

Aprendizagens Profissionais de Professores de Física em Estudos de Aula: explorando tarefas de investigação

Mauri Luís Tomkelski ^a

Mónica Baptista ^a

Adriana Richit ^b

^a Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal

^b Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-graduação em Educação e Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas, Erechim, RS, Brasil

Recebido para publicação 28 fev. 2022. Aceito após revisão 11 abr. 2022

Editor designado: Renato P. dos Santos

RESUMO

Contexto: Investigações sobre as aprendizagens profissionais de professores em estudos de aula vêm se destacando na área de Ensino de Física, entretanto ainda são escassas as pesquisas que examinam esse processo a partir da elaboração de tarefas de investigação. Este tipo de tarefas possibilita explorar conceitos físicos e suas relações devido ao seu caráter aberto, por priorizarem os interesses dos alunos e envolverem uma dimensão prática, além de promoverem situações de aprendizagem bem-sucedidas. **Objetivos:** Compreender as aprendizagens profissionais de professores de Física no planejamento de tarefas de investigação para o estudo da Lei de Ohm. **Design:** A investigação, de natureza qualitativa e interpretativa, envolveu 18 encontros de aproximadamente 2,5 horas. **Ambiente e participantes:** Envolveu quatro professoras de Física no ensino médio em escolas públicas da rede estadual de ensino. **Coleta e análise de dados:** O material empírico do estudo constitui-se dos materiais produzidos no desenvolvimento da tarefa de investigação, das transcrições das gravações em áudio das sessões do estudo de aula, da aula de investigação, do material produzido pelos alunos, bem como das transcrições das entrevistas realizadas ao final do processo. **Resultados:** A análise evidenciou aprendizagens sobre o desenvolvimento de tarefas de investigação, análise, argumentação e inferência do conhecimento científico, perpassando o envolvimento, exploração, explicação, elaboração e avaliação na abordagem de atividades sobre conceitos físicos. **Conclusões:** A investigação contribui para o conhecimento sobre as aprendizagens profissionais de professores, especialmente sobre a aula de investigação.

Palavras-chave: Aprendizagens Profissionais; Tarefas de Investigação; Estudo de aula; Lei de Ohm; Ensino de Física.

Autor para correspondência: Mauri Luís Tomkelski. Email: mauriluis@gmail.com

Professional Learnings of Physics Teachers in Lesson Study: exploring inquiry tasks

ABSTRACT

Background: Research concerning teachers' professional learning in lesson study has been highlighted in Physics teaching; however, studies that examine this process from the elaboration of inquiry tasks are still scarce. This kind of task makes it possible to explore physical concepts and relationships due to their open nature, which contemplates the students' interest, involves a practical dimension, and promotes successful learning situations. **Objectives:** To understand Physics teachers' professional learning in planning inquiry tasks to study Ohm's Law. **Design:** The investigation, of a qualitative and interpretive nature, involved 18 meetings of 2.5 hours. **Setting and Participants:** The lesson study engaged four secondary public school Physics teachers from the state education network. **Data collection and analysis:** The empirical research material consists of data produced in the development of the inquiry tasks, the transcripts of the audio recordings of the lesson study sessions, the investigative lesson, the material produced by the students, and the transcripts of the interviews carried out at the end of the lesson study. **Results:** The analysis showed professional learning about the development of inquiry tasks, analysis, argument, and inference of scientific knowledge, passing through engaging, exploring, explaining, elaborating, and evaluating activities on physical concepts. **Conclusions:** The research contributes to the knowledge development about teachers' professional learning, especially about the research lesson.

Keywords: Professional education; Inquiry tasks; Lesson study; Ohm's Law; Physics teaching.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física, devido às particularidades dessa componente e aos desafios da educação escolar, suscita mudanças relacionadas às abordagens de ensino, modelos e paradigmas que precisam coexistir e competir, temporária ou permanentemente, com abordagens estabelecidas. Segundo García-Carmona (2020), na medida em que uma abordagem começa a se destacar em relação à outra que obteve, em determinado nível de consenso, aceitação e destaque, produz um novo movimento pedagógico nas práticas científicas. Uma das abordagens amplamente valorizadas no ensino das Ciências é a abordagem investigativa (*inquiry-based approach*).

A educação científica baseada na investigação (*inquiry-based science education* - IBSE) promove maior interesse dos alunos pelas Ciências (Swarat, 2008), amplia as habilidades argumentativas, desenvolve o pensamento crítico (Lederman, Lederman, & Antink, 2013) e os

conhecimentos dos alunos (NRC, 2012). Além disso, pode favorecer o desenvolvimento de competências de conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudinais (Baptista & Freire, 2006), produzindo efeitos benéficos em questões envolvendo cidadania participativa, crítica e informada (Hodson, 2011).

A IBSE caracteriza uma abordagem centrada no aluno, cujo objetivo envolve a proposição de desafios que o oportunize a explorar conceitos, ideias e fenômenos antes de o professor fornecer explicações formais (Marshall, Smart, & Alston, 2017). A compreensão deste foco é essencial ao professor que busca criar e adaptar o desenvolvimento de tarefas de investigação que permitam aos alunos aprender Ciências (Conceição, Baptista, & Ponte, 2019).

A IBSE pressupõe práticas promovedoras do protagonismo do aluno, levando-o a participar ativamente do processo de aprendizagem. Mediante essa abordagem, busca-se promover a literacia científica relativamente a aprender Ciências (conhecimento conceitual e teórico), aprender sobre Ciências (compreender a natureza, história, métodos e suas relações) e aprender a fazer Ciências (experiência em investigações científicas e resolução de problemas) (Hodson, 1998; Millar & Osborne, 1998).

As tarefas de investigação despontam como possibilidade para abordar conceitos e fenômenos em Física, fomentando estratégias de sala de aula que favorecem aprendizagens *de* Ciências e *sobre* Ciências (Lederman, 2006). Tais tarefas trazem contributos para o professor, pois o processo de planejá-las constitui-se em ponto de partida para atingir objetivos propostos pela IBSE (Matoso & Freire, 2013).

As tarefas de investigação apresentam características, tais como: caráter aberto, são direcionadas aos interesses dos alunos e envolvem uma dimensão prática (Faria, Freire, Galvão, Reis, & Baptista, 2012). Além disso, promovem situações de aprendizagem bem-sucedidas (Richit, Tomkelski, & Richit, 2021) ao colocar o aluno no centro desse processo (Bybee, 2006).

Nesta direção, consideramos necessário compreender como professores e alunos lidam com essa abordagem, mediante a qual é possível rompermos com as formas expositivas de aprender, superando os tradicionais papéis de professor e aluno nos processos educativos (Baptista, Freire, & Freire, 2013). A compreensão sobre a dinâmica e as potencialidades da IBSE tem contribuído para a consolidação de dispositivos e abordagens formativas e novas estratégias de ensino.

Uma abordagem crescentemente utilizada na formação de professores de Física, Matemática e outras áreas é o estudo de aula (*lesson study*), que caracteriza uma abordagem de desenvolvimento profissional de professores centrada na prática e apoiada na colaboração e na reflexão (Richit, Ponte, & Tomkelski, 2020). Por centrar-se na prática letiva, os estudos de aula têm embasado investigações sobre aspectos relacionados à aprendizagem de tópicos curriculares da Física, dentre eles velocidade do som (Conceição, Baptista, & Ponte, 2016).

Realizamos uma investigação buscando compreender as aprendizagens profissionais de professores participantes em um estudo de aula a partir do planejamento de tarefas de investigação. Apoiados na perspectiva do *pedagogical content knowledge* – (PCK) de Lee Shulman (1986, 1987), examinamos um estudo de aula com quatro professoras de Física, centrado no aprofundamento da Lei de Ohm. Pelo fato de lecionarem no 3.º ano do Ensino Médio, as professoras definiram que o tema seria a eletricidade. No refinamento dos tópicos neste tema, decidiram pela Lei de Ohm por considerarem que este é um tópico de difícil compreensão e, especialmente, porque o seu ensino apoia-se na enunciação da equação da Lei.

TAREFAS DE INVESTIGAÇÃO

Estudos recentes têm destacado a importância de envolver os alunos em atividades de investigação científica que requerem habilidades de raciocínio científico (Teig, Scherer, & Kjaernsli, 2020), a partir da *investigação, análise, argumentação e inferência* (Kuhn, 2007). As fases de investigação e análise solicitam dos alunos habilidades de raciocínio científico na busca da teoria em estudo, mediante o qual são oportunizados a identificar a questão de pesquisa, formular hipóteses, projetar experimentos e coletar evidências. As fases de argumentação e inferência envolvem habilidades que implicam a transição das evidências para a teoria por meio da análise, interpretação e avaliação das evidências, assim como chegar nas conclusões e desenvolver explicações (Kuhn, 2007; Kuhn & Pearsall, 2000).

Essas habilidades assumem papel fundamental na implementação de práticas de investigação e contribuem para o desenvolvimento da compreensão científica pelo aluno (Kuhn, Arvidsson, Lesperance, & Corprew, 2017; Kuhn & Pease, 2008). O planejamento de tarefas pelos professores pode favorecer abordagens para promover a aprendizagem formativa, contemplando as fases de investigação, análise, argumentação e inferência.

As tarefas de investigação se apresentam, aos professores de Ciências, como uma possibilidade para promover a mudança nas práticas letivas. Devido a sua natureza aberta, que permite considerar distintas soluções possíveis ou formas de obtê-las (Rocard, 2007), as tarefas de investigação favorecem as aprendizagens dos alunos por os oportunizarem a desenvolver e utilizar estratégias próprias para resolvê-las. As tarefas promovem situações desafiadoras, mediante as quais os alunos podem observar e explicar fenômenos, planejar pesquisas, fazer previsões, tirar conclusões, resolver problemas e generalizar (Conceição et al., 2019). Pesquisas dedicadas às tarefas de investigação têm sido valorizadas na medida em que seus benefícios são reconhecidos na literatura internacional (e.g., Furtak, Seidel, Iverson, & Briggs, 2012).

