

CONHECIMENTO PEDAGÓGICO DO CONTEÚDO DE PROFESSORES DE FÍSICA SOBRE O USO DAS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NUM ESTUDO DE AULA

MAURI LUÍS TOMKELSKI

Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul – SEDUC/RS – 15ª Coordenadoria Regional de Educação – 15ª CRE
Erechim, Brasil
mauriluis@edu.ulisboa.pt | <https://orcid.org/0000-0001-6395-7086>

MÓNICA BAPTISTA

UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal
mbaptista@ie.ulisboa.pt | <https://orcid.org/0000-0003-1609-5764>

RESUMO

Este trabalho pretende dar a conhecer o conhecimento pedagógico de conteúdo desenvolvido por professores de Física sobre o uso das múltiplas representações (MRs) no ensino da Lei de Ohm, quando envolvidos num estudo de aula. Participaram neste estudo quatro professoras de Física do Ensino Médio que lecionam em escolas públicas no Brasil. O estudo de aula envolveu 18 sessões de 2,5 horas cada. Optou-se por uma metodologia de investigação qualitativa. Os dados foram recolhidos através das gravações em áudio/vídeo; entrevistas; e demais materiais escritos produzidos no estudo de aula. A análise de dados evidenciou que a ênfase nas MRs favorece o ensino do tópico na obtenção de informações complementares, na realização de interpretações restritas e na construção das compreensões aprofundadas. Considerando as complexidades das MRs, os professores examinaram as informações acessíveis aos alunos e como podem usá-las, encorajando-os a buscar uma maneira eficaz de integrar as MRs para auxiliar no processo de aprendizagem.

PALAVRAS-CHAVE

conhecimento pedagógico do conteúdo; múltiplas representações; estudo de aula; lei de ohm; ensino de física.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 11, ISSUE 02,

2023, PP 164-186

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.28904>

CC BY-NC 4.0

PCK OF PHYSICS TEACHERS ABOUT THE USE OF MULTIPLE REPRESENTATIONS IN A LESSON STUDY

MAURI LUÍS TOMKELSKI

Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul – SEDUC/RS – 15ª Coordenadoria Regional de Educação – 15ª CRE
Erechim, Brazil

mauriluis@edu.ulisboa.pt | <https://orcid.org/0000-0001-6395-7086>

MÓNICA BAPTISTA

UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal
mbaptista@ie.ulisboa.pt | <https://orcid.org/0000-0003-1609-5764>

ABSTRACT

This work aims to present the pedagogical content knowledge developed by Physics teachers regarding the use of multiple representations (MRs) in teaching Ohm's Law when engaged in a lesson study. Four high school Physics teachers from public schools in Brazil participated in this study. The lesson study consisted of 18 sessions, each lasting 2,5 hours. A qualitative research methodology was chosen for this study. Data were collected through audio/video recordings, interviews, and other written materials produced during the lesson study. Data analysis revealed that emphasizing MRs enhances the teaching of the topic by providing complementary information, facilitating restricted interpretations, and fostering deep understanding. Considering the complexities of MRs, the teachers examined the information accessible to students and how they can use it, encouraging them to find effective ways to integrate MRs to support the learning process.

KEY WORDS

PCK; multiple representations; lesson study; ohm's law; teaching physics.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 11, ISSUE 02,

2023, PP 164-186

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.28904>

CC BY-NC 4.0

CONOCIMIENTO PEDAGÓGICO DEL CONTENIDO DE PROFESORES DE FÍSICA SOBRE EL USO DE MÚLTIPLES REPRESENTACIONES EN UN ESTUDIO DE CLASE

MAURI LUÍS TOMKELSKI

Secretaria da Educação do Rio Grande do Sul – SEDUC/RS – 15ª Coordenadoria Regional de Educação – 15ª CRE
Erechim, Brasil
mauriluis@edu.ulisboa.pt | <https://orcid.org/0000-0001-6395-7086>

MÓNICA BAPTISTA

UIDEF, Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal
mbaptista@ie.ulisboa.pt | <https://orcid.org/0000-0003-1609-5764>

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo presentar el conocimiento pedagógico del contenido desarrollado por profesores de Física sobre el uso de las múltiples representaciones (MRs) en la enseñanza de la Ley de Ohm, cuando están involucrados en un estudio de clase. Participaron en este estudio cuatro profesoras de Física de enseñanza secundaria de escuelas públicas de Brasil. El estudio de clase consistió en 18 sesiones, cada una con una duración de 2,5 horas. Se optó por una metodología de investigación cualitativa. Los datos fueron recolectados a través de grabaciones de audio/video, entrevistas y otros materiales escritos producidos durante el estudio de clase. El análisis de datos reveló que el énfasis en las MRs favorece la enseñanza del tema al proporcionar información complementaria, facilitar interpretaciones restringidas y fomentar la comprensión profunda. Teniendo en cuenta las complejidades de las MRs, los profesores examinaron la información accesible para los alumnos y cómo pueden utilizarla, alentándolos a buscar una forma efectiva de integrar las MRs para ayudar en el proceso de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE

conocimiento pedagógico del contenido; múltiples representaciones; estudio de clase; ley de ohm; enseñanza de la física.



SISYPHUS

JOURNAL OF EDUCATION

VOLUME 11, ISSUE 02,

2023, PP 164-186

DOI: <https://doi.org/10.25749/sis.28904>

CC BY-NC 4.0

Conhecimento Pedagógico do Conteúdo de Professores de Física sobre o uso das Múltiplas Representações num Estudo de Aula

Mauri Luís Tomkelski¹, Mónica Baptista

INTRODUÇÃO

As múltiplas representações (MRs) têm um papel fundamental na compreensão dos fenômenos da ciência. Por isso, o professor precisa de saber usar as representações com os seus alunos e mobilizar o seu conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK). O PCK é o conhecimento usado e desenvolvido pelos professores de ciências na sua prática letiva (Shulman, 1986).

A temática das MRs tem despertado o interesse de professores e investigadores das áreas da Matemática e das Ciências Naturais, especialmente da Física, devido às suas potencialidades na compreensão de conhecimentos específicos dessas áreas. As MRs caracterizam as distintas formas de representar um conceito ou fenómeno em estudo, as quais podem ser internas ou externas. As representações externas referem-se a símbolos, gráficos, tabelas, figuras e simulações virtuais, enquanto as representações internas consistem nas representações mentais (Opfermann et al., 2017).

Ao interagir com diferentes representações externas, os alunos ampliam os seus conhecimentos. Assim, o uso das MRs para explorar conceitos e fenómenos físicos traz contributos positivos para as aprendizagens dos alunos, para o seu raciocínio e compreensão das ideias de ciência (Ainsworth, 2006). Contudo, estudos realizados sobre as MRs mostram que os professores necessitam de saber usar este recurso para os alunos compreenderem os fenómenos físicos (e.g., Nieminen et al., 2017).

