



A filosofia de Thomas Kuhn e suas implicações para o ensino de Física

Thomas Kuhn's philosophy and its implications for the teaching of Physics

Francisco de Assis Lima de SOUSA JUNIOR

Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia
Universidade Federal do Rio de Janeiro
fassis@metalmat.ufrj.br

Célia SOUSA

Instituto de Química
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
sousa@iq.ufrj.br

Maira Monteiro FRÓES

Instituto Tercio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais
Universidade Federal do Rio de Janeiro
froes.maira@gmail.com

Priscila TAMIASSO MARTINHON

Instituto de Química
Universidade Federal do Rio de Janeiro
pris-martinhon@hotmail.com

Maria de Lourdes da SILVA

Faculdade de Educação
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
lullua2@yahoo.com.br

Grazieli SIMOES

Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia
Universidade Federal do Rio de Janeiro
graelisimoies@iq.ufrj.br

Abstract. *In this work we seek to show that the History of Science can become an important pedagogical resource for the teaching of Physics in view of the curricular and structural changes that the Brazilian educational system is undergoing. In particular, we also intend to show that the ideas of the philosopher of Science Thomas Kuhn can be applied to the teaching of Physics,*



contributing to student learning and modifying the teacher's view of his methodologies. We then carried out a search for works and theses that presented proposals for teaching Physics whose Kuhnian philosophy served as a basis. We highlight some of these works, from which we analyzed the clarity of the didactic proposal, the feasibility of application and the possible pedagogical benefits. We hope with this work to contribute to the area of Physics Teaching and to encourage further studies on Kuhn's epistemology applied to education.

Keywords: *Physics Teaching. History of Science. Thomas Kuhn.*

Resumo. Neste artigo buscamos mostrar que a História da Ciência pode tornar-se um importante recurso pedagógico para o ensino de Física frente às mudanças curriculares e estruturais que o sistema educacional brasileiro está sofrendo. Em especial, pretendemos mostrar também que as ideias do filósofo da ciência Thomas Kuhn podem ser aplicadas ao ensino de Física contribuindo para a aprendizagem dos alunos e modificando a visão do professor sobre as suas metodologias. Realizamos então uma busca de trabalhos e teses que apresentavam propostas de ensino de Física cuja filosofia kuhniana servia de base. Destacamos alguns desses trabalhos, dos quais analisamos a clareza da proposta didática, a viabilidade de aplicação e os possíveis benefícios pedagógicos. Esperamos com este trabalho contribuir para a área de Ensino de Física e incentivar mais estudos sobre a epistemologia de Kuhn aplicada à educação.

Palavras-chave: Ensino de Física. História da Ciência. Thomas Kuhn.

Recebido: 09/03/2023 Aceito: 19/03/2024 Publicado: 04/04/2024

DOI:10.51919/revista_sh.v1i0.397

1. Introdução

O ensino de Física no Brasil ainda se caracteriza por ser predominantemente conteudista, privilegiando a abordagem matemática de assuntos específicos da área, reforçando a memorização e deixando em segundo plano a reflexão sobre a geopolítica mundial, que rege as políticas que decidem a vida da população. Apesar das mudanças que vêm acontecendo ao se adotar uma perspectiva decolonial (ACIOLY; MORAIS; SANTOS, 2022; DANTAS JUNIOR, 2022), seu processo de aprendizagem nem sempre é contextualizado à realidade discente, fazendo pouco ou nenhum sentido para muitos estudantes (MOMETTI; TAJMEL; PIETROCOLA, 2021).

Com o intuito de minar a credibilidade do ensino público, a avaliação externa da qualidade da educação brasileira vem ganhando força e destaque no cenário educacional nacional desde a década de 1990. O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), principal concurso de acesso às universidades e avaliador do Ensino Médio (EM), é um exemplo do papel que esse tipo de avaliação desempenha na “conformação e na consolidação de um grande mercado educacional no Brasil” (SILVA; MELO, 2018, p. 1385).

Se bem elaborado, o ENEM avalia a compreensão e aplicação de conceitos, em vez de cálculo de grandezas, exigindo do candidato um conhecimento contextualizado com as diferentes épocas da história, trazendo questões sobre problemas atuais e também do passado. Contudo, propondo uma realidade na qual as suas questões são mais interpretativas e menos objetivas, junto a outras avaliações externas de desempenho mercadológicas, o exame pressionou por mudanças em estratégias didáticas da escola, promovendo uma atualização em seus currículos, tornando possível uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em um país de dimensões continentais, que em última análise nada mais é que um “pacote privatista, utilitarista, minimalista que precisa ser revogado” (OSTERMANN; SANTOS, 2021, p. 1381).

Com o “objetivo” (aspas dos autores) de unificar o currículo do EM no Brasil, e ao mesmo tempo orientar escolas e professores, fornecendo parâmetros, competências e habilidades exigidas em todas as disciplinas do Ensino Básico, foi instituída em dezembro de 2017. Contudo, este não passa de um

discurso e/ou retórica neo economicista e reformista em torno da proposição e materialização desta política cuja materialização e concretude poderá implicar em retrocessos na gestão democrática e na autonomia dos sistemas e instituições educativas, nas dinâmicas curriculares, nos processos formativos e na autonomia docente (DOURADO; SIQUEIRA, 2019, p. 291).

As críticas sobre a política defendida pela BNCC antecedem a sua construção (MOZENA; OSTERMANN, 2016) e foram amplamente sustentadas pelos que defendem às Instituições Públicas de Ensino (GONÇALVES; LAVOR; OLIVEIRA, 2022; JAKIMIUI, 2022; ZAN; KRAWCZYK, 2020), posto que, em linhas gerais ela

[...] é esvaziada de conteúdo científico na escola, que é fortalecida de aspectos comportamentais, é uma base curricular que mais define uma concepção comportamental, da cultura da paz, de certa concepção de solidariedade, que, na verdade, é um esvaziamento de conteúdo e uma tentativa de apassivamento da população (CRAVEIRO; DE SOUSA, 2018, p. 379).

