

16



Natureza da ciência à luz de concepções kuhnianas na formação continuada de professores: uma unidade didática

Naturaleza de la ciencia a la luz de las concepciones kuhnianas en formación continua del profesorado: una unidad didáctica

Anabel Raicik*

DOI: 10.5944/reec.47.2025.43480

Recibido: **25 de noviembre de 2024**

Aceptado: **10 de marzo de 2025**

* ANABEL RAICIK: Doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. Líder do Apeiron - Grupo de História, Filosofia e Ensino de Ciências e membro colaboradora do Grupo de Estudos em Educação e Divulgação Científicas. Atualmente desenvolve estágio Pós-Doutoral no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina tendo como entidade financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1201344296526795> ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6674-8466> **Datos de contacto:** E-mail: anabelraicik@gmail.com

Resumen

Dado que la educación científica, en diversas áreas del conocimiento, se ha caracterizado por su perfil dogmático, cerrado y ahistorical, difundiendo concepciones limitadas de la ciencia, el artículo pretende contribuir a la formación de habilidades y competencias básicas necesarias en los ciudadanos del siglo XXI, el partiendo de reflexiones relacionadas con la Naturaleza de la Ciencia (NdC) vinculadas a las nociones kuhnianas, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. Para ello, propone y presenta una Unidad Didáctica Potencialmente Significativa (UDPS), de base teórica, en términos educativos y epistemológicos, y estructurada metodológicamente enfocado a la formación continua del profesorado, estudiantes de maestría y doctorado. En un proceso de diferenciación progresiva, la UDPS analiza algunas de las críticas que recibió Kuhn y cómo, a la luz de sus otras obras y literatura secundaria, se pueden comprender mejor sus ideas, en un proceso de reconciliación integradora. En un nivel superior de complejidad y especificidad, la noción de incommensurabilidad, su concepción de revolución científica en asociación con la evolución de la ciencia se diferencia progresivamente, aclarando malentendidos relacionados con sus conceptos. Reflexiones en este sentido, a la luz de las nociones kuhnianas, pueden alentar discusiones que impliquen debates que permeen la época contemporánea y contribuyan al desarrollo de habilidades y competencias, como el sentido crítico y la toma de decisiones. Este es un artículo teórico que destaca la importancia de la fundamentación epistemológica, educativa y metodológica de las unidades, como un proceso importante que antecede a la investigación empírica.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia; Thomas Kuhn; UDPS; Formación continua del profesorado

Abstract

Since scientific education in various areas of knowledge has been characterized by its dogmatic, closed and ahistorical profile, disseminating limited conceptions of science, the article aims to contribute to the formation of basic skills and competencies necessary for the citizen of the 21st century, based on reflections related to the NOS linked to Kuhnian notions, in the context of science teaching. To this end, it proposes and presents a Potentially Meaningful Teaching Unit (PMTU), theoretically grounded in educational and epistemological terms, and methodologically structured, focused on continuing teacher training, master's and doctoral students. In a process of progressive differentiation, the PMTU analyses some of the criticisms that Kuhn received and how, in the light of different works, his ideas can be better understood, in a process of integrative reconciliation. At a higher level of complexity and specificity, the notion of incommensurability, his conception of scientific revolution in association with the evolution of science, is progressively differentiated, clarifying misunderstandings related to his concepts. This is a theoretical article that emphasizes the importance of the epistemological, educational and methodological foundation of the units, as an important process that precedes empirical research.

Keywords: Nature of science; Thomas Kuhn; PMTU; Continuing teacher training

Resumo

Uma vez que a educação científica em diversas áreas do conhecimento tem se caracterizado por seu perfil dogmático, fechado e a-histórico, disseminando concepções limitadas de ciência, o artigo tem como objetivo contribuir para a formação de habilidades e competências básicas necessárias ao cidadão do século XXI, a partir de reflexões relacionadas ao NOS vinculado às noções kuhnianas, no contexto do ensino de ciências. Para tanto, propõe e apresenta uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UPM), teoricamente fundamentada em termos educacionais e epistemológicos, e metodologicamente estruturada, voltada para a formação continuada de professores, alunos de mestrado e doutorado. Em um processo de diferenciação progressiva, o PMTU analisa algumas das críticas que Kuhn recebeu e como, à luz de diferentes obras, suas ideias podem ser melhor compreendidas, em um processo de reconciliação integrativa. Em um nível mais alto de complexidade e especificidade, a noção de incommensurabilidade, sua concepção de revolução científica em associação com a evolução da ciência, é progressivamente diferenciada, esclarecendo mal-entendidos relacionados a seus conceitos. Trata-se de um artigo teórico que enfatiza a importância da fundamentação epistemológica, educacional e metodológica das unidades, como um importante processo que antecede a pesquisa empírica.

Palavras-chave: Natureza da ciência; Thomas Kuhn; PMTU; Formação continuada de professores

1. Introdução

A contemporaneidade tem revelado, cada vez mais, um contexto social, ambiental, político, econômico de constantes mudanças e transformações. A ‘Agenda 2030’ para o Desenvolvimento Sustentável, que ocorreu em 2015 e contempla dezenas de ‘Objetivos de Desenvolvimento Sustentável’ (ODS), evidencia um apelo global em promover uma coletividade mais justa e autônoma. A educação é apontada como um caminho eficaz para isso; dentre outros, não dicotômicos (Candito *et al.*, 2022; Sotelino-Losada, Santos-Rego e Lorenzo-Moledo, 2024). Um dos ODS é, justamente, “assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos” (ONU, 2024, n.p.).

A ‘Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável’ (UNESCO, 2017) sugere, por exemplo, que um dos tópicos a serem trabalhados, a fim de capacitar pessoas às questões do mundo contemporâneo vinculado à ‘Educação de qualidade’ dos ‘Objetivos de Desenvolvimento Sustentável’, é o desenvolvimento de “habilidades e competências básicas necessárias para o século XXI” (UNESCO, 2017, p. 19). No âmbito particular da educação científica, pesquisadores têm defendido que discussões sobre ciência podem contribuir para o aprimoramento de competências necessárias à formação de um cidadão crítico transformador (Forato, Pietrocola & Martins, 2011). “Como a educação científica e tecnológica (...) pode auxiliar na formação de um cidadão preparado para enfrentar uma sociedade caracterizada por mudanças rápidas e drásticas?” (Damasio, 2017, p. 30), é um exemplo das questões que permeiam a área.

A literatura especializada no domínio do ensino de ciências tem argumentado que um dos seus objetivos, na atualidade, em qualquer nível de ensino, é o de promover um entendimento acerca da ciência, que perpassa compreender aspectos relativos à Natureza da Ciência (NdC) compatíveis com reflexões filosóficas contemporâneas (Matthews, 1995; Martins, 2015; McComas, 2002; Moura, 2014; Vicente, Jiménez-Tenorio & Oliva, 2022; Peduzzi & Raicik, 2020).