No desenvolvimento das tarefas de investigação, os alunos, organizados em pequenos grupos, trabalham sobre uma tarefa, discutindo-a e resolvendo-a e, em seguida, discutindo as resoluções com toda a classe. Nessa dinâmica, os alunos desempenham papel ativo na sua aprendizagem, interpretando questões, representando informações e criando estratégias de planejamento e resolução de problemas (Conceição et al., 2019).

As tarefas de investigação promovem mudanças nas rotinas de sala de aula por centrarem nas ações dos alunos e modificarem o papel do professor do modelo baseado na ação de falar, para um papel de facilitador das aprendizagens (Meadows, 2009). Entretanto, não se pode assegurar que os alunos apropriem-se de maneira imediata das alterações introduzidas pela dinâmica das tarefas de investigação, seja no que fazem ou no modo como aprendem. Esse aspecto evidencia a importância do planejamento e desenvolvimento de aulas de investigação pelos professores, como forma de desenvolver e compreender as competências do conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudinais (Baptista & Freire, 2006).

Um modelo para o desenvolvimento de tarefas de investigação foi proposto por Bybee (1997). Neste modelo, baseado na visão construtivista da ciência, Bybee sugere o desenvolvimento de tarefas de investigação composto por cinco etapas: *envolver*; *explorar*; *explicar*; *elaborar* e *avaliar*. No envolvimento, os alunos são motivados para o estudo de um determinado assunto partindo de uma situação problema, despertando o interesse e a curiosidade. Na exploração, oportunizados pelo trabalho em grupo, os alunos fazem previsões, levantam hipóteses e planejam a testagem das hipóteses, registram observações e discutem com os pares, comparando os resultados e possíveis explicações, bem como organizam as informações coletadas. Na

fase da explicação, os alunos articulam observações, ideias, questões e hipóteses, são estimulados a utilizar vocabulário próprio para explicar os conceitos que emergem na situação de aprendizagem, a utilizar os resultados para sustentar suas explicações e a discutir criticamente com os colegas e professores. Na elaboração, estabelecem conexões, mobilizando conceitos e competências provenientes da situação de aprendizagem. Na avaliação refletem sobre o trabalho desenvolvido (Bybee, 1997).

O modelo de Bybee pode ser implementado no planejamento docente, mediante as seguintes ações: (i) pesquisar sobre determinados assuntos (*envolver*); (ii) elaborar os seus próprios planos de investigação (*explorar*); (iii) executar os seus planos de investigação (*explicar*); (iv) analisar os seus dados e comunicar os seus resultados (*elaborar*); e (v) concluir a respeito das suas experiências relativas ao assunto aprendido e estudado (*avaliar*) (Lourenço & Baptista, 2017).

Para o professor desenvolver uma aula baseada em tarefas de investigação, Chapman (1997) sugere estruturá-la em três fases: *introdução da tarefa, trabalho autônomo do aluno e discussão coletiva com a classe e síntese final*. Sierpinska (1998) afirma ser de muita importância a forma como a comunicação flui durante a aula. Na introdução, o professor apresenta a tarefa, orienta os alunos sobre a dinâmica da aula e procura dirimir dúvidas sobre questões que possam atrapalhar a execução da tarefa. No trabalho autônomo, o professor viabiliza a discussão coletiva de ideias, fomenta interações construtivas e produtivas, e coleta informações da participação individual dos alunos (Stein, Engle, Smith, & Hughes, 2008; Chapman, 1997). Na discussão coletiva e síntese, o professor valoriza as contribuições dos alunos, negocia significados e promove a aprendizagem compartilhada em sala de aula (NGSS, 2013). Para finalizar a aula, o professor sistematiza os principais pontos da discussão, ressaltando a linguagem, a notação simbólica e os conceitos abordados. Esta abordagem concretiza uma aula em que os alunos desenvolvem conhecimentos a partir da discussão de ideias e negociação de significados (Cakir, 2008).

As tarefas de investigação permitem aos alunos vivenciar experiências novas. Entretanto, para o desenvolvimento dessa atitude investigativa o professor precisa centrar a aula nas atividades dos alunos, suas ideias e investigações, mantendo uma postura questionadora e minimizando o nível de apoio ao aluno (Ponte, Fonseca, & Brunheira, 1999).

Para os alunos, a aula baseada nas tarefas de investigação acaba por suscitar dificuldades, principalmente porque não estão habituados a trabalhar

com tais tarefas, isto é, essa abordagem confronta-se com a rotina a qual estão habituados (Baptista et al., 2013). Além disso, por sentirem-se confortáveis com o ensino centrado no professor, os alunos normalmente revelam dificuldades em se adaptar a uma nova rotina de sala de aula (Loughran, Berry, Mulhall, & Woolnough, 2006).

Outro aspecto a ser considerado é o nível de dificuldade da tarefa e formulação da questão. Relativamente ao nível, cabe aos professores observar para que a tarefa seja acessível aos alunos, evitando promover um sentimento de frustração e desmotivação na sua execução (Ponte et al., 1999). Para isso, a formulação da questão é o ponto central, devendo ser clara e explícita, pois muitas vezes os alunos podem apresentar dificuldades em formular respostas que emergem da situação apresentada (Ponte et al., 1999).

Por fim, considerando os benefícios e potencialidades das tarefas de investigação para o ensino e as dificuldades emergentes nesse processo, o professor precisa planejá-lo cuidadosamente. A partir do planejamento deve-se propiciar um ambiente favorável à realização das tarefas e incentivar os alunos a superar os obstáculos que possam surgir, uma vez que após ultrapassar essas dificuldades, essa abordagem constitui-se em dispositivo de aprendizagem (Baptista et al., 2013).

A intervenção docente é essencial no desenvolvimento das tarefas de investigação. O professor precisa examinar quais informações são acessíveis aos alunos e como eles podem usá-las, sempre considerando as dificuldades usualmente apresentadas por eles e visando auxiliá-los na aprendizagem (Le Hebel, Tiberghien, Montpied, & Fontanieu, 2019).

ESTUDO DE AULA

O estudo de aula, em inglês *Lesson Study* e em japonês *kenkyuu jugyou*, é uma abordagem de desenvolvimento profissional docente amplamente praticada no Japão, sendo considerada a principal responsável pela melhoria do ensino naquele país (Yoshida, 1999; Richit, Tomkelski, & Richit, 2021). O estudo de aula constitui-se em um trabalho que se desenvolve colaborativamente por um grupo de professores (Fernandez & Yoshida, 2004; Lewis, 2000, 2009; Lewis & Tsuchida, 1998; Stigler & Hiebert, 1999; Yoshida, 1999), favorecendo aprendizagens profissionais, especialmente sobre tópicos curriculares e sobre modos de os ensinar (Baptista, Ponte, Velez, & Costa, 2014; Lewis, 2016; Murata, 2011; Richit & Tomkelski, 2020), consolidando-se como uma forma de preparar os professores para

aprimorarem suas práticas (Isoda, 2007). Devido às características deste modelo, os professores desenvolvem conhecimento sobre tópicos curriculares e seu ensino e sobre a aprendizagem dos alunos (Stigler & Hiebert, 1999).

O estudo de aula praticado no Japão apresenta uma estrutura central, constituída de quatro momentos (figura 1): identificação de um *contexto* e definição de *objetivo* para o desenvolvimento da aula de investigação, *planejamento*; em que um grupo de professores trabalha colaborativamente ao longo de várias sessões no planejamento de uma aula sobre um tópico curricular específico; *aula de investigação*, que é desenvolvida em uma turma de alunos; e *reflexão pós-aula*, na qual o grupo reúne-se para discutir e refletir sobre as ações dos alunos na aula de investigação, considerando-se os aspectos registados pelos observadores (Richit, 2020; Richit et al., 2020; Richit et al., 2021). O ciclo pode ser repetido, aprofundando o estudo sobre um determinado conteúdo ou iniciar novamente para um novo conteúdo (Fujii, 2016).

Figura 1

Ciclo dos Estudos de Aula



O estudo de aula incorpora sistematicamente o desenvolvimento profissional docente em sala de aula, ancorado na ideia de que uma aula contém muitos (se não todos) os componentes críticos que os professores necessitam considerar para melhorar a sua formação (Sims & Walsh, 2009). Também promove aprendizagens profissionais relativas à elaboração de tarefas sobre determinados tópicos do currículo de Física (Conceição et al., 2016), planejamento da aula, observação da execução da aula e reflexão pós-aula para discutir o ensino do tópico com base nas ações dos alunos (Fujii, 2016; Murata, 2011). Portanto, favorecem mudanças no ensino de Física (Conceição et al., 2016) por modificarem as abordagens de sala de aula.

Pesquisas sobre estudos de aula como processo de desenvolvimento profissional docente mostraram que os resultados são promissores (e.g., Conceição et al., 2016; Juhler, 2018; Richit & Tomkelski, 2020; Sims & Walsh, 2009; Zhou, Xu, & Martinovic, 2016), porém ainda são escassas as investigações com professores das áreas de Ciências, principalmente envolvendo tarefas de investigação no ensino da Física. Além disso, muitas pesquisas sobre estudos de aula envolvem a formação inicial de professores, contemplando a disciplina de Matemática (e.g., Baptista et al., 2014; Ponte, Quaresma, Mata-Pereira, & Baptista, 2016) e poucos na disciplina de Física (e.g., Baptista et al., 2013; Conceição, Baptista, & Ponte, 2020; Conceição et al., 2019; Pektas, 2014; Rodrigues & Arroio, 2020)

Na investigação de Conceição et al. (2019), que envolveu dois ciclos de estudos de aula, os participantes, em formação inicial, utilizaram-se das tarefas de investigação para desenvolver o tema da velocidade do som. No primeiro ciclo aprenderam a identificar e compreender as características da natureza das categorias tarefas de investigação sobre o tema, observando seu desenvolvimento em sala de aula e aprimorando a aula para melhorar o aproveitamento dos alunos ao aprenderem sobre o tópico. No segundo ciclo, em turma diferente, os futuros professores aprenderam a observar as especificidades do ensino do tema gerador e melhorar o material didático produzido, i.e., a tarefa de investigação e o plano de aula.

