

**Argumentação em sala de aula e sua relação com os domínios do conhecimento científico<sup>+</sup>\***

---

*Natan Trovó Lino<sup>1</sup>*

SENAC

São Paulo – SP

*Lúcia Helena Sasseron<sup>1</sup>*

Departamento de Metodologia de Ensino e Educação Comparada

Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo

São Paulo – SP

**Resumo**

*Apresentamos neste artigo uma análise de como estudantes universitários articulam os domínios conceitual, epistêmico, social e material do conhecimento científico enquanto argumentam entre si durante a resolução de problemas. A coleta de dados ocorreu em aulas práticas de laboratório de Física sobre tópicos de eletricidade, sob uma abordagem investigativa, desenvolvidas com alunos do 3º ano do curso de Engenharia de Materiais de uma universidade pública estadual brasileira. Para este trabalho, gravamos, transcrevemos e investigamos as discussões ocorridas no trabalho em grupo por um trio de estudantes durante a realização de uma aula prática de laboratório. Foi possível analisar os argumentos construídos pelos estudantes, utilizando uma rubrica qualitativa para o padrão CER de um argumento (do inglês Claim, Evidence e Reasoning), e como os domínios do conhecimento científico foram mobilizados durante o processo. Os resultados evidenciaram a importância da negociação de significados para que os alunos, ao se envolverem com os domínios do conhecimento científico por meio da experimentação e da prática argumentativa, cheguem às definições almejadas. Observamos ainda que o caráter investigativo da aula permitiu uma interação discursiva frequente entre os estudantes e que eles percorreram diferentes cami-*

<sup>+</sup> Argumentation in classroom and its relationship with the domains of scientific knowledge

<sup>\*</sup> Recebido: 6 de junho de 2023.

Aceito: 19 de fevereiro de 2024.

<sup>1</sup> E-mails: [natantrovolino@gmail.com](mailto:natantrovolino@gmail.com); [sasseron@usp.br](mailto:sasseron@usp.br)

*nhos para a resolução dos problemas, mostrando não haver um caminho único para a articulação dos domínios do conhecimento científico.*

**Palavras-chave:** *Argumentação; Domínios do Conhecimento Científico; Ensino por Investigação; Ensino Superior; Laboratório de Física.*

### **Abstract**

*In this article, we present an analysis of how university students articulate the conceptual, epistemic, social, and material domains of scientific knowledge while arguing among themselves during problem solving. Data collection took place in practical physics laboratory classes on electricity topics, under an investigative approach, developed with 3rd year students of the Materials Engineering course at a Brazilian state public university. For this work, we recorded, transcribed and investigated the discussions that occurred in a group of three students during a laboratory practice. It was possible to analyze arguments constructed by the students, using a qualitative rubric for the CER standard of an argument (Claim, Evidence and Reasoning), and how the domains of scientific knowledge were mobilized during the process. The results showed the importance of negotiating meanings so that students, when involved with the domains of scientific knowledge through experimentation and argumentative practice, reach the desired definitions. We also observed that the investigative character of the class allowed frequent discursive interaction among students and that they took different paths to solve problems, showing that there is not a single way to articulate the domains of scientific knowledge.*

**Keywords:** *Argumentation; Domains of Scientific Knowledge; Inquiry-based Teaching; Higher Education; Physics Laboratory.*

## **I. Introdução**

As ideias sobre o ensino de ciências que guiam as pesquisas na área vêm sofrendo mudanças ao longo dos anos: de uma perspectiva de abordagem fortemente pautada em conceitos, passou para uma abordagem das ciências por meio de atividades experimentais (do tipo *hands on*), chegando, no momento atual, à abordagem das ciências como prática e, por isso, conceitos, processos e procedimentos sendo indissociáveis (Duschl, 2008; Osborne, 2014; Sasseron, 2018). Tais mudanças são importantes, pois, se efetivadas em sala de aula, podem permitir que os estudantes entendam os valores, teorias e métodos próprios da ciência,

assim como a própria constituição deles pela comunidade científica. Reconhecer, por exemplo, o *status* provisório de aspectos do conhecimento científico, pode desenvolver a capacidade dos estudantes de lidar com incertezas quando tiverem que fazer suas próprias escolhas e decisões. Para desenvolver habilidades de tomada de decisão, os estudantes precisam aprender a raciocinar, avaliar e pesar as provas com competência (Osborne, 2023; Osborne *et al.*, 2022; Feinstein; Waddington, 2020; Maloney; Simon, 2006). Em outras palavras, desenvolver a capacidade de se envolver em argumentação, tema diretamente relacionado com este trabalho.

Práticas relacionadas à investigação, à argumentação e à modelagem são importantes para a promoção da alfabetização científica dos estudantes de diferentes níveis de educação (Jiménez-Aleixandre; Crujeiras, 2017), capazes de auxiliar na compreensão de como acontece o fazer científico. Para Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017), a investigação, a argumentação e a modelagem são classificadas como práticas epistêmicas, ou seja, são práticas relacionadas à forma como evidenciamos o que sabemos ou porque estamos convencidos do que sabemos. Desenvolver atividades que correlacionem estas práticas pode ajudar a criar oportunidades para a resolução de problemas, avaliação e coordenação de dados, evidências e alegações, e também a construção de entendimentos pelos estudantes.

Considerando essas ideias, aprender ciências supõe, entre outras coisas, aprender a argumentar, ou seja, construir e avaliar explicações com base em evidências (Wang, 2019; González-Howard, 2019; Chen; Benus; Hernandez, 2019). A avaliação do conhecimento a partir de evidências faz parte do trabalho científico (González-Howard; McNeill, 2020; Longino, 2017; Carlsen, 2007). Dessa forma, também se torna necessário que as metodologias utilizadas para o estudo da argumentação levem em conta o seu caráter de prática, dando atenção aos processos de construção do argumento. Tais processos demandam o envolvimento dos sujeitos com aspectos conceituais, epistêmicos, sociais e materiais da ciência, definidos por pesquisadores como domínios do conhecimento científico (Duschl, 2008; Stroupe, 2015).

Nesse sentido, uma ferramenta que tem sido utilizada já há alguns anos para a análise de discursos é o padrão de argumento proposto por Toulmin (Toulmin, 2006; Erduran; Simon; Osborne, 2004; Erduran, 2007; Sá, 2006; Sá; Queiroz, 2007; Braga; Martins; Conrado, 2019). Há, ainda, trabalhos que avançam as ideias propostas por Toulmin (2006) e propõem alterações nesse padrão para seu uso mais apropriado em contextos de ensino e aprendizagem de ciências, tal como o padrão CER (Sasseron, 2020; Short; Van Der Eb; Mckay, 2020; McNeill; Krajcik, 2008), que foi o padrão escolhido para compor a análise dos dados deste trabalho.

No âmbito da Educação em Ciências, muitos dos referenciais que pesquisam argumentação (Sasseron, 2020; Short; Van Der Eb; Mckay, 2020; Ramos; Mendonça; Mozzer, 2019; Wang, 2019; González-Howard, 2019; Chen; Benus; Hernandez, 2019; González-Howard; McNeill, 2020; McNeill; Krajcik, 2008), ensino de ciências por

investigação (Sasseron; Souza, 2019; Isik-Ercan, 2020; Concannon *et al.*, 2020; Carvalho, 2010; Faria; Vaz, 2019; Porto; Amantes; Hohenfeld, 2020, entre outros) e os domínios do conhecimento científico (Franco; Munford, 2020; Nascimento, 2018; Furtak *et al.*, 2012; Franco, 2021; Duschl, 2008; Stroupe, 2015) têm realizado suas análises e discussões a partir de situações de ensino no contexto da educação básica. Entretanto, entendemos ser possível estabelecer conexões dessas ideias, exploradas no contexto da educação básica, com situações de ensino no nível superior (Braga; Martins; Conrado, 2019; Sá, 2006; Sá; Queiroz, 2007; Kelly; Takao, 2002; Tabosa; Perez, 2021; Silva, 2011; Silva; Sasseron, 2021), pois ambos os contextos podem nos permitir discutir as maneiras como os sujeitos interpretam, analisam e constroem entendimentos sobre os conceitos científicos e as maneiras como a ciência se desenvolve.