Admitindo que “a educação é tanto um objetivo em si mesmo como um meio para atingir todos os outros ODS”, promover reflexões desse caráter no ensino é, de certa forma, contribuir para aquilo que se almeja em uma educação para o desenvolvimento sustentável (Estefanía 2009), a saber, que os sistemas de educação respondam “a essa necessidade premente, definindo objetivos e conteúdo de aprendizagem relevantes, introduzindo pedagogias que empoderem os educandos (...)” (UNESCO, 2017, p. 1). A NdC, por certo:

(...) engloba uma variedade de aspectos sobre o que é a ciência, seu funcionamento interno e externo, como constrói e desenvolve o conhecimento que produz, os métodos que usa para validar esse conhecimento, os valores envolvidos nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e vice-versa, as contribuições desta para a cultura e o progresso da sociedade (Vásquez-Alonso *et al.*, 2008, p. 34).

Com efeito, isso não significa negligenciar a educação em ciências, mas agregar novos conteúdos na busca de uma educação em, sobre e pela ciência (Forato, Pietrocola & Martins, 2011). Mas como fazer isso, tendo em vista que discussões implícitas sobre a

ciência em materiais de ensino não são suficientes para promover um aprendizado significativo e atual do tema? (Massoni, 2010). É preciso desenvolver estratégias que tornem explícitas certas proposições, questionamentos, ou noções de natureza da ciência e do trabalho científico (Martins, 2015; Peduzzi & Raicik, 2020; Vicente, Jiménez-Tenorío & Oliva, 2022).

A partir da década de 1960, discussões protagonizadas por Karl Popper, Norwood Hanson, Gaston Bachelard, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend, Imre Lakatos, entre outros, evidenciam novos olhares para a ciência e sua relação com a sociedade. A clássica obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*, publicada em 1962, do físico, filósofo e historiador da ciência estadunidense Thomas Kuhn, tem sido amplamente explorada nas últimas décadas, junto a outros importantes escritos do autor. As suas implicações evidenciam a capacidade de suas ideias trazerem à tona distintas reflexões sobre a ciência em perspectivas não apenas filosóficas, sociológicas, históricas, mas educacionais, também na atualidade (Condé, 2023; Condé & Penna-Forte, 2013; Peduzzi, 2011; Raicik, 2020; Raicik & Gonçalves, 2022; Raicik & Peduzzi, 2016).

Uma vez que a educação científica e tecnológica, em várias áreas do conhecimento, tem se caracterizado por seu perfil dogmático, fechado e ahistórico, disseminando concepções limitadas da ciência, indaga-se: Como contribuir na formação de habilidades e competências básicas necessárias ao cidadão do século XXI, a partir de reflexões relativas à NdC vinculadas a noções kuhnianas, no âmbito da educação científica?

A riqueza conceitual de ideias de Kuhn e suas diferentes possibilidades de abordagem, sobretudo voltadas a educação científica, podem potencializar e promover reflexões de distintos aspectos relativos à Natureza da Ciência (NdC). Em geral, professores (sem uma formação específica) e pesquisadores ainda em processo de formação não têm conhecimento de concepções epistemológicas capazes de fomentar discussões sobre a NdC (Peduzzi & Raicik, 2020). Nessa perspectiva, pode-se encontrar em conceitos kuhnianos associados a casos históricos e temas contemporâneos, reflexões teóricas para subsidiar propostas didáticas. No que tange a formação de professores, Praia, Gil Perez e Vilches (2007) explicitam que, “torna-se um requisito inquestionável, modificar a imagem da natureza da ciência que os professores têm e transmitem” (p. 147). Isso vai ao encontro de um dos ‘Objetivos de Desenvolvimento Sustentável’ (ODS), supracitado, voltado à ‘Educação de Qualidade’, que enaltece a relevância de “substancialmente aumentar o contingente de professores qualificados (...), nos países em desenvolvimento (...)” (ONU, 2024, n.p). Por certo, a formação de sujeitos críticos científica e epistemologicamente, sobretudo professores e pesquisadores, torna-se ainda mais importante em um período recente pós-pandêmico, que assolou a vida de todos e, lamentavelmente, propagou tantas atitudes anticientíficas.

Matthews (2024), no recente artigo “Thomas Kuhn and Science Education”, evidencia em longas páginas o impacto significativo de Kuhn na “pesquisa, teorização e pedagogia da educação científica” (p. 609). Além de notabilizar a importância da História e Filosofia da Ciência, o filósofo influenciou campos de pesquisa emergentes, no passado e no presente, no âmbito da educação em ciências, como o de Mudança Conceitual, o Construtivismo, os Estudos de Ciência-Tecnologia-Sociedade e os Estudos Culturais da ciência. Todavia, a comunidade da educação científica volta-se, sobremaneira, as concepções de *A Estrutura*, ignorando os importantes escritos posteriores kuhnianos que, imprescindivelmente, oferecem uma melhor compreensão e esclarecimentos de sua filosofia. Como coloca o autor, isso só vai mudar quando “a filosofia e o pensamento

filosófico [kuhniano, no caso particular] retornarem, em algum grau, aos programas de graduação e pós-graduação em educação” (Matthews, 2024, p. 667).

Não obstante, quando se volta à educação científica, na formação continuada de professores, pesquisadores ou entre estudantes, torna-se necessário pensar em como incorporar e operacionalizar essas discussões de forma efetiva e significativa. Uma alternativa para isso pode ser encontrada na produção de sequências didáticas fundamentadas teoricamente, em termos educacionais e epistemológicos (Moreira; Massoni, 2016). As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), propostas por Marco A. Moreira (2011), fundamentadas sobretudo na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (Ausubel *et al.*, 1980), possibilitam o desenvolvimento de propostas que objetivam facilitar a aprendizagem significativa, e não mecânica, de tópicos, ideias, conceitos específicos etc.

Como pesquisadores têm reiterado, além de associar o conhecimento conceitual ao conteúdo histórico e epistemológico, faz-se necessário desenvolver estratégias de ensino amparadas teoricamente em seus aspectos educacionais (Martins, 2015; Massoni, 2010; Moura, 2014). Isto é, torna-se imprescindível estabelecer um marco teórico educacional, epistemológico e metodológico coerente e alinhados entre si (Moreira, 2004).

É nessa perspectiva que se fundamenta o presente artigo, que apresenta uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) ancorada nos referenciais epistemológico (concepções kuhnianas) e educacional (princípios da TAS) à luz de uma historiografia contemporânea. A UEPS, desenvolvida para formação continuada de professores, mestrandos e doutorandos, pretende, em particular, subsidiar propostas didáticas que visem contribuir na formação de habilidades e competências básicas necessárias ao cidadão do século XXI, a partir de reflexões relativas à Natureza da Ciência vinculadas a noções kuhnianas, no âmbito da educação científica.

A formação continuada é concebida como um processo contínuo e permanente de desenvolvimento profissional (Silva & Araújo, 2005) e pode ser entendida como: “congressos, seminários, simpósios, colóquios, encontros, (...) grupos de pesquisa, (...), cursos de extensão (...). Além dessas ações pontuais, são considerados os cursos de Pós-graduação Lato sensu, Pós-graduação Stricto sensu (Mestrado e Doutorado) e processos permanentes realizados no lócus da escola ou não, com encontros regulares” (Pinto *et al.*, 2010, p. 8). Considerando a pós-graduação brasileira como lócus da formação de professores e pesquisadores, enaltece-se a relevância de propostas crítico-reflexivas nesse espaço.

Tratando-se de um artigo teórico, defende-se que a estruturação e divulgação de uma UEPS, e a descrição detalhada e ampla de seus procedimentos e materiais, é uma etapa importante e imprescindível que antecede sua avaliação em situação concreta.