Uma forma de apoiar os professores no desenvolvimento do seu conhecimento sobre as MRs é através do estudo de aula. O estudo de aula, originário do Japão, caracteriza uma abordagem de desenvolvimento profissional de professores com foco na prática letiva e apoiada em dois princípios fundamentais: a colaboração e a reflexão (Richit et al., 2020). Por centrar-se na prática letiva, os estudos de aula têm embasado investigações sobre aspetos relacionados com a aprendizagem de tópicos curriculares diversos, como por exemplo, as MRs e o seu papel na aprendizagem das Ciências. Nesta direção, os estudos de aula, pela sua natureza e características, se constituem em contexto para a concretização de mudanças no Ensino de Física (Conceição et al., 2021), por proporcionar abordagens de sala de aula que favorecem a mobilização, exploração e articulação das MRs, contribuindo assim para a aprendizagem dos alunos.

Investigações em estudos de aula, como processo formativo de professores de Física, mostraram que os resultados são promissores (e.g., Juhler, 2018; Richit & Tomkelski, 2022; Rincón & Fiorentini, 2017; Sims & Walsh, 2009; Wanderley & Souza, 2020; Zhou et al., 2016), porém ainda são escassas as investigações em estudos de aula com professores de Ciências, principalmente sobre o uso das MRs no Ensino de Física (e.g., Conceição et al., 2021; Tomkelski et al., 2023). Além disso, muitas das pesquisas sobre estudos de aula envolvem a formação inicial de professores, contemplando a

1 SEDUC - 15ª Coordenadoria Regional de Educação, Praça da Bandeira, 190, 99700-000, Erechim/RS, Brasil.



disciplina de Matemática e poucos na disciplina de Física (e.g., Conceição, 2022; Melo et al., 2020; Rodrigues, 2019).

Este estudo pretende dar resposta a esta lacuna identificada na literatura. Especificamente, realizamos uma investigação envolvendo quatro professores de Física, visando examinar o desenvolvimento do PCK de professores no uso das MRs no ensino da Lei de Ohm, quando envolvidos num estudo de aula. O estudo de aula centrou-se no tópico da Lei de Ohm.

PCK

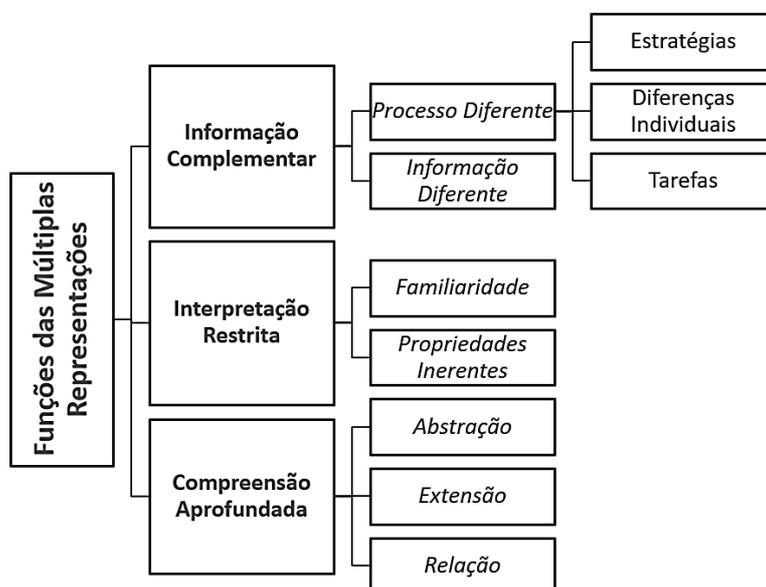
De entre os conhecimentos profissionais do professor, o conhecimento pedagógico do conteúdo (*pedagogical content knowledge* - PCK) recebe atenção especial por ser uma característica singular da prática letiva do professor. De acordo com Shulman (1987), o PCK inclui tópicos regularmente ensinados num determinado domínio do conhecimento e suas formas de representação e formulação, tais como as formas de representar ideias, analogias, ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações. Magnusson et al. (1999) propuseram um modelo de PCK para o ensino de Ciências através do qual os “conhecimentos abrangentes para o ensino” - conhecimento de currículo de ciências; compreensão dos alunos sobre ciência; estratégias de ensino; avaliação - foram conceptualizados como as orientações para o ensino de ciências pelos professores, impactando assim o PCK.

O desenvolvimento do PCK, segundo Magnusson et al. (1999), é determinado pelo conteúdo a ser ensinado, o contexto no qual o conteúdo é ensinado e a forma como o professor reflete sobre suas experiências de ensino, de modo que a reflexão surge como um elemento importante no desenvolvimento profissional docente. Os autores acrescentam a avaliação como um importante aspeto do PCK, considerando que o professor, ao planear aulas, conhecendo a ciência que será examinada, pode ajustar as suas estratégias de ensino de acordo com as necessidades eminentes, ajustando os métodos de avaliação para estudar o que os alunos aprenderam (Magnusson et al., 1999).

MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

O uso das MRs dá oportunidade para os alunos aprenderem Ciências, em particular a Física (Opfermann et al., 2017). Ainsworth (1999, 2006, 2008) realizou uma análise dos ambientes de aprendizagem com o uso MRs e sugeriu uma taxonomia que inclui três funções principais das MRs: obter informação complementar, realizar interpretação restrita e construir compreensões aprofundadas sobre o tópico em estudo (Figura 1). Cada uma das funções pode ser subdividida em várias subclasses e, frequentemente, um único ambiente de MRs pode servir às distintas funções mostradas.

Figura 1
Funções das Multirrepresentações



Fonte. Adaptado pelos autores de Ainsworth (1999, 2006, 2008).

A primeira função diz respeito ao uso das representações que abrangem informações complementares ou que envolvem processos cognitivos complementares. Consiste em fornecer informação complementar sobre um conceito, facilitando a sua aprendizagem, por exemplo, uma tabela explícita a informação, permitindo destacar valores, regularidades e padrões (Ainsworth, 2008) ou um gráfico que permite visualizar relações entre variáveis (Chittleborough & Treagust, 2008).

Na segunda função, denominada interpretação restrita, a representação é usada para restringir possíveis (re)interpretações no uso de outra, ou seja, uma determinada representação constitui-se em ponto de partida para encorajar a interpretação de uma representação complexa, por familiaridade com outra representação mais simples (Ainsworth, 2008). Uma tabela, por exemplo, é normalmente mais familiar aos alunos, podendo auxiliar na interpretação de um gráfico (Ainsworth, 2014). Outra forma é aproveitar as propriedades de cada representação de um determinado problema ou fenômeno. Por exemplo, uma equação algébrica permite ao aluno estabelecer relações quantitativas entre variáveis e manipulá-las numericamente, porém, por possuir um elevado grau de abstração, este tipo de representação nem sempre é acessível aos alunos. Assim, iniciar a relação das variáveis através de uma representação gráfica pode ser uma estratégia facilitadora da interpretação da equação algébrica que envolve essas variáveis (Ainsworth, 2014). Assim, nessa função pode-se utilizar as MRs para incentivar os alunos a usar uma determinada representação por familiaridade e, concomitantemente, pelas suas propriedades inerentes, como, por exemplo, usar uma tabela para ajudar os alunos a interpretar um gráfico e analisar a relação entre as grandezas envolvidas. Nesta situação, a tabela é usada por familiaridade por ser, normalmente, familiar aos alunos e, simultaneamente, pelas suas propriedades de explicitar a informação, tornando-a acessível aos alunos (Baptista et al., 2020).