Estudos já demonstraram que o ensino por investigação é uma abordagem viável não apenas para a educação básica, mas também para o contexto de aulas do ensino superior (Tabosa; Perez, 2021; Silva, 2011). De acordo com Silva (2011), professores universitários que já desenvolveram atividades de laboratório pautadas no ensino por investigação identificaram que essa é uma abordagem didática capaz de mobilizar conceitos e princípios da pesquisa científica pelos estudantes, além de poder engajá-los mais intensa e significativamente no trabalho de sala de aula quando comparada com atividades conduzidas por roteiros fechados.

Embora não seja um tema novo, poucas pesquisas na área relacionam a argumentação, sobretudo numa perspectiva qualitativa, com o desenvolvimento dos domínios do conhecimento científico (Soares; Trivelato, 2019; Franco; Munford, 2020; Stroupe, 2015; Duschl, 2008; Franco, 2021).

Partindo dessas ideias, com o presente trabalho buscamos responder à seguinte questão: Durante atividades experimentais em aula de laboratório de Eletricidade, do curso de Engenharia dos Materiais, como os domínios do conhecimento científico mobilizados contribuem para a qualidade da argumentação?

Para responder a esta pergunta, apresentamos uma discussão de estudos teóricos sobre argumentação e os domínios do conhecimento científico, buscando evidenciar relações entre eles, e realizamos um estudo, à luz desses referenciais, de uma aula prática de laboratório de Física que foi desenvolvida com estudantes de ensino superior, do 3º ano do curso de Engenharia de Materiais, de uma universidade pública estadual do estado de São Paulo.

## **II. Ensino por investigação**

O ensino por investigação é uma abordagem didática capaz de reunir diversas estratégias, das mais inovadoras às mais tradicionais, em que o trabalho do professor implica na efetiva participação dos estudantes na resolução de problemas, atuando como agentes na construção de entendimentos sobre como as ciências compreendem os fenômenos do mundo

natural. Como apontado por Sasseron (2015), trata-se de uma forma de trabalho que pode ser utilizada pelo professor para fazer com que a turma se engaje com as discussões e, enquanto estão em contato com fenômenos naturais e situações a eles relacionadas na busca por resoluções de problemas, desenvolvem práticas e raciocínios de exploração, análise e avaliação bastante utilizadas na prática científica.

No ensino por investigação o professor confere oportunidades para que os estudantes possam participar das discussões de sala de aula, propor ideias sobre problemas de ciências e interagir entre si, com o professor e com o material didático. Através da liberdade para elaborar hipóteses, desenvolver planos de trabalho e analisar resultados para a resolução de problemas de ciências, os estudantes adquirem papel ativo e central na aprendizagem.

Pesquisadores no âmbito da Educação em Ciências têm debatido sobre a importância de permitir aos estudantes o contato com práticas semelhantes às dos cientistas (Concannon *et al.*, 2020; Ferreira; Corrêa; Silva, 2019; Jiménez-Aleixandre; Crujeiras, 2017; Stroupe, 2015; Duschl, 2008, e outros). O que se espera com o desenvolvimento de tais práticas não é a formação de cientistas, mas sim que, a partir do envolvimento com elas, os estudantes estejam mais familiarizados e aptos a fazer análises críticas e consigam atuar na sociedade, argumentando e se posicionando. Tais práticas podem ser potencialmente experimentadas pelos estudantes em atividades que se apoiam no ensino por investigação como abordagem didática.

Apoiamo-nos nas ideias de Sasseron (2015) de que o ensino por investigação “extravasa o âmbito de uma metodologia de ensino apropriada apenas a certos conteúdos e temas, podendo ser colocada em prática nas mais distintas aulas, sob as mais diversas formas e para os diferentes conteúdos” (p. 58) e consideramos que esta abordagem didática é adequada para articular conceitos estudados na educação básica como também em cursos de ensino superior, uma vez que os elementos a serem investigados são elementos da ciência e não apenas de uma determinada etapa da educação formal. No ensino superior os estudantes podem, inclusive, desenvolver raciocínios com elementos mais abstratos e utilizar ferramentas matemáticas mais avançadas para elaborar conclusões e construir entendimento sobre os conceitos (Ponte; Mata-Pereira; Henriques, 2012).

As principais diretrizes que definem uma atividade investigativa são o grau de liberdade intelectual conferido ao aluno a partir do planejamento da atividade e o problema proposto (Carvalho, 2018). Em seu trabalho, Carvalho (2018) discorre sobre os diferentes graus de liberdade oferecidos aos alunos pelo professor em *atividades experimentais* e ainda apresenta, de forma adaptada, como os graus de liberdade também podem aparecer em atividades de *resolução de problemas de lápis e papel* e em aulas nas quais se *introduz textos de História das Ciências*.

Apesar do nosso conjunto de dados compreender gravações de estudantes envolvidos em atividades experimentais de Física, como descrito na introdução de nosso trabalho, o caráter investigativo da aula de laboratório analisada não se caracteriza pelos aspectos

práticos das atividades, mas sim pela resolução de problemas do tipo *lápiz e papel* (Carvalho, 2018) que são contextualizados pelas diferentes etapas das atividades experimentais e têm algum grau de liberdade intelectual que permite classificá-la como investigativa. Detalhamos e justificamos de modo mais enfático esse aspecto na seção de Metodologia. Por ora, apresentamos quais são os graus de liberdade em aulas de resolução de problemas do tipo *lápiz e papel* (Quadro 1).

Quadro 1 – Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em aulas de resolução de problemas do tipo *lápiz e papel* (Carvalho, 2018).

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	A/P	A	A
Resolução do problema	A	A	A	A	A
Análise dos resultados	(quando existe) P	P/A/ Classe	P/A/ Classe	P/A/ Classe	P/A/ Classe

Nesta proposta (Quadro 1), os graus 1 e 2 estão enquadrados na abordagem didática tradicional, em que o problema e as hipóteses possuem grande ou total influência do professor sobre o trabalho dos alunos, deixando uma menor abertura para discussões. Os graus 3, 4 e 5, por sua vez, representam metodologias investigativas, uma vez que são situações em que os estudantes têm autonomia para elaborar hipóteses, participar na tomada de decisões para a resolução do problema e discutir com os colegas sobre os conteúdos estudados, cabendo a eles a decisão de chamar ou não a participação do professor. Definir quais ideias estão corretas ou não é uma etapa prevista para a última fase da atividade, com a participação do professor e dos demais alunos debatendo e sistematizando os diferentes raciocínios elaborados pela turma.

Em atividades com maior grau de liberdade intelectual, tal como no ensino por investigação, os estudantes podem dialogar e negociar significados com os seus pares e com o professor enquanto propõem hipóteses, resoluções para os problemas e analisam os resultados encontrados, ou seja, podem envolver-se com a prática argumentativa. Em outras palavras, argumentação é um dos desdobramentos do ensino por investigação. Na seção a seguir discutimos a importância da argumentação em sala de aula e como ela se desenvolve, sobretudo em aulas de disciplinas científicas que possuem o ensino por investigação como abordagem didática.

### III. Argumentação em sala de aula

Já não é recente que muitos estudos em Educação em Ciências acerca do desenvolvimento conceitual tenham mudado sua ênfase da investigação dos esquemas cognitivos dos indivíduos para os estudos do discurso interativo e a co-construção de

conceitos na linguagem natural, ou seja, na forma como falamos, escrevemos e nos comunicamos (Carlsen, 2007). Surge, então, a necessidade de encontrar ferramentas e métodos capazes de analisar e documentar a linguagem falada e seu contexto (Lemke, 1990) – em nosso caso, em situações formais de ensino.

Para Wilson (1999), é importante o envolvimento dos alunos nas discussões de sala de aula para que eles possam construir entendimentos sobre os conhecimentos conceituais mais abstratos. Segundo o autor,

*(...) os alunos podem enfrentar desvantagens nas salas de aula nas quais práticas discursivas são controladas pelo professor e dominadas por um extenso diálogo triádico sobre alegações de conhecimento fornecidas pelos alunos, pelo professor ou pelo texto (Wilson, 1999, p. 1080).*

O aprendizado de ciências envolve a construção e o uso de ferramentas que são fundamentais para geração de conhecimento sobre o mundo natural (Erduran, 2007). Nesse contexto, a argumentação é um meio significativo para a construção de entendimento do conhecimento científico, pois demanda que os sujeitos ponderem sobre diferentes temas e tomem uma posição frente ao que está sendo debatido.