2. Ideias kuhnianas na e para a atualidade: algumas perspectivas de discussões sobre a NdC

Thomas Kuhn é um clássico! (Condé, 2023; Mladenovic, 2024; Raicik & Gonçalves, 2022). Apesar de sua obra magna, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, ter sido amplamente analisada, estudada, criticada desde sua publicação – inclusive pelo próprio Kuhn – ela continua apresentando distintas e relevantes implicações à história, filosofia, sociologia, ensino de ciências e tantos outros domínios do conhecimento. Em

conferência no “Colóquio Thomas Kuhn: Ciência, História e Comunidade Científica”, em homenagem aos 60 anos de *A Estrutura*, que ocorreu em 2022, Condé (2023) indaga: “Podemos esperar algo novo vindo da obra do historiador e filósofo da ciência estadunidense?”. Claramente em resposta afirmativa, o autor enfatiza que isso advém, sobretudo, do “possível modo de a reinterpretarmos como um todo. Nesta reinterpretação reside o melhor legado de Kuhn” (Condé, 2023, p. 17). Mas para que se possa reinterpretá-la é preciso conhecê-la em sua grandiosidade; e isso significa transcender *A Estrutura* e olhar para as distintas produções kuhnianas, correlacionando-as.

Na e para a atualidade se faz necessário (re)pensar para melhor compreender, (re) visitar para mais bem se apropriar da ‘herança’ kuhniana. À *Estrutura* se vinculam mal-entendidos, muitos dos quais Kuhn passou o resto de sua vida tentando elucidar. Esclarecimentos necessários à incomensurabilidade com o propósito de melhor compreender o progresso científico por meio de revoluções, considerações acerca do termo paradigma com a noção de matriz disciplinar, a (possível) visão de evolução via revolução com a concepção de especiação, são apenas algumas das questões, ainda, necessárias em ponderações filosóficas e educacionais (Raicik & Gonçalves, 2022).

Desde o ‘Posfácio de 1969’, o próprio Kuhn debate, esclarece, amplia suas ideias, sobrepujando concepções de ciência normal, resolução de quebra-cabeças, paradigma, incomensurabilidade, revolução. Em ‘A tensão essencial’, publicado em 1977, e em ‘O caminho desde A Estrutura’ de 2000, por exemplo, encontram-se ensaios filosóficos que permitem uma ampliação da noção de ciência kuhniana. Em associação com *A Estrutura*, elas perpassam o reconhecimento da inseparabilidade entre os contextos da descoberta e da justificativa, a compreensão dos mecanismos envolvidos nas disputas de teorias e, sobretudo, na escolha teórica, a importância dos valores epistêmicos e não epistêmicos na ciência, a cumulatividade e ruptura enquanto conceitos não necessariamente antagônicos, o discernimento de que uma descoberta científica possui uma estrutura conceitual e epistemológica, entre outros. Mas é preciso levar reflexões dessa natureza ao ensino de ciências, em distintos níveis.

A sociedade, recentemente, viu-se fortemente diante de controvérsias, debates calorosos, sobre o uso (ou não) da (hidroxi)cloroquina e da máscara, da relevância (ou não) do distanciamento e isolamento social, da pertinência das vacinas. “A pandemia do COVID-19 tornou mais claro do que nunca que existe uma batalha ocorrendo e que os cientistas, grupo representante da modernidade, precisam fazer seu papel de agentes históricos” (Gurgel, 2020, p. 344).

Por certo, o estudo de controvérsias científicas tem peculiaridades contextuais e certa complexidade, mas elas precisam ser mais exploradas no ensino (Reis, 2009). Em geral, o seu processo envolve a tomada de decisão na ciência, consequentemente, o reconhecimento da importância dos valores (McMullin, 2003). A ciência não é incontroversa, tampouco, isenta de valores. Em ‘Objetividade, juízo de valor e escolha teórica’, Kuhn (2011) tece considerações acerca do processo de escolha teórica na ciência, sendo um dos pioneiros no estudo da relação entre ciência e valores e no reconhecimento dos juízos de valor para a desconstrução da suposta reconstrução racional científica (Raicik & Angotti, 2019). Essas discussões, quando levadas à formação de professores, pesquisadores e ao ensino em geral, permite uma melhor compreensão do processo de término de debates calorosos em uma ciência não idealizada e imparcial, mas histórica, social, humana.

Nesse sentido, e voltando-se à formação continuada de professores, mestrandos e doutorandos da área das ciências (física, química, biologia), desenvolveu-se uma

Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com vias a sua implementação efetiva como uma disciplina optativa de um Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

3. Na formação continuada de professores: uma unidade de ensino potencialmente significativa

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) são fundamentadas, sobretudo, na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Ao propor as UEPS, Moreira (2011) tinha em mente facilitar uma aprendizagem significativa, devido ao seu engajamento teoricamente firmado. Embora sejam fortemente embasadas em princípios ausubelianos, elas também encontram contribuições em distintas teorias, como a interacionista social de Lev Vygotsky, as de educação de Joseph D. Novak e de D.B. Gowin, a de campos conceituais de Gérard Vergnaud, a de modelos mentais de Philip Johnson-Laird, além da própria teoria da aprendizagem significativa crítica de Moreira (Moreira, 2011; 2013).

Na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, além de levar em consideração a importante relação triádica aluno, professor e material instrucional, há diversos princípios que envolvem, por exemplo: i) o conhecimento prévio dos sujeitos envolvidos; ii) o reconhecimento de que o aluno precisa estar predisposto a aprender; iii) a utilização de organizadores prévios; iv) as situações-problema que dão sentido aos novos conhecimentos, introduzidas em nível crescente de complexidade; v) a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação; vi) a avaliação da aprendizagem significativa em termos de evidências; vii) o professor como mediador da captação de significados pelo aluno; viii) o ensino dialógico; ix) o pressuposto de que a aprendizagem não deve ser mecânica; x) a aprendizagem enquanto busca de respostas e questionamentos e não como memorização de respostas conhecidas (Moreira, 2011).

Dentre os princípios ausubelianos que fundamentam as unidades, cabe destacar, em especial, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, acima mencionados. A diferenciação progressiva é um princípio que reconhece que no processo de aprendizagem há uma hierarquização, em termos de abstração, generalidade e inclusão (Ausubel, 2003; Ausubel *et al.*, 1980). Ele sugere que conceitos, ideias, proposições, mais gerais e inclusivos, sejam apresentados primeiro para que possam progressivamente ficar mais específicos, diferenciados ao passo que adquirem novos significados para os sujeitos envolvidos (Moreira, 2011).

Em um processo de “vai e vem” entre ideias mais gerais e inclusivas às mais específicas, está a reconciliação integrativa. Este princípio indica que os conceitos, as ideias, as proposições apresentadas sejam revisitadas explicitamente ao se explorar, por exemplo, suas relações de similaridade e diferença com aqueles conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito (Ausubel, 2003). Cabe destacar que os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa são concomitantes e permitem uma organização hierárquica na estrutura cognitiva de quem aprende.