No Brasil, as investigações sobre estudos de aula na formação continuada estão centradas, majoritariamente, em ações com professores de Matemática da Educação Básica (Richit & Ponte, 2020; Richit, Ponte, & Tomasi, 2021; Richit, Ponte, & Tomkelski, 2019; Richit & Tomkelski, 2020; Souza & Wrobel, 2017; Rincón & Fiorentini, 2017; Wanderley & Souza, 2020).

METODOLOGIA

A investigação¹, qualitativa e interpretativa, prende-se com a forma como os problemas envolvendo o conteúdo são abordados, levando o investigador a procurar métodos que serão apropriados para o estudo desse conteúdo (Erickson, 1986). A investigação qualitativa precisa contemplar o registro cuidadoso, por escrito e outros tipos de evidências documentais (notas de campo, memorandos, trabalho do aluno, áudio, vídeo etc.), do que acontece na realização da observação; a reflexão analítica subsequente sobre o registro documental; e os relatórios por meio de uma descrição detalhada (Erickson, 1986). Portanto, o método de análise qualitativa e interpretativa é benéfico na compreensão das aprendizagens das professoras no desenvolvimento de tarefas de investigação neste contexto significativo.

Os dados foram recolhidos no âmbito das atividades de um estudo de aula, que envolveu professoras que lecionam Física, no Ensino Médio em escolas públicas da rede estadual de ensino de Erechim, Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Os participantes foram quatro professoras (*Sol, Jô, Mel e Roberta*²) que lecionam no 3.º ano do Ensino Médio em escolas públicas da região de abrangência da 15.ª Coordenadoria Regional de Educação (CRE), sediada em Erechim, as quais se dispuseram voluntariamente em participar do estudo de aula. A seleção dos participantes foi viabilizada por convite ou conveniência, i.e., proximidade com o investigador.

As participantes, com idades entre 38 e 52 anos, lecionam na rede pública de ensino do Rio Grande do Sul e possuem entre 8 e 25 anos de experiência profissional, atuando na Educação Básica³ (Ensino Fundamental -

¹ Aprovado pela Comissão de Ética do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa – Portugal. Número do Parecer: 4328 de 22/10/2018.

² Todos os nomes referidos neste trabalho são fictícios de modo a seguir as condições de confiabilidade e respeito aos participantes (DRE, 2016)

³ No Brasil, a Educação Básica é formada pelos seguintes níveis: Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. O ensino fundamental é obrigatório, com duração de 9 (nove) anos e o Ensino Médio, com duração de 3 (três) anos. O ensino fundamental está organizado em “fundamental anos iniciais” (1º ao 4º ano) e “fundamental anos finais” (5º ao 9º ano) (Brasil, 1996).

anos finais e Ensino Médio) e Educação de Jovens e Adultos⁴ (EJA) no Ensino Médio.

Organização do Estudo de Aula

O estudo de aula, constituído por dezoito sessões de duas horas e meia, contemplou as seguintes etapas: (1) constituição teórica da abordagem dos estudos de aula e análise da legislação educacional brasileira vigente; (2) análise de tarefas de investigação para sala de aula; (3) planeamento do plano de trabalho da primeira aula de investigação, reflexões e refinamento da atividade; (4) realização da primeira aula de investigação, reflexões pós-aula e revisão do planeamento do plano de trabalho e (5) realização da segunda aula de investigação, reflexão pós-aula e finalização do plano de trabalho.

Quinze sessões ocorreram nas dependências da 15.^a Coordenadoria Regional de Educação (CRE), sediada em Erechim, Rio Grande do Sul (RS), Brasil, duas sessões ocorreram na Escola Estadual de Ensino Médio São José, Ponte Preta/RS – aplicação do diagnóstico das tarefas de investigação e segunda aula de investigação – e uma sessão na Escola Estadual de Ensino Médio Professor João Germano Imlau, Erechim/RS – primeira aula de investigação. As duas aulas de investigação lecionadas pelas professoras incidiram no mesmo tópico de Física, sendo a primeira lecionada por Jô e a segunda por Sol. Cada aula de investigação teve duração de 100 minutos.

Estrutura das Sessões do Estudo de Aula

As etapas (1), (2), (4) e (5) foram constituídas por três sessões de encontro cada, a etapa (3) foi constituída de seis sessões, totalizando dezoito sessões. Determinou-se a “Eletricidade” como tema dos conteúdos de física, direcionando-se o desenvolvimento do estudo de aula sobre o tópico da Lei de Ohm. A definição do tópico baseou-se no calendário escolar e previsão de conteúdos que estariam sendo ministrados no decorrer das aulas de investigação.

⁴ A modalidade de ensino da EJA é direcionada aqueles que não conseguiram obter a diplomação na Educação Básica na idade adequada e é ofertada na modalidade presencial ou a distância – EaD (BRASIL, 1996).

Recolha e Análise dos Dados

O material empírico constitui-se dos dados recolhidos no decorrer do estudo de aula, incluindo *notas de campo do investigador (NC)* e *Diário de Bordo dos professores (DB)*; *registos audiogravados (RA)* e transcritos; *acervo documental (AD)* das produções escritas das professoras e, também os registos dos alunos produzidos na aula de investigação; e *entrevistas (E)* com as professoras. As sessões foram observadas pelo investigador, que assumiu papel de observador-como-participante, porque se pretende obter informação detalhada do processo (Cohen, Manion, & Morrison, 2011).

As notas de campo consistem nos registos as ideias, estratégias, reflexões e opiniões, bem como os padrões que emergem do estudo, sempre baseado em notas detalhadas, precisas e extensivas (Bogdan & Biklen, 1994), que foram sistematizados nos relatórios produzidos após cada sessão. As entrevistas, que foram realizadas após o encerramento do estudo de aula, foram transcritas e textualizadas, sendo de seguida, incorporadas ao material empírico da investigação. Também incorporamos ao material empírico os documentos produzidos pelas professoras no decorrer do estudo de aula, tais como resoluções de atividades, representações, materiais provenientes de intervenção em sala de aula, bem como o diário de bordo, no qual os participantes registraram suas impressões e reflexões em cada encontro.

A análise fez emergir distintos aspectos intrínsecos às fases propostas por Kuhn (2007), desvelando a dinâmica interna dessas fases e o modo como elas caracterizam os processos de ensinar e aprender Física, especificamente sobre a Lei de Ohm. Esses aspectos foram examinados, confrontados e organizados de acordo com a sua natureza, constituindo as categorias de análise: *investigação e análise das Tarefas de Investigação (TI)*, que caracteriza as habilidades de raciocínio científico; *argumentação e inferência nas Tarefas de Investigação (TI)*, relativa às habilidades ao direcionamento de evidências e conclusões. Cada fase corresponde a uma categoria para construir a matriz de análise. Assim, segundo a análise de conteúdo (Bardin, 2003), cada categoria estrutura-se em subcategorias, consoante ao modelo para o desenvolvimento de tarefas de investigação de Bybee (1997), composto por um ciclo de cinco etapas: *envolver*; *explorar*; *explicar*; *elaborar* e *avaliar*. As etapas de envolver e explorar foram relacionadas à categoria de investigação e análise das TI e as etapas explicar, elaborar e avaliar caracterizam a categoria de argumentação e inferência nas TI. Este ciclo está centrado no planeamento das tarefas de investigação sobre o tópico da Lei de Ohm (Tabela 1).

Tabela 1

Categorias e subcategorias de análise das aprendizagens de professores no desenvolvimento de tarefas de investigação

Categoria	Subcategoria
Investigação e Análise das Tarefas de Investigação	<i>Envolver</i> (situação problema/teoria em evidência)
	<i>Explorar</i> (previsões/hipóteses/testes/observações/organização/discussão)
Argumentação e Inferência nas Tarefas de Investigação	<i>Explicar</i> (articular ideias/hipóteses/linguagem/análise crítica)
	<i>Elaborar</i> (conexões mobilizando conceitos/competências)
	<i>Avaliar</i> (refletir sobre o todo/generalização)

Mediante a análise do material empírico, os aspectos evidenciados foram agrupados nas categorias e subcategorias indicadas na Tabela 1, sendo os dados difíceis de categorizar, discutidos entre os autores com o objetivo de chegar a um consenso. Os dados não consensuados foram excluídos.

RESULTADOS

A análise, apoiada na perspectiva do PCK (Shulman, 1986, 1987), evidenciou aprendizagens das professoras relativamente ao ensino da Lei de Ohm, que constituíram as duas categorias de análise, nomeadamente: *investigação e análise das Tarefas de Investigação*, abarcando as habilidades de raciocínio científico; *argumentação e inferência nas Tarefas de Investigação*, considerando as habilidades ao direcionamento de evidências e conclusões.

Investigação e Análise das Tarefas de Investigação

No início do planeamento as professoras envolveram-se no estudo, reflexão e compreensão sobre tarefas de investigação de Física, mediante a análise de tarefas elaboradas por professores portugueses do ensino secundário. Esta atividade favoreceu aprendizagens sobre a estrutura e o

desenvolvimento de tarefas de investigação, que orientaram o planejamento da aula sobre a Lei de Ohm, conforme apontam Jô e Roberta.