Neste trabalho, entendemos a argumentação como um processo dialógico que se expressa na defesa e negociação de ideias, concepções, posturas ou decisões sobre um assunto. Relaciona-se, tal como aponta Sasseron (2015), com uma forma básica de pensamento que, quando explicitada, permite evidenciar e avaliar os processos de construção de entendimentos de ideias, conceitos, procedimentos e posições.

Os conhecimentos científicos são resultados de um processo de investigação, interpretação, análise de dados, elaboração de hipóteses à luz de observações, comunicação e discussão com a comunidade científica (González-Howard; Mcneill, 2020; Longino, 2017; Carlsen, 2007). A argumentação, por sua vez, é fundamental para a construção desses conhecimentos, uma vez que as ideias propostas e discutidas devem estar apoiadas por evidências e justificativas plausíveis que sustentem o que está sendo dito (González-Howard; Mcneill, 2020). Dessa maneira, os conhecimentos científicos são construídos em processos argumentativos e explorar a argumentação em sala de aula é um modo de explorar características da ciência (Sasseron, 2020).

No âmbito do ensino de ciências, a prática argumentativa pode estar presente em diversas situações: seja em aulas com abordagens mais tradicionais ou de ensino por investigação, em seminários, na construção textual de redações e avaliações, nas discussões de temas polêmicos e controversos ou, até mesmo, em aulas de laboratório, favorecendo a educação científica da educação básica ao ensino superior (Braga; Martins; Conrado, 2019; Sá, 2006).

Trabalhos como os de Sá (2006) e Sá e Queiroz (2007) já evidenciaram a possibilidade do trabalho da argumentação com estudantes de ensino superior. Sá e Queiroz (2007), ao investigarem um estudo de caso através do modelo de argumento de Toulmin

(2006), analisam como a qualidade da argumentação de graduandos do curso de bacharelado em química se desenvolveu e demonstram que a argumentação pode ser uma boa ferramenta para desenvolver o raciocínio dos estudantes também no contexto do ensino superior.

Destacamos ainda que em aulas em que os estudantes têm liberdade para interagir com os seus pares e com os materiais à sua disposição, assim como em nosso conjunto de dados (aulas de laboratório com caráter investigativo), a argumentação é mais propícia a ser desenvolvida (Wang, 2019; Carvalho, 2018). Wang (2019) está certo de que os estudantes estarão mais ativamente engajados em aprimorar seus argumentos quando são dadas oportunidades de gerar, coletar e analisar seus próprios dados do que observando os dados de terceiros.

Embora muitos trabalhos abordem a argumentação na perspectiva da educação básica (Sasseron, 2020; Short; Van Der Eb; Mckay, 2020; Erduran; Simon; Osborne, 2004; McNeill; Krajcik, 2008; entre outros), consideramos que muitas das discussões, conclusões ou até mesmo ferramentas de análise propostas por tais autores são igualmente relevantes para investigar as interações de estudantes no ensino superior, uma vez que ambos os contextos podem nos permitir discutir as maneiras como os sujeitos interpretam, analisam e constroem entendimentos sobre os conceitos científicos.

Nas últimas décadas, diversos estudos se concentraram na análise do discurso da argumentação em diferentes contextos para o ensino das ciências (por exemplo, Kelly; Chen, 1999; Lawson, 2003; Erduran; Simon; Osborne, 2004; Fernandes; Rodrigues; Ferreira, 2020; Sandoval *et al.*, 2019; Wang, 2019; Braga; Martins; Conrado, 2019). Muitos deles se basearam no Padrão de Argumento elaborado por Toulmin (2006), como é o caso o padrão CER, uma alteração do padrão de Toulmin para seu uso em situações de ensino de ciências.

### **III.1 Padrão CER de um argumento**

A sigla CER surge das palavras em inglês Claim (C), Evidence (E) e Reasoning (R), cujas traduções para o português podem ser Alegação, Evidência e Raciocínio, respectivamente. A *alegação* corresponde a uma declaração que responde uma questão ou problema. A *evidência* constitui as informações ou os dados científicos que apoiam a alegação. Para elaborar um bom argumento, os dados precisam ser apropriados, relevantes para o problema e suficientes para apoiar a alegação. Por fim, *raciocínio* é uma justificativa que vincula a *alegação* e a(s) *evidência(s)* (costuma aparecer precedido de conectores como “porque”, “então”, “já que”, etc). Em outras palavras, o *raciocínio* mostra porque os dados contam como evidência, que muitas vezes requer o uso de princípios científicos e generalizações. Os princípios científicos muitas vezes podem ajudar os alunos a determinar quais dados contam ou não como evidência para uma alegação específica.

Visando a avaliar as explicações escritas dos alunos, McNeill e Krajcik (2008) desenvolveram uma rubrica de explicação geral ou básica para pontuar as explicações científicas em diferentes conteúdos e tarefas de aprendizagem. A rubrica inclui os três



componentes de uma explicação científica de acordo com o padrão CER (alegação, evidência e raciocínio) e oferece orientação para pensar sobre três diferentes níveis de desempenho dos alunos para cada componente. As autoras ressaltam que a rubrica base (Quadro 2) pode ser adaptada para criar uma rubrica específica para uma tarefa particular.

Quadro 2 – Rubrica Base para o Padrão CER (Mcneill; Krajcik, 2008).

Componente	Níveis		
	0	1	2
<b>Alegação:</b> Uma conclusão que responde à pergunta original	Não faz uma alegação ou faz uma alegação imprecisa.	Faz uma alegação precisa, mas incompleta.	Faz uma alegação precisa e completa.
<b>Evidência:</b> Dados científicos que apoiam a alegação. Os dados precisam ser apropriados e suficientes para apoiar a alegação.	Não fornece evidências ou apenas fornece evidências inadequadas (evidências que não sustentam a alegação).	Fornecer evidências apropriadas, mas insuficientes para apoiar a alegação. Pode incluir alguma evidência inadequada.	Fornecer evidências adequadas e suficientes para apoiar a alegação.
<b>Raciocínio:</b> Uma justificativa que vincula a alegação e as provas. Mostra por que os dados contam como evidência, usando princípios científicos adequados e suficientes.	Não fornece raciocínio ou apenas fornece raciocínios que não vinculam evidências a alegações.	Fornecer raciocínio que vincula a alegação e as evidências. Repete a evidência e / ou inclui alguns princípios científicos, mas não o suficiente.	Fornecer raciocínio que vincula a evidência à alegação. Inclui princípios científicos adequados e suficientes.

Um argumento de melhor qualidade, de acordo com a estrutura CER, consiste em um argumento que consegue alcançar, simultaneamente, altos níveis de coerência e complexidade estrutural (Bernat; Ferrandis; Gómez, 2019).

Embora proposta inicialmente para analisar argumentos escritos (Mcneill; Krajcik, 2008), a estrutura CER pode ampliar sua funcionalidade também para o discurso oral. Na pesquisa em Educação em Ciências, alguns autores tiveram resultados interessantes ao empregarem a estrutura CER para analisar a construção de argumentos pelos estudantes em sala de aula (Mcneill; Krajcik, 2008; Sasseron, 2020; Short; Van Der Eb; McKay, 2020), seja na linguagem escrita ou falada.

A partir da leitura dos trabalhos que utilizaram a estrutura CER para análise de argumentos, verificamos seu potencial para estudo da linguagem falada e escrita, e optamos por esta estrutura para a análise e discussão dos nossos dados. A escolha pelo padrão CER se justifica por tratar-se de uma estrutura menos complexa, em comparação ao proposto por Toulmin (2006), por exemplo, o qual apresenta algumas ambiguidades, e por apresentar uma estrutura e rubrica que permitem adaptações de acordo com as diferentes atividades propostas, ampliando nossas discussões e contribuições com a pesquisa.