Em síntese, estimulando intervenções práticas, as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) visam uma aprendizagem significativa, e não mecânica, de tópicos, ideias, conceitos específicos etc. Nos últimos anos, distintas pesquisas têm feito uso das UEPS, seja propondo-as de forma teórica quanto analisando sua pertinência em situações

concretas (André & Silva, 2022; Culzoni *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*; 2020; Freitas & Neto, 2018; Haupt, Raupp & Lavayen, 2021; Lorenzetti, 2024; Macedo, Pantoja & Moreira, 2020; Pantoja, Moreira, 2021; Raicik, 2020; 2019). Vistas como uma metodologia didática (Pantoja & Moreira, 2020), elas podem, aliás, ser utilizadas como aspecto metodológico da própria Teoria da Aprendizagem Significativa (Damasio, 2017; Raicik, 2020). É nessa perspectiva que a unidade descrita a seguir encontra-se estruturada.

3.1. UEPS - NdC a partir de perspectivas kuhnianas: implicações ao ensino de ciências

Visando contribuir na formação continuada de professores, mestrando e doutorando, no âmbito da educação científica e tecnológica, a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa “NdC a partir de perspectivas kuhnianas: implicações ao ensino de ciências” vincula discussões relativas à Natureza da Ciência (NdC) com concepções kuhnianas de ciência. Para isso, além de envolver distintas asserções relativas à Natureza da Ciência, retoma as principais ideias de Kuhn contidas em *A Estrutura*, como a noção de paradigma, ciência normal, incomensurabilidade. Em um processo de diferenciação progressiva, discute algumas das críticas que o filósofo recebeu e como, à luz de suas outras obras e de literatura secundária, pode-se compreender melhor suas ideias, em processo de reconciliação integrativa. Em nível mais alto de complexidade e especificidade, diferencia-se progressivamente a noção de incomensurabilidade, a sua concepção de revolução científica em associação à evolução na ciência, esclarecendo mal-entendidos relacionados aos seus conceitos. Uma vez exploradas as ideias kuhnianas em articulação com suas distintas obras, não restringindo-as *A Estrutura*, busca-se reconciliar integrativamente algumas delas com aspectos específicos de NdC em um novo processo de diferenciação progressiva voltadas a controvérsias científicas, em termos de suas definições, tipos e exemplos, e aos valores epistêmicos e não epistêmicos, e seus juízos, envolvidos na tomada de decisão na ciência.

A UEPS é constituída por cinco artigos, um questionário, um vídeo, uma animação, trecho de uma entrevista, um pequeno texto, trechos de obras originais de Kuhn, duas avaliações, além de slides. Cabe salientar que seus respectivos materiais se encontram disponíveis no site <https://kuhnensinoendc.wixsite.com/ueps>, como uma forma de permitir que professores e pesquisadores interessados possam ter acesso a eles; e de, possivelmente, os utilizarem e adaptarem aos seus contextos de ensino.

UEPS

Título: NdC a partir de perspectivas kuhnianas: implicações ao ensino de ciências.

Objetivo geral: Promover discussões relativas à NdC articuladas a concepções kuhnianas de ciência com episódios históricos da ciência e temas contemporâneos de grande impacto social, entre professores em formação continuada.

Conceitos centrais: Natureza da ciência; paradigma; ciência normal, matriz disciplinar; incomensurabilidade; revolução científica; controvérsias científicas; valores epistêmicos; unidades de ensino potencialmente significativas.

Público-alvo: Professores em formação continuada (mestrando e doutorando).

Disciplina: Uma disciplina eletiva em um Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica ou similar.

Duração: Um semestre letivo (aproximadamente 14 aulas de 4h).

Sequência didática:

Aula 1

Situação-inicial

A fim de estabelecer uma situação-inicial, propõe-se aos professores em formação continuada questionamentos acerca de seus conhecimentos e/ou envolvimentos com discussões relativas à natureza da ciência. Promove-se reflexões em torno de perguntas como: a ciência se desenvolve por continuidade ou rupturas? Existem revoluções científicas? Como se dá o progresso científico? A ciência é isenta de valores? Como as controvérsias são resolvidas na ciência? O que significa descobrir alguma coisa? Essa situação-inicial se estabelece em alto nível de abstração e generalidade, e permite aos sujeitos externalizar, por meio de discussões orais, seus conhecimentos prévios, relevantes para uma aprendizagem significativa do que se pretende discutir na unidade.

A seguir, desenvolve-se uma atividade em sala de aula que, anonimamente ou não, pode ser entregue ao professor. Esta atividade visa realizar uma sondagem das concepções prévias dos sujeitos de forma mais direcionada, a partir de um questionário em escala *likert*, com afirmações sobre certos aspectos do conhecimento científico.

Finaliza-se a aula solicitando que os professores em formação continuada leiam previamente, para os próximos dois encontros, o artigo “Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (Peduzzi & Raicik, 2020), disponibilizado eletronicamente a eles.

Aulas 2 e 3

Situação-problema inicial

Projeta-se, em aula, o vídeo “Mundo de Beakman - Método Científico” (9m16s) e solicita-se que, em grande grupo e de forma oral, os professores em formação continuada apresentem considerações sobre a imagem de ciência presente no vídeo.

Em seguida, a partir de uma discussão expositiva-dialogada, debate-se algumas asserções comentadas relativas à natureza da ciência, presentes no artigo de Peduzzi e Raicik (2020). O artigo serve como um organizador prévio expositivo, a ser trabalhado de forma introdutória, em nível mais alto de abstração e generalidade. O professor pode projetar em *slides*, por exemplo, as ideias centrais de cada uma das 18 asserções discutidas pelos autores, para promover essa discussão. Esta etapa objetiva uma intensa troca de ideias e significados em torno de questões epistemológicas mais amplas que, no decorrer do curso, serão pormenorizadas, como a falácia de um único e infalível método científico, a não neutralidade das observações, o papel da experimentação na ciência, as controvérsias científicas, as descobertas científicas, os valores na escolha teórica etc.

É importante ressaltar que as asserções comentadas presentes no artigo perpassam por distintos conceitos kuhnianos, mas o professor não precisa explicitar isso, nesse momento, aos estudantes.

Para a próxima aula, solicita-se que os professores em formação continuada leiam o artigo “Sobre continuidades e descontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana” (Peduzzi, 2006), disponibilizado eletronicamente aos mesmos.

Aula 4

Aprofundamento do tema – parte 1

Projeta-se a animação “A revolução científica de Thomas Kuhn” (Gobbo & Gaffuri, 2016), que serve como um organizador prévio para introduzir, de forma lúdica, os principais conceitos kuhnianos presentes em sua obra magna, *A Estrutura*. Em seguida, o professor pode perguntar que relações os alunos conseguiram estabelecer entre a animação e artigo “Sobre continuidades e descontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana” que era para ser lido previamente para esta aula.

Na sequência o professor apresenta, de forma introdutória e geral, o próprio Thomas Kuhn, enquanto físico, filósofo, historiador; dando ênfase para *A Estrutura*. Com um conjunto de *slides* e uma discussão expositivo-dialogada, o professor começa a diferenciar progressivamente as principais ideias kuhnianas presentes em *A Estrutura*, como a noção de paradigma, ciência normal, revoluções científicas, incomensurabilidade, matriz disciplinar a partir do artigo de Peduzzi (2006) e de trechos das obras originais de Kuhn, sobretudo do *Posfácio-1969*. Peduzzi (2006) sinaliza alguns exemplos históricos que podem ser explorados a partir dessas reflexões.

