



ESTAÇÕES LABORATORIAIS COMO PROMOTORAS DA MOBILIZAÇÃO DE PRÁTICAS EPISTÊMICAS E MANIFESTAÇÕES METACOGNITIVAS

Laboratory stations as promoters of the mobilization of epistemic practices and metacognitive manifestations

Ana Rita Mota [ana.mota@fc.up.pt]

*CF-UM-UP, Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências
Universidade do Porto
Rua do Campo Alegre 687, Porto, Portugal*

Fernando César Silva [fcsquimico@ufmg.br]

*Faculdade de Educação
Universidade Federal de Minas Gerais
Avenida Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG, Brasil*

Cleci Teresinha Werner da Rosa [cwerne@upf.br]

*Programas de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, e Educação
Universidade de Passo Fundo
BR 285, Passo Fundo, RS, Brasil*

Lúcia Helena Sasseron [sasseron@usp.br]

*Faculdade de Educação
Universidade de São Paulo
Avenida da Universidade, 308, São Paulo, SP, Brasil*

Resumo

Nas últimas décadas, estudos sobre metacognição e práticas epistêmicas têm vindo a ganhar destaque na área de Educação em Ciências, por se considerar que ambas são parte integrante e fundamental no processo de aprendizagem. Contudo, provavelmente porque crescem a partir de fontes diferentes (Psicologia Cognitiva e História e Filosofia da Ciência) e têm naturezas diferentes (as práticas epistêmicas envolvem interações sociais e a metacognição, processos individuais), as ideias foram-se desenvolvendo e consolidando de forma independente. O presente estudo analisa o desempenho de 137 alunos, do ensino fundamental, numa aula organizada em estações laboratoriais, sobre Forças e Leis de Newton, através da análise das respostas dos alunos nas fichas laboratoriais e num questionário individual. Os resultados sugerem que o modelo colaborativo das estações laboratoriais mobiliza o desenvolvimento de práticas epistêmicas e apresenta indícios da presença do pensamento metacognitivo. Neste modelo, tanto as práticas epistêmicas quanto as possíveis manifestações metacognitivas possuem natureza argumentativa e de justificação de ideias, em consequência, o desenvolvimento de práticas epistêmicas revela aspectos sociais, cognitivos e metacognitivos. Como implicações desta pesquisa, destaca-se o potencial das estações laboratoriais para a mobilização de práticas epistêmicas e manifestações metacognitivas.

Palavras-Chave: Práticas epistêmicas; Metacognição; Estações laboratoriais; Ensino por investigação.

Abstract

In recent decades, studies on metacognition and epistemic practices have gained prominence in the field of Science Education, as both are an integral and fundamental part of the learning process. However, probably because they stem from different sources (Cognitive Psychology and History and Philosophy of Science) and have a different nature (epistemic practices involve social interactions and metacognition is related to individual processes), the ideas were developed and consolidated independently. The present study analyzes the performance of 137 elementary school students, through the analysis of the students' answers in the laboratory

forms and in an individual questionnaire, in a class on Forces and Newton's Laws, organized as laboratory stations. The results suggest that the collaborative laboratory stations model mobilizes the development of epistemic practices and presents evidence of the presence of metacognitive thinking. In this model, both epistemic practices and possible metacognitive manifestations take the form of arguments and of justification of ideas. Consequently, the development of epistemic practices reveals social, cognitive and metacognitive aspects. The implication of this research emphasizes the potential of laboratory stations for mobilizing epistemic practices and metacognitive manifestations.

Keywords: Epistemic practices; Metacognition; Laboratory stations; Inquiry based education.

INTRODUÇÃO

Em um contexto marcado pela desinformação e pela força com que crenças negacionistas se estabelecem na sociedade, tem se tornado cada vez mais complexo e desafiador o ensino das ciências. Aplicar valores em equações ou nomear vidrarias de laboratório, por exemplo, não revelam uma formação que permita às pessoas compreenderem a diversidade das informações que recebem diariamente e os interesses envolvidos. Ensinar ciências envolve percebê-las como construções sociais, influenciadas por aspectos históricos, culturais, políticos, econômicos e materiais (Longino, 1990; Knorr-Cetina, 1999; Pickering, 1995), portanto, é essencial a incorporação de aspectos que envolvam os modos de construção e desenvolvimento de entendimentos em sala de aula (Duschl, 2008; Stroupe, 2014; Sasseron & Duschl, 2016). “Desenvolver esse entendimento oferecerá aos estudantes uma competência que é duradoura e que pode ser utilizada independentemente do conhecimento do conteúdo de qualquer ciência específica” (Osborne *et al.*, 2022, p. 5-6).

A abordagem em sala de aula dos modos de construção e desenvolvimento de entendimentos não sugere a repetição do que os cientistas fazem nos laboratórios. Ao ensinar ciências não se busca somente construir um conhecimento que explique algum fenômeno natural, mas a inserção dos estudantes em um ambiente coletivo para um trabalho que envolva o desenvolvimento da autonomia, permitindo a compreensão de entendimentos sobre um fenômeno, baseando-se nos conhecimentos já legitimados pelos cientistas (Berland, Schwarz, Krist, Kenyon, & Reiser, 2016; Sasseron & Duschl, 2016). Nessa perspectiva, diversas pesquisas revelam a necessidade de se envolver os estudantes em práticas epistêmicas, permitindo a compreensão dos entendimentos construídos em sala de aula (Kelly, 2008; Sasseron & Duschl, 2016; Jimenez-Aleixandre & Crujeiras, 2017; Kelly & Licona, 2018; Sasseron, 2021).