A BNCC emprega uma retórica falseada ao veicular uma propaganda ostensiva pautada em alguns elementos adotados em discursos críticos e democráticos - para que ocorra um aceite pelas massas das competências e habilidades, que uma parcela neoliberal da sociedade decidiu, sem, contudo, envolver um amplo debate com a sociedade (TARLAU; MOELLER, 2020). Os defensores da BNCC apregoam que este documento foi o resultado de uma construção democrática (que não aconteceu), chegando a um conjunto de áreas de conhecimento a serem desenvolvidas com os alunos do EM. São elas: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e Tecnologia, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (BRASIL, 2018). Dessa forma, a BNCC “sistematiza” (aspas dos autores) o esvaziamento da aprendizagem dos conhecimentos conceituais das áreas específicas, a contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos, os processos e práticas de investigação e as linguagens de cada uma dessas áreas.

Neste contexto, tomando como base os conteúdos definidos pela BNCC, uma nova organização curricular aprovada pelo Ministério da Educação começou a ser implementada a partir de 2022, o Novo Ensino Médio (NEM). Este, que também foi projetado “pelos contrarreformadores empresariais da educação, possui um papel político bastante definido: produzir uma gestão da miséria e da desigualdade que passa pela exclusão gigantesca de pessoas da escola pública” (AMÂNCIO, 2023, p. 71).

Dentre as mudanças - que corroboram com o projeto político de desmonte da educação pública - trazidas pelo NEM, destaca-se o aumento da carga horária mínima total, o qual, aliás, se deu às custas da diminuição, apagamento e até exclusão de disciplinas importantes (CASTRO, 2023; THEISEN; TONIN; CASSOL, 2022). A remoção de disciplinas específicas no currículo programático do ensino médio finda por esvaziar “o sonho de progresso de um povo que luta para ser visto, considerado e reconhecido”, promovendo o atraso, na forma de ausência ou incompletude da consciência de classe (CASTRO, 2023, p. 47).

A carga horária mínima total do NEM foi dividida em uma parte comum obrigatória contemplando “todo” o conteúdo contido na BNCC em suas áreas de conhecimento e uma parte “flexível” contendo os chamados “Itinerários Formativos”, onde o aluno “poderia escolher” entre o aprofundamento relacionado a essas áreas de conhecimento ou optar por uma formação técnica e profissional. Com relação aos conteúdos, não se encontram mais distribuídos em disciplinas, mas em áreas de conhecimento onde os professores trabalhariam por meio de projetos, oficinas e atividades interativas. O NEM retirou as condições de aprofundamento das reflexões a partir dos recursos de um campo disciplinar específico. Isso não é novo, tão pouco avanço, é sucateamento da experiência escolar e educacional em nome da “prática”. É a formação pela prática sem suporte, sem o devido respaldo teórico-conceitual. Contudo, é uma falácia dizer que retirar a especificidade das disciplinas é o que favorece trabalhar com projetos. Os Projetos Políticos Pedagógicos (PPP) já permitiam isso, embora não totalmente aproveitados.

Por essa e outras questões, o debate sobre o NEM continua em plena expansão, inflamando o cenário político e educacional, pontuando a (re)existência de uma “[...] política educacional em transição” (XAVIER *et al.*, 2024), inclusiva e multicultural, capaz de garantir uma educação pública, gratuita, laica, universal e obrigatória, “que opera com uma Pedagogia pensada, necessariamente, no plural” (LIMA; THEVES, p. 15).

No tocante ao ensino de física na educação básica, não é de hoje que suas perdas nas escolas públicas vêm sendo notadas. Demonizar as aulas expositivas em defesa de Itinerários Formativos achando que estratégias, dinâmicas e atividades podem ser utilizadas como fórmulas e modelos milagrosos é minimizar o plano político imbricado nas entrelinhas desse processo. A invisibilização da perda de autonomia docente, “das más condições de trabalho”, “do reduzido número de aulas”, da “progressiva perda da identidade no currículo de Física”, entre outras tantas questões, estimula o ensino mecânico de conteúdos desatualizados (MOREIRA, 2017, p. 1).

A resistência e (re)existência que pode ser realizada em sala de aula perpassam reflexões complexas, que demandam planejamentos pedagógicos que auxiliem a leitura do mundo. Neste contexto interrelacionar a História da Ciência (HC) ao Ensino de Física pode ser uma estratégia emancipadora. Martins (2005, p. 314) observa, por exemplo, que: “A História da Ciência é feita por seres humanos e se constitui em uma reconstrução de fatos e contribuições científicas que ocorreram, muitas vezes, em épocas distantes da nossa.” Sendo assim, a HC fornece elementos que revelam a natureza da ciência, como ela é construída e disseminada. Podemos perceber que o conhecimento científico é dinâmico e constantemente reformulado. Essas características da ciência podem ser úteis pedagogicamente, pois se opõem a um ensino dogmático, acrítico e irreal, ensino este que queremos modificar.

Sendo assim, surge a questão: De que maneira a filosofia de Kuhn pode contribuir para o ensino de Física? Este trabalho tem como objetivo discutir os impactos do kuhnianismo para o ensino de Física e analisar algumas formas em que a epistemologia de Kuhn foi utilizada com fins didáticos apresentando os prós e contras destas intervenções pedagógicas encontradas na literatura.

2. A epistemologia de Kuhn

O filósofo da ciência Thomas Kuhn (1922-1996) foi um dos que romperam com essa mística de uma ciência cumulativa, sempre progressiva e que descreve a realidade dos fenômenos naturais. Valorizando os fatores históricos e sociais na construção do conhecimento, Kuhn define a ciência como um empreendimento humano cíclico onde as disputas entre grupos dentro da comunidade científica determinam um conjunto de regras e conceitos a serem seguidos.