Finaliza-se a aula com um conjunto de *slides* que evidenciam algumas críticas sofridas por Kuhn e bem como outras importantes obras do autor. Esses *slides* finais servem como problematizadores daquilo que será apreciado nos próximos encontros e para instigar os alunos a um re(pensar) das ideias de Kuhn para além de *A Estrutura*.

Para a próxima aula, solicita-se que os professores em formação continuada leiam o artigo “(Re)Pensando Thomas Kuhn: refletindo sobre mal-entendidos da Estrutura e suas implicações ao ensino de ciências” (Raicik & Gonçalves, 2022), disponibilizado eletronicamente.

Aula 5

Situação-problema em nível mais alto de complexidade

Promove-se reflexões orais em torno de questões como: Será que a concepção filosófica de Kuhn é antiprogressista? Há possibilidade de se pensar a evolução científica via revoluções? Já tinham ouvido falar que Kuhn foi acusado de trazer à ciência irracionalidade? Não buscando respostas ou consensos, esse momento instiga os professores em formação continuada a pensar em problematizações em nível mais alto de especificidade.

Aprofundamento do tema – parte 1: continuação

A partir da situação-problema, em um processo de diferenciação progressiva, introduz-se considerações em torno de algumas das críticas sofridas por Kuhn depois da publicação de *A Estrutura*. Nesse sentido, entrega-se aos participantes, em cópia impressa, um pequeno trecho de uma entrevista concedida por Kuhn em 1995, na qual ele fala da acusação de irracionalidade e de relativismo suscitada pela *Estrutura*. Promove-se discussões em grande grupo sobre questões como: Em que sentido se pode empregar o termo irracionalidade para análises da ciência?

Em um processo de reconciliação integrativa, nesse momento, retoma-se algumas considerações do *Posfácio-1969*, agora vinculadas a outros escritos kuhnianos e algu-

mas das críticas que recebeu. Em seguida, discute-se, com *slides* e uma exposição oral, as principais ideias presentes no artigo de Raicik e Gonçalves (2022). Neste artigo, os autores esclarecem alguns mal-entendidos relacionados ao conceito de incomensurabilidade kuhniano, como um ponto chave para melhor compreender sua ideia de revolução. Além disso, evidenciam a ideia de evolução via revolução para Kuhn. Em síntese, essas discussões visam fomentar uma análise e reflexão, em nível mais alto de complexidade e especificidade, na medida em que se diferencia progressivamente a noção de incomensurabilidade, sobretudo a local, e a ideia de revolução e o progresso científico, confrontando-os com as acusações sofridas por Kuhn.

Nova-situação problema em nível mais alto de complexidade

Projeta-se, em *slide*, um ‘pequeno texto’ que menciona algumas críticas que Kuhn recebeu de Toulmin e de Feyerabend à ideia de revolução. Solicita-se que, em grande grupo e de forma oral, os participantes apresentem considerações gerais acerca do texto, relacionando-as com as discussões travadas anteriormente.

Essa etapa de aprofundamento do tema (parte 1) objetiva promover uma hierarquização de desenvolvimento de conceitos centrais kuhnianos. Uma vez que conceitos anteriores, presentes em *A Estrutura*, são estabelecidos e assimilados, eles podem adquirir novos significados, relacionando-se com os esclarecimentos que Kuhn fez sobre eles, tornando-os cada vez mais complexos e específicos. Espera-se que os alunos consigam perceber que as ideias de Kuhn não se limitam àquelas presentes em *A Estrutura* e tenham uma visão global e ao mesmo tempo esclarecida de suas obras e conceitos.

A partir disso, em novo processo de diferenciação progressiva, inicia-se um mais um aprofundamento do tema, direcionado a uma implicação das ideias kuhnianas voltadas a controvérsias científicas. Desse modo, para a próxima aula, indica-se a leitura prévia do artigo “A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências” (Raicik, Peduzzi & Angotti, 2018), disponibilizado eletronicamente.

Aula 6

Aprofundamento do tema – parte 2

Propicia-se uma discussão expositivo-dialogada a partir do artigo “A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências” (Raicik, Peduzzi & Angotti, 2018). Neste artigo, os autores explicitam, à luz de uma filosofia contemporânea, o que se pode entender por controvérsias científicas, apresentando algumas de suas principais origens e possíveis classificações. Em um processo de diferenciação progressiva, a reflexão apresenta uma estrutura hierárquica de proposições em torno do conceito de controvérsias científicas. Ideias mais gerais e inclusivas de origem e definições do conceito antecedem àquelas que envolvem classificações de controvérsias e seus possíveis términos. Nesse sentido, apresenta-se e exemplifica-se três tipos de controvérsias científicas: as analíticas, as resistivas e as argumentativas à luz de considerações kuhnianas, presentes no artigo. Além de diferenciar progressivamente as classificações de controvérsias, essa discussão fomenta uma reconciliação integrativa da temática com conceitos kuhnianos, a partir de ponderações em torno de controvérsias em período pré-paradigmático, paradigmático, controvérsias revolucionárias e não revolucionárias, etc.. Os exemplos trazidos na classificação apresentada pelos autores podem facilitar uma maior assimilação do tema. O estudo de Newton com a teoria da luz e cores é abordado, em nível de maior especificidade, com direcionamento específico para a discussão controversa que trava, sobretudo com Hooke, e o papel do experimento nesse caso. Não obstante, igualmente de forma sucinta, são mencionadas as polêmicas observações de Galileu com o telescópio, para a visão de mundo da época e a controvérsia Newton-Leibniz sobre a prioridade da invenção do cálculo diferencial e integral, entre outras.

Para finalizar a aula, o professor pode trazer algumas questões reflexivas, que não precisam ser necessariamente respondidas, entendendo melhor as controvérsias científicas, seus diferentes tipos e suas dinâmicas. A ciência é permeada por valores? Que valores podem estar envolvidos na tomada de decisão na ciência? Os estudiosos/cientistas fazem juízos de valor? Se há controvérsias, como resolvê-las? Será que Kuhn nos auxilia a pensar nas escolhas teóricas na ciência?

Solicita-se, para a próxima aula, a leitura prévia do artigo “A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas” (Raicik & Angotti, 2019), disponibilizado eletronicamente aos estudantes.

Aula 7

Aprofundamento do tema – parte 2: continuação

Uma vez que conceitos anteriores são estabelecidos e assimilados, eles podem adquirir novos significados, relacionando-se com conceitos cada vez mais complexos e específicos. É nesse sentido que, em processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de uma temática mais geral, a de controvérsias científicas com perspectivas kuhnianas, discute-se, por meio de uma dinâmica expositivo-dialogada, o artigo “A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas” (Raicik & Angotti, 2019). Nele, os autores abordam concepções de Kuhn sobre valores na escolha teórica que podem contribuir para o entendimento do processo de término de debates calorosos na ciência. Valores como precisão, consistência, simplicidade, fecundidade e abrangência são, portanto, apresentados e discutidos. O artigo menciona, sem contudo aprofundar, alguns exemplos históricos que elucidam as discussões; perpassando a física, biologia e química. Além do artigo, trechos do texto “Objetividade, juízo de valor e escolha teórica” (Kuhn, 2011), do próprio Kuhn, são destacados a fim de explicitar como o filósofo defende com obstinação que cada escolha teórica feita por estudiosos depende, além de critérios compartilhados, de fatores idiossincráticos que possuem, igualmente, relevância filosófica. Desta forma, a aula retoma algumas discussões estabelecidas sobre Kuhn no terceiro encontro. Com o intuito de tornar mais claro e compreensível de que forma pode se dar o término de debates na ciência, o artigo ainda discorre sobre uma classificação de Ernan McMullin (2003) envolvendo resolução, encerramento e abandono de controvérsias científicas, que foi proficuamente influenciado pelas ideias kuhnianas ao desenvolver sua tese axiológica.