[Essa atividade] nos deu novas ideias, para mim e para o grupo em que estávamos trabalhando juntos. Trouxe novas ideias para construção e elaboração de atividades a serem desenvolvidas com os estudantes, em aulas investigativas [...] porque ela nos dá um norte de como começar uma aula investigativa. Nós temos de [...] construir objetivos para uma aula adequada, uma aula com investigação em que o aluno vai descobrindo os passos para chegar à formação do conceito. Foi de fundamental importância para que a gente pudesse olhar para isso e dizer: “Bom, vamos fazer dessa forma, agora com o conteúdo tal”. (Jô, E)

Nesses exemplos que recebemos, percebemos como deveríamos preparar as tarefas, lapidando-as. Fazendo uma construção de um exemplo simples, depois colocar um exemplo mais construtivo, depois introduzir um conceito, e assim, criar uma tarefa que o aluno consiga resolver a partir de um conceito que ele tenha previamente do conteúdo. Dessa forma [o aluno] vai resolvendo a tarefa, sem mesmo que tenha tido contato com aquele conteúdo. (Roberta, E)

Essa vivência constituiu-se em ponto de partida para as aprendizagens profissionais das professoras, na medida em que *envolveram-se* em um processo de compreensão das tarefas de investigação para o ensino de Física. A análise de tarefas elaboradas por outros forneceu-lhes elementos para a elaboração da tarefa sobre a Lei de Ohm

O planejamento favoreceu o aprofundamento do tópico da Lei de Ohm mediante a análise das abordagens realizadas em materiais didáticos, o estudo das suas propriedades, das grandezas envolvidas na equação da Lei, das unidades de mensuração usualmente utilizadas, a representação gráfica etc. Ademais, contemplou a discussão sobre as estratégias adotadas pelas professoras nas práticas de sala de aula e como suporte ao aprendizado dos alunos em atividades extraclasse. A partir dessas atividades, a ênfase foi direcionada à questão de investigação e análise das tarefas de investigação, envolvendo as professoras com o tópico, com as tarefas, com o ensino desse tópico e com estudo de aula.

O estudo e discussão sobre as tarefas de investigação, a Lei de Ohm, as experiências de sala de aula partilhadas e sobre as dificuldades dos alunos, contribuíram para a criação de uma tarefa que visava levá-los à compreensão conceitual desse tópico. A elaboração da tarefa auxiliou-as a desenvolver a capacidade antecipar, *fazer previsões* sobre dúvidas e conclusões dos alunos, *propor e testar hipóteses* sobre as possíveis estratégias dos alunos, assim como organizar a aula e a discussão coletiva.

Além disso, desenvolveram a capacidade de olhar criticamente para as abordagens predominantes nos materiais didáticos adotados em Física, as quais muitas vezes são restritivas. Mel destacou sua preocupação com a apresentação da Lei de Ohm em muitos livros didáticos, que promovem a construção do conhecimento de forma mecanicista.

Se pensarmos do ponto de vista da construção do conceito [da Lei de Ohm], da maneira como [o livro didático] apresentou não leva a construção do conceito. [O livro] apresentou o conceito, propôs umas coisas simples, colocou as representações de forma desconectada e não explorou as relações entre elas. (Mel, RA)

Segundo Mel, muitos livros não promovem a construção do conhecimento pelos alunos, uma vez que esses materiais apresentam os tópicos de forma direta, explicitando o conceito envolvido, enunciando propriedades e propondo exemplos e exercícios. Nas abordagens dos materiais analisados não foram identificadas situações de exploração da Lei de Ohm, predominando atividades mecanicistas e memorização da equação.

A análise de livros didáticos deflagrou reflexões sobre a atenção necessária à estrutura e o nível de dificuldade da tarefa, pois esses aspectos comprometem o envolvimento dos alunos. Jô destacou que a dificuldade da tarefa influencia o envolvimento dos alunos, incorrendo no risco de abandonarem a tarefa devido às dificuldades de entendimento ou de resolução.

Quando [os alunos] começam a entender as coisas, eles se sentem envolvidos. Mas, quando eles não entendem, eles deixam de lado, não querem mais. (Jô, RA)

Mel conclui que a aula de investigação precisa promover uma abordagem diferente daquela tradicionalmente apresentada nos materiais didáticos.

[...] eu acho que a partir disso nós temos condição de propor uma tarefa [de investigação] bem interessante, e fico pensando: como faremos isso na sala de aula com os alunos?
(Mel, RA)

As professoras desenvolveram aprendizagens sobre a importância de elaborar tarefas baseadas em situação-problema próxima da realidade dos alunos, favorecendo a construção do conhecimento. A preocupação com o desenvolvimento da tarefa de investigação, associada à subcategoria ‘envolver’ uma situação-problema possibilitou o aprofundamento da teoria, da Lei de Ohm e as tarefas.

[As professoras] decidiram partir de algo concreto. Sugeriram partir de um contexto real e desenvolver a atividade. [Sugeriram] começar analisando, através de tabelas e gráficos, para chegar no final, na generalização da equação da Lei de Ohm, mas sem partir do enunciado [definição da Lei], nem falando de Ohm [referindo-se ao físico Georg Simon Ohm], isso vai aparecer no decorrer da atividade, mais ao final da aula (Investigador, NC)

A necessidade de partir de um contexto de investigação envolvendo algo do cotidiano foi ressaltado por Roberta.

[...] nós tínhamos pensado nesse contexto [item de iluminação]. Alguém disse: “[...] A gente poderia pensar como contexto, a construção de uma luminária”, partindo daí a tarefa. (Roberta, RA)

Mel complementou sintetizando a necessidade de envolvimento dos professores no desenvolvimento das tarefas:

A tarefa de investigação tem isso: ela tem que ser organizada de uma maneira que o aluno consiga ter uma sequência [...], e esse aqui pode ser o nosso ponto principal. Temos uma ideia de que vai ter que pegar algo do cotidiano para desenvolver a tarefa, e a partir dele trabalhar as medidas, trabalhar essa questão dos gráficos e até desmistificar essa questão com a eletricidade [dificuldades dos alunos no entendimento deste tema], esse receio que eles têm. Eles têm um receio: “Ah, é eletricidade, então não me interessa, pois não vou ser engenheiro elétrico, não vou ser técnico de eletricidade”. Mas, no dia-a-dia eles vão se deparar com

uma situação em que o chuveiro deu problema, que uma lâmpada queimou; e aí eles vão chamar alguém especialista para fazer; ou eles vão resolver isso na própria casa? (Mel, RA)

Mel evidencia a compreensão sobre distintos aspectos. Primeiro sobre a estrutura da tarefa, que era novidade para o grupo. Também sobre a relevância do contexto da tarefa, que se constitui em ponto de partida para a aula pelo fato de envolver os alunos na investigação, orientar as etapas da aula, estimular a descoberta e generalização do conceito da Lei de Ohm.

As aprendizagens das professoras foram mobilizadas especialmente no processo de planejamento da aula de investigação, conforme diálogo:

Sol: Eu assisti vídeos, procurei exemplos na internet, mas todos eles começam com circuitos, da pilha com o amperímetro para medir, a maioria parte de um experimento.

Roberta: Legal, algo prático!

Mel: A ideia seria construir esse circuito simples. Essa ideia é boa!

Jô: Interessante!

Sol: Eu assisti vários vídeos. Tem uns que vão direto para a fórmula e outros colocaram essa parte de construir, [...] os alunos [conectam os dispositivos elétricos], verem, medirem [instrumentos de medida] para chegar na resistência [generalização].

Investigador: Ótima ideia, agora precisamos de um contexto para desenvolver as tarefas de investigação sobre essa situação problema.

Mel: Pensei numa lâmpada ou abajur [luminária de quarto ou de mesa], pois normalmente temos este tipo de luminária nos locais de trabalho e estudo. (RA)

A análise de situações envolvendo a Lei de Ohm as ajudou a definir a construção de uma luminária de mesa como contexto para a tarefa, envolvendo componentes da eletricidade (fio, pilha e lâmpada de LED⁵). A

⁵ LED (*light emitter diode*) – diodo emissor de luz – é um componente eletrônico semicondutor que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz.

definição desse contexto foi motivada pelo interesse em promover uma atividade experimental, no qual os alunos são estimulados a explorar grandezas físicas por meio de instrumentos de medição. Na tarefa sobre a Lei de Ohm, os alunos puderam explorar grandezas elétricas usando ‘multímetro’, realizaram medições da intensidade de corrente elétrica e diferença de potencial do gerador (pilha) e, a seguir, analisaram a relação entre essas grandezas buscando estabelecer algum padrão.

A discussão sobre o desenvolvimento da tarefa de investigação oportunizou-as aprendizagens sobre a condução de uma aula baseada em tarefas dessa natureza.

Partimos do contexto da luminária, desenho do circuito e coleta dos dados do experimento. Ai [os alunos] sistematizam os dados em tabela e traçam o gráfico ou gráficos (não sei como farão, vamos deixar em aberto), definem uma relação [padrão de proporcionalidade] e uma equação. A [segunda parte da] tarefa poderia citar um exemplo de um condutor ôhmico, trazendo parte dos valores [num gráfico], depois constrói-se uma tabela, constrói um gráfico. E os alunos vão perceber as relações e tirar conclusões das informações contidas. [Para a terceira atividade] mudamos a lógica. Partimos de outra situação, mais concreta, de um condutor não ôhmico. [A partir deste, o aluno] simula valores, constrói a tabela e faz um gráfico com esses valores. [Pedimos] para eles sistematizarem em uma tabela; depois pedimos para chegar na representação na Lei ou se a gente fizesse uma atividade com dois gráficos a e b? [ficou pendente para discussão]. Enfim explorar essas representações. E por último, finalizam com o gráfico genérico, fazendo a relação, extensão e abstração com a fórmula [generalização]. (Mel, DB)

Roberta registrou, no diário de bordo, a síntese de como o grupo decidiu estruturar a tarefa.