Diferentemente de outros filósofos de sua época, Kuhn descreve o processo pelo qual a ciência produz conhecimento utilizando uma estrutura bem definida e dividida em períodos com características específicas. Essas características bem definidas facilitam a identificação de acontecimentos históricos dentro da ciência e as mudanças de comportamento sofridas pelos cientistas em cada período. Dessa forma, o professor, ao adotar as ideias de Kuhn, pode optar por uma abordagem histórica dos conteúdos a serem ensinados, mostrando que a evolução dos conceitos até se chegar à teoria passou por momentos de crise, tendo a sua capacidade explicativa questionada, e revolução, rompendo as barreiras que impediam mudanças científicas. É possível também introduzir os alunos em situações vividas pelos profissionais da ciência que se deparam com períodos bastante produtivos em que as teorias se consolidam, e outros em que o surgimento de anomalias põe a prova a veracidade dessas teorias. A abordagem por meio dos chamados “conflitos cognitivos”, onde o professor insere questões das quais as concepções prévias dos alunos não dão conta de responder ou até mesmo as contrariam, tem um paralelo com as mudanças de paradigmas ocorridas na ciência.

O livro “A estrutura das revoluções científicas”, de Thomas Kuhn (1922-1996), foi um dos livros da filosofia científica mais lidos e causou bastante impacto na comunidade científica. Também por conta desse sucesso, foi muito debatido e criticado. A filosofia de Kuhn se caracteriza por

valorizar a história da ciência e as disputas pelo reconhecimento entre grupos dentro da comunidade científica. Tem como principais conceitos o paradigma e a revolução científica que pertencem a períodos de desenvolvimento da ciência chamados de ciência normal e crise, respectivamente (LIMA DE SOUSA JUNIOR e PINGUELI ROSA, 2019).

Kuhn define o paradigma como “realizações científicas reconhecidas durante algum tempo por um grupo de pesquisadores proporcionando fundamentos para a sua prática posterior” (KUHN, 2018, p. 71). Para ele, o paradigma é importante porque direciona a pesquisa e aponta para um quadrante de possibilidades nos limites do qual os problemas podem ser resolvidos. Além disso, Kuhn afirma que não existe pesquisa sem um paradigma como base. Um paradigma é escolhido quando se torna mais bem-sucedido dentre os competidores, porém não soluciona todos os problemas, pois é uma promessa de sucesso que necessita ser fortalecida. Esse fortalecimento vai ocorrer no período de vigência da ciência normal.

A ciência normal é um período de amadurecimento do paradigma, a atualização dessa promessa de sucesso. O objetivo da ciência normal não é a descoberta e, sim, adequar a natureza às teorias, pois as supostas descobertas já são previstas pelo paradigma vigente. Sendo assim, o trabalho do cientista se assemelha à resolução de quebra-cabeças, onde o problema existente já possui uma solução dentro das teorias aceitas pelos cientistas, basta encontrá-la como quem encontra as peças certas de um *puzzle*. É no período de ciência normal que ocorrem a invenção, a construção e o aperfeiçoamento de aparelhos, levando a um aumento da acuidade das medidas e, conseqüentemente, a extensão do conhecimento (OSTERMANN, 1996).

Quando a natureza contraria as expectativas do paradigma, surge então uma anomalia. Esta começará a ser amplamente explorada pela área de estudo a qual pertence até se conseguir ajustar a teoria aos dados empíricos. Mas, se essa anomalia resistir, ela passará a ser reconhecida pela comunidade científica e mobilizará um número cada vez maior de cientistas na tentativa de extingui-la. A consequência disso é o surgimento de inúmeras teorias que acabam enfraquecendo o paradigma e inclusive questionando a validade das soluções alcançadas até o momento. Para Kuhn essa proliferação de teorias já é um sinal de um período de crise dentro da ciência. Percebe-se com isso que é o momento de pensar em alternativas conceitualmente diferentes, aparecem novos candidatos a paradigma, iniciando assim uma disputa entre estes postulantes. O paradigma vencedor substitui o anterior, que só é abandonado quando um novo é adotado, ou seja, não se descarta um paradigma enquanto não exista um novo para assumir o seu lugar.

A esta ruptura de paradigma, com a conseqüente adoção de outro, Kuhn chama de revolução científica. A partir da revolução científica, os cientistas adquirem uma nova visão ao observar os mesmos fenômenos, criam novas práticas de investigação e novos instrumentos de medição. Contudo, espera-se que este “*novo*” paradigma, associado ou não a uma nova teoria, seja redutível ao anterior, tornando este um caso particular daquele. Dessa forma, a nova teoria

também seria capaz de resolver os problemas que a antiga dava conta, mas isso muitas vezes não ocorre por causa do que Kuhn chama de incomensurabilidade. Para ele, o novo e o velho paradigma são incomensuráveis, ou seja, possuem uma linguagem diferente da qual uma não pode ser traduzida para a outra sem perdas. Mesmo contendo elementos comuns, esses paradigmas “são determinados por técnicas bastante diversas e, assim, têm estruturas diferentes e correspondem a conceitos diferentes” (KUHN, 2006, p. 239).

O termo “*revolução científica*” pressupõe grandes descobertas com um largo alcance, modificando radicalmente todo o conhecimento construído dentro de uma ou várias áreas de pesquisa. Mas na visão de Kuhn, para ser considerada uma revolução científica, essa mudança radical precisa ser significativa apenas para o grupo que for afetado por ela. Portanto, para Kuhn, a ciência se desenvolve, em parte, cumulativamente por acréscimo ao que antes era conhecido, mas também por mudanças revolucionárias que extrapolam os limites impostos pelos conceitos anteriormente definidos.

3. Kuhn e o ensino de ciências

Ao longo de sua obra, Kuhn também analisa a forma como a ciência é ensinada nas escolas e nas universidades. Em especial, faz críticas e também elogios aos recursos didáticos os quais chamou de manuais e exemplares. Apesar de se referir ao ensino das ciências para uma formação científica, ou seja, para aqueles que pretendem se tornar cientistas, é possível utilizar as mesmas considerações para a formação geral.