Aula 8

Atividade integrativa

Retoma-se os conceitos centrais da UEPS. Isso pode ser feito de distintas maneiras: com uma aula de revisão, por meio de um jogo envolvendo os participantes com perguntas e respostas acerca das ideias kuhnianas e de aspectos de NdC, com a elaboração de um mapa conceitual coletivo etc. Em síntese, a aula tem por objetivo propiciar tanto uma etapa de revisão das discussões estabelecidas na disciplina, em termos epistemológicos, quanto potencializar a reconciliação integrativa do que foi estudado. Com essa estratégia instrucional, retoma-se aspectos mais gerais e estruturantes da unidade, em nível mais alto de complexidade.

Aula 9

Aprofundamento do tema – parte 3: Construindo uma UEPS

Nessa aula, o professor contextualiza atividade: “Construindo uma UEPS”, que consiste no desenvolvimento de uma unidade de ensino potencialmente significativa, pelos estudantes, voltada ao ensino de ciências (em qualquer nível), que envolva um ou mais conceitos centrais discutidos na disciplina. Nesse sentido, por meio de exposição oral e de *slides*, o professor apresenta os fundamentos teóricos da construção de unidades de ensino potencialmente significativas. Além de uma discussão envolvendo as premissas

das UEPS, promove-se reflexões acerca do objetivo geral da disciplina e da didatização de aspectos relativos à natureza da ciência à luz de concepções kuhnianas para o ensino de ciências em geral.

Aulas 10 e 11

Desenvolvimento da UEPS pelos alunos

Uma vez que os alunos tiveram, na aula anterior, um direcionamento teórico e específico acerca da atividade “Construindo uma UEPS”, essas duas aulas são direcionadas a construção efetiva das unidades didáticas pelos sujeitos. Entendendo que o professor é um mediador da captação de significados e que a aprendizagem significativa é progressiva e sua avaliação precisa buscar evidências, o professor disponibiliza-se, em sala de aula, para auxiliar os estudantes nesse processo. Em uma intensa troca de ideias, retoma-se a relevância de didatizar a temática de NdC à luz de concepções kuhnianas em distintos níveis; a proficiência que a história da ciência e/ou questões contemporâneas podem ter como problematizadores da temática; a importância de pensar nessa construção didática à luz da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

Aulas 12 e 13

Apresentação UEPS pelos alunos

Essas duas aulas são destinadas à apresentação das unidades de ensino potencialmente significativas construídas pelos estudantes, de forma individual. Além de exporem o material didático desenvolvido, estimula-se troca de ideias entre os participantes, com comentários construtivos, possíveis sugestões e pertinência da proposta, em termos gerais. No âmbito de uma avaliação formativa, esse momento visa constituir uma ação reflexiva e desafiadora, contribuindo com a troca de ideias entre professor, aluno e colegas participativos (Silva & Mendes, 2017). Nesse sentido, favorece a produção de um saber enriquecido, elaborado a partir da compreensão dos fenômenos estudados.

Cabe ressaltar que depois dessa apresentação, os estudantes têm um prazo de 30 dias para enviar ao professor a versão final de sua UEPS.

Aula 14

Avaliação da UEPS pelos estudantes e Finalização da disciplina

A avaliação individual, dissertativa, abrange a análise crítica de cada componente da UEPS – os materiais e as estratégias de ensino utilizadas. Analisam-se comentários e sugestões pertinentes para o seu aperfeiçoamento em relação: a) a dinâmica em sala de aula; b) aos artigos; c) aos vídeos/animações/questionário e atividades em geral; d) a atividade “Construindo uma UEPS”.

Finalização da disciplina.

Avaliação Formativa

Sugere-se que os alunos sejam avaliados durante o processo da disciplina, nas observações livres em sala de aula, na participação dos alunos nas discussões e atividades.

“A avaliação, enquanto relação dialógica, vai conceber o conhecimento como apropriação do saber pelo aluno e também pelo professor, como ação-reflexão-ação que se passa na sala de aula em direção a um saber aprimorado, enriquecido, carregado de significados, de compreensão” (Silva & Mendes, 2017, p. 281) É uma avaliação contínua e ocupada com os significados apresentados e em processo de captação pelo aluno.

4. Considerações finais

No colóquio em homenagem aos 60 anos de *A Estrutura*, supracitado, Condé (2023) indaga:

Por que falar de Kuhn? E o que mais devemos falar de Kuhn? Por que, a cada dez anos, nos encontramos e fazemos um evento para falar de Kuhn? Não apenas temos feito isso nas últimas décadas, mas é como se já tivéssemos agendado daqui a dez anos estar novamente discutindo a obra de Kuhn (Condé, 2023, p. 16).

Claramente isso ocorre porque Kuhn ainda apresenta implicações relevantes em perspectivas filosóficas, sociológicas, históricas e educacionais (Arruda, Silva & Laburú, 2001; Cordeiro, 2016; Oki, 2004; Peduzzi, 2011; Raicik & Gonçalves, 2022; Raicik & Peduzzi, 2016; Ramos & Silva, 2014; Zylbersztajn, 1991). É certo que a filosofia kuhniana foi e continua sendo amplamente objeto de estudos e de pesquisas no âmbito da educação científica. A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) aqui apresentada é um exemplo disso! Aliás, novas reflexões acerca de ideias kuhnianas podem ser esperadas para os próximos anos.

Para além de *A Estrutura*, um livro admirável e singular que, mesmo não desfrutando de pleno consenso, ainda hoje é fonte de inspiração e matéria de profícuos debates, os esboços dos últimos escritos de Kuhn – que infelizmente ele não pôde concluir devido ao seu falecimento – foram recentemente publicados em “The last writings of Thomas S. Kuhn: incommensurability in science” (2022). No ano corrente, a obra foi traduzida para o português (Kuhn, 2024), facilitando que novas e inéditas pesquisas sejam desenvolvidas a partir da análise das ideias ali contidas e suas relações com os trabalhos precedentes. Como os últimos escritos de Kuhn, vinculados às suas outras obras, podem contribuir para o aprimoramento científico de pesquisadores e professores em formação inicial e continuada? É uma nova questão que surge recentemente. Mas para isso, é preciso ponderar acerca de suas ideias de forma integrada e articulada, transcendendo *A Estrutura*, compreendendo suas distintas perspectivas e implicações, como foi feito na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa aqui desenvolvida e apresentada, principalmente voltando-se à educação científica.