As práticas epistêmicas podem ser definidas pelas ações socialmente organizadas e interacionalmente realizadas pelos participantes de um grupo social para propor, justificar, avaliar e legitimar as alegações de conhecimento (Kelly & Licona, 2018; Kelly, 2022). Por exemplo, essas práticas envolvem “propor ideias, testar hipóteses, representar conceitos, avaliar os méritos das soluções propostas, reconhecer alternativas, justificar afirmações de conhecimento e legitimar conclusões” (Kelly, 2022, p. 54). Nos laboratórios ou nas salas de aula, as práticas epistêmicas são construídas na e pela interação entre os seus participantes. Desse modo, estas práticas revelam o engajamento social, cognitivo e metacognitivo do estudante (Sinatra & Chin, 2011; Sasseron & Duschl, 2016; Mota, Silva, & Sasseron, 2023a).

Numa perspectiva de aprendizagem, a metacognição parte de um pensar reflexivo que envolve a tomada de consciência dos estudantes sobre seus próprios conhecimentos e a capacidade de controlar suas ações dentro de um processo de autorregulação. Segundo Rosa (2011, p. 57), a “metacognição é o conhecimento que o sujeito tem sobre o seu próprio conhecimento e a capacidade de regulação dada aos processos executivos, somada ao controle e à orquestração desses mecanismos”. Em outras palavras, a metacognição é um processo interno e refere-se ao “conhecimento do conhecimento” e à regulação dos processos cognitivos, sendo, portanto, um processo individual e solitário que privilegia as ações intelectuais do sujeito. Essa ocorrência, associada às práticas epistêmicas - que têm uma natureza bastante diferente, manifestando atividades de ensino de ciências eminentemente sociais, que dialogam com a prática científica e se focam nas interações ocorridas dentro do trabalho do grupo, como forma de concretizar os processos de proposição, avaliação e legitimação de ideias - pode conduzir os estudantes a qualificar e consolidar sua aprendizagem. Todavia, com a promoção do ensino colaborativo, a metacognição socialmente compartilhada está recebendo cada vez mais atenção e os estudos que nas últimas décadas eram exclusivos à metacognição na aprendizagem individual tradicional, começam agora a alargar-se para a metacognição social em contextos de aprendizagem colaborativa (Zheng, Gu, Lai, Hwang, & Wang, 2023).

São poucos os estudos que tratam das relações entre as práticas epistêmicas e a metacognição. Sinatra e Chin (2011) corroboraram com a afirmação de Abd-El-Khalick, Bell e Lederman (1998), de que a mera participação dos estudantes em atividades de investigação não garante que eles compreendam os modos de construção e desenvolvimento do conhecimento científico. Essa reflexão mostra a necessidade da construção de práticas epistêmicas e sua avaliação para promoção do desenvolvimento da cognição epistêmica e reflexão metacognitiva. Em sentido similar, mas com foco na modelagem, Lee, Kang e Kim (2015) sugeriram que os professores de ciências em suas aulas precisam: i) identificar e compreender as abordagens de aprendizagem dos estudantes, ii) incentivar os alunos a reconhecerem as abordagens que são úteis para a sua aprendizagem durante a modelagem tanto enquanto aprendem em grupos quanto individualmente, e iii) orientar explicitamente os estudantes na construção de afirmações e justificativas com base em evidências. Essas ações do professor podem reverberar em colaborações cognitivas entre os alunos, permitindo que eles avaliem as suas próprias ideias, as dos colegas e, sobretudo, o processo de compreensão da atividade, se autorregulando (Lee *et al.*, 2015). Em outras palavras, esse movimento dos estudantes se torna um processo metacognitivo que pode moldar as práticas epistêmicas construídas no grupo. Nessa perspectiva, a relação entre metacognição e autoavaliação, apontada inclusive em trabalhos nacionais da área (Pereira & Andrade, 2012; Nora, Broietti & Corrêa, 2021), é alargada por Lindfors, Bodin e Simon (2020) que conceberam a autoavaliação como uma prática epistêmica, que pode expressar uma reflexão metacognitiva.

Neste artigo, pretende-se investigar de que forma o modelo das estações laboratoriais, considerado um espaço de compartilhamento e trocas entre estudantes que buscam desenvolver uma atividade, se adequa ao desenvolvimento de práticas epistêmicas e se constitui como um espaço que oportuniza manifestações metacognitivas.

AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS E A METACOGNIÇÃO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

Práticas epistêmicas

Parte das pesquisas realizadas em Educação em Ciências preocupa-se com o ensino e a aprendizagem da disciplina e, para isso, atenta-se a elementos epistemológicos das ciências e a considerações advindas de estudos em psicologia do desenvolvimento (Duschl, 2008; Kelly, McDonald & Wickman, 2012). Embora seja reconhecida a necessidade de considerar que modos diversos de construir entendimentos sobre situações e fenômenos encontram-se em sala de aula (Hofer, 2004; Hammer, Russ, Scherr, & Mikeska, 2008), as ideias de ciências como prática social (Knorr-Cetina, 1999; Longino, 1990; 2002) sustentam estudos e propostas para a sala de aula em que os estudantes possam ser envolvidos e se envolver com práticas próximas às dos cientistas (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017; Kelly & Licona, 2018; Silva, Nascimento, Valois, & Sasseron, 2022). Durante estas