Kuhn define os manuais como “veículos pedagógicos destinados a perpetuar a ciência normal” (KUHN, 2018, p. 233). É o que ocorre com os livros didáticos que contêm contribuições e soluções de problemas de antigos cientistas dando a aparência de uma ciência construída cumulativamente. Considera-os pedagogicamente funcionais e eficientes para ensinar leis e teorias da ciência normal, porém distorcem a verdadeira tradição científica, deixando para os alunos a falsa impressão de um conhecimento construído individualmente e sucessivamente. Como geralmente os alunos não leem trabalhos originais, artigos ou teses dos cientistas, até por não terem ainda atingido uma maturidade intelectual compatível para isso, os manuais “substituem sistematicamente a literatura científica da qual derivam” (KUHN, 2018, p. 268). No caso dos futuros cientistas, nos cursos de graduação, eles aprendem a trabalhar com a ciência normal e até a produzir crises, mas não aprendem a superá-las, a dar nova interpretação aos fenômenos.

Segundo Kuhn (2018), os estudantes compreendem bem ao lerem o manual, porém sentem muitas dificuldades em resolver muitos dos problemas propostos. Precisam ter aprendido a resolver problemas semelhantes, analogias, estabelecer relações entre os símbolos para aplicá-los da mesma maneira eficaz. Necessitam, então, dos chamados exemplares e quanto mais os tiverem, melhores serão os manuais. Os exemplares consistem em “exemplos de situações que

seus predecessores no grupo já aprenderam a ver como semelhantes entre si ou diferentes de outros gêneros de situações” (KUHN, 2018, p. 303). O “*plano inclinado*”, “*pêndulo*”, “*calorímetro*”, “*câmara escura*”, entre outros, fazem parte dessas situações que os professores exploram em sala de aula. Os exemplares fornecem habilidades que ajudam os cientistas a agruparem objetos e situações em conjuntos semelhantes durante a prática da ciência normal (KUHN, 2018, p. 311). Da mesma forma, auxiliam os alunos a encontrarem similaridades, fazerem analogias e criarem modelos. Ensinar as leis ou teorias antes das situações que se apresentam ou não na natureza, não resulta em um aprendizado sólido. Assim como ocorre na língua, quando as palavras são aprendidas juntamente aos exemplos concretos e não de forma isolada, o aluno adquire um conhecimento tácito. A quantidade de exemplos necessários para que um conceito seja aprendido e capaz de ser utilizado varia de aluno para aluno, ou seja, uns precisam de mais e outros de menos. É um dos motivos pelo qual a aprendizagem não ocorre exclusivamente com a ajuda do professor, por meios verbais, mas em algum momento em que esses exemplares são trabalhados.

Para além de valorizar aspectos do ensino considerado tradicional, como a utilização dos manuais e a resolução de problemas já solucionados pelos cientistas, as ideias de Kuhn fornecem as bases para um ensino crítico e dialógico, capaz de compreender a escola como lócus de construção de conhecimento. Seus questionamentos sobre a neutralidade da ciência e o suposto progresso científico contribuem para superar a visão positivista predominante nas escolas, ao mesmo tempo em que fornece um caráter orgânico, plural, decolonial ao ensino. Para Forato, Pietrocola e Martins (2011), o ensino de ciências tem como um dos seus objetivos promover a compreensão de como o conhecimento científico é desenvolvido e nesse sentido, filósofos da ciência como Karl Popper (1902-1994), Paul Feyerabend (1924-1994), Imre Lakatos (1922-1974), e o próprio Kuhn, tornam-se referências.

Popper defendia que a ciência tem como objetivo a busca da verdade e a expansão do conhecimento, por meio de um processo cumulativo e sempre progressivo. Para Popper as teorias estão sempre sujeitas à refutação, sendo sempre substituídas por outras de melhor qualidade. Porém, a avaliação e possível substituição de uma teoria por outra se dão por processos puramente racionais, por meio de uma discussão crítica das opções de explicação e adotando critérios predefinidos. Um teste decisivo, do qual chamou de “*experimento crucial*”, conduziria ao abandono de uma teoria, característico de um processo intracientífico. Sendo assim, apesar de considerar a influência de fatores socioeconômicos nos objetivos da ciência, a escolha entre teorias concorrentes acontece exclusivamente “dentro dos laboratórios” (RUFATTO; CARNEIRO, 2009).

As ideias de Popper a respeito do fazer ciência inspiraram pesquisadores em educação que enxergaram analogias com o processo de aprendizagem dos alunos. A mudança conceitual, processo pelo qual o aluno reorganiza ou substitui suas concepções sobre um tema, e que ainda é defendido por muitos educadores, pode ser alcançada questionando-se a veracidade das

teorias e promovendo um debate racional com regras bem definidas em que novas ideias são apresentadas e comparadas entre si para a escolha daquela que mais se aproxima da verdade, assim como Popper entende o desenvolvimento da ciência. Porém, ao desconsiderar fatores externos como interesses políticos e econômicos, acaba gerando a ideia de uma ciência neutra e sabemos que essa ideia não condiz com a realidade (RUFATTO; CARNEIRO, 2009).

Assim como Popper, as visões de Kuhn e Lakatos referentes ao desenvolvimento científico também contribuíram para a construção do conceito de mudança conceitual. Segundo Posner (1982), essa mudança conceitual ocorreria analogamente a uma “revolução científica”, no caso de Kuhn, ou a uma “mudança de programas de pesquisa”, no caso de Lakatos. Diferentemente de Popper, Kuhn e Lakatos defendiam que as mudanças teóricas ocorrem não por causa de um experimento crucial e sim pelo confronto entre paradigmas ou programas de pesquisa respectivamente. Além disso, são influenciadas por fatores chamados de “extracientíficos” como financiamentos de pesquisa, hegemonia de comunidades acadêmicas e até mesmo cargos importantes (RUFATTO; CARNEIRO, 2009).