Iniciou-se a elaboração [da tarefa], a partir dos objetivos já definidos e de um roteiro pré-definido, a saber: Uma primeira tarefa composta por um texto para introdução, seguido de duas atividades práticas sobre circuito simples e algumas questões. A segunda parte do plano com atividades elaboradas partindo-se de um gráfico que relaciona a tensão

e a corrente elétrica de um circuito simples em que os alunos devem encontrar a constante de proporcionalidade entre outras questões elaboradas. (Roberta, DB)

Em uma das sessões do planejamento, Roberta apresentou uma sugestão de trabalhar com situações que corroboram a Lei de Ohm ou que violam esta Lei (a manutenção da proporção entre as grandezas envolvidas).

Por que a gente não pensa em um gráfico ôhmico e não ôhmico ao mesmo tempo? Em que em determinado momento ele é ôhmico, até um certo ponto ele é ôhmico, portanto, ele está de acordo com a relação; mas depois de um certo momento ele já não é mais ôhmico. (Roberta, RAV)

O planejamento da aula permitiu-as explorar gráfico ôhmico e não ôhmico para levar os alunos a identificarem a relação entre as grandezas representadas, assim como visualizar a disparidade nas representações entre ôhmico e não ôhmico, conforme destacam Jô e Sol:

Aprendi a usar gráficos para desmistificar a dificuldade relacionada à Física; fazer relação com o cotidiano; verificar se na relação ôhmica é possível ou não inverter um gráfico; conceitos envolvidos; relação matemática; multirrepresentações; e [relação entre] prática e teoria. (Jô, DB).

Aprendi que as tarefas de investigação envolvem o aluno num maior interesse, tira o professor da aula tradicional e desenvolve o conhecimento do professor e do aluno (Sol, DB).

Segundo as professoras, a compreensão de conceitos em Física pressupõe o envolvimento dos alunos em situações desafiadoras e abertas a exploração, tais como as tarefas de investigação. A escolha adequada de uma situação-problema ou contexto de investigação é muito importante, pois pode potencializar o envolvimento e a exploração por parte dos alunos. Estes aspectos favorecem a descoberta de caminhos para a obtenção das relações e conceitos físicos abordados. Por fim, esse processo favorece as aprendizagens docentes, melhorando a prática.

Argumentação e Inferência nas Tarefas de Investigação

O estudo de aula as oportunizou revisitar e aprofundar a Lei de Ohm, centralizando o processo na argumentação e inferência. Mel destaca os pontos essenciais para que a tarefa contemple os objetivos propostos

A tarefa vai ficar atrativa. Eles vão sendo levados a chegar ao conceito da Lei de Ohm a partir da busca por regularidades [relações/proporções matemáticas] naquilo que eles vão representando [...] e depois [vão] sistematizando algumas questões dentro dela, que vão solicitando [a percepção dessas regularidades]. Então, pensei assim: primeiro vamos fazer algumas experiências [atividade prática] e os alunos, entre eles, vão conversando e registrando os valores das medições. [Para isso, colocamos] o máximo de informações no enunciado. Eu lembro de vocês falando do cuidado que a gente precisa ter na hora de elaborar as questões, de como dizer as coisas! E aí, com aqueles valores, eles vão começar: “eu pego esse [e] divido por esse; esse por esse; esse por esse; ah, mas se eu pegar esse por esse?”. Então, eles vão buscar padrões, e lá pelas tantas, ou todos, ou um, ou alguns vão chegar a essa constante [Lei de Ohm]. (Mel, RA)

A formulação da tarefa, a linguagem das questões, a definição de hipóteses e antecipação das dificuldades e estratégias dos alunos favoreceu o ensino da Lei de Ohm. A linguagem dos enunciados foi enfatizada, pois, segundo as professoras, envolve uma linguagem específica do campo da eletricidade e, com eles, algumas propriedades. Para as professoras, a linguagem e a notação adequada no enunciado favorecem a construção e conceitos, a fixação de vocabulário, signos e símbolos e facilita a compreensão dos alunos na resolução da tarefa. Outro aspecto valorizado pelo grupo prende-se aos recursos e materiais para a aula.

Jô: É isso aí, só uma pequena introdução do que vai ser feito, né?! “Vamos explorar os elementos necessários”.

Sol: Eu fiquei me baseando pelo que estava escrito antes, e eu confesso que na hora eu não sabia o que fazer com esse outro fio aqui, alguns alunos também não saberão!

Jô: Mas, como lá tem meninos que já sabem fazer, eles vão mostrar facilmente. Alguns não têm noção, outros já.

Roberta: *O interessante seria a gente entregar o fio inteiro, um pedaço de fio maior e ver o que eles fazem, como fazem...*

Sol: *Então, deixamos “o fio”?*

Mel: *Surgiu agora essa questão por conta do desenho. Muito bem! Penso que devemos deixar “o fio” e vamos ver se [os alunos] cortam ou pedem mais fios, como farão na verdade.*

Roberta: *Puxa! Está muito bom meninas! Vocês me deram uma aula de como escrever [o enunciado de] uma questão.*

Mel: *E aqui nós já vamos direto para essa questão: “Esboce através de um desenho”, ou vamos tentar conectar alguma coisa aqui?*

Jô: *“Vamos planejar e construir. Item a: esboce. Item b...”.*

(RA)

A linguagem dos enunciados recebeu atenção do grupo por potencializar (ou balizar) a compreensão, a formulação de hipóteses e o desenvolvimento dos processos de raciocínio dos alunos. Quanto aos materiais usados na aula de investigação, as professoras consideram que a tarefa, apoiada em materiais adequados, pode favorecer a aprendizagem.

[Primeiro ouvimos cada professor sobre as possíveis dificuldades que o aluno teria no estudo de eletricidade]. A partir da dificuldade que cada professor apontou, chegamos ao entendimento comum [...]. Com essa antecipação de dificuldade do aluno, a gente pôde corrigir [na tarefa] antes mesmo dela acontecer e não causar confusão para o aluno.

(Roberta, E)

Outra preocupação das professoras referia-se à obtenção das relações e proporções matemáticas, pois a análise matemática é essencial no estudo da Lei de Ohm, conduzindo ao entendimento do conceito. Segundo a definição de Georg Simon Ohm (1789-1854), para um condutor mantido à temperatura constante, a razão entre a tensão entre dois pontos (U) e a corrente elétrica (i) é constante. Essa constante é denominada de resistência elétrica. A discussão abaixo a assinala esse aspecto.

Jô: *[Analisando a relação entre as grandezas envolvidas na Lei de Ohm, diz]: Sim, se faz a divisão, este menos este,*

dividido por este menos este, vai dar a mesma coisa, porque é diretamente proporcional.

Mel: Achei interessante o fato dessas coisas terem se repetido. Isso aqui tem a ver com os conceitos que estão envolvidos, né?! E se os alunos conseguirem perceber essas coisas, e chegarem à conclusão que essas são grandezas físicas diretamente proporcionais será maravilhoso. Às vezes, o professor fala o ano inteiro o que são grandezas físicas diretamente proporcionais e eles não entendem.

Jô: É, outro dia eu estava explicando por que uma grandeza é diretamente proporcional, por que que a outra é inversamente proporcional e não tinha [jeito] deles entenderem. Aí eu comecei a fazer as setinhas. Eu escrevi lá uma regra de três composta e resolvi com eles. Eu disse: “Vocês lembram da regra de três composta?”. [Em seguida resolvi a regra de três composta. Depois ficou fácil para eles entenderem, mas mesmo assim falando é mais difícil; eles não sabem, não é palpável!

Roberta: Aham, e aí, quando você conseguiu fazer essa relação.

Jô: Com as setinhas, as duas para baixo, a diretamente proporcional; uma para baixo e uma para cima a inversamente. No momento em que a voltagem aumenta, a corrente? Vai aumentando a voltagem, tem maior passagem de corrente; quando faz o processo inverso, vai diminuindo, aquele que estava aumentando no processo, no retorno ele vai ter que vir diminuindo; ele é diretamente proporcional. Então, ele foi aumentando, mas quando vai fazer o processo inverso, ele vai ter que ir diminuindo proporcionalmente, como ele foi aumentando proporcionalmente. (RA)

As professoras compartilharam entendimentos sobre a relação de proporção das grandezas físicas exploradas na tarefa, a qual buscava levar os alunos a identificarem o padrão de regularidade entre as grandezas ‘corrente elétrica’ e ‘diferença de potencial elétrico’. Mediante essa negociação, o grupo de professoras realizou aprendizagens sobre a Lei de Ohm e formas de representá-la, a exemplo da experiência compartilhada por Jô sobre uma turma que não conseguia compreender a proporção entre grandezas. Jô e Roberta

ênfatizam o potencial das tarefas de investigação para favorecer a aprendizagem em Física.

As tarefas [mostram] que uma aula de Física precisa ser prática e dinâmica. Não tem como ensinar Física sem [experimental]. Mostram, também, que cada aluno tem um tempo diferente para entender e associar o método de resolução. Existem várias maneiras de entender, e cada aluno traz consigo uma forma de resolver atividades deste tipo. Uns usam mais a lógica, outros preferem descrever a resolução! Então, uma aula com esse tipo de tarefa mostra que os alunos precisam investigar; analisar para depois concretizar a tarefa. E isso exige mais dos alunos e de nós professores, faz pensar e não esperar as respostas prontas vindas do professor. Dessa forma, certamente, o aluno aprendeu! Ele entende, ele aprende, ele não esquece mais. (Jô, E)

Esse tipo de atividade leva o aluno a compreender o fenômeno físico, a parte teórica da Física, que é muitas vezes abstrata. E eles não têm muito essa abstração. Os alunos não têm muito como abstrair essa parte. Então, acho que essa forma como os estudos da aula desenvolvem a atividade, consegue levar o aluno a essa abstração. (Roberta, E)

A atenção dispendida à aprendizagem dos alunos oportunizou às professoras identificarem ritmos e modos de pensar diferentes entre os alunos, assim como sobre a possibilidade de dissociar o ensino da exposição do professor. Outro aspecto refere-se aos processos avaliativos acerca das tarefas.