Para que os estudantes desenvolvam sua capacidade de argumentar, em contextos educacionais, também é necessário que eles se envolvam com os diferentes aspectos do conhecimento científico, relacionados aos domínios conceitual, epistêmico, social e material (Duschl, 2008; Stroupe, 2015). Discutimos nas próximas seções como esses aspectos, denominados domínios do conhecimento científico, podem ser trabalhados no contexto da sala de aula e as suas possíveis relações com a prática argumentativa.

#### **IV. Domínios do conhecimento científico**

Ao analisar produções em Educação em Ciências, Psicologia Cognitiva e Social e em História, Sociologia, Antropologia e Filosofia das Ciências, Duschl (2008) propôs três domínios do conhecimento científico a serem considerados ao se estabelecer um ambiente de aprendizagem que busque promover a incorporação e avaliação da investigação científica em contextos educacionais, os domínios: *conceitual*, caracterizado pelos conhecimentos legitimados na ciência, trabalhados em sala de aula, e pelos processos cognitivos usados ao raciocinar cientificamente; *epistêmico*, que representa as maneiras como os sujeitos demonstram como e por que estão convencidos do que sabem; e *social*, que está vinculado às normas e práticas estabelecidas como essenciais para a atividade científica, correspondendo à investigação, à argumentação e à modelagem de fenômenos.

Complementarmente às ideias de Duschl (2008), Stroupe (2015) propõe um quarto domínio do conhecimento científico, o *domínio material*: relacionado à criação, à adaptação e ao uso de ferramentas, tecnologias e outros recursos materiais para apoiar o trabalho intelectual da prática científica. Enfatizamos que o domínio material não compreende simplesmente o uso de materiais (físicos ou simbólicos) e execução de etapas experimentais, mas também o uso e a execução consciente de tais recursos para auxiliar os estudantes no processo de avaliação dos dados e das informações coletadas para construção do conhecimento.

Assimilando os conceitos dos domínios do conhecimento científico e as componentes da estrutura CER de um argumento, identificamos a seguir como os domínios podem se apresentar de acordo com a rubrica proposta por McNeill e Krajcik (2008).

## V. Argumentação e domínios do conhecimento científico

Trabalhar a argumentação em sala de aula, mesmo que de maneira implícita, como na resolução de um problema de ciências em uma atividade investigativa, pode intensificar o engajamento e a articulação dos estudantes com os domínios do conhecimento científico (Franco; Munford, 2020; Sasseron, 2020; Stroupe, 2015; Duschl, 2008).

A argumentação por si só é uma grande prática dos domínios social e epistêmico, uma vez que propicia que os sujeitos tornem públicas as suas ideias e entendimentos científicos, seja por meio da linguagem escrita ou falada, que respondam uns aos outros ou a uma pergunta posta por determinada atividade, e, a partir disso, os demais sujeitos podem concordar, discordar e até mesmo avaliar e refutar o que está sendo dito, apresentando argumentos contrários – práticas caracterizadas pelos domínios social e epistêmico. Porém, participar da prática argumentativa e construir bons argumentos pode significar, também, o envolvimento dos sujeitos com os domínios conceitual, material e outros aspectos do domínio epistêmico.

Tomando por base a estrutura CER e a Rubrica Base para o Padrão CER (Quadro 2), propostas por McNeill e Krajcik (2008), podemos igualmente identificar elementos dos outros domínios dentro do que se classifica como um bom argumento. Numa *alegação* de maior nível (McNeill; Krajcik, 2008), em que se apresenta uma declaração precisa e completa, o sujeito está manifestando uma conclusão que responde a uma pergunta ou questionamento feito por algo ou alguém. Por sua parte, o estabelecimento de conclusões está pautado como uma prática do domínio epistêmico (Franco; Munford, 2020). Outrossim, a partir do momento em que essa *conclusão/alegação* é validada e legitimada pela comunidade, seja a comunidade científica ou o grupo em questão, essa conclusão passa a ser um conhecimento do domínio conceitual. Similarmente, é possível relacionarmos a componente *evidência* com práticas dos domínios material e epistêmico. Fornecer evidências adequadas e suficientes para apoiar uma alegação, implica utilizar dados científicos, observações, anotações ou representações elaboradas para sustentar intencionalmente o que está sendo dito. Ou seja, inclui fazer uso de recursos materiais para auxiliar o trabalho intelectual, prática característica do domínio material, no processo de comunicação de ideias e raciocínios, uma prática do domínio epistêmico. No que concerne à componente *raciocínio*, podemos identificar aspectos próprios dos domínios epistêmico e conceitual. Um raciocínio de maior nível deve fornecer uma justificativa capaz de vincular a evidência à alegação, movimento relacionado ao domínio epistêmico. Além disso, deve incluir também princípios científicos para fundamentar o raciocínio e dar sentido aos dados utilizados como evidência, ou seja, introduzir conhecimentos do domínio conceitual.

Podemos dizer, assim, que ao elaborar bons argumentos os estudantes estarão concomitantemente envolvidos com os domínios social, epistêmico, conceitual e material, uma vez que uma boa argumentação pressupõe se conectar com práticas dos diferentes domínios do conhecimento científico.

## VI. Metodologia

Em vista das características do trabalho desenvolvido, entendemos se tratar de uma pesquisa de cunho qualitativo (Lüdke; André, 2013), pois se preocupou com a compreensão e interpretação de um fenômeno, a fim de documentar em detalhes a condução dos eventos cotidianos e identificar os significados produzidos nos sujeitos da pesquisa (Gonsalves, 2007). Segundo Erickson (2012) a pesquisa qualitativa pode valer-se de distintas fontes de dados, como notas de campos, comentários de entrevistas, documentos do local e, como em nosso caso, gravações em áudio e vídeo.

Para descrever o embasamento e o desenho metodológicos que acompanham este trabalho, retomamos nossa pergunta de pesquisa: Durante atividades experimentais em aula de laboratório de Eletricidade, do curso de Engenharia dos Materiais, como os domínios do conhecimento científico mobilizados contribuem para a qualidade da argumentação?

A fim de responder nossa pergunta de pesquisa, analisamos uma aula prática de laboratório de Física desenvolvida com estudantes de ensino superior do 3º ano do curso de Engenharia de Materiais de uma universidade pública estadual do estado de São Paulo. Essa aula foi gravada em áudio e vídeo e faz parte do acervo de dados do nosso grupo de pesquisa, o LaPEF-FEUSP (Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo), a qual vem sendo compartilhada e analisada junto a outros pesquisadores cujas pesquisas possuem enfoques distintos.

Ressaltamos que, no semestre anterior ao que a disciplina de laboratório foi ofertada, era previsto que os estudantes tivessem cursado a disciplina de Física III, a qual aborda os aspectos teóricos das atividades experimentais da aula analisada, como: materiais condutores e isolantes, primeira lei de Ohm, associação de resistores em série e paralelo e leis de Kirchhoff. Deste modo, os argumentos construídos pelos estudantes também poderiam estar baseados em conhecimentos científicos já estudados.

Ao longo do semestre letivo da disciplina de laboratório, ocorreram seis aulas práticas, sendo que para o presente trabalho apresentamos algumas das discussões ocorridas durante a primeira aula. As práticas de laboratório foram baseadas no *Tutorials in Introductory Physics* (McDermott; Shaffer, 2002), em que os estudantes são apresentados a problemas que precisam ser resolvidos. Houve adaptação do material para que as perguntas pudessem ser ainda mais abertas, no intuito de aumentar o grau de investigação da proposta (Carvalho, 2018).

Antes da realização dos procedimentos experimentais, os alunos foram solicitados a elaborar previsões sobre determinados problemas experimentais. Caracterizamos estas previsões como problemas do tipo *lápiz e papel*, com uma abordagem investigativa com grau 3 de liberdade intelectual, como propõe Carvalho (2018), pois possibilitam que os estudantes discutam entre si, construam hipóteses para os problemas que lhes são apresentados, sem ainda manipularem os materiais experimentais, e posteriormente resolvam estes problemas através da verificação experimental e discussão com o professor e o restante da turma.