Feyerabend, outro filósofo da ciência que confrontou a tradição positivista e inspirou metodologias educacionais, afirmava que a ciência não se desenvolvia por meio de um único método e que todos os tipos de regras possuíam um limite. Essas regras, em algum momento, já foram violadas inclusive por grandes cientistas ao utilizarem maquinações retóricas, hipóteses *ad hoc* e diversos outros artifícios para construir suas teorias. Assim, pregava que o progresso científico dependia da testagem de um maior número de teorias possíveis, um “pluralismo metodológico” (ABRAHÃO, 2005). Comparando a ciência a um monstro, Feyerabend disse em uma de suas conferências: “O monstro CIÊNCIA que fala como uma única voz é uma colagem feita por propagandistas, reducionistas e educadores” (FEYERABEND, 2016, p.85). Essas ideias podem ser úteis aos professores pois, assim como a ciência se utiliza de diversos métodos de investigação e teorias para produzir conhecimento, segundo Feyerabend, a educação pode se valer de várias metodologias para alcançar a aprendizagem dos alunos. E quanto mais metodologias de ensino o professor tiver à sua disposição, maiores serão as chances de escolher a(s) que obterá(ão) melhor(es) resultado(s).

Se por um lado o racionalismo lógico de Popper induz a uma visão de ciência que preserva a tradição e métodos consagrados, como um único caminho para se chegar às soluções, Kuhn, Lakatos e Feyerabend apontam aspectos subjetivos e relativos como características do fazer científico. As duas concepções de ciência, tratadas de maneira isolada, podem prejudicar o ensino, limitando o raciocínio dos alunos ou levando ao descrédito do que estão aprendendo. Afinal de contas, o método científico é a única forma de se chegar à verdade? Qual a função da ciência já que existem infinitas respostas que variam historicamente e culturalmente? Se existem infinitas crenças científicas, então não há um paradigma, e conseqüentemente não pode haver crise (MATTHEWS, 2022).

Apesar das contradições citadas a respeito da utilização dessas epistemologias no ensino, muitos educadores se viram atraídos pelos conceitos de revolução científica, incomensurabilidade, quebra de paradigmas e rejeição da verdade cunhados por Thomas Kuhn (MATTHEWS, 2022). Peduzzi (2011) afirma que as ideias de Kuhn, com destaque para o conceito de revolução científica, exercem fascínio sobre os estudantes, pois contrasta com a concepção cumulativa, inerte e inquestionável da ciência ensinada tradicionalmente nas escolas. Porém, alguns equívocos acerca da filosofia kuhniana precisam ser sanados e entendidos pelos professores antes que estes a utilizem didaticamente.

Raíck e Gonçalves (2022) citam mal-entendidos envolvendo o conceito de incomensurabilidade, levando a uma interpretação relativista da teoria de Kuhn. Por este motivo, faz-se necessário intervir nos processos de formação docente sob pena de transferir para os alunos essa concepção relativista que o professor possa ter adquirido. A ênfase dada por este professor a fatores externos no desenvolvimento da ciência pode enfraquecer a crença no poder do conhecimento científico por parte dos alunos, desestimulando o seu aprendizado.

Outra questão controversa é trabalhar didaticamente a mudança de paradigma provocada pela revolução científica na visão de Kuhn. Quando ocorre uma mudança de paradigma na ciência, os cientistas passam a trabalhar em um mundo diferente. Kuhn se baseou na chamada psicologia Gestalt para exemplificar essas mudanças de mundo, do qual não se resume apenas a uma nova interpretação dos fatos, mas a ver tudo de forma diferente. Além de descobrir novos objetos, a troca de paradigma promove uma mudança irreversível na percepção do cientista alterando a natureza dos objetos observados no antigo paradigma (FEVE, 2022). Isso também ocorre com os alunos quando é atingida a mudança conceitual? Os alunos passam a enxergar um mundo diferente de quando as suas concepções alternativas prevaleciam?

De acordo com Mattheus (2022), Kuhn merece o crédito por levar a história e a filosofia da ciência para diferentes campos de conhecimento. Contudo, também existem vertentes que alimentam o pós-modernismo em educação que se apropriam da filosofia de Kuhn sem o devido conhecimento ou por simples modismo (MATTHEUS, 2022), provocando “mal-entendidos da Estrutura” e “implicações para o ensino de ciências” (RAÍCK; GONÇALVES, 2022, p. 366). De modo geral, há um certo consenso na educação de que o ensino deve ter características como: protagonismo do aluno, multiplicidade metodológica, criticidade e problematização entre outros. Mas para Kuhn o aluno deve ser introduzido em um paradigma dominante, ou seja, em um quadro conceitual a partir do qual possam compreender o mundo. Usando apenas as teorias aceitas pela comunidade científica, o cientista avança mais rapidamente e se aprofunda mais em sua pesquisa do que se mudanças de paradigmas ocorressem o tempo todo. Além disso, considera “excesso de bagagem” apresentar aos alunos como certo conhecimento foi adquirido e por que foi aceito pela comunidade científica (BAILEY, 2006). Analogamente, o aluno, ao se deparar com mudanças de paradigmas o tempo todo, acaba aprendendo pouco sobre cada teoria apresentada.

O professor, ao optar em adotar para fins didáticos a estrutura de desenvolvimento da ciência na visão de Kuhn, precisaria selecionar os fatos históricos que se interrelacionam com os saberes prévios de seus estudantes e identificar, por exemplo, as diferentes fases pelas quais a pesquisa científica pode (ou não) dialogar com esses conhecimentos. Além disso, a construção de um conceito científico é um trabalho complexo que engloba capacidade de interpretação da natureza e raciocínio matemático. Por este motivo, uma transposição didática (TD) bem executada dos acontecimentos e teorias científicas referentes ao conteúdo a ser abordado é fundamental para fomentar o diálogo entre o conhecimento educacional e científico. Neste sentido, segundo Mello (2019):

Pode-se mostrar que quando a teoria original foi construída em um período de revolução paradigmática a teoria precisa primeiramente ser consolidada no novo paradigma antes de sofrer uma TD até o nível médio. Que seus modelos explicativos originais devem ser adaptados ou reescritos nesse novo paradigma (MELLO, 2019, p. 13).

Como exemplo, este mesmo autor pesquisou como ocorreu a TD da teoria de quantização de Max Planck em alguns livros didáticos. Concluiu que a explicação do problema da radiação do corpo negro foi dada por Planck como mera hipótese ad hoc, ou seja, sem apresentar os modelos ou fatos experimentais que deram origem a teoria, apenas relatam que Planck postulou a quantização de energia (MELLO, 2019).