O ensino de ciências, seja em materiais didáticos, nos discursos de professores, nas concepções prévias de estudantes, em documentos de orientação curricular, quer em materiais de divulgação científica e na veiculação midiática da ciência, como vídeos, filmes e documentários, ainda apresenta concepções limitadas muito sobre a ciência (Clough & Olson, 2008; Gil Pérez *et al.*, 2001; Martins, 2015; Vicente, Jiménez-Tenorio & Oliva, 2022; Peduzzi & Raicik, 2020). Nesse sentido, pesquisadores e educadores convergem na defesa de que a História e Filosofia da Ciência pode contribuir para melhorar o ensino, dentre outras razões, por fomentar discussões relativas à Natureza da Ciência (Moura, 2014; Forato, Pietrocola & Martins, 2011; Peduzzi & Raicik, 2020; Pires & Peduzzi, 2022). Consequentemente, isso coopera para alcançar uma ‘Educação de Qualidade’ (ONU, 2024).

Controvérsias sobre a relevância e importância das vacinas, acerca das mudanças climáticas, que envolvem o terraplanismo, além daquelas que perpassaram a história da ciência, podem ser frutíferas para explorar aspectos relativos à Natureza da Ciência (NdC). Reflexões nesse sentido, à luz de noções kuhnianas, podem propiciar discussões envolvendo debates que permeiam a contemporaneidade e contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências, como senso crítico e tomadas de decisão.

Desde a publicação da proposta e fundamentação das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) por Moreira, em 2011, verifica-se um crescimento expressivo de trabalhos sobre essa temática indicando, inclusive, que os estudos envolvendo essas unidades representam uma tendência para a educação científica (Ochoa, 2013; Calheiro & Garcia, 2014; Coelho *et al.*, 2017; Culzoni *et al.*, 2015; Damasio & Peduzzi, 2017; Hammel, Miyahara & Santos, 2019; Lorenzetti; 2024; Raicik, 2020; Souza & Pinheiro, 2019).

Apesar de Moreira (2011) destacar, com justa razão, que é na avaliação do desempenho dos alunos que, em última instância, se encontra evidências de aprendizagem significativa e, consequentemente, da pertinência de uma UEPS, entende-se e defende-se que propostas bem fundamentadas, ainda que em estágio teórico, são essenciais para avanços significativos na implementação de unidades didáticas. A carência desse tipo de material, na área de ensino de ciências, sobretudo voltados à História e Filosofia da Ciência, de materiais com alinhamentos coerentes em termos educacionais, epistemológicos e metodológicos, é notória (Boaro & Massoni, 2018; Damasio & Peduzzi, 2017; Martins, 2012; Raicik, 2020).

5. Agradecimentos

Entidade financiadora: Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

6. Referências

- André, W. C. S., & Mendes da Silva, I. (2022). Contribuições e limitações de sequências de ensino na forma de unidades de ensino potencialmente significativas: uma revisão sistemática da literatura. *Investigadores em Ensino de Ciências*, 27(3), 270–290. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p270>
- Arruda, S. M., Silva, M. R., & Laburú, C. E. (2001). Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(1), 97-106. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/588>
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Porto: Paralelo Editora.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesin, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Boaro, D. A., & Massoni, N. T. (2018). O uso de elementos da história e filosofia da ciência (hfc) em aulas de física em uma disciplina de estágio supervisionado: alguns resultados de pesquisa. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(3), 110-144. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n3p110>
- Calheiro, L. B., & Garcia, I. K. (2014). Proposta de Inserção de Tópicos de Física de Partículas Integradas ao Conceito de Carga Elétrica por Meio de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(1), 177-192. <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/102/73>

- Candito, V., Menezes, K.M., & Rodrigues, C.B.C. (2022). Ciência - Tecnologia - Sociedade: possibilidades de articulação com os objetivos do desenvolvimento sustentável. *Revista Pedagógica*, 24, 1-22. <https://doi.org/10.22196/rp.v24i1.6558>
- Clough, M. P., & Olson, J. K. (2008) Teaching and assessing the nature of science: an introduction. *Science & Education*, 17, 143-145. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9083-9>
- Coelho, A. L. M. B., Teixeira, C. B., Oliveira, F., & Meira, S. L. B. (2017). Uma UEPS para o ensino dos espelhos esféricos. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(8), 121-140. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/698>
- Condé, M. L. L. (2023). A herança de Thomas Kuhn para a história e a filosofia da ciência. *Problemata - Revista Internacional de Filosofia*, 14(4), 15-26. <https://doi.org/10.7443/problemata.v14i4.67939>
- Condé, M. L. L., & Penna-Forte, M. A. (Orgs.) (2013). *Thomas Kuhn: a estrutura das revoluções científicas* [50 anos]. Belo Horizonte: Fino Traço.
- Cordeiro, M. (2016). *Ciência e Valores na história da fissão nuclear: potencialidades para a educação científica* (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/168030/339497.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Culzoni, C., Alegre, L., & Fornari, J. (2015). Unidad educativa potencialmente significativa para la enseñanza de sonido incorporando TICS. *Revista De Enseñanza De La Física*, 27(2), 709-715. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12726>
- Damasio, F. (2017). *História da Ciência na Educação Científica: uma abordagem epistemológica de Paul Feyerabend procurando promover uma aprendizagem significativa crítica*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/182729>
- Damasio, F., & Peduzzi, L. O. Q. (2017). História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. *Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.*, 19(e2583), 1-19. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190103>
- Estefanía, M. (2009). La globalización de la educación. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria*, 17, 185-208. <https://doi.org/10.14201/3124>
- Ferreira, M., Filho, O. L. S., Moreira, M. A., Franz, G. B., Portugal, K. O., & Nogueira, D. X. P. (2020). Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre ópticageométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, 1-13. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0057>
- Feyerabend, P. (1979). Consolando o especialista. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento* (pp. 244-284). São Paulo: Cultrix.

- Forato, T. C., Pietrocola, M., & Martins, R. A. (2011). Historiografia e Natureza da Ciência da Sala de Aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>
- Freitas, S. A., & Andrade Neto, A. S. (2018). A utilização do jogo Angry Birds Space na aprendizagem de conceitos de Lançamento de Projéteis e de Gravidade no Ensino Fundamental: uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 1(2), 214-225. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v1i2.8983>
- Gil Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A., & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>
- Gobbo, A., & Gaffuri, S. (2016). *A revolução científica de Thomas Kuhn*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=vHzPFI57ScQ>
- Gurgel, I. (2020). Editorial: Reflexões Político-Curriculares sobre a Importância da História das Ciências no Contexto da Crise da Modernidade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 333-350. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p333>
- Hammel, C., Miyahara, R. Y., & Santos, S. A. (2019). Uma UEPS com enfoque CTSA no ensino de física: geração, produção e consumo de energia elétrica. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(1), 256-270. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/32>
- Haupt, F. T., Trajano Raupp, D., & Lavayen, V. (2021). A utilização de organizadores prévios para o Ensino de Estequiometria: uma proposta de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 4(2), 953-969. <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.11599>
- Kuhn, T. S. (2024). *A incomensurabilidade na ciência: os últimos escritos de Thomas S. Kuhn*. São Paulo: Editora Unesp.
- Kuhn, T. S. (2006). *O caminho desde A Estrutura*. São Paulo: Unesp.
- Kuhn, T. S. (2011). *A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica*. São Paulo: Unesp.
- Lorenzetti, C. S. (2024). *Um estudo histórico-epistemológico do desenvolvimento da Tabela Periódica de Dmitri Ivanovich Mendeleev: implicações ao ensino de ciências*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (no prelo).
- Macedo, M. S., Pantoja, G. C. F., & Moreira, M. A. (2020). Modelos atômicos no ensino médio: uma unidade de ensino potencialmente significativa com ênfase em uma descrição epistemológica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 235-258. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p235>

