diferencial, algo peculiar foi a determinação de que grandezas determinísticas como a posição e a velocidade seriam expressas no mundo Quântico, não através de valores exatos, porém através de probabilidades estatísticas e intervalos de valores possíveis (EISBERG; RESNICK, 1994).

2.4 O determinismo dá lugar às possibilidades

Na física e na matemática, o uso e a elaboração de modelo baseado em equação diferencial é etapa básica na obtenção de um modelo matemático que represente determinado fenômeno natural. Erwin Schroedinger apresenta na sequência histórica da ideia de comprimento de onda da matéria de De Broglie uma equação que representaria como o estado quântico de um sistema físico muda com o tempo. Embora o modelo não seja idêntico às equações diferenciais dedicadas a fenômenos ondulatórios, traz, como resultado e solução para o fenômeno analisado, uma função de onda. A partir dessa função, a discussão sobre seu significado leva a ideia de probabilidade de determinado estado ser possível e qual o seu percentual de realização. Muito além do sentido diferente que a ideia de onda de matéria já teria, o fato de se analisarem probabilidades de se observar distintos estados a partir da proposta de Schroedinger mostrou-se revolucionário, especialmente contra a ideia clássica de determinística, como no caso da determinação da posição de um objeto. Nessa nova concepção, a posição de um átomo ou molécula passa a ser probabilística (LIMA; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2021).

O princípio da incerteza proposto por Werner Heisenberg seguiu a tendência proposta no modelo da equação de Schroedinger, trazendo um maior detalhamento e generalizando as condições intrínsecas do determinismo de grandezas físicas como posição, velocidade, energia e tempo no ambiente quântico. Os desdobramentos e consequências dessas ideias transformaram toda a física e requereram discussões profundas no campo filosófico. A despeito de falta de unanimidade e concordância na concepção de várias ideias dentro desse contexto histórico da física, a concordância experimental com as previsões feitas no campo teórico permitiu e permite que tais ideias sejam aceitas e utilizadas no maior aprofundamento do conhecimento sobre a matéria, de forma que as previsões teóricas realizadas na Física Quântica não encontram evidência experimental que as conteste.

2.5 Dados obtidos dos participantes do curso

A plataforma Moodle fornece um grande conjunto de dados de acesso dos cursistas, como dados de inscrição, e possui mecanismos próprios para realização de pesquisas de opinião. Analisando os dados básicos dos cursistas, pudemos concluir que o perfil do cursista se dividiu em público interno e externo do Instituto Federal Fluminense. Sobre o público interno, os estudantes do IFFluminense são oriundos de diversos campi e de diversos cursos de nível médio e superior. Entre as carreiras do nível médio, o curso contou com cursistas matriculados nos cursos de Mecânica, Eletrotécnica, Edificações, Automação e Química. Entre as carreiras do nível superior, cursistas matriculados em cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza, Licenciatura em Matemática, Engenharias Mecânica, Elétrica, de Computação e de Automação participaram do curso. A aprovação do curso e emissão de certificado foi dada para cada cursista que obtivesse 70% (setenta por cento) de acertos no questionário avaliativo ao término do curso. O questionário foi estruturado com 10 questões geradas aleatoriamente no formato “Verdadeiro” ou “Falso”. O curso apresentou um percentual de aprovação de 75% (setenta e cinco por cento).

Além disso, uma pesquisa de opinião foi oferecida aos cursistas ao término do curso. O perfil das perguntas foi direcionado para a qualidade e a formatação do curso, conforme apresentado na Figura 1. Um campo para sugestões também foi aberto ao participante da pesquisa de opinião. Analisando as respostas apresentadas, observou-se que, na avaliação geral do conteúdo do curso, houve respostas de Boa a Muito Boa. Em relação à formatação, a avaliação foi majoritariamente Boa.

Figura 1. Dados obtidos através de uma pesquisa de opinião oferecida aos cursistas ao término do curso

Fonte: Elaboração dos autores

Quanto à clareza das informações dos cursos e quanto às suas expectativas, os itens ficaram com avaliação Muito Boa em sua maioria. De maneira geral, a Pesquisa de Opinião revelou-se muito positiva à realização do curso. Naturalmente, adequações da proposta e revisões ortográficas deverão ser realizadas em vias de uma nova edição futura do curso. Na nova edição, um encontro presencial e encontros semanais síncronos com espaços para debates sobre os conteúdos serão inseridos na programação do curso.