Em face das implicações que as ideias de Kuhn, expostas acima, promovem no ensino de ciências e em especial para o ensino de Física, este trabalho soma-se a outros na tentativa de incentivar o aprofundamento na filosofia de Thomas Kuhn por parte dos pesquisadores visando aplicação de suas ideias como recurso didático para a abordagem dos conteúdos de Física.

4. Propostas didáticas baseadas na filosofia da Thomas Kuhn

Para alcançar os objetivos traçados, procuramos na internet teses e trabalhos de conclusão de curso que tratam da aplicação das ideias de Kuhn ao ensino de Física. Realizamos essa mesma busca pesquisando artigos publicados nas cinco principais revistas brasileiras da área de Ensino de Física, ou seja, com melhor classificação Qualis/CAPES. A partir daí analisamos essas pesquisas quanto à clareza das suas estratégias pedagógicas, a viabilidade de implementação dessas propostas didáticas sob a perspectiva das orientações curriculares vigentes, assim como os resultados obtidos por elas.

As ideias de Kuhn e as suas implicações para o ensino de ciências são constantemente debatidas, porém, poucas propostas de intervenção didática foram encontradas na revisão de literatura realizada neste trabalho. Dentre os trabalhos que efetivamente apresentam propostas didáticas para o ensino de Física, porém não testadas em sala de aula, destacamos Zylbersztajn (1991), Soares (2016) e Arruda e colaboradores (2001). Essas propostas, segundo seus autores, servem tanto para os alunos do ensino básico quanto do superior, inclusive para os que irão exercer a carreira científica, pois ambos apresentam concepções prévias que acabam conflitando com os

conteúdos que serão abordados pelos professores. Mas, encontramos também, trabalhos que discutem como Kuhn pode contribuir para o ensino de Física e outros que criticam a sua influência. São os casos de Zakiah *et al.* (2024) e Greiffenhagen e Sherman (2006).

Em Zylbersztajn (1991), o autor comparava o aluno a um cientista khuniano que possui concepções prévias norteadas pelo paradigma vigente, depara-se com anomalias que confrontam o seu conhecimento até que se torna necessária uma mudança conceitual caracterizada pela revolução científica. Ou seja, durante a sua vida acadêmica o aluno deve ser encarado em alguns momentos como um cientista trabalhando em um período de ciência normal e em outros como um cientista vivenciando uma revolução científica. Criou então um modelo de ensino considerando esses dois momentos cada um deles divididos em etapas com métodos pedagógicos distintos.

Para um *aluno atuando em uma revolução científica*, um novo tópico será introduzido por meio das seguintes etapas:

1ª) Elevação do nível de consciência conceitual: etapa em que o professor estimula o aluno a expor o seu conhecimento prévio, comparando-o com as concepções do senso comum. Consiste na simulação de um paradigma vigente, análogo às ideias que se encontram enraizadas no cognitivo dos alunos.

2ª) Introdução de anomalias: inserção de situações (argumentos teóricos, demonstrações ou experimentos) em que o aluno, baseado em suas concepções, não consegue mais explicar. Essas situações passam a causar desconforto levando este aluno a refletir sobre as limitações do seu conhecimento.

3ª) Apresentação da nova teoria: etapa em que ocorre a quebra do paradigma, a revolução científica e a instauração de um novo paradigma. O professor apresenta uma teoria mais completa, capaz de solucionar as anomalias que surgiram. Em relação ao aluno, é a fase em que ele sofre uma mudança conceitual.

Ao aluno *atuando como um cientista normal*, serão propostas atividades focadas na interpretação de situações e resolução de problemas equivalentes ao que Kuhn chama de solucionar quebra-cabeças, trabalho realizado pelos cientistas durante o período de ciência normal. Zylbersztajn nomeou esta etapa de *Articulação Conceitual*, referindo-se ao momento de aplicação e aperfeiçoamento da *nova teoria*.

Esta proposta didática, análoga às ideias de Kuhn, mostra-se coerente com o ensino tradicional, até certo ponto defendido por Kuhn, bem como com as orientações pedagógicas que estimulam a criticidade e a autonomia do aluno na construção do seu conhecimento. Possui uma estrutura de fácil compreensão e aplicação, pois é dividida em etapas bem definidas, porém permite ao professor adaptá-la aos conteúdos e à sua própria didática. Além disso, também é capaz de induzir a uma quebra de paradigma na prática docente.

Soares (2016) apresenta uma proposta de atividade em sala de aula utilizando o modelo de Zylbersztajn e acrescentando uma etapa final chamada de *Análise da apresentação do episódio que está sendo discutido*. Esta atividade tem como objetivo a confrontação dos argumentos históricos e filosóficos abordados pelos livros didáticos, podendo contemplar diversos assuntos e ser executado livremente pelo professor, que decidirá quais recursos e estratégias adequar-se-ão melhor a turma aplicada. A proposta apresentada não foi aplicada, porém, segundo o autor, incentiva a adoção de um ensino contextualizado em detrimento à memorização de conteúdos, promovendo uma mudança conceitual gradativa como um processo de construção e transformação do conhecimento por parte do aluno. Como se baseou no modelo criado por Zylbersztajn (1991), a mesma análise de clareza e viabilidade também valem para Soares (2016).

Arruda e colaboradores (2001) propõem um novo objetivo para a utilização pedagógica dos laboratórios didáticos. Eles propõem releituras kuhnianas de ações experimentais desenhadas para o ensino médio e superior (MORA; CANALLE, 1999). Em vez de funcionar como um verificador ou demonstrador de teorias, o uso dos laboratórios didáticos poderia servir como um processo de adaptação da teoria com o experimento, função defendida por Kuhn, que não enxerga o experimento como um tribunal de teorias científicas dando-a um valor de verdade. Para ele, o experimento apenas comprova a adequabilidade empírica da teoria, pois o primeiro nasce do paradigma gerado pelo segundo. Com essa nova proposta, a preocupação do professor ao utilizar o laboratório didático passaria a ser o aprendizado de novos termos, a aquisição de uma nova linguagem por meio dos experimentos e suas soluções. As aulas no laboratório, de acordo com os autores, não deveriam simplesmente testar hipóteses ou teorias, mas articular o experimento com a teoria de maneira integrada. A proposta não entra em detalhes de como executá-la, apenas discute e sugere uma mudança epistemológica na utilização do laboratório didático de Física.