- Martins, A. F. (2012). História, filosofia, ensino de ciências e formação de professores: desafios, obstáculos e possibilidades. *Educação: Teoria e Prática*, 22(40), 5-25. <http://educa.fcc.org.br/pdf/eduteo/v22n40/v22n40a02.pdf>
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703-737. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>
- Massoni, N. T. (2010). *A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da mudança epistemológica*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10183/26489>
- Matthews, M.R. (2024). Thomas Kuhn and Science Education. *Sci & Educ* 33, 609–678. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00408-1>
- Matthews, M. R. (1995). História, filosofia, e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- McComas, W. F. (2022). The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. Adapted from the chapter. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education* (pp. 53-70). New York: Kluwer Academic Publishers.
- McMullin, E. (2003). Scientific controversy and its termination. In Engelhardt, H. T., & Caplan, A. L. (Ed.), *Scientific controversies: Case studies in the resolution and closure of disputes in Science and technology* (pp. 49-92). New York: Cambridge University Press.
- Mladenovic, B. (2024). Introdução. In Kuhn, T. S. *A incomensurabilidade na ciência: os últimos escritos de Thomas S. Kuhn* (pp. 11-56). São Paulo: Editora Unesp.
- Moreira, M. A. (2013). *Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas v e unidades de ensino potencialmente significativas*. Material de Apoio. Instituto de Física: UFRGS.
- Moreira, M. A. (2004). Pesquisa básica em educação em ciências: uma visão pessoal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1), 10-17. <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Pesquisa.pdf>
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43-63. https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf
- Moreira, M. A., & Massoni, N. T. (2016). *Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem como subsídios para a organização de sequências de ensino-aprendizagem em ciências/física*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Moura, B. A. (2014). O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(1), 32-46. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>

- Ochoa, A. Z. (2013). *Enseñanza y aprendizaje del concepto de energía a través del desarrollo de una unidad de enseñanza potencialmente significativa*, UEPS. (Dissertação de mestrado). Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11905>
- Oki, M. C. M. (2004). Paradigmas, Crises e Revoluções: A história da química na perspectiva kuhniana. *Química Nova na Escola*, 20, 32-37. <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc20/v20ao6.pdf>
- ONU. *Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Nações Unidas Brasil. 2024. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 04 jul. 2024.
- Pantoja, G. C. F., & Moreira, M. A. (2021). Unidades de ensino potencialmente significativas em indução eletromagnética: um estudo sobre a conceitualização de estudantes de nível superior. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 38(3), 1420–1452. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e75550>
- Peduzzi, L. O. Q. (2011). *Evolução dos Conceitos da Física*. 1. ed. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM. Disponível em <https://evolucaodosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia/livros>
- Peduzzi, L. O. Q. (2006). Sobre continuidades e descontinuidades no conhecimento científico: uma discussão centrada na perspectiva kuhniana. In Silva, C. C. (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no Ensino* (pp. 59-83). São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Peduzzi, L. O. Q., & Raicik, A. C. (2020). Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(2), 19-55. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>
- Pinto, C. L. L.; Barreiro, C., & Silveira, D. N. (2010). Formação Continuada de Professores: Ampliando a compreensão acerca deste conceito. *Revista Thema*, 07(1), 01-14. <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/19>
- Pires, L.N., & Peduzzi, L. O. Q. (2022). Pulsating stars: o contexto histórico de pós-detecção dos pulsares no campo da física e da astronomia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 22(e37498), 1-27. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2022u633659>
- Praia, J., Gil Pérez, D., & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132007000200001>
- Raicik, A. C. (2019). Experimento crucial na ciência e na filosofia da ciência: uma unidade de ensino potencialmente significativa sobre a teoria da luz e cores de Newton. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 9(2), 1-11, 2019. Recuperado de https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID154/v9_n2_a2019.pdf

- Raicik, A. C. (2020). Nos embalos da HFC: discussões sobre a experimentação e aspectos relativos à NdC em UEPS. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(2), 164-197. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/719>
- Raicik, A. C., Peduzzi, L. O. Q., & Angotti, J. A. P. (2018). A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, 13(1), 42-62. <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/215>
- Raicik, A. C., & Angotti, J. A. P. (2019). A escolha teórica em controvérsias científicas: valores e seus juízos à luz de concepções kuhnianas. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 12(1), 331-349. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n1p331>
- Raicik, A. C., & Peduzzi, L. O. Q. (2016). A estrutura conceitual e epistemológica de uma descoberta científica: reflexões para o ensino de ciências. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 9(2), 149-176. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2016v9n2p149>
- Raicik, A.C., & Gonçalves, P. F. (2022). (Re)Pensando Thomas Kuhn: reflexões sobre mal-entendidos da Estrutura e suas implicações para o ensino de ciências. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 21(45), 366-394. <http://dx.doi.org/10.21703/0718-5162.v21.n45.2022.019>
- Ramos, C. R., & Silva, J. A. (2014). A emergência da área de ensino de ciências e matemática da CAPES enquanto comunidade científica: um estudo documental. *Investigações em Ensino de Ciências*, 19(2), 363-380. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/84>.
- Reis, P. R. (2009). Ciência e Controvérsia. *REU*, 35(2), 09-15. <https://periodicos.uniso.br/reu/article/view/414>
- Silva, N., & Mendes, O. M. (2017). Avaliação formativa no ensino superior: avanços e contradições. *Avaliação*, 22(1), 271-297. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-40772017000100014>
- Silva, E. M. A, & Araújo, C. M. (2005). Reflexão em Paulo Freire: uma contribuição para a formação continuada de professores. *V Colóquio Internacional Paulo Freire*. http://189.28.128.100/nutricao/docs/Enpacis/pesquisaArtigos/reflexao_em_paulo_freire_2005.pdf
- Sotelino-Losada, A., Santos-Rego, M. A., & Lorenzo-Moledo, M. (2024). Investigación y transferencia del conocimiento en Ciencias de la Educación: Una cuestión de justicia social. *Teoría De La Educación. Revista Interuniversitaria*, 36(2), 119–137. <https://doi.org/10.14201/teri.31655>
- Souza, G. F., & Pinheiro, N. A. M. (2019). Unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS): identificando tendências e possibilidades de pesquisa. *Revista Dynamis*, 25(1), 113-128. <https://doi.org/10.7867/1982-4866.2019v25n1p113-128>

- Toulmin, S. (1979). É adequada a distinção entre ciência normal e ciência revolucionária?. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento* (pp. 49-59). São Paulo: Cultrix.
- UNESCO. (2017) *Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: objetivos de aprendizagem*. São Paulo: UNESCO.
- Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., Acevedo-Díaz, J. A., & Acevedo-Romero, P. (2008). Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. *Química Nova na Escola*, 27. <http://qnesc.sbn.org.br/online/qnesc27/07-ibero-6.pdf>
- Vicente, J. J., Jiménez-Tenorio, N., & Oliva, J. M. (2022). La Naturaleza de la Ciencia como objeto de aprendizaje en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36.1), 123-14. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.9242>
- Zylberztajn, A. (1991). Revoluções científicas e ciência normal em sala de aula. In Moreira, M. A., & Axt, R. *Tópicos em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: Sagra.