O que a gente pôde perceber é que cada grupo dos alunos tinha uma resposta um pouco diferente do grupo ao lado, ou ao grupo à frente, porque a forma como cada um contribuiu foi em grupo, entre eles. Então, eu acho que o aprendizado que tive olhando para essa informação que os alunos iam apresentando, para a resolução que eles foram propondo uma após a outra, foi grande. A gente pode perceber que não existe apenas uma forma de resolução [os alunos] conseguiram chegar a uma resposta de um jeito que eu, professora, não tinha imaginado. Então, traz um aprendizado muito grande porque muita coisa ali, resolvendo as atividades, enfim, os alunos traziam as suas ideias, coisas que eu, como professora, não tinha pensado, uma parte mais

lógica da situação, mais colocada no dia a dia, colocada como se fosse algo do dia a dia, mas o aprendizado que eu posso tirar em cima disso, em cima do erro do aluno, que é errando que ele vai vendo a informação que não está correta, corrigindo-a, aprende e não esquece mais. Agregou muito nesse sentido, porque a gente olha daquela forma, olha de outra e olha de outra e diz: “Mas, será que tem alguma outra maneira de responder essa questão?”. E tem, [os alunos] trazem para nós informações que a gente avalia e vê que sim, está correto como eles colocaram. (Jô, E)

Essa experiência levou-as a rever suas perspectivas sobre a avaliação da aprendizagem dos alunos. A elaboração da tarefa e a sua realização na aula de investigação permitiu que elas identificassem diferentes possibilidades e modos de resolvê-la, os quais não são valorizados nas avaliações convencionais. Roberta valorizou as tarefas por seu potencial para promover mudanças no ensino de Física.

Nós deveríamos iniciar com exemplos, exemplos mais simples e, a partir deles, dar forma aos conceitos [como nas tarefas de investigação] e não ir diretamente aos conceitos [aula tradicional]. A gente não dá os conceitos prontos para o aluno [em aulas envolvendo tarefas de investigação]. Ele vai construir os conceitos a partir de exemplos que a gente apresenta. Aprendi muito. E isso é o que eu estou procurando fazer no planejamento das outras aulas (Roberta, E)

Roberta enfatizou a importância de permitir que o conhecimento seja construído pelo aluno na interação com as tarefas. Sol e Roberta corroboram essa perspectiva acrescentando que no processo de investigação é importante partir de uma tarefa contextualizada, que seja mais próxima possível do cotidiano do aluno e permitir o trabalho em pares entre os alunos.

A tarefa deve partir de uma [situação] da vida deles. A gente não pegou algo que não existe, que é longe deles. Escolhemos uma coisa presente para eles como é que era formado internamente para chegar no que a gente queria. (Sol, E)

Questões contextualizadas [auxiliam] na melhor compreensão dos alunos. Eles entendem melhor quando a questão é contextualizada e quando trabalham em duplas, trios, grupos onde podem interagir (Roberta, E)

Na reflexão pós-aula, as professoras analisaram algumas dificuldades dos alunos que comprometeram a generalização da Lei de Ohm.

Mel: *[Os alunos] tinham de analisar, dizer o que era, o que não era, escrever as relações, entender que aquilo era proporcional, ou não e chegar na generalização, que era a fórmula.*

Roberta: *Eles tiveram dificuldades para chegar aí.*

Sol: *É, porque eles não estão acostumados.*

Jô: *Eles tiveram dificuldade no primeiro momento, mas trocaram ideias, tentaram por divisão, multiplicação; comentaram entre si que dava diferença de uma grandeza para outra se divide, se multiplica, não fechava o valor, eles associaram. Por fim, perceberam [...] que dividindo a tensão por corrente, tem a constante, aí um deles disse: “Dá sempre cinquenta, dá sempre cinquenta; ah, então dá para dividir”.*

Roberta: *A [aluna] fazia multiplicação e mudava, e não era. Aí, quando ela começou a fazer a divisão e ela viu que dava sempre o mesmo valor, “ah, então, é isso”, aí ela se ligou.*

Mel: *Isso foi fantástico! Lembro que a partir deste momento mesmo sem usar as letras [R, U e i] corretas, usou a e b eu acho, ela começou a fazer uma abstração matemática [a/b]. [Depois] os meninos viram no texto e trocaram dizendo que era u e i para definir a lei [de Ohm]. (RA)*

Portanto, o estudo de aula oportunizou as professoras realizarem aprendizagens profissionais sobre a Lei de Ohm e sobre como as tarefas de investigação podem favorecer mudanças no ensino de Física e em suas práticas de sala de aula. Nas Tabelas 2A e 2B sistematizamos, a partir das reflexões das professoras, o conjunto de aspectos caracterizadores das categorias de análise abordadas nesse estudo.

Tabela 2A

Investigação e Análise das Tarefas de Investigação

Subcategoria	Discurso dos Professores
Envolver	- Experimentamos ideias para construção e elaboração de atividades;

<i>(situação problema/ teoria em evidência)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Tivemos um norte de como começar uma aula investigativa examinando tarefas elaboradas por outros;</i> - <i>A partir das tarefas analisadas percebemos como deveríamos preparar as tarefas;</i> - <i>Construímos objetivos para uma aula adequada, uma aula com investigação em que o aluno vai descobrindo os passos para chegar à formação do conceito;</i> - <i>Optamos por criar uma tarefa que o aluno consiga resolver a partir de um conceito que ele tenha previamente do conteúdo.</i> - <i>Começamos a construção de um exemplo simples, depois um exemplo mais construtivo, depois o conceito;</i>
Explorar	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Constatamos que da maneira como [o livro didático] apresenta a [Lei de Ohm] não leva a construção de conceito;</i> - <i>Constatamos que o livro apresenta o conceito, propõe umas coisas simples, coloca as representações de forma desconectada e não explorou as relações entre elas;</i> - <i>[No planejamento da aula de investigação priorizamos] partir de algo concreto;</i> - <i>[Sugeriam uma tarefa para o aluno começar] analisando, através de tabelas e gráficos, chegar na generalização da equação da Lei de Ohm;</i> - <i>[Uma tarefa se estrutura] de uma maneira que o aluno consiga ter uma sequência;</i> - <i>Definimos como contexto algo do cotidiano para desenvolver a tarefa, e a partir dele trabalhar as medidas, trabalhar essa questão dos gráficos e até desmistificar essa questão com a eletricidade;</i> - <i>[A tarefa priorizava] explorar essas representações;</i> - <i>[Partimos da hipótese que] os alunos vão perceber as relações e tirar conclusões das informações contidas; e</i> - <i>[Consideramos que os alunos chegariam ao conceito] fazendo a relação, extensão e abstração com a fórmula.</i>

Tabela 3B

Argumentação e Inferência nas Tarefas de Investigação

Subcategoria	Discurso dos Professores
<p>Explicar</p> <p><i>(articular ideias/ hipóteses/ linguagem/ análise crítica)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>A partir da tarefa os alunos vão chegar ao conceito da Lei de Ohm a partir da busca por regularidades [relações/proporções matemáticas] naquilo que vão representando [...] e sistematizando;</i> - <i>Por meio da tarefa eles podem fazer algumas experiências [atividade prática] e os alunos entre eles vão conversando e registrando os valores;</i> - <i>A tarefa de investigação precisa trazer o máximo de informações no enunciado;</i> - <i>Elaborar tarefas requer cuidado que a gente precisa ter na hora de elaborar as questões, de como dizer as coisas;</i> - <i>A partir da tarefa dos alunos vão buscar padrões, e lá pelas tantas, ou todos, ou um, ou alguns vão chegar a essa constante [Lei de Ohm];</i> - <i>A antecipação de dificuldade do aluno [foi fundamental], a gente pôde corrigir [na tarefa] antes mesmo dela acontecer e não causar confusão</i>

<p>Elaborar (mobilizando conceitos/competências)</p>	<p>para o aluno.</p> <ul style="list-style-type: none"> - conceitos que estão envolvidos; - As tarefas [mostram] que uma aula de Física precisa ser prática e dinâmica; - Cada aluno tem um tempo diferente para entender e associar o método de resolução e [isto precisa ser observado pelo professor]; - Uma aula com esse tipo de tarefa mostra que os alunos precisam investigar, analisar para depois concretizar a tarefa; - A tarefa leva o aluno a compreender o fenômeno físico, a parte teórica da Física, que é muitas vezes abstrata; - A tarefa exige mais dos alunos e de nós professores, faz pensar e não esperar as respostas prontas vindas do professor; - Essa forma como os estudos da aula desenvolvem a atividade leva o aluno a essa abstração.
<p>Avaliar (refletir sobre o todo/generalização)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cada grupo tinha uma resposta um pouco diferente do grupo ao lado, ou do grupo à frente, porque a forma como cada um contribuiu foi [diferente]; - [Vimos que] não existe apenas uma forma de resolução [os alunos] conseguiram chegar a uma resposta de um jeito que eu, professora, não tinha imaginado; - [Aprendemos muito a partir] do erro do aluno, que é errando que ele vai vendo a informação que não está correta, corrigindo-a, aprende e não esquece mais; - [Em aulas envolvendo tarefas de investigação] a gente não dá os conceitos prontos para o aluno, ele vai construir os conceitos a partir de exemplos que a gente apresenta para eles; - [O contexto da tarefa foi essencial], porque os alunos entendem melhor quando a questão é contextualizada e quando trabalham em duplas, trios, grupos onde podem interagir; - A partir da tarefa proposta os alunos tinham de analisar, dizer o que era, o que não era, escrever as relações, entender que aquilo era proporcional, ou não e chegar na generalização, que era a fórmula; - Constatamos durante a aula que, mesmo sem usar as letras [R, U e i] corretas, uma aluna usou a e b. Ela começou a fazer uma abstração matemática [a/b]. [Depois] os meninos viram no texto e trocaram dizendo que era u e i para definir a lei [de Ohm].