Zakiah e colaboradores (2024) apresentam a metodologia da “Aprendizagem Inteligente” e fazem um paralelo com a epistemologia de Kuhn. Escolheram o tema “A história da tecnologia para a aprendizagem”, partindo desde a pré-história, com as técnicas de pinturas rupestres e tradições orais de ensino, até a pandemia COVID-19 com as tecnologias aplicadas pelos professores para o ensino remoto. A partir deste recorte histórico foram distribuindo os acontecimentos dentro das fases de desenvolvimento da ciência criadas por Kuhn, a saber: pré-paradigma, ciência normal, anomalias, crises e revolução científica. Essa pesquisa teve natureza qualitativa e descritiva em que as hipóteses e teorias foram construídas por meio de uma abordagem bibliográfica de trabalhos publicados em livros, periódicos e teses. Concluíram que a Aprendizagem Inteligente representou uma nova visão na educação analogamente a uma revolução científica na concepção khuniana, além disso, mostraram que a organização, dentro da estrutura criada por kuhn, dos conteúdos a serem trabalhados é realizável e potencialmente eficaz para o ensino em seus variados níveis.

Em oposição aos que defendem a aplicação das ideias de Kuhn para o ensino, o trabalho de Greiffenhagen e Sherman (2006) argumenta que a analogia entre a mudança conceitual sofrida

pelos alunos e a mudança de paradigma sofrida pelos cientistas é enganosa. Após examinarem os objetivos e pressupostos teóricos da mudança conceitual e compará-los com o fazer científico segundo Kuhn, perceberam que a diferença psicológica entre o aluno e o cientista é fundamental para tornar essa analogia incompatível. Para os autores, o que os alunos aprendem na escola não estão em conflito com o que já sabem e eles não adquirem uma nova visão a respeito dos conteúdos que estudaram, isto é, suas concepções prévias não são descartadas, diferentemente dos cientistas que passam a trabalhar em um mundo diferente, com conceitos e métodos reformulados quando ocorre uma quebra de paradigma.

5. Considerações finais

As reformas curriculares e estruturais da educação básica que vêm ocorrendo no Brasil ao longo dos anos têm demandado aos professores uma contínua mudança em seus paradigmas instrucionais. Sem entrar no mérito dos objetivos utilitaristas contidos na BNCC, por exemplo, e já discutidos ao longo deste trabalho, as orientações pedagógicas impostas por essa reforma curricular vêm obrigando os professores a buscarem alternativas didáticas que desloquem o protagonismo do professor para o aluno no processo de aprendizagem. Baseado em um discurso de que o ensino tradicional (com suas aulas expositivas) e o seu currículo (saturado de conteúdos) fracassaram, os criadores da BNCC reduziram conteúdos e cargas horárias em defesa de um ensino supostamente mais objetivo e motivador. A adoção de um currículo comum com menos conteúdos seria compensada pela adição de disciplinas técnicas e profissionalizantes, no qual os alunos poderiam escolher como projeto de vida. Porém, em um país de dimensões continentais como o Brasil, com grandes desigualdades sociais e diversidades culturais, esse tipo de ensino não tem como alcançar a toda classe estudantil.

Em se tratando do ensino da Física, as habilidades e competências exigidas por este documento que norteia as ações pedagógicas educacionais no país citam a contextualização social, cultural, ambiental e histórica dos conhecimentos e o estímulo à prática da investigação, como essenciais para os alunos compreenderem melhor a natureza da ciência, como ela é construída e desenvolvida. Neste sentido, as ideias de Kuhn podem ser aplicadas tanto aos parâmetros curriculares da BNCC como, por outro lado, contribuir para um ensino crítico e mais condizente com a realidade, aproximando o trabalho científico do ambiente escolar.

A busca por trabalhos que apresentam propostas didáticas baseadas na epistemologia de Kuhn, realizadas nesta pesquisa, obteve poucos exemplos. Destacamos alguns desses trabalhos que se mostraram promissores para serem aplicados em sala de aula. Dentre os benefícios que podem trazer para o ensino de ciências estão a quebra do paradigma tradicional, tanto das metodologias de ensino quanto da prática docente, e a possibilidade de uma melhor compreensão da natureza da ciência por parte do aluno.

Reconhecendo que a epistemologia de Kuhn ainda é bastante debatida entre defensores e opositores, verificamos que é possível adaptar as ideias de Kuhn ao ensino, principalmente ao enxergar a escola como um espaço em que múltiplos paradigmas coabitam e podem ser rompidos dando origem a novas formas de ensino. Com este trabalho esperamos ter incentivado os pesquisadores/professores a produzirem mais propostas didáticas utilizando esses conhecimentos.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (HCTE – UFRJ).

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ABRAHÃO, L. H. L. A Iconoclastia da Ciência no Pensamento de Paul Feyerabend. **Revista Três Pontos**, v. 2, p. 19-25, 2005.
- ACIOLY, V.; MORAIS, R.; SANTOS, A. Luz síncrotron promovendo o giro decolonial. **Ensino, Saude e Ambiente**, v. 15, n. 2, p. 317-332, 2022.
- AMÂNCIO, N. M. A ótica empresarial nos dispositivos legais do novo ensino médio. **Revista Docentes**, v. 8, n. 24 (extra), p. 64-73, 2023.
- ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R.; LABURÚ, C. E.. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, Londrina, v. 6, n. 1, 97-106, 2001. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/588>. Acesso em: 14 out. 2023.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CASTRO, G. B. M. Descalabros para a consciência de classe ocasionados pelo novo ensino médio. **Revista do Instituto de Ciências Humanas**, v. 20, n. 30, p. 32-49, 2023.
- CRAVEIRO, A. V.; DE SOUZA, S. A. Manifestações do Golpe na Educação. **SER Social**, [S. l.], v. 20, n. 43, p. 372–381, 2018.
- DANTAS JUNIOR, J. F. Para um ensino de Física afrocentrado no currículo do Ensino Médio Integrado de um Instituto Federal. **Práxis Educativa**, v. 17, e2219347, 2022.