3 Considerações finais

Um curso na modalidade EaD foi desenvolvido como proposta de difundir as principais ideias da Física Moderna para os públicos interno e externo ao Instituto Federal Fluminense. O curso ficou baseado na plataforma Moodle institucional e contou com inscrição realizada de forma online, conforme edital publicado pela Coordenação de Educação a Distância do Centro do Referência no segundo semestre de 2020. Uma das motivações para a proposta do curso foi a carência da abordagem desses conteúdos na base curricular da educação básica. O crescimento da veiculação de crenças em pseudociências e a própria negação à ciência potencializaram a motivação e a pertinência da proposta do curso. O curso foi estruturado em quatro partes, acompanhando o desenvolvimento das ideias em torno da dualidade onda-corpúsculo que, inicialmente, foram atribuídas ao comportamento da luz, havendo sido, posteriormente, percebida uma tendência

parecida para o comportamento da matéria. Neste contexto, a ideia de probabilidade de determinação de variáveis como a posição passou a ser considerada, o que é algo bastante distinto da concepção determinística. Desta forma, o curso foi proposto no ano de 2020, contando com inscrições oriundas de diversos locais do estado, incluindo público externo ao instituto e estudantes de diversos cursos do ensino médio e graduação matriculados no Instituto, além de outros estudantes de níveis de escolaridade desde o nível fundamental até o nível superior. A partir dos resultados apurados sobre a origem dos cursos e da pesquisa de opinião, observamos grande potencial para a apresentação de nova edição do curso. Desse modo, uma nova proposta do curso, com previsão de um encontro presencial para realização de experimentos e direcionada a estudantes do ensino médio e superior foi apresentada à Direção de Extensão e à Diretoria de Educação Básica e Profissional do Campus Campos-Centro, havendo sido viabilizada a oferta de nova edição no segundo semestre de 2022. Como desdobramento do curso, há o interesse da inserção do conteúdo programático na rotina dos estudantes do ensino médio integrado do campus.

Referências

- AMORIM, R. G. G. et al. Mecânica Quântica 120 anos: Uma abordagem a partir da medida e de simetrias. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, v. 43, e20210076, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0076>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/qJKnw pYyXJWzRB83kzpCWHj/?lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- BRASIL. Lei no 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 154, n. 35, p. 1-3, 16 fev. 2017. MPV 746/2016.
- BUCKLEY, H. F. **A short history of physics**. 2. ed. London: Methuen & Co. LTD., 1929.
- CASSIANI, S. Negacionismo científico e crítica à Ciência: interrogações decoloniais. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 28, e22000, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320220000>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/WSh8HLnbbGLdBH4nFCWBJS/?lang=pt#>.

Acesso em: 14 mar. 2023.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica**: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

GARCIA, L. C.; COSTA, M. A inserção de física moderna no ensino médio por meios de práticas experimentais e aplicações na astronomia. In: **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**: Artigos. [S. l.]: Governo do Estado do Paraná, 2014. ISBN 978-85-8015-080-3.

LIMA, N.; CAVALCANTI, C.; OSTERMANN, F. Concepções de dualidade onda-partícula: uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da teoria quântica. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, v. 43, e20200270, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0270>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/yFLHKMG9B4HWKZfPtDNgPsn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2023.

MARQUES, T. C. F. et al. Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura. **Scientia Plena**, v. 15, n. 7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.074809>. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/4833>. Acesso em: 14 mar. 2023.

Agradecimentos

Agradecemos aos professores Galvani Almeida e Luiz Braga do IFFluminense, Campus Macaé, por sua incansável luta para estabelecer o ensino de Física Moderna no currículo do ensino médio daquele campus, iniciativa que muito influenciou este trabalho. Agradecemos a todo o suporte e apoio da equipe da Coordenação de Educação a Distância do Centro de Referência do Instituto Federal Fluminense, em especial à servidora Ana Christina Marchi da Silva Figueiredo, cujo suporte foi fundamental para realização do curso mencionado neste trabalho.