A dinâmica de aula foi a mesma em todas as práticas: os alunos trabalhavam em trios, com a formação do grupo mantida em todas as aulas; e o trabalho prático tinha pouca interferência do professor, já que este se limitava a apresentar a atividade e a sanar dúvidas dos grupos. Todos os participantes assinaram termos de consentimento livre e esclarecido informando anuência em participar deste processo, inclusive o professor e os monitores da disciplina.

Para este trabalho transcrevemos as discussões ocorridas em um dos grupos<sup>2</sup> durante a realização das atividades do tema “Introdução aos Circuitos Elétricos”. Para este processo, utilizamos as normas de transcrição propostas por Preti (2000).

O grupo escolhido para a análise foi um trio de estudantes que esteve presente em todas as aulas gravadas, que não alterou os integrantes do grupo durante o curso, mas que revezou os responsáveis pela montagem dos circuitos e da redação do relatório a cada aula. Além disso, após uma primeira análise das aulas e discussões com o pesquisador que realizou a coleta dos dados, o grupo que escolhemos para compor nossa análise foi o que menos teve interferências do professor durante as atividades e buscou trabalhar entre si, estando de acordo com a proposta das aulas de conceder maior liberdade intelectual aos estudantes (Carvalho, 2018).

A partir da transcrição dos dados, investigamos as interações discursivas entre os estudantes buscando evidências de argumentação e articulação dos domínios do conhecimento científico. Para organização dos dados, construímos quadros com as transcrições e categorizações dos argumentos e dos domínios do conhecimento científico, apresentados na seção seguinte nos quadros 3 e 4. Nestes quadros, dedicamos uma coluna para os “Turnos”, em que numeramos os turnos de acordo com a ordem cronológica que ocorreram durante a aula analisada. Em seguida, incluímos uma coluna de “Falas Transcritas”, em que apresentamos a transcrição da fala dos alunos, do professor ou dos monitores. Por fim, temos a coluna “Componentes da Estrutura CER”, em que categorizamos as marcas de argumentos construídos nos turnos a partir da rubrica qualitativa desenvolvida por McNeill e Krajcik (2008) (Quadro 2), e a coluna “Domínios do Conhecimento Científico”, em que, a partir das definições de Duschl (2008) e Stroupe (2015), categorizamos a mobilização dos domínios do conhecimento científico pelos estudantes. O nível da qualidade do componente do argumento foi expresso na frente do nome de cada componente, entre parênteses: “Alegação (2)” significa uma alegação de nível 2, por exemplo. Além disso, em determinados turnos de interação mesclamos as células correspondentes a diferentes domínios do conhecimento científico para representar que o envolvimento dos estudantes com estes domínios se evidenciou não apenas em um único turno, mas também como consequência do processo interativo dos estudantes, abarcando vários turnos dentro dos episódios de ensino. As siglas DC, DE, DS e DM presentes nos quadros de interações (quadros 3 e 4) correspondem aos

<sup>2</sup> Alteramos os nomes dos integrantes do grupo por pseudônimos, de modo a preservar suas identidades.

domínios conceitual, epistêmico, social e material do conhecimento científico, respectivamente.

Entendemos que, a partir da categorização das informações, torna-se possível a análise dos dados e a identificação de relações entre a qualidade da argumentação e o envolvimento dos estudantes com os domínios do conhecimento científico.

## VII. Análise

A partir da transcrição das interações discursivas ocorridas na primeira aula, selecionamos dois episódios de ensino para comporem nossa análise, os quais correspondem aos seguintes tópicos conceituais: “Circuito Simples” e “Circuitos em Paralelo”.

### VII.1 Circuito Simples

**Previsão solicitada aos alunos:** “Como você pode fazer para descobrir se um material é condutor ou isolante utilizando apenas o circuito da Fig.1.5?”.

Apresentamos na Fig. 1 o circuito mencionado na previsão como “Fig.1.5”.

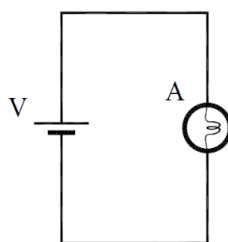


Fig. 1 – Circuito com uma lâmpada (Catunda; Costa; Sanches, 2019).

Quadro 3 – Quadro de Interações 1: Envolvimento com o tópico “Circuito Simples”.

Turnos	Falas Transcritas	Componentes da Estrutura CER	Domínios do Conhecimento Científico			
			DC	DE	DS	DM
1	<b>Léia:</b> “Como você pode fazer para descobrir se um material é condutor ou isolante utilizando apenas o circuito da Fig.1.5?” (Trecho lido do Livro de Práticas) Ahh, se ele for isolante, a lâmpada não vai acender.	Alegação (1): Se for isolante, a lâmpada não acende. Evidência (2): Utiliza a lâmpada e o brilho como evidência.				
2	<b>Tobias:</b> Para de brilhar. Quanto maior a condutividade, maior o brilho, né?	Alegação (1): Se for isolante, a lâmpada não acende/ para de brilhar.				

		Raciocínio (1): Generalização incompleta “Quanto maior a condutividade, maior o brilho” (conceito).  Evidência (2): Utiliza a lâmpada e o brilho como evidência.			
3	<b>Léia:</b> Sim				
4	<b>Professor:</b> (Professor vai até o grupo) Ó pessoal, tem uma parte aí que é pra vocês testarem se o material é condutor ou não. Então vocês podem usar esse tipo de suporte aqui, ó. Certo? Lembrando que isso aqui é um fio metálico, tá? Aí vocês podem tá utilizando isso aqui. E aqui, ó, eu só peço pra vocês terem um pouquinho de cuidado. Aqui tem grafite, tá. Então grafite, por favor, se deixar cair, esse quebra. (Professor deixa o grupo)				
5	<b>Léia:</b> Aonde tão essas coisas? Tão todas ali. Mas se ele for isolante, só isolante ou condutor, se é isolante não brilha e se é condutor brilha.	Alegação (1): Se é isolante não brilha e se é condutor brilha.			

Em nossa classificação, pontuamos como nível 1 a alegação trazida pelos estudantes, pois eles forneceram uma declaração precisa, embora incompleta, ao afirmarem que “se é isolante (o material) não brilha (a lâmpada) e se é condutor brilha”, mas não alegam que o material deve ser inserido em série no circuito. Classificamos como nível 2 a evidência utilizada pelos estudantes, porque eles formularam a resposta utilizando a lâmpada do circuito e seu brilho como evidência (turnos 1 e 2), sendo uma evidência adequada e suficiente para apoiar a alegação. Finalmente, classificamos o raciocínio com o nível 1, porque eles vincularam suas evidências à afirmação repetindo que a lâmpada para de brilhar quando o material é isolante e justificando que “quanto maior a condutividade, maior o brilho” (Tobias no turno 2), o que configura uma generalização incompleta. De acordo com a nossa classificação, um raciocínio de nível 2 demandaria que os estudantes incluíssem em sua resposta que: “o brilho da lâmpada é um indicador da corrente elétrica: se ela brilha há corrente e se não brilha não há corrente ou ela é muito baixa. No circuito em série a corrente que percorre os componentes é a mesma. Assim, se a lâmpada brilhar, há corrente passando pelo material e significa que ele conduz corrente elétrica”.

A análise deste trecho revelou que os estudantes construíram coletivamente suas respostas. Neste episódio verificamos Léia e Tobias complementando suas ideias na elaboração do argumento: ao passo que Léia faz a primeira alegação e utiliza o brilho da lâmpada como evidência, Tobias, complementarmente, expõe um raciocínio no turno 2 que justifica o vínculo da alegação e a evidência. Raciocínio este que vem a ser negociado e aceito pelo grupo.

Por sua vez, as articulações entre os domínios do conhecimento científico iniciaram quando Léia, no turno 1, apresentou a alegação de que se o material for isolante a lâmpada não acenderia. Neste momento, identificamos que ela se baseou em um entendimento conceitual prévio sobre materiais isolantes, aqueles que não conduzem corrente elétrica, e o aplicou para a resolução do problema, ou seja, iniciou um processo cognitivo de busca de entendimento sobre o fenômeno investigado e mobilizou o domínio conceitual. Além disso, a proposição de uma resposta de Léia para o problema configurou sua mobilização do domínio epistêmico e do domínio social, pois expôs sua alegação para a validação pelo grupo.