DISCUSSÃO

A análise apontou contributos das tarefas de investigação para o estudo da Lei de Ohm baseado nas fases propostas por Kuhn (2007), consoante ao modelo para o desenvolvimento de tarefas de investigação (Bybee, 1997). Ao elaborar a tarefa sobre a Lei de Ohm, as professoras aprofundaram esse tópico e analisaram distintas formas de explorá-lo em sala de aula, concretizando aprendizagens profissionais sobre tarefas, suas possibilidades, benefícios e desafios.

As professoras realizaram aprendizagens sobre estratégias para promover o incremento do raciocínio científico no aluno (Teig et al., 2020); sobre como realizar investigações em sala de aula e analisar tarefas de investigação (Kuhn, 2007), promovendo o envolvimento do aluno com situações desafiadoras sobre o tópico (Bybee, 1997) da Lei de Ohm. Além disso, desenvolveram aprendizagens sobre argumentação e inferência (Kuhn, 2007) a partir de uma tarefa centrada no explicar, elaborar e avaliar (Bybee, 1997).

Relativamente à *investigação e análise das tarefas de investigação*, as professoras realizaram aprendizagens profissionais sobre o desenvolvimento do ensino baseado em tarefas, as quais permitem considerar distintas soluções ou formas de resolvê-las (Rocard, 2007), modificando suas perspectivas sobre a estrutura da aula e o papel do contexto da tarefa.

O estudo de aula favoreceu o envolvimento das professoras na análise e elaboração de tarefas de investigação, iniciando um novo movimento pedagógico em suas práticas pedagógicas (García-Carmona, 2020). A análise evidenciou, também, a importância de considerar o nível de dificuldade da tarefa, para que as atividades sejam acessíveis, claras e explícitas ao nível dos alunos, evitando promover um sentimento de frustração e desmotivação na execução da tarefa (Ponte et al., 1999).

O envolvimento dos alunos na tarefa de investigação caracteriza outro aspecto da aprendizagem profissional, o qual aponta para a importância do contexto da tarefa. A tarefa precisa promover o envolvimento dos alunos na busca de caminhos para encontrar uma ou mais soluções (Lourenço & Baptista, 2017; Bybee, 1997), bem como proporcionar momento de envolvimento numa dimensão prática (Faria et al., 2012), além de explorar as competências do conhecimento, raciocínio, comunicação e atitudinais (Baptista & Freire, 2006; Bybee, 1997).

A análise evidenciou aprendizagens sobre a importância das tarefas oriundas de situações do contexto real dos alunos, estimulando-os a aprender Ciência (Conceição et al., 2019; Swarat, 2008), a possibilidade de promover situações de aprendizagens próximas a sua realidade (Richit et al., 2021), favorecendo a construção do conhecimento dos alunos (Lederman et al., 2013; NRC, 2012). O desenvolvimento desse conhecimento produz efeitos benéficos nas questões relativas à cidadania participativa, crítica e informada dos alunos (Hodson, 2011).

A argumentação e inferência nas tarefas de investigação caracteriza as aprendizagens das professoras relacionadas às ações de explicar, elaborar e avaliar (Bybee, 1997). A ação de explicar mobilizou aprendizagens sobre a formulação das ideias, hipóteses relativas aos processos de raciocínio dos alunos, análises e conclusões prováveis dos alunos e rigor na linguagem e notação utilizada na tarefa (Conceição et al., 2019). Ao elaborar a tarefa, as professoras necessitaram definir objetivos, recursos e estratégias adequadas para potencializar a exploração da Lei de Ohm, possibilitando aos alunos a aprendizagem profunda de Ciências e sobre as Ciências (Lederman, 2006). O desenvolvimento de uma aula baseada em tarefas de investigação sobre a Lei de Ohm oportunizou aos alunos alcançar objetivos propostos pela IBSE (Matoso & Freire, 2013). E esse aspecto favoreceu aprendizagens profissionais das participantes sobre como articular os objetivos de ensino em sala de aula aos objetivos educacionais gerais.

Por fim, as aprendizagens das professoras relacionadas à etapa de avaliar, referem-se à compreensão das possibilidades de modificar o ensino, promovendo situações em que os alunos envolvam-se em tarefas que contribuem para a compreensão científica (Kuhn et al., 2017; Kuhn & Pease, 2008). E ao centrar o planejamento da aula em atividades mobilizadoras da postura questionadora dos alunos, o professor minimiza o nível de apoio ao aluno (Ponte et al., 1999).

A análise aponta que as tarefas de investigação, devido a sua natureza aberta, favorecem a aprendizagem dos alunos por direcioná-los ao desenvolvimento de atividades que estão de acordo com seus interesses e que, quando possível, os engajam em situações de dimensão mais prática (Faria et al., 2012), a exemplo da construção da luminária de mesa proposta na tarefa sobre a Lei de Ohm. Tais situações oportunizam aos alunos novas vivências de aprendizagem (Richit et al., 2021).

Por fim, o estudo evidencia aprendizagens profissionais sobre como promover o ensino de Física mediante situações que oportunizem aos alunos pesquisar, criar estratégias, elaborar planos de investigação, promover situações desafiadoras e executá-las, planejar e fazer previsões, observar atividades práticas e obter conclusões e comunicá-las, assim como e generalizar as situações de aprendizagem (Conceição et al., 2019; Lourenço & Baptista, 2017).

CONCLUSÃO

As professoras desenvolveram aprendizagens sobre as fases da investigação científica, perpassando a exploração, análise, argumentação e inferência no desenvolvimento de tarefas investigativas, produzindo mudanças no ensino de tópicos curriculares, a exemplo do tópico Lei de Ohm. A dinâmica do estudo de aula oportunizou aprendizagens sobre o ensino da Lei de Ohm e, conseqüentemente, na necessidade do planejamento de atividades que perpassam pelas etapas de envolver, explorar, explicar, elaborar e avaliar, convergindo para uma compreensão aprofundada dos conceitos. Também as oportunizou realizar modificações em sala de aula e se apropriarem de estratégias e possibilidades na abordagem de conceitos físicos.

A investigação vem contribuir para o desenvolvimento do conhecimento sobre as aprendizagens profissionais de professores, especialmente sobre estratégias para a dinamização da aula de investigação, a exemplo do uso das tarefas investigativas. Também pode mobilizar mudanças no Ensino de Física, perpassando por questões envolvendo a formação de professores e sua prática de sala de aula. Dentre as contribuições possíveis destacamos: (i) implementação de novas abordagens e estratégias de sala de aula, com vistas a favorecer a aprendizagem dos alunos; (ii) valorizar e potencializar o trabalho colaborativo entre os professores, promovendo o planejamento em conjunto no desenvolvimento de tarefas que envolvam situações conceituais e experimentais; (iii) favorecer a aprendizagem dos alunos a partir de tarefas desta natureza mediante o envolvimento dos alunos em situações desafiadoras e abertas a exploração que favoreçam a descoberta de caminhos que conduzam a aprendizagem de diversas relações, representações e conceitos físicos; (iv) ressignificação das dificuldades e erros dos alunos na aprendizagem em Física, na medida em que são tomados como ponto de partida para o planejamento docente; e (v) valorização das abordagens de formação docente que favoreçam o desenvolvimento profissional do professores em suas distintas dimensões (Richit, 2021).

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

MLT projetou a investigação e desenvolveu a teoria. Todos os autores adaptaram a metodologia, executaram as atividades e constituíram os dados. Todos os autores analisaram os dados, discutiram os resultados e contribuíram para a versão final do manuscrito.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados desta pesquisa serão disponibilizados pelos autores mediante solicitação razoável.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores participantes do estudo de aula; aos alunos das turmas em que a aula de investigação foi realizada; e ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo: 305476/2020-3).

REFERÊNCIAS

- Baptista, M. L., Freire, S., & Freire, A. M. (2013). Tarefas de Investigação em Aulas de Física: um estudo com alunos do 8º ano. *Caderno Pedagógico*, 10(1), 137-151.
- Baptista, M. & Freire, A. (2006). Investigações em aulas de ciências Físico-Químicas: mudança nas percepções de alunos do 8º ano relativamente ao Ensino e Avaliação. *Investigação em Educação*, 5, 237-257.
- Baptista, M., Freire, S., & Freire, A. M. (2012). Ensinando astronomia nas aulas de Física: a investigação como motor de mudança no professor. In: V. Tiburcio, & A. P. Bossler, *Boas práticas docentes: Histórias de sucesso e superação de dificuldades* (pp. 51-77). Honoris Causa.
- Baptista, M., Ponte, J., Velez, I., & Costa, E. (2014). Aprendizagens profissionais de professores dos primeiros anos participantes num estudo de aula. *Educação em Revista*, 30(04), 61-79.
- Bardin, L. (2003). *Análise de conteúdo [Content Analysis]*. Edições 70.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. (M. Alvarez, S. dos Santos, & T. M. Baptista, Trans.) Porto.
- Brasil. (1996). Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. *Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*. MEC.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Heinemann.

- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In: L. B. Flick, & N. G. Lederman, *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education*. Springer.
- Cakir, M. (2008). Constructivist approaches to learning in science and their implications for science pedagogy: a literature review. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3(4), 193-206.
- Chapman, O. (1997). Metaphors in the teaching of mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 32(3), 201-228.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research methods in Education* (7 ed.). Routledge.
- Conceição, T., Baptista, M., & Ponte, J. P. (2016). Aprendizagens profissionais de futuros professores de física e química num estudo de aula. *Indagatio Didactica*, 8(1), 468-485. <https://doi.org/10.34624/id.v8i1.3301>
- Conceição, T., Baptista, M., & Ponte, J. P. (2019). Lesson study as a trigger for preservice physics and chemistry teachers' learning about inquiry tasks and classroom communication. *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 8(1), 79-96. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-11-2018-0081>
- Conceição, T., Baptista, M., & Ponte, J. P. (2020). Lesson Study in Initial Teacher Education to Stimulate Pedagogical Content Knowledge on the Speed of Sound. *Acta Scientiae*, 22(2), 29-47. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5315>
- Diário da República Eletrónico (DRE). (2016). Carta Ética para a investigação em educação e formação. *Deliberação n. 456/2016 de 15 de março, Série II, 52*, 9153-9154. Portugal.
- Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In: M. Wittrockk, *Handbook of research on teaching* (3 ed., pp. 119-161). MacMillan.
- Faria, C., Freire, S., Galvão, C., Reis, P., & Baptista, M. (2012). Students at risk of dropping out: how to promote their engagement with school science? *Science Education International*, 23(1), 20-39.