Na terceira função, denominada compreensão aprofundada, as MRs são usadas para impulsionar a compreensão mais profunda de uma determinada situação (Ainsworth, 2008). Pode fazê-lo por abstração, ou seja, a generalização dos alunos de um determinado conceito surge a partir do que aprenderam num determinado contexto particular e com valores das MRs. Também, pode fazê-lo por extensão, i.e., os alunos mobilizam aprendizagens anteriores para alcançar novas representações. Por fim, pode fazê-lo por relação, construindo relações entre as distintas representações (Baptista et al., 2020).

Considerando a complexidade das MRs, as investigações têm destacado que cabe aos professores examinar quais as informações que realmente se tornam acessíveis aos alunos e como estes podem usar estas informações para encontrar a melhor forma de integrar várias representações para auxiliar nos processos de aprendizagem (Goldman, 2003; Prain et al., 2009; Wu et al., 2013).

ESTUDO DE AULA

O estudo de aula, em inglês *Lesson Study* e em japonês *kenkyuu jugyou*, é um modelo de desenvolvimento profissional docente amplamente usado no Japão, sendo considerado a principal responsável pela melhoria do ensino naquele país (Yoshida, 1999). Uma das principais características do estudo de aula é que se constitui num trabalho que se desenvolve de maneira colaborativa 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 os modos de ensinar em sala de aula (Lewis, 2016; Murata, 2011). Devido às características deste modelo, os professores desenvolvem um conhecimento aprofundado sobre o tópico, o seu ensino e sobre as aprendizagens dos alunos (Stigler & Hiebert, 1999).

O estudo de aula, exemplificado na Figura 2, envolve um grupo de professores que trabalha colaborativamente no desenvolvimento de atividades. Um estudo de aula inclui nas seguintes etapas: (i) *contexto e definição de objetivos*, (ii) *planeamento*, em que um grupo de professores trabalha colaborativamente ao longo de várias sessões no planeamento de uma aula sobre um tópico curricular específico, (iii) *realização da aula de investigação*, em que a aula criteriosamente planeada pelos professores é desenvolvida numa turma de alunos, e (iv) *reflexão pós-aula*, na qual o grupo reúne-se para discutir e refletir sobre as ações dos alunos na aula de investigação, considerando os aspetos registados pelos observadores durante a realização da aula (Richit & Tomkelski, 2020). Se assim desejar, o grupo de professores poderá rever a aula de investigação a um novo grupo de alunos, em outra sala de aula (Murata, 2011) ou repetir o ciclo, aprofundando o estudo sobre determinado conteúdo ou recomeçar para novos conteúdos (Fujii, 2016; Richit & Tomkelski, 2020).

Figura 2
Ciclo dos Estudos de Aula da Investigação



O estudo de aula promove situações formativas aos professores centradas na elaboração de uma tarefa sobre um determinado tópico, planeamento da aula sobre esse tópico, observação durante a execução da aula e reflexão pós-aula, para discutir o ensino do tópico com base nos resultados dos alunos (Fujii, 2016; Murata, 2011). Portanto, a partir destas etapas, o estudo de aula incorpora sistematicamente o desenvolvimento profissional docente em sala de aula, ancorado na ideia de que uma única aula contém muitos (se não todos) componentes críticos que os professores necessitam considerar para melhorar a sua formação (Sims & Walsh, 2009).

Como exemplo, na investigação de Conceição et al. (2021), os professores fizeram uso das MRs no ensino do tópico de energia cinética de um corpo, num contexto de estudo de aula. Os autores concluíram que existe a necessidade de os professores aprenderem a usar as MRs na compreensão e comunicação dos conceitos científicos (Ainsworth, 2008, 2014; Nieminen et al., 2017) e a necessidade de promover ações formativas que favoreçam aos professores na utilização e exploração das potencialidades das MRs no ensino de conceitos de Física.

METODOLOGIA

A investigação foi de natureza qualitativa (Bogdan & Biklen, 1994) e os dados foram recolhidos durante um estudo de aula que envolveu quatro professoras que lecionam Física no 3.º ano do Ensino Médio em escolas públicas do Brasil. A seleção dos participantes foi feita por conveniência, i.e., proximidade com o investigador.



CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES

As participantes, Jô, Mel, Roberta e Sol,² (Quadro 1), com idades compreendidas entre 38 e 52 anos, lecionam exclusivamente na rede pública de ensino do estado do Rio Grande do Sul (RS) e possuem entre 8 e 25 anos de experiência profissional na Educação Básica³, especificamente no Ensino Fundamental - anos finais - e Ensino Médio. As professoras atuam em escolas distintas².

Quadro 1

Caracterização dos Participantes

Professora	Idade (anos)	Formação Acadêmica	Experiência Profissional	Escola
Jô	38	Licenciatura em Matemática - habilitação em Física Especialização (Lato Sensu)	Ensino de Física e Matemática na Ed. Básica (Fundamental e Médio) e EJA	A
Mel	52	Licenciatura em Matemática - habilitação em Física	Ensino de Física e Matemática na Ed. Básica (Fundamental e Médio) e EJA	B
Roberta	45	Licenciatura em Matemática - habilitação em Física Especialização (Lato Sensu) Mestrando em Ensino de Matemática e Física	Ensino de Física e Matemática na Ed. Básica (Fundamental e Médio)	C
Sol	39	Licenciatura em Matemática - habilitação em Física Especialização (Lato Sensu)	Ensino de Física e Matemática na Ed. Básica (Fundamental e Médio) e EJA	D

ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO DE AULA

O estudo de aula, constituído por dezoito sessões, cada uma com duração de duas horas e meia, foi constituído de cinco etapas: (1) constituição teórica da abordagem dos estudos de aula e análise dos documentos legais 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 em sala de aula, 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 15ª Coordenadoria Regional de Educação (15ª CRE – Erechim/RS, Brasil) e três sessões ocorreram nas Escolas de atuação

² Todos os nomes referidos neste trabalho são fictícios de modo a seguir as condições de confidencialidade 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).



profissional das professoras, sendo duas sessões realizadas na Escola “D” – aplicação do diagnóstico das tarefas de investigação e segunda aula de investigação – e uma sessão na Escola “A” – 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.

RECOLHA E ANÁLISE DOS DADOS

O material empírico recolhido ao longo do processo formativo inclui: Diário de Bordo (DB); registos em áudio e/ou vídeos (RAV); acervo documental (AD) das produções escritas das professoras e, também, os registos dos alunos produzidos durante a aula de investigação; e entrevistas (E) realizadas às professoras. As sessões foram observadas pelo investigador que adotou um papel de observador-como-participante, uma vez que pretendia obter informação detalhada sobre o processo (Cohen et al., 2018).