Em seguida, no turno 2, Tobias mobilizou o domínio conceitual ao relacionar a intensidade do brilho de uma lâmpada como um indicador da corrente elétrica, justificando o porquê de a lâmpada parar de brilhar quando é inserido um componente isolante no circuito. Ademais, a ação de apresentar uma justificativa para o argumento do grupo, se apoiando em conhecimentos conceituais, também caracterizou a mobilização dos domínios epistêmico e social por Tobias. Complementando a afirmação de Tobias, Léia ainda declara que “se é isolante não brilha e se é condutor brilha” (turno 5). Os estudantes, no entanto, não consideram que o material deve ser inserido em série no circuito, deixando a resolução incompleta.

Os domínios epistêmico e social do conhecimento científico estão presentes desde o turno 1 pois neste momento um integrante inicia a resolução do problema, propondo uma resposta através de uma alegação que é comunicada ao grupo e questionada pelos demais integrantes até a etapa da validação, concretizada no turno 5. Por se tratar de um recorte do momento em que estão respondendo às previsões, identificamos que muitos turnos enquadram-se nos domínios epistêmico e social, pois buscam responder aos questionamentos que lhes são apresentados de maneira coletiva e, em diversos momentos, crítica. Sendo a resolução do problema uma ação processual e conjunta, marcada pelos domínios epistêmico e social, em nossa análise nós mesclamos as células dos turnos em que surgem estes domínios como uma maneira de representar esta ação.

## **VII.2 Circuito em Paralelo**

**Previsão solicitada aos alunos:** “Como a corrente da fonte irá variar se o número de lâmpadas conectadas em paralelo aumentarem?”.

Apresentamos na Fig. 2 o circuito referente à segunda previsão.



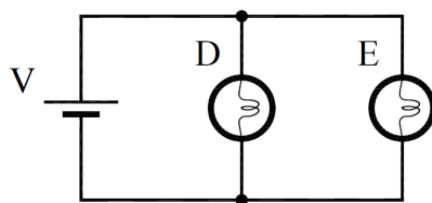


Fig. 2 – Esquema do circuito com duas lâmpadas em paralelo (Catunda; Costa; Sanches, 2019).

Quadro 4 – Quadro de Interações 2: Envolvimento com o tópico “Circuitos em Paralelo”.

Turnos	Falas Transcritas	Componentes da Estrutura CER	Domínios do Conhecimento Científico			
			DC	DE	DS	DM
6	<b>Tobias:</b> Nossa, podia ter isso no Ensino Médio mesmo, né? Muito ruim de entender como funciona esses negócios.					
7	<b>Léia:</b> “Como a corrente da fonte irá variar se o número de lâmpadas conectadas em paralelo aumentarem?” (Trecho lido do Livro de Práticas). A corrente vai aumentar?	Alegação (1): A corrente irá aumentar.				
8	<b>Tobias:</b> Sim, né?					
9	<b>Léia:</b> Quanto maior o número de lâmpadas...	Raciocínio (1): quanto maior o número de lâmpadas em paralelo, maior a corrente total do circuito.				
10	<b>Oswaldo:</b> Tá viciada nisso.					
11	<b>Léia:</b> É. Ela tá com o brilho menorzinho, ó. (aponta para o circuito montado pelo grupo)	Evidência (0): o brilho das lâmpadas diminuiu.				
12	<b>Tobias:</b> Eu acho que é só impressão. Assim...	Evidência (2): o brilho das lâmpadas não se alterou.				
13	<b>Oswaldo:</b> É. Eu acho que é impressão também.					
14	<b>Léia:</b> Tá. E da onde vem esse aumento da corrente?					

15	<b>Tobias:</b> Da diminuição da resistência.	Raciocínio (2): A corrente aumenta devido à diminuição da resistência.				
16	<b>Oswaldo e Léia:</b> Ah...					
17	<b>Tobias:</b> Porque lembra, tipo...					
18	<b>Léia:</b> Faz sentido.					
19	<b>Oswaldo:</b> Você lê muito rápido. Tá no 220.					
20	<b>Léia:</b> Mas tem muita coisa.					
21	<b>Tobias:</b> É, tem muita coisa.					
22	<b>Léia:</b> Tá. “O que vocês podem inferir a respeito do comportamento da resistência total do circuito com o aumento do número de lâmpadas em paralelo?” (Trecho lido do Livro de Práticas)					
23	<b>Oswaldo:</b> A resistência diminui?					
24	<b>Léia:</b> A resistência diminui. Tá. Quer dizer que a corrente daqui é independente desse e independente dessa? (Pergunta ao grupo se a corrente total é independente das correntes dos ramos do circuito em paralelo – composto por duas lâmpadas e uma fonte de tensão).	Alegação (2): A resistência equivalente do circuito diminui.				
25	<b>Tobias:</b> A voltagem. Não, a corrente. É a corrente.					
26	<b>Léia:</b> Mas faz sentido? Eu não sei se faz sentido na minha cabeça. Porque tipo, a corrente daqui, vai depender desse e desse (Aponta para o aparato experimental compartilhando com os colegas o fato da corrente total depender das correntes de cada ramo).	Raciocínio (2): a corrente total depende das correntes de cada ramo, as quais são independentes entre si.				
27	<b>Tobias:</b> Vamos supor, a corrente dessa só atua nessa aqui e a dessa aqui só nessa aqui.					
28	<b>Léia:</b> Tá. Pode crê. Bom, vamos pensar.					

Identificamos que a qualidade da argumentação sofreu modificações ao longo da discussão neste segundo episódio. Classificamos a primeira alegação dos estudantes como uma alegação de nível 1 (turno 7), pois Léia faz uma alegação vaga ao afirmar apenas que a

corrente irá aumentar. Entretanto, após algumas discussões entre os membros do grupo, eles também afirmam que a resistência do circuito diminui (turnos 23 e 24), complementando a primeira alegação e, assim, sendo possível classificar posteriormente a alegação dos estudantes com o nível 2 (turnos 23 e 24). A evidência legitimada pelos estudantes (turnos 12 e 13) foi classificada como de nível 2 pois utilizaram a lâmpada e o seu brilho constante como uma evidência. O raciocínio foi avaliado com nível 2, pois apesar de num primeiro momento generalizarem que quanto maior o número de lâmpadas em paralelo, maior a corrente total do circuito (turno 9), em seguida o raciocínio foi complementado com a justificativa de que a resistência equivalente do circuito diminui (turno 15) e que a corrente da fonte (corrente total) depende das correntes de cada ramo (turnos 24, 25, 26 e 27). Observamos, assim, que o argumento dos estudantes foi sendo construído e aprimorado ao longo do episódio.

No turno 7, quando Léia apresentou a alegação de que a corrente da fonte irá aumentar quando o número de lâmpadas em paralelo aumentarem, identificamos que ela se baseou em outro entendimento conceitual prévio, sobre corrente elétrica e o aplicou para a resolução do problema, ou seja, mobilizou novamente o domínio conceitual, bem como os domínios epistêmico e social ao expor mais uma ideia para a validação do grupo.

Posteriormente, no turno 15, Tobias mobilizou outro conhecimento do domínio conceitual que ainda não havia sido mobilizado pelos demais estudantes, referente a concepções da primeira lei de Ohm: o aumento da corrente total do circuito devido à diminuição da resistência equivalente. Tobias articulou o domínio conceitual nesta etapa enquanto os estudantes estavam engajados em práticas dos domínios material (uso do aparato experimental para coleta de dados a serem analisados, colocando-o sob investigação, nos turnos 11, 12 e 13, e utilizando-o de apoio para resolver o problema apresentado) e epistêmico, ao construírem argumentos com dados que sustentam suas afirmações, relacionando a observação do aumento do brilho das lâmpadas, quando mais lâmpadas são adicionadas em paralelo no circuito, com a afirmação de que a corrente total aumenta porque a resistência equivalente diminui (turno 15). Tal processo também foi resultado de uma prática relacionada ao domínio social, a negociação de significados dentro da construção coletiva da afirmação, ou seja, a composição de um espaço para exposição, crítica, revisão e reelaboração de conhecimentos respeitando as normas, rotinas e estrutura do grupo. Além disso, no final do episódio os estudantes se apoiaram em outros pressupostos conceituais, relacionados a Lei de Kirchhoff (turnos 25, 26 e 27), ao justificarem que a corrente total depende das correntes de cada ramo e que são independentes entre si.