- DOURADO, L. F.; SIQUEIRA, R. M. A arte do disfarce: BNCC como gestão e regulação do currículo. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 35, n. 2, p. 291-306, 2019.
- FEVE, C. Les transformations de la vision du monde scientifique et la psychologie de la Gestalt chez Thomas Kuhn. **Philosophia Scientiae**, v. 26, n. 3, p. 255-273, 2022.
- FEYERABEND, P. K. Ciência, um Monstro: lições trentinas. Trad. Rogério Bettoni; Edição, revisão técnica e notas: Luiz Henrique de Lacerda Abrahão. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2016.
- FORATO, T. C. de M., PIETROCOLA, M. e MARTINS, R. de A.. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.
- GONÇALVES, R.; LAVOR, O. P.; OLIVEIRA, E. A. G. Ensino de física no ensino médio: análise das determinações da BNCC. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 10, n. 25, p. 330–345, 2022.
- GREIFFENHAGEN, C.; SHERMAN, W. Kuhn and conceptual change: on the analogy between conceptual changes in science and children. Loughborough University. **Journal contribution**, [S.l.], p. 1-43, 2008. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2134/14190>. Acesso em: 05 fev 2024.
- JAKIMIUI, V. C. L. Projeto de vida no currículo do ensino médio: A educação a serviço da Pedagogia do Mercado. **Revista Cocar**, [S. l.], v. 17, n. 35, p. 1-25, 2022.
- KUHN, T. S.. **A estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. Tradução Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva. 2018.
- _____. **O caminho desde a Estrutura: ensaios filosóficos 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica**. Ed. por James Conant e John Haugeland. Tradução por Cezar Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2006.
- LIMA, J. F. L.; THEVES, D. W. **A escola pública de educação básica: desafios e questões**. Maringá: Uniedusul, 2021. 217 p.
- LIMA DE SOUSA JUNIOR, F. de A.; PINGUELLI ROSA, L. A transição da Física Clássica para a Física Moderna segundo Thomas Kuhn. **Revista Scientiarum Historia**, v. 2, p. 8, 13 dez. 2019.
- MARTINS, L. A. P.. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência e Educação (UNESP)**, São Paulo, v. 11, n.2, p. 305-317, 2005.
- MATTHEWS, M.R. Thomas Kuhn and Science Education. *Sci & Educ* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00408-1>
- MORA, Rodrigo; CANALLE, João Batista Garcia. Quebra-se um ima, faz-se um cientista. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 2, p. 249-253, 1999.
- MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Sobre a base nacional comum curricular (BNCC) e o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 327-332, 2016.
- MELLO, L. A.. Using Didactic Transposition Theory and the Concept Maps Tool to Build a Theory of Scientific Knowledge. **International Journal of Research in Education and Science**, v. 4, p. 8-18, 2019.

MOMETTI, C.; TAJMEL, T.; PIETROCOLA, M. O ensino de física a partir da perspectiva da colonização epistêmica: uma lente decolonial do currículo brasileiro. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 33, n. 2, p. 343-350, 2021.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n.3, p. 184-196, 1996.

OSTERMANN, F.; SANTOS, F. R. V. dos. BNCC, Reforma do Ensino Médio e BNC-Formação: um pacote privatista, utilitarista, minimalista que precisa ser revogado. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1381-1387, 2021.

PEDUZZI, L. O. Q., **Evolução dos Conceitos da Física**. 1.ed. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM. 130p, 2011.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

RAICIK, A. C.; GONCALVES, F. P. (Re)Pensando Thomas Kuhn: reflexões sobre mal-entendidos da Estrutura e suas implicações para o ensino de ciências. **REXE Revista de Estudios y Experiencias en Educación**, v. 21, p. 366-394, 2022.

RUFATTO, C. A.; CARNEIRO, M. C. . A concepção de ciência de Popper e o ensino de ciências. **Ciência e Educação (UNESP)**, v. 15, p. 585, 2009.

SILVA, R. C. D.; MELO, S. D. G. ENEM: propulsão ao mercado educacional brasileiro no século XXI. **Educação & Realidade**, v. 43, n. 4, p. 1385–1404, 2018.

SOARES, J. M. S.. **As contribuições da epistemologia de Thomas Kuhn para o estudo de episódios históricos e suas repercussões no ensino de física**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Filosofia da Educação) - Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2016.

TARLAU, R.; MOELLER, K. O consenso por filantropia: como uma fundação privada estabeleceu a BNCC no Brasil. **Currículo sem Fronteiras**, v. 20, n. 2, p. 553-603, 2020.

THEISEN, M. P. F.; TONIN, G. M. de O.; CASSOL, C. V. O apagamento da literatura no novo ensino médio brasileiro. **Educação em Foco**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 27006, 2022.

XAVIER, A. A.; OLIVEIRA, J. D. S.; IGNACIO, J. A. Z.; LIMA, M. A. de. Política Educacional em transição: o “Novo” Ensino Médio no contexto do Governo Lula. **Epitaya E-books**, [S. l.], v. 1, n. 58, p. 465-478, 2024.

ZAKIAH, A., et. al., "The Philosophy of Smart Learning Using the Approach Thomas Kuhn Paradigm Shift ", *International Journal of Information Engineering and Electronic Business(IJIEEB)*, Vol.16, No.1, pp. 54-62, 2024. DOI:10.5815/ijieeb.2024.01.05

ZAN, D.; KRAWCZYK, N. A Disputa Cultural: o pensamento conservador no Ensino Médio Brasileiro. **Revista Amazônica: Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Amazonas**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 01–09, 2020.

ZYLBERZTAJN, A.. Revoluções científicas e ciência normal em sala de aula. In: M. A. Moreira & R. Axt, **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, Sagra, 1991.