As categorias de análise foram constituídas a partir de análise de conteúdo (Bardin, 2011) e tendo em conta as dimensões da taxonomia das MRs de Ainsworth (1999, 2006, 2008). Cada função corresponde a uma categoria de análise. E cada categoria apoia-se em subcategorias, consoante a função específica das MRs no ensino do tópico da Lei de Ohm (Quadro 2).

Quadro 2

Categorias e subcategorias de análise

Categoria	Subcategoria
<i>Função Complementar</i>	<ul style="list-style-type: none"> — MRs como informação diferente — MRs como processo diferente (Estratégia/Diferenças Individuais/Tarefas)
<i>Interpretação Restrita</i>	<ul style="list-style-type: none"> — MRs por familiaridade — MRs por propriedades inerentes
<i>Compreensão Aprofundada</i>	<ul style="list-style-type: none"> — MRs por abstração — MRs por extensão — MRs por relação

As categorias que emergiram na análise dos dados relacionados ao uso das MRs no ensino da Lei de Ohm, foram denominadas por: (i) *função complementar*; (ii) *interpretação restrita* e (iii) *compreensão aprofundada*. Estas categorias foram organizadas em subcategorias.

A categoria da função complementar das MRs envolve as subcategorias: (a) MRs como informação diferente e (b) MRs como processo diferente, contemplando as estratégias, diferenças individuais e tarefas. Na categoria da interpretação restrita das MRs estão as subcategorias: (a) MRs por familiaridade e (b) MRs por propriedades inerentes, contemplando distintas representações que foram utilizadas para encorajar a interpretação de uma representação mais complexa. A categoria da compreensão aprofundada das MRs apoia-se nas subcategorias: (a) MRs por abstração; (b) MRs por extensão e (c) MRs por relação, contemplando a busca pela compreensão mais aprofundada, direcionando ao processo de generalização da Lei de Ohm.



RESULTADOS

Nesta secção apresentam-se os resultados deste estudo tendo em conta as categorias de análise.

FUNÇÃO COMPLEMENTAR

Desde o início das sessões do estudo de aula, nos estudos preparatórios, em relação à função complementar das MRs e aos seus contributos no ensino da Lei de Ohm, as professoras destacam aprendizagens sobre a importância da utilização de *informações diferentes* para representar uma dada informação ou conteúdo.

eu gosto de explorar na escola várias formas de representar (...) para fazer aquelas medições de resistência [do resistor]. [Primeiro] o aluno entendia aqueles risquinhos, aquelas cores, primeiro eles aprendiam a parte teórica, o que significava aquelas cores e seus valores, fazendo o cálculo rápido e diziam [os alunos]: “Ah, esse é o resistor, tem que ter tal resistência”. E [depois utilizam] as plaquinhas [Protoboard] para conectar o resistor e medir e [percebiam que] tinha aquela oscilação para mais ou para menos [tolerância]. Trabalho nesse sentido de medida e conceito, ou seja, [envolvendo] a parte teórica [conceitual] dos resistores e também a prática. (Mel, RAV)

Mel descreve uma situação de ensino que recorre a formas diferentes para ensinar o conceito de resistência elétrica. A professora relata uma proposta de atividade aos alunos, através do processo de codificação das cores de um resistor, para que estes possam determinar o valor da resistência do resistor. Desta forma, os alunos aprendem sobre o processo de identificação do valor da resistência em qualquer resistor e o conceito físico da resistência elétrica. Na sequência utiliza dispositivos, como as placas de *protoboard*, que auxiliam na obtenção deste resultado de forma mais prática. Assim, desde as primeiras sessões do estudo de aula, percebe-se a importância que as professoras atribuem ao uso de diversas formas de representar e dar significado a um determinado conceito físico.

Sol complementa a necessidade de se utilizar diversas formas de representação na obtenção de informações diferentes e complementares, destacando ainda a importância da representação matemática da equação do conceito físico. Entretanto, refere que cabe ao professor apoiar o aluno durante a exploração, interpretação e transição entre as diversas representações, obtendo assim diferentes informações sobre um mesmo conceito físico.

eu acho que o gráfico, a representação gráfica e tabular (...) tem que ter uma noção matemática (...) mas a exploração, a interpretação (...) cabe a nós [professores] da ciência fazer, porque nós usamos muito mais esse tipo de representação do que a própria matemática. (Sol, RAV)

Para a professora, a utilização das MRs como função complementar para o aprofundamento de um tópico de física, neste caso a Lei de Ohm, contribui aos processos de aprendizagem dos alunos. Roberta, enfatiza, no seu diário de bordo, este aspeto, ao considerar que:

(...) uma das maneiras que têm se mostrado eficiente na aprendizagem do Ensino de Ciência é através das representações. Proporcionar atividades aos alunos dos mais diversos tipos de representações: verbais, gráficos, tabulares, diagramáticos, fotográficos, desenhos, maquetes, experiências, algébrica, etc. ajuda na compreensão (Roberta, AD)

Ao enfatizar as representações, nomeando as representações verbais, gráficos, tabulares, diagramáticos, fotográficos, maquetes, experiências, algébrica e outras, Roberta destaca as possibilidades de análise que podem ser exploradas no desenvolvimento da tarefa de investigação na obtenção da relação entre as grandezas físicas, neste caso a diferença de potencial elétrico (U) e intensidade da corrente elétrica (I), convergindo para o entendimento da Lei de Ohm. Isto é, a utilização de informações apresentadas de diferentes formas, auxilia no processo de representação e, conseqüentemente, pode favorecer a aprendizagem da física, especificamente na Lei de Ohm, na medida em que o conceito de resistência elétrica (R) poderá ser obtido de diferentes fontes de informação (experiência, tabular, gráfica, verbal, etc.) para obtenção da relação matemática entre as grandezas físicas ($R = U/I$).

No decorrer do estudo de aula as professoras envolveram-se em atividades que propiciaram o aprofundamento sobre os processos das MRs. Numa das sessões do planeamento, durante a discussão sobre a elaboração da tarefa, as professoras se apropriaram de informações e processos das MRs sobre a Lei de Ohm.

As professoras salientam questões de comprovação se o condutor respeita a Lei de Ohm ou não, ou ainda de que forma devem ser apresentados os dados e, também, representados. Nesse processo, as professoras planejam tarefas, por meio das quais têm a oportunidade de explorar e se apropriar de cada representação, realizando aprendizagens em Física.

Sol: O que nós vamos analisar aqui?

Mel: Analisar as questões, porque assim acho que vamos aprender melhor como trabalhar com as diversas representações, (...) pensar melhor e explorar suas potencialidades.

Roberta: Então, quando o condutor é ôhmico vai acontecer sempre isso? [Referindo-se a constante R]

Jô: É! Nesse caso [analisando uma tabela] a gente começou por uma pequena voltagem, depois foi aumentando. E estabelecemos essas comparações e relações, porque ali está aumentando gradativamente (...) mesmo que eu pegue a última grandeza com a primeira ou a terceira com a primeira, aquilo ali vai ser uma proporcionalidade sempre.