Diferente de Tobias, os alunos Oswaldo e Léia ainda não haviam associado o fenômeno em discussão com as relações estabelecidas pela primeira lei de Ohm sobre corrente e resistência elétrica. Desse modo, neste momento Léia e Oswaldo não partiram do domínio conceitual do conhecimento científico para a construção coletiva das ideias, mas sim de práticas dos domínios material, epistêmico e social. Isso se torna evidente quando Léia discute com Oswaldo a respeito do brilho da lâmpada que está sendo observado e utiliza

apenas essa evidência para responder o problema, no turno 11. Nesse sentido, as alegações de Tobias foram importantes para que os demais alunos, a partir da mobilização de aspectos vinculados aos domínios social e epistêmico, se envolvessem com este conhecimento do domínio conceitual e o articulassem com o domínio material, referente à investigação do brilho das lâmpadas, na qual Léia e Oswaldo estavam engajados. Portanto, neste episódio, a construção coletiva de uma afirmação significou utilizar e mobilizar os diferentes domínios do conhecimento entre os alunos.

Por fim, destacamos a capacidade de Tobias em relacionar a prática em execução com as aulas do Ensino Médio (turno 6), possivelmente porque essa etapa da educação é constantemente marcada pela ênfase ao domínio conceitual.

### **VIII. Discussão de resultados**

A partir dessa análise observamos diferentes maneiras pelas quais os domínios do conhecimento científico podem se relacionar entre si, também como a postura do professor pode influenciar o trabalho dos estudantes e no envolvimento deles com os domínios do conhecimento científico.

Neste artigo apresentamos e analisamos dois episódios de ensino ocorridos em um dos grupos de estudantes durante a primeira aula de laboratório para ilustrar como nossa análise foi realizada. Em nosso trabalho estendido, que é uma dissertação de mestrado, analisamos um total de doze episódios de ensino, referentes a dois grupos de alunos, e a partir desta análise identificamos que o movimento dos estudantes de apresentarem os componentes CER coletivamente para a elaboração das respostas se repetiu em mais de um episódio: um estudante faz uma alegação, outro complementa a hipótese do grupo expondo seu raciocínio, justificando o vínculo de determinada alegação com a evidência observada e negociando, em grupo, a validade da resposta.

Identificamos ainda que os estudantes do grupo percorreram diferentes caminhos ao longo das atividades, ora se envolvendo mais com o domínio conceitual, ora com ações do domínio epistêmico, social ou material, mostrando não haver, necessariamente, uma linearidade para a articulação entre os domínios.

O domínio social também emergiu quando os estudantes construía argumentos de maneira conjunta. Avaliamos, por exemplo, que o primeiro episódio foi marcado pelo domínio social quando Léia e Tobias se complementaram na elaboração da previsão e legitimaram a resposta do grupo nos turnos 2 e 5. Esse processo de intervenção e negociação coletiva na construção de afirmações, além de estar vinculada ao domínio social, é também uma prática associada ao domínio epistêmico, uma vez que marca a busca do grupo pela resolução do problema. Este movimento de negociação para a construção conjunta das hipóteses também foi identificado quando os estudantes discutiam outros problemas desta e de outras aulas.

A partir da análise destes episódios identificamos que nos momentos em que um argumento de maior qualidade foi construído, ou seja, com uma alegação, evidência e raciocínio de nível 2, os estudantes articularam os quatro domínios do conhecimento científico simultaneamente em algum momento do respectivo episódio. Também observamos que o domínio conceitual foi o domínio menos mobilizado durante as evidências dos estudantes, uma vez que é durante a exposição de ideias e raciocínios que se espera que os estudantes apresentem conceitos científicos para realizar investigações ou endossar justificativas (Mcneill; Krajcik, 2008). Além disso, os domínios epistêmico e social surgiram com alta frequência durante os episódios analisados, fenômeno possivelmente influenciado pela abertura a discussões de uma atividade com maior grau de liberdade intelectual, pois, assim, os alunos têm a liberdade de propor e negociar coletivamente suas ideias para a construção de respostas para os problemas, que, por sua vez, são ações relacionadas aos domínios epistêmico e social do conhecimento científico.

Em nenhum momento dos episódios de ensino investigados os domínios do conhecimento científico emergiram de maneira isolada, o que parece ser um indício interessante para considerar no planejamento de atividades didáticas, pautadas no envolvimento dos estudantes com práticas das ciências, que permitem o contato dos estudantes com mais elementos do conhecimento científico. Em todos os momentos eles apareceram, minimamente, aos pares: “domínio epistêmico + domínio social”, “domínio epistêmico + domínio material + domínio social”, “domínio epistêmico + domínio conceitual + domínio social” ou “domínio epistêmico + domínio conceitual + domínio social + domínio material”. Complementarmente, identificamos que nos turnos 24, 26 e 27 houve a possibilidade de articulação dos domínios epistêmico, material e social também com o domínio conceitual, reiterando o grau de abertura da prática como um ponto forte das atividades investigativas.

## **IX. Considerações finais**

Ao pesquisar como estudantes universitários interagem durante a resolução de problemas em uma aula de laboratório de física, identificamos como se apresentam os domínios do conhecimento científico por eles mobilizados e quais as suas possíveis relações com a qualidade da argumentação dos estudantes.

Durante a aula analisada observamos que a abertura para discussões da atividade com caráter investigativo e o modo de trabalho dos estudantes, devido à organização da sala em pequenos grupos, permitiram a interação entre os membros do grupo. Tais interações foram essenciais para que os estudantes se engajassem no domínio social e pudessem, ao argumentarem entre si, engajar uns aos outros nos demais domínios, aos quais estavam mais envolvidos nos diferentes momentos da aula.

A criação de um ambiente em que os estudantes têm abertura para expor suas ideias, argumentarem entre si e interagir com os materiais é de fundamental importância para que os

alunos atinjam maior grau de entendimento sobre os fenômenos abordados nas práticas de laboratório, tal como ilustrado no turno 27, quando Tobias se envolveu simultaneamente com os quatro domínios do conhecimento científico ao complementar as ideias da Leia (turno 26) no desenvolvimento de um raciocínio de maior nível (nível 2), que foi precedido por uma alegação de nível 2 feita por Oswaldo e Léia, nos turnos 23 e 24 respectivamente, e de uma evidência também de nível 2, apresentada por Tobias e Oswaldo nos turnos 12 e 13.

Em atividades de ensino por investigação, o diálogo e a argumentação entre os estudantes não somente são permitidos como também são necessários. Trabalhar a argumentação, junto com estes domínios, significou desenvolver práticas importantes para a construção de entendimentos. Os indivíduos, ao se engajarem com a argumentação e os domínios do conhecimento científico, estarão mais familiarizados com o fazer científico, mais críticos e mais reflexivos.

Avaliamos que investigar a argumentação de estudantes e os domínios do conhecimento científico que eles mobilizam durante a resolução de problemas pode contribuir para a pesquisa em Educação em Ciências trazendo novas perspectivas para a compreensão de como os sujeitos constroem entendimentos sobre os fenômenos da natureza. Além disso, pesquisar como a argumentação e os domínios do conhecimento científico se relacionam pode auxiliar na elaboração de propostas didáticas de acordo com os objetivos almejados, como, por exemplo, na proposição de atividades com maior foco em conceitos ou atividades que busquem desenvolver a habilidade de avaliação de dados e ideias, uma vez que conheceremos estratégias mais efetivas para cada tipo de proposta.

### **Agradecimentos**

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos recebida durante o mestrado. A segunda autora agradece ao CNPq pelos financiamentos obtidos por meio do projeto Universal processo n. 428268/2018-8 e da bolsa Produtividade em Pesquisa processo n. 306683/2022-9.

### **Referências bibliográficas**

BERNAT, F. X. M.; FERRANDIS, I. G.; GÓMEZ, J. G. Competencias para mejorar la argumentación y la toma de decisiones sobre conservación de la biodiversidad. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 37, n. 1, p. 55-70, 2019.