- Fernandez, C. & Yoshida, M. (2004). *Lesson study: A case of a Japanese approach to improving instruction through school-based teacher development*. Lawrence Erlbaum.
- Fujii, T. (2016). Designing and adapting tasks in lesson planning: a critical process of Lesson Study. *ZDM Mathematics Education*, 48(4), 411-423.
- Furtak, E., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- García-Carmona, A. (2020). From Inquiry-Based Science Education to the Approach Based on Scientific Practices. *Science & Education*, 29, 443–463. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00108-8>
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: towards a personalised approach* (1 ed.). Open University Press.
- Hodson, D. (2011). *Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism*. Sense.
- Isoda, M. (2007). Una breve historia del Estudio de Clases de Matemáticas en Japón Dónde comenzó el Estudio de Clases y qué tan lejos ha llegado. In: M. Isoda, A. Arcavi, & A. Mena-Lorca, *El estudio de clases japonés en matemáticas: su importancia para el mejoramiento de los aprendizajes en el escenario global* (pp. 33-39). Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Juhler, M. V. (2018). Pre-service teachers' reflections on teaching a physics lesson: How does Lesson Study and Content Representation affect pre-service teachers' potential to start developing PCK during reflections on a physics lesson. *NorDiNa*, 14(1), 22-36.
- Kuhn, D. (2007). What is scientific thinking and how does it develop? In: *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 371-393). Blackwell.
- Kuhn, D., & Pearsall, S. (2000). Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, 1(1), 113-129.
- Kuhn, D., & Pease, M. (2008). What needs to develop in the development of inquiry skills? *Cognition and Instruction*, 26, 512-559. <https://doi.org/10.1080/07370000802391745>

- Kuhn, D., Arvidsson, T. S., Lesperance, R., & Corprew, R. (2017). Can engaging in science practices promote deep understanding of them? *Science Education*, *101*, 232-250.
- Le Hebel, F., Tiberghien, A., Montpied, P., & Fontanieu, V. (2019). Teacher prediction of student difficulties while solving a science inquiry task: example of PISA science items. *International Journal of Science Education*, *41*(11), 1517-1540.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1615150>
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of the nature of science within inquiry and science instruction. In: L. B. Flick, & N. G. Lederman, *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education*. Springer.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *1*(3), 138-147.
- Lewis, C. (2000). Lesson study: The core of Japanese professional development. *Paper presented at the American Educational Research Association (2000 Annual Meeting)*.
- Lewis, C. (2009). What is the nature of knowledge development in lesson study? *Educational Action Research*, *17*(1), 95-110.
- Lewis, C. (2016). How does lesson study improve mathematics instruction? *DM Mathematics Education*, *48*, 571-580.
<https://doi.org/10.1007/s11858-016-0792-x>
- Lewis, C. & Tsuchida, I. (1998). A lesson is like a swiftly flowing river: Research lessons and the improvement of Japanese education. *American Educator*, *14-17*, 50-52.
- Loughran, J., Berry, A., Mulhall, P., & Woolnough, J. (2006). Understanding and valuing the development of pedagogical knowledge in science teacher education. In: I. Eilks, & B. Ralle, *Towards research-based science teacher education* (pp. 65-76). Shaker.
- Lourenço, L. M., & Baptista, M. L. (2017). Colaboração em Tarefas de Investigação: um caminho para o desenvolvimento profissional de professores de física e química. *Comunicações*, *24*(1), 83-98.

- Marshall, J., Smart, J., & Alston, D. (2017). Inquiry-based instruction: a possible solution to improving student learning of both science concepts and scientific practices. *International Journal of Science and Mathematics Education, 15*, 777-796.
- Matoso, C. M., & Freire, A. M. (2013). Percepções de alunos sobre a utilização de tarefas de investigação em aulas de Química. *Revista Ensaio, 15*(2), 15-28.
- Meadows, L. (2009). Change in Secondary Science Settings: a voice from the field. In: Guessnewsome, J. A. Luftf, & R. L. Bell, *Reforming Science Instruction* (1 ed., pp. 3-12). NSTA.
- Millar, R. & Osborne, J. F. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future*. King's College.
- Murata, A. (2011). Introduction: Conceptual overview of lesson study. Em L. Hart, A. Alston, & A. Murata, *Lesson Study research and practice in mathematics education* (pp. 1-12). Springer.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.
- Next Generation Science Standards (NGSS). (2013). *For States, by States*. The National Academies Press.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2017). Learning about forces using multiple representations. In: D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer, *Multiple Representations in Physics Education, Models and Modeling in Science Education* (vol. 10, pp. 163-182). Springer.
- Pektas, M. (2014). Effects of lesson study on science teacher candidates' teaching efficacies. *Educational Research and Reviews, 9*(6), 164-172.
- Ponte, J. P., Fonseca, H., & Brunheira, L. (1999). As atividades de investigação, o professor e a aula de Matemática. In: Associação dos Professores de Matemática (Ed.), *Actas do ProfMat99* (pp. 91-101). APM.
- Ponte, J., Quaresma, M., Mata-Pereira, J., & Baptista, M. (2016). O Estudo de Aula como processo de desenvolvimento profissional de professores de matemática. *Bolema, 30*(56), 868-891.
<http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v30n56a01>

- Richit, A. (2021). Desenvolvimento profissional de professores: um quadro teórico. *Research, Society and Development*, 10(14), 1-25. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22247>
- Richit, A. (2020). Estudos de Aula na Perspectiva de Professores Formadores. *Revista Brasileira de Educação*, 25(2), 1-24. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782020250044>
- Richit, A. & Ponte, J. P. (2020). Conhecimentos Profissionais Evidenciados em Estudos de Aula na Perspectiva de Professores Participantes. *Educação em Revista*, 36, 1-29. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-4698190699>
- Richit, A. & Tomkelski, M. L. (2020). Secondary School Mathematics Teachers' Professional Learning in a Lesson Study. *Acta Scientiae*, 22(3), 2-27. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5067>
- Richit, A., Ponte, J. P., & Tomasi, A. P. (2021). Aspects of Professional Collaboration in a Lesson Study. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 16(2), 1-15. <https://doi.org/10.29333/iejme/10904>
- Richit, A., Ponte, J. P., & Tomkelski, M. L. (2019). Estudos de aula na formação de professores de matemática do ensino médio. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 100(254), 54-81. <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.100i254>
- Richit, A., Ponte, J. P., & Tomkelski, M. L. (2020). Desenvolvimento da prática colaborativa com professoras dos anos iniciais em um estudo de aula. *Educar em Revista*, 36, 1-24. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.69346>
- Richit, A., Tomkelski, M. L., & Richit, A. (2021). Understandings of Perimeter and Area Mobilised with an Exploratory Approach in a Lesson Study. *Acta Scientiae*, 23(5), 1-36. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6226>
- Rincón, J. P., & Fiorentini, D. (2017). A 'Glocal' Lesson Study: the case of pedagogical practices in mathematics. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 7(2), 24-44.
- Rocard, M. (2007). *Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission.

- Rodrigues, M. A., & Arroio, A. (2020). Lesson Study in Pre-Service Physics Teachers' Education: a case in Brazil. *Gamtamokslinis Ugdymas / Natural Science*, 17(2), 139-152. <https://doi.org/10.48127/gu-nse/20.17.139>
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Sierpinska, A. (1998). Three epistemologies, three views of classroom communication: constructivism, sociocultural approaches, interactionism. In: H. Steinbring, A. Sierpinska, & M. G. Bartolini-Bussi, *Language and Communication in the Mathematics Classroom*, (pp. 30-62). NCTM.
- Sims, L., & Walsh, D. (2009). Lesson Study with preservice teachers: Lessons from lessons. *Teaching and Teacher Education*, 25, 724-733.
- Souza, M. A., & Wrobel, J. S. (2017). *Café, Leite e Matemática: Série Lesson Study em Matemática* (Vol. 1). (M. A. Souza, & J. S. Wrobel, Eds.) Edifes.
- Stein, M., Engle, R., Smith, M., & Hughes, E. (2008). Orchestrating productive mathematical discussions: five practices for helping teachers move beyond show and tell. *Mathematical Thinking and Learning*, 10(4), 313-340.
- Stigler, J. W. & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teacher for improving education in the classroom*. Summit.
- Swarat, S. (2008). What makes a topic interesting? A conceptual and methodological exploration of the underlying dimensions of topic interest. *Electronic Journal of Science Education*, 12(2), 1-26.
- Teig, N., Scherer, R., & Kjaernsli, M. (2020). Identifying patterns of students' performance on simulated inquiry tasks using PISA 2015 log-file data. *Journal of Research in Science Teaching*, 57, 1400-1429. <https://doi.org/10.1002/tea.21657>
- Wanderley, R. A. & Souza, M. A. (2020). Lesson Study como Processo de Desenvolvimento Profissional de Professores de Matemática sobre o Conceito de Volume. *Perspectivas da Educação Matemática*, 13(33), 1-20.

- Yoshida, M. (1999). *Lesson study: A case study of a Japanese approach to improving instruction through school-based teacher development*. [Doctoral dissertation, University of Chicago].
- Zhou, G., Xu, J., & Martinovic, D. (2016). Developing pre-teaching science with technology through microteaching lesson study approach. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(1), 85-103.