Mel: Pelo gráfico quando aumenta a voltagem a corrente aumenta na mesma proporção, por isso o gráfico é uma reta!

Sol: Aumenta a corrente, aumenta a voltagem e a resistência permanece, vai ser um ciclo. Aí, se aumentamos a voltagem, a corrente aumenta, ou a corrente aumenta e aumenta



a voltagem, vice e versa, porque são proporcionais. Por isso que a gente diz constante de proporcionalidade.

Jô: Nós estamos comparando os dois [tabela e gráfico], quando você vai aumentar um o outro aumenta, mas a resistência é [sempre] constante.

Sol: Se aumentar uma, a outra aumenta também, proporcionalmente, para mostrar a Lei de Ohm, [ou seja] a resistência é constante!

(Professoras, RAV)

No diálogo entre as professoras, o foco é a centralidade do processo de interpretação e relação entre as grandezas físicas: corrente elétrica (I) e diferença de potencial (U), na procura por regularidades. Ou seja, encontrar um valor constante que represente uma relação de proporcionalidade que valide a relação matemática que expressa a Lei de Ohm. A análise baseia-se nas diferentes informações contidas em tabelas ou gráficos, sobre a mesma situação. As professoras exploram também a transição entre as diversas formas de representação e comparações entre elas, buscando padrões de regularidades entre as grandezas físicas envolvidas, a fim de justificar que tal situação satisfaz a relação da Lei de Ohm.

Ainda em relação à utilização dos diferentes processos de representação, *Jô* destaca, na entrevista após a realização do estudo de aula, a importância do entendimento pelos professores sobre a função complementar e a utilização das diversas formas para representar um mesmo conceito físico, quando diz que

esse tipo de informação [função complementar], para nós professores, (...) facilita muito o nosso entendimento. Facilita porque nós temos uma ferramenta [estratégia de ensino] a mais para demonstrar para o nosso aluno. Então, essas multirrepresentações, nós colegas estávamos acostumados, de certa forma, a utilizar uma delas. Não todas, claro! (*Jô, E*)

Jô ressalta a importância das MRs no ensino de tópicos de física, argumentando que a utilização das diversas representações corrobora ao desenvolvimento do planejamento e nas ações em sala de aula. Entretanto, destaca ainda, que normalmente os professores costumam fazer uso de apenas uma das formas de representação, acreditando que com apenas uma tabela ou um gráfico ou um diagrama seja suficiente para o entendimento do conceito físico pelos alunos.

Em suma, o estudo de aula contribuiu para as professoras aprofundarem as suas aprendizagens sobre a ampliação, diversificação e articulação dos diferentes processos de representações. Também proporcionou o desenvolvimento de atividades, estratégias de ensino e análise das especificidades de distintos tópicos de Física e potencializar o conhecimento didático sobre o tópico da Lei de Ohm.

INTERPRETAÇÃO RESTRITA

Relativamente à interpretação restrita, no estudo de aula, a análise dos dados evidenciou que as professoras, com frequência, se reportavam às dificuldades apresentadas pelos alunos e que são observadas nas suas práticas de sala de aula ao abordar a temática da eletricidade. As professoras manifestaram preocupação em relação à transição entre as



diversas formas de representação que, conseqüentemente, dificulta a interpretação restrita por familiaridade, bem como aprofundar a aprendizagem sobre as propriedades inerentes.

Esta preocupação foi destacada por Mel, ao dizer que

Eles [alunos] não conseguem fazer essa transição de conceito, da teoria para uma representação simbólica (...) porque, ainda, [de fato] não acontece isso na escola, essa transição entre diferentes formas de representar alguma coisa (Mel, RAV).

Para Mel, a transição entre as MRs é um dos fatores que mais dificulta a interpretação restrita dos conceitos físicos envolvidos. A professora enfatizou que observou que este é um dos grandes desafios do professor em sala de aula, sendo fortemente evidenciado durante o estudo de aula. Para Mel, os alunos não conseguem realizar adequadamente a transição entre o conceito, as questões teóricas e suas respectivas representações simbólicas, porque não é uma das prioridades do planejamento de atividades para os alunos no contexto escolar.

Sol destaca algumas dificuldades sobre o uso das MRs e suas próprias dificuldades sobre o tópico da Lei de Ohm. Também manifesta preocupação com relação à transição entre as diversas formas de representação, apresentando sugestões para o desenvolvimento da aula de investigação, pelo fato não estarem habituadas a explorar diferentes representações em sua prática de sala de aula.

o que mais a gente tem dificuldade enquanto professor, e eles também [referindo-se aos alunos], é a questão do gráfico! É a questão da interpretação, de transpor entre as representações, de entender o quê a figura quer dizer, porque ele [gráfico] segue um padrão, porque não segue (...) essa é a maior dificuldade de passar para eles [alunos] (Sol, E).

Para Sol, a transição entre as diferentes formas de representações, especialmente do gráfico para outras formas de representação, é uma das dificuldades que se sobressai em relação ao conteúdo teórico da Lei de Ohm. Assim, constata-se que, devido a essas limitações, os professores muitas vezes não realizam uma exploração transitiva adequada entre as MRs com os alunos, limitando-se a análises mais simplistas do conteúdo, baseadas em uma única representação.

Mel propõe uma atividade investigativa para explorar as diferentes representações.

a tarefa, [deveríamos] organizá-la de tal maneira a levar os alunos a fazerem esta transição, de acordo com o tópico, de fazer a transição de uma para a outra [MRs], depois para outra, e ao final tentar tirar a fórmula [representação matemática da Lei de Ohm]. (Mel, RAV)

Mel destaca a importância de desenvolver atividades que instiguem os alunos a transitarem entre as diversas formas de representações (desenho, tabular, gráfica e matemática) e estabelecerem as relações necessárias no desenvolvimento das aprendizagens. Conclui que a exploração destas diferentes representações, possibilita aos alunos aprofundar seus conhecimentos e fortalecer o entendimento das



propriedades envolvidas, direcionando-os ao entendimento das representações matemáticas (fórmulas) dos tópicos de Física, a exemplo da Lei de Ohm $R = U/I$.

Na sequência Mel complementa esse aspecto propondo sugestões para o desenvolvimento da tarefa de investigação, que perpassa pelo entendimento da Lei de Ohm, através da MRs. Essa sugestão influenciou a elaboração da segunda atividade.

a tarefa poderia citar um exemplo de um condutor ôhmico, trazendo parte dos valores, depois constrói-se uma tabela, constrói um gráfico e tenta a fórmula. Os alunos vão perceber as relações [familiaridade] e tirar conclusões das informações contidas [aprendizagem das propriedades inerentes]. (Mel, RAV)

Ao detalhar as características e a estrutura da sequência da tarefa para explorar a Lei de Ohm, Mel introduziu uma sugestão que foi aceita pelas professoras. Assim, foi proposta uma atividade com medições da diferença de potencial elétrico (U) e intensidade da corrente elétrica (i). A sugestão foi fornecer algumas medições e, a partir da relação entre elas, os alunos poderiam obter as demais medições, sistematizando numa tabela (representação mais familiar ao aluno). Esta transição entre as MRs evidencia aprendizagens das professoras sobre o potencial da exploração das MRs no estudo de um conceito físico.