BRAGA, S.; MARTINS, L.; CONRADO, D. A argumentação a partir de questões sociocientíficas na formação de professores de biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 120-136, 2019.

CARLSEN, W. S. Language and science learning. *In*: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Handbook of research on science education**. Mahwah, New Jersey: Routledge, 2007. p. 57-74.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. *et al.* **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CATUNDA, T.; COSTA, G. G. G.; SANCHES, V. T. **Laboratório de Física Geral III** livro de práticas: eletricidade e magnetismo. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos, 2019.

CHEN, Y. C.; BENUS, M. J.; HERNANDEZ, J. Managing uncertainty in scientific argumentation. **Science Education**, v. 103, n. 5, p. 1235-1276, 2019.

CONCANNON, J. P. *et al.* Investigating the development of secondary students' views about scientific inquiry. **International Journal of Science Education**, v. 42, n. 6, p. 906-933, 2020.

DUSCHL, R. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. **Review of Research In Education**, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.

ERDURAN, S. Methodological Foundations in the Study of Argumentation in Science Classrooms. *In*: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education**. Berlim, Alemanha: Springer Dordrecht, 2007.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

ERICKSON, F. Qualitative Research Methods for Science Education. *In*: FRASER, B., TOBIN, K., McROBBIE, C. (Ed.). **Second International Handbook of Science Education**. Springer International Handbooks of Education. Berlim, Alemanha: Springer Dordrecht, 2012.

FARIA, A. F.; VAZ, A. M. Engajamento de estudantes em investigação escolar sobre circuitos elétricos simples. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, 2019.

FEINSTEIN, N. W.; WADDINGTON, D. I. Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. **Educational Psychologist**, v. 55, n. 3, p. 155-166, 2020.

FERNANDES, G.; RODRIGUES, A.; FERREIRA, C. Atividades investigativas baseadas em TICE: um estudo dos domínios social, afetivo e cognitivo de crianças e jovens a partir dos fundamentos essenciais da argumentação no contexto da educação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 369-387, 2020.

FERREIRA, S.; CORREA, R.; SILVA, F. C. Estudo dos roteiros de experimentos disponibilizados em repositórios virtuais por meio do ensino por investigação. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 4, p. 999-1017, 2019.

FRANCO, L. G. (Org.). **Ensinando Biologia por investigação**: propostas para inovar a ciência na escola. São Paulo: Na Raiz, 2021.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p. 687-719, 2020.

FURTAK, E. M. *et al.* Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. **Review of Educational Research**, v. 82, n. 3, p. 300-329, 2012.

GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP: Alinea. 2007.

GONZÁLEZ-HOWARD, M. Exploring the utility of social network analysis for visualizing interactions during argumentation discussions. **Science Education**, v. 103, n. 3, p. 503-528, 2019.

GONZÁLEZ-HOWARD, M.; MCNEILL, K. L. Acting with epistemic agency: Characterizing student critique during argumentation discussions. **Science Education**, v. 104, n. 6, p. 953-982, 2020.

ISIK-ERCAN, Z. 'You have 25 kids playing around!': learning to implement inquiry-based science learning in an urban second-grade classroom. **International Journal of Science Education**, v. 42, n. 3, p. 329-349, 2020.



JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CRUJEIRAS, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. *In*: TABER, K. S.; AKPAN, B. (Org.). **Science Education: An International Course Companion**. Boston: Sense Publisher, 2017. p. 69-80.

KELLY, G. J.; CHEN, C. The sound of music: Constructing science as sociocultural practices through oral and written discourse. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 8, p. 883-915, 1999.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 314-342, 2002.

LAWSON, A. The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 11, p. 1387-1408, 2003.

LEMKE, J. L. **Talking Science: Language, learning, and values**. Norwood, NJ: Ablex, 1990.

LONGINO, H. Valores, heurística e política do conhecimento. **Scientiae Studia**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 39-57, 2017.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro, RJ: EPU, 2013.

MALONEY, J.; SIMON, S. Mapping Children's Discussions of Evidence in Science to Assess Collaboration and Argumentation. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 15, p. 1817- 1841, 2006.

MCDERMOTT, L.; SHAFFER, P. **Tutorials in Introductory Physics**. Seattle, Washington: Prentice Hall, 2002.

MCNEILL, K. L.; KRAJCIK, J. Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. *In*: COFFEY, J.; DOUGLAS, R.; BINDER, W. (Ed.). **Science Assessment: Research and Practical Approaches**. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press, 2008.

NASCIMENTO, L. A. **Normas e práticas promovidas pelo Ensino de Ciências por Investigação: a construção da sala de aula como comunidade de práticas**. Orientador:

Lúcia Helena Sasseron. 2018. 259 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

OSBORNE, J. Scientific practices and inquiry in the science classroom. *In*: LEDERMAN, N. G; ABELL, S. K. (Ed.) **Handbook of research on science education**. New York: Routledge, 2014. p. 579-599.

OSBORNE, J. Scientific as practice? *In*: DILLON, J; WATTS, M. (Ed.) **Debates in Science Education**. New York: Routledge, 2023. p. 115-131.

OSBORNE, J. *et al.* **Science Education in an Age of Misinformation**. California: Stanford University, 2022.

PONTE, J. P.; MATA-PEREIRA, J.; HENRIQUES, A. O raciocínio matemático nos alunos do Ensino Básico e do Ensino Superior. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 355-377, 2012.

PORTO, S. C. C.; AMANTES, A.; HOHENFELD, D. P. O que se Aprende sobre Pêndulo Simples em Atividades Investigativas nos Laboratórios Material e Computacional?. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 19, p. 825-858, 2020.

PRETI, D. (Org.). **Fala e escrita em questão**. São Paulo: Humanitas / FFLCH / USP, 2000.

RAMOS, T. C.; MENDONÇA, P. C. C.; MOZZER, N. B. Argumentação de estudantes na criação e crítica de analogias sobre o Modelo Atômico de Thomson. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 3, p. 607-624, 2019.

SÁ, L. P. **A argumentação no ensino superior de química**: investigando uma atividade fundamentada em estudo de casos. Orientador: Salete Linhares Queiroz. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SANDOVAL, W. A. *et al.* Organising a culture of argumentation in elementary science. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 13, p. 1848-1869, 2019.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e argumentação em sala de aula: a construção de conclusões, evidências e raciocínios. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, 2020.

SASSERON, L. H.; SOUZA, T. O engajamento dos estudantes em aula de física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 139-153, 2019.

SHORT, R. A.; VAN DER EB, M. Y.; MCKAY, S. R. Effect of productive discussion on written argumentation in earth science classrooms. **The Journal of Educational Research**, v. 113, n. 1, p. 46-58, 2020.

SILVA, F. A. R. **O ensino de ciências por investigação na educação superior**: um ambiente para o estudo da aprendizagem científica. Orientador: Eduardo Fleury Mortimer. 2011. 327 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, F.; SASSERON, L. Aulas de Ciências do Ensino Superior: uma análise a partir dos domínios do conhecimento científico. *In*: SIMPÓSIO DE PÓS-DOCTORADO DA FEUSP, n. 11, 2021, São Paulo, SP.

SOARES, N.; TRIVELATO, S. L. F. Ensino de Ciências por Investigação – revisão e características de trabalhos publicados. **Atas de Ciências da Saúde**, v. 7, n.1, p. 45-65, 2019.

STROUPE, D. Describing “Science Practice” in Settings. **Science Education**, v. 99, n.6, p. 1033-1040, 2015.

TABOSA, C. E. S; PEREZ, S. Análise de sequências didáticas com abordagem de Ensino por Investigação produzidas por estudantes de licenciatura em Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1539-1560, 2021.

TOULMIN, S. E. **Os Usos do Argumento**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

WANG, J. Scrutinising the positions of students and teacher engaged in argumentation in a high school physics classroom. **International Journal of Science Education**, v. 42, n. 1, p. 25-49, 2019.

WILSON, J. M. Using words about thinking: Content analyses of chemistry teachers' classroom talk. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 10, p. 1067-1084, 1999.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).