Durante a entrevista, Mel destaca aprendizagens sobre as propriedades inerentes aos circuitos elétricos, os limites dos dispositivos elétricos, em virtude da pouca experiência com atividades experimentais em sua prática de sala de aula.

eu tive um aprendizado de Física espetacular com essa experiência [estudo de aula]. Eu nunca, na minha vida – eu sabia que os objetos, os eletrodomésticos, as lâmpadas em geral, têm um limite de corrente que elas suportam, mas eu nunca me dei conta que existe um limite mínimo, que tem o mínimo e tem o [limite] máximo; aí, quando o professor disse: “nós estamos com esse problema, esses led’s aqui só ligam a partir de x volts”. Um ponto oito (1,8) ou dois (2,0) [volts]; eu falei: “Bom, e?” E aí, eu já respondi imediatamente, mas depois eu fiquei pensando, e aí eu fui organizando outras coisas e fazendo o meu parecer lá; e aí pensando, eu falei: “Gente, como pode eu nunca ter me dado conta disso? É óbvio que os aparelhos, de uma maneira geral, eles têm [limites]”, então, para mim, esse foi um aprendizado no campo da própria eletricidade; além de muitos outros que eu tive! (Mel, E)

Para Mel, identificar que existem limites máximos e mínimos, ou seja, uma propriedade restritiva, foi uma das aprendizagens durante o estudo de aula. O desenvolvimento das atividades proposta pelas professoras, ao envolver um contexto concreto de medição da tensão (U) e intensidade da corrente elétrica (I), permitiu explorar as distintas formas de representação; transitar entre as diferentes representações; auxiliar os alunos a estabelecer relações entre as medições sistematizadas e encontrar regularidades. Além disso, encorajou as professoras a planejar atividades investigativas, na qual os alunos são instigados a interpretar, desde uma representação simples até uma mais complexa, por familiaridade ou com outras formas de representações, ancorada nas propriedades do conceito físico estudado.

Portando, as professoras puderam aprofundar a compreensão sobre a Lei de Ohm por meio da interpretação das MRs e da transição por familiaridade entre as diferentes representações, bem como das propriedades intrínsecas a esse conceito, realizando aprendizagens profissionais sobre a Lei de Ohm e sobre como usar as MRs em outros tópicos físicos.

COMPREENSÃO PROFUNDA

A compreensão aprofundada sobre as MRs no ensino da Lei de Ohm permitiu realização de aprendizagens das professoras durante o estudo de aula. O estudo do tópico da Lei de Ohm possibilitou a exploração de distintas propriedades, formas de representar o conceito Físico e transição entre as MRs.

Numa das sessões do planeamento, Mel apresenta um exemplo para validar e aprofundar o processo de uso das MRs. A professora salienta que muitas vezes as representações virtuais são utilizadas para prever possíveis problemas ao realizar uma ação prática. Mel sugere que inicialmente os alunos possam esboçar através da representação do circuito a maneira como os itens devem ser dispostos. Também evidencia o entendimento de que as diversas representações podem auxiliar no processo de aprendizagem evitando o modo empírico de experimentação e erro para fortalecer a aprendizagem dos alunos.

a física também se utiliza das representações virtuais (...) como uma forma de antever possíveis problemas no experimento real! Então, agora ouvindo vocês [professoras], seria mais ou menos isso, quer dizer, eu preciso, então, construir um circuito simples. Então, antes de colocar aqui os equipamentos, e correndo o risco de queimar a lâmpada e etc., quer dizer, “como que nós poderíamos fazer esse circuito?”; E aí, antes de construir com a pilha, com os materiais, eles teriam de pensar na representação [desenho]. Esse é um caminho, e é bem interessante. E o outro seria, primeiro, eles vão experimentando de forma empírica, vão colocando aqui, então: “Ah, Ok! Então, eu consegui fazer a lâmpada ligar”, pronto, “agora eu vou sistematizar isso que eu fiz com o material, no papel”; O que vocês acham? São duas ideias, vocês me sugeriram essas duas coisas aqui. Eu confesso que dentro da minha limitação, eu tinha pensado, justamente, na forma empírica: vai lá, e vai colocando as coisas até que deu certo, a lâmpada ligou. (Mel, RAV)

Jô relata, no diário de bordo após a realização de uma das sessões do planeamento, uma síntese das demais tarefas que foram propostas no planeamento e na concretização da aula de investigação. A aula contemplou o desenvolvimento de tarefas envolvendo experiências práticas, representação do circuito elétrico (pictórica), gráficos, tabelas, representação matemática (equação).

definimos um conjunto de atividades a desenvolver: usar gráficos e tabelas 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; desenho [circuito elétrico]; relação matemática; multirrepresentações; prática [experimento] e teoria. (Jô, DB)



Para Jô, a utilização das formas de representação permitiu o desenvolvimento de tarefas para impulsionar os alunos na construção das aprendizagens sobre a Lei de Ohm. Para tal, um conjunto de MRs se faz necessário ao processo, articulando diversos conhecimentos físicos sobre a Lei de Ohm.

Outro aspeto importante no aprofundamento da compreensão sobre as MRs foi destacado por Jô, na entrevista, ao apresentar seu entendimento sobre a necessidade de processos formativos para os professores, bem como o que é necessário neste processo para que o professor consiga, posteriormente, auxiliar o aluno nas aprendizagens sobre um determinado tópico de física. Também destaca a importância do estudo de aula como abordagem formativa de trabalho colaborativo e reflexivo, para Jô, as MRs mostraram-se fundamentais na medida que

facilitam o entendimento para nós professores de como colocar para o aluno de uma forma mais direta e mais simplificada. Eu acho que quando [o professor] usa várias representações que retratam a mesma informação, que levam ao mesmo resultado, tanto para nós professores trocando ideias, fica mais fácil o entendimento de como passar [ensinar] para o aluno, e olhando já na parte do aluno: “ele vai entender tudo isso?”. Porque para nós professores, a gente olha, analisa: “É isto”, mas e para nosso aluno? Será que vai ser tão simples assim? Então é fundamental que a gente [professores], sim, dê essa avaliada, que a gente [professores] converse para trocar informações entre colegas. Ali no grupo [referindo-se ao estudo de aula], foi muito importante, agregou muito às nossas aulas. (Jô, E)

Para Jô, as MRs têm potencial tanto para o desenvolvimento profissional docente como para a melhoria na aprendizagem dos alunos. Complementa que a análise e a avaliação prévia das atividades desenvolvidas em sala de aula são muito importantes na prática do professor, porque possibilitam antecipar as dificuldades dos alunos no entendimento e realização das atividades. Destacou, ainda, a necessidade da clareza da informação apresentada na tarefa, evitando interpretações errôneas ou tendenciosas.

Outro aspeto essencial à compreensão aprofundada (abstração, extensão e relação) sobre as MRs é destacado por Sol, na entrevista, sobre a observação realizada durante as aulas de investigação. Sol percebeu que cada turma de alunos apresentou compreensões diferenciadas sobre um mesmo assunto. Para Sol, uma mesma atividade foi interpretada por uma turma e não da mesma forma em outra. Destacou que na primeira aula de investigação os alunos conseguiram interpretar adequadamente os enunciados das atividades e realizar a exploração proposta envolvendo as MRs, favorecendo a compreensão mais aprofundada sobre a Lei de Ohm. Entretanto, na segunda aula de investigação observou que no grupo de alunos que acompanhou, isso não se repetiu.

eu acho que não tem como fugir das multirrepresentações no Ensino de Física, da Matemática, enfim, não tem como fugir, nós temos que usar as multirrepresentações! O grupo que eu observei [referindo-se à primeira aula de investigação] chegou tranquilo na tabela, no desenho [pictórica], no desenho do circuito, na tabela e no gráfico. Na equação demoraram um pouco, mas chegaram também. Lá [referindo-se à segunda aula de investigação] teve vários pontos que eu analisei, alguns tiveram dificuldades em representar o desenho, outros na tabela, é uma turma muito heterogênea! Então alguns

[alunos] foram já de cara, outros tiveram mais dificuldade, mas o que mais eu percebi dificuldade quase que no geral foi no gráfico. (Sol, E)

A partir da observação durante a execução da aula de investigação, Sol citou aspectos sobre as dificuldades e aprendizagens dos alunos, especialmente ao constatar lacunas na aprendizagem de conceitos fundamentais, que acabaram por influenciar no entendimento das atividades. Também destaca que os conhecimentos prévios dos alunos foram decisivos para o êxito na sua aprendizagem. Sol observou que na primeira atividade os alunos tiveram um pouco de dificuldade na transição de informações entre tabelas, gráficos, equações e vice-versa, principalmente na construção e interpretação de gráficos. Porém, após a exploração dessas formas de representação e a discussão com os colegas do grupo sobre a transposição dos dados da tabela para o plano cartesiano e, por fim, na tentativa de generalizar por meio de uma equação, os alunos conseguiram realizar a segunda atividade, especialmente em transitar entre as representações. Esse aspecto evidencia a aprendizagem realizada pela professora sobre as dificuldades dos alunos e, especialmente, sobre como promover a exploração das MRs no Ensino de Física.

De maneira similar, no decorrer do estudo de aula, as professoras desenvolveram o conhecimento didático sobre o tópico ao discutir as distintas resoluções das atividades, perpassam pela abstração, extensão e generalização (relação da Lei de Ohm – equação).

Sol destaca a necessidade de representar as informações de proporcionalidade através de um gráfico. Enfatiza também a importância da representação contextualizada com a atividade, uma vez que fazer uma representação qualquer não produz a aprendizagem adequada, ou seja, realizar corretamente a abstração.

quando a corrente é zero vírgula um [0,1], a voltagem é um vírgula cinco [1,5]; e no segundo quando a corrente aumentou para zero vírgula dois [0,2], a voltagem, também, aumentou para três [3,0]. Sem ter uma representação, sem colocar no gráfico, sem fazer eles entenderem o que é uma constante, o que é isso, o que é aquilo; não ia ter como. Então, eu acho que não só colocar e jogar [valores no gráfico], não! Se for jogar por jogar, não tem finalidade nenhuma. (Sol, RAV)

Por sua vez, Mel, sugere uma atividade que contemple gráficos diferentes para desenvolver as relações entre as grandezas físicas envolvidas da Lei de Ohm. Para a professora, uma tarefa que propicie essa relação pode favorecer a extensão e abstração da equação da Lei de Ohm.

penso em propor uma atividade com dois gráficos, a e b! Enfim pegar essas representações distintas. E por último, finaliza, então, com o gráfico genérico, fazendo a relação, extensão e abstração com a fórmula. (Mel, RAV)

Por fim, Jô reforça a construção da relação e extensão entre as grandezas, de maneira que se obtenha a proporção entre as grandezas físicas da Lei de Ohm. Para Jô, ao realizar as comparações e relações, os alunos se apropriam das informações complementares essenciais ao processo de aprendizagem, direcionando ao processo de generalização.



se aumentar uma, a outra aumenta também, proporcionalmente, mas para manter, para mostrar a Lei de Ohm, a resistência é constante. Vai substituindo os valores! Nesse caso a gente começou por uma pequena voltagem, depois foi aumentando. Porque quando eles estabelecerem essas comparações e relações, eles já vão entender, porque ali está aumentando gradativamente; que é proporcional aquilo, que vai ter um coeficiente de proporção; mesmo que eu pegue a última grandeza com a primeira, ou a terceira com a primeira, aquilo ali vai ser uma proporcionalidade sempre! (Jô, RAV)

Em síntese, a análise evidenciou que, durante as etapas do estudo de aula, o envolvimento das professoras na elaboração de atividades investigativas sobre o tópico da Lei de Ohm favoreceu distintos momentos para o aprofundamento das aprendizagens sobre a compreensão da Lei de Ohm e outros conteúdos de física envolvidos. Também proporcionou experiências no desenvolvimento de atividades práticas e investigativas aos alunos, permitindo explorar novas estratégias de ensino, entre elas o uso das MRs, com vistas a uma aprendizagem mais aprofundada pelos alunos.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu mostrar contributos do uso das MRs no estudo da Lei de Ohm no contexto de um estudo de aula. O estudo de aula possibilitou que os professores realizassem aprendizagens sobre as funções das MRs no tópico da Lei de Ohm. Os resultados mostram que os professores desenvolveram o seu conhecimento didático ao usar as MRs e as suas funções.

Relativamente à função complementar das MRs, as professoras utilizaram as seguintes representações: texto, desenho do circuito, tabelas, gráficos e equações. As representações das informações físicas foram utilizadas como estratégia útil para sala de aula (Ainsworth, 2006, 2008), envolveram elementos teóricos que facilitaram a ampliação, diversificação e articulação das distintas representações sobre a Lei de Ohm, favorecendo o aprofundamento desse conceito. A análise mostrou, ainda, que o uso de MRs ajuda a relacionar vários aspetos de um fenómeno, construir uma compreensão mais completa e profunda do conceito físico envolvido (Ainsworth, 2014). Além disso, auxilia na compreensão e comunicação dos conceitos físicos (Opfermann et al., 2017).

Na interpretação restrita, as professoras desenvolveram a compreensão sobre a importância da interpretação das MRs no ensino de física. Também realizaram aprendizagens sobre o potencial das atividades estruturadas na e para a exploração das MRs. As professoras aprenderam sobre a interpretação por familiaridade e pela busca das propriedades inerentes ao conceito físico envolvido (Ainsworth, 1999, 2006, 2008) e a relação entre as grandezas físicas (Chittleborough & Treagust, 2008).

Por fim, na compreensão profunda, as professoras aprenderam a utilizar as MRs na obtenção de uma compreensão mais aprofundada da Lei de Ohm. Além disso, ao explorar as MRs puderam: (a) ampliar o entendimento e compreensão dos dados de uma tabela, através da procura de padrões de comportamento da proporcionalidade entre as grandezas físicas, i.e., relação entre a diferença de potencial (U) e a intensidade da corrente elétrica (I); (b) criar relações e interpretação entre gráficos e as respetivas equações algébricas das grandezas físicas envolvidas na Lei de Ohm; e (c) generalizar a expressão algébrica da resistência elétrica de um condutor óhmico. Também perceberam

que a construção de gráficos, a partir de dados de uma tabela, facilita a compreensão qualitativa, sua interpretação, assimilação e integração.

Assim, as professoras combinaram seu entendimento sobre a Lei de Ohm com estratégias de ensino, promovendo uma aprendizagem diferenciada aos alunos (Goldman, 2003; Prain et al., 2009; Wu et al., 2013). As aprendizagens foram potencializadas devido ao tópico da Lei de Ohm e pelo contexto criado durante o estudo de aula (Conceição, 2022; Magnusson et al., 1999). O estudo de aula possibilitou às professoras aprofundarem o seu PCK sobre o tópico. Ao refletir sobre a experiência proporcionada pelo estudo de aula, as professoras perceberam a importância da utilização das MRs em suas práticas profissionais.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORES

Conceitualização: M. L. T.; Metodologia: M. L. T.; Validação: M. L. T. e M. B.; Análise formal: M. L. T.; Investigação: M. L. T.; Curadoria dos dados: M. L. T.; Redação do rascunho original: M. L. T. e M. B.; Redação – revisão e edição: M. L. T. e M. B.; Supervisão: M. B.; Administração do projeto: M. L. T.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores participantes do estudo de aula e aos alunos das turmas em que a aula de investigação foi realizada.

REFERÊNCIAS

- Ainsworth, S. (1999). The function of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00029-9)
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 191-208). Springer.
- Ainsworth, S. (2014). The multiple representations principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd Ed., pp. 464-486). Cambridge University Press.
- Baptista, M., Conceição, T., & Ponte, J. P. (2020). Estudo de aula como facilitador de aprendizagens de futuros professores de física e química sobre o uso de múltiplas representações. *APeDuC Revista*, 1(1), 41-54.



- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo* [Content Analysis]. Edições 70.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. (Trad. M. Alvarez, S. dos Santos & T. M. Baptista). Porto Editora.
- Brasil / Presidência da República (1996). *Lei das diretrizes e bases da educação nacional - LDB*. Brasília, DF, Brasil: Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- Chittleborough, G., & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463-482. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9059-4>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in Education*. (8ª Ed.). Routledge.
- Conceição, T. (2022). *Estudos de Aula no Desenvolvimento do Conhecimento Pedagógico de Conteúdo (PCK) de Futuros Professores de Física e Química*. (Tese de Doutorado em Educação - Especialidade da Didática das Ciências). Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal. <http://hdl.handle.net/10451/54670>
- Conceição, T., Baptista, M., & Ponte, J. P. (2021). Mudanças de práticas de futuros professores de Física e Química sobre o uso de representações científicas num Estudo de Aula. *Indagatio Didactica*, 13(1), 91-104. <https://doi.org/10.34624/id.v13i1.23864>
- Diário da República Eletrônico - DRE. (15 de março de 2016). *Carta Ética para a investigação em educação e formação - Deliberação n. 456/2016* (52 ed., Vol. Série II). <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/deliberacao/453-2016-73869762>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0770-3>
- Goldman, S. R. (2003). Learning in complex domains: when and why do multiple representations help? *Learning and Instruction*, 13(2), 239-244.
- 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. <https://doi.org/10.5617/nordina.2433>
- Lewis, C. (2000). Lesson study: The core of Japanese professional development. Conferência apresentada em *American Educational Research Association (2000 Annual Meeting)*. New Orleans, LA, EUA.
- Lewis, C. (2009). What is the nature of knowledge development in lesson study? *Educational Action Research*, 17(1), 95-110. <https://doi.org/10.1080/09650790802667477>
- 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: how research lessons improve Japanese education. *American Educator*, 22(4), 14-17 & 50-52.
- Magnusson, S. J., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. Lederman, *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Kluwer Academic Publishers.
- Melo, L., Cañada-Cañada, F., González-Gómez, D., & Jeong, J. S. (2020). Exploring Pedagogical Content Knowledge (PCK) of Physics Teachers in a Colombian Secondary School. *Educ. Sci*, 10(12), 362, 1-15. <https://doi.org/10.3390/educsci10120362>
- Murata, A. (2011). Introduction: Conceptual overview of lesson study. In L. Hart, A. Alston, & A. Murata (Eds.), *Lesson Study research and practice in mathematics education* (pp. 1-12). Springer.
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2017). Learning about forces using multiple representations. In D. F. Treagust, R. Duit & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education, Models and Modeling in Science Education* (Vol. 10, pp. 163-182). Springer.
- Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H. E. (2017). Multiple Representations in Physics and Science Education – Why Should We Use Them? In D. F. Treagust, R. Duit & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education, Models and Modeling in Science Education* (Vol. 10, pp. 1-22). Springer.
- Prain, V., Tytler, R., & Peterson, S. (2009). Multiple representation in learning about evaporation. *International Journal of Science Education*, 31(6), 787-808. <https://doi.org/10.1080/09500690701824249>
- 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. (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., & Tomkelski, M. L. (2022). Meanings of mathematics teaching forged through reflection in a lesson study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(9), em2151, 1-15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12325>
- 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.
- Rodrigues, M. A. (2019). *Estudo de aula em comunidades de prática para o ensino de física: um estudo de caso em Teresina - PI*. (Tese de Doutorado em Educação - Área Concentração do Ensino de Ciências e Matemática). Universidade de São Paulo, Brasil.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>



- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Sims, L., & Walsh, D. (2009). Lesson Study with preservice teachers: Lessons from lessons. *Teaching and Teacher Education*, 25, 724-733.
- Stigler, J. W., & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: best ideas from the world's teacher for improving education in the classroom*. Summit Book.
- Tomkelski, M. L., Baptista, M., & Richit, A. (2023). Physics Teachers Learning on the Use of Multiple Representations in Lesson Study about Ohm's Law. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 427-444. <https://doi.org/10.30935/scimath/12906>
- 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. <https://doi.org/10.46312/pem.v13i33.10302>
- Wu, H. K., Lin, Y. F., & Hsu, Y. S. (2013). Effects of representation sequences and spatial ability on students' scientific understandings about the mechanism of breathing. *Instructional Science*, 41(3), 555-573. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9244-3>
- 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, EUA.
- 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. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00605a>

*

Received: December 15, 2022

Revisions Required: June 5, 2023

Accepted: June 15, 2023

Published online: June 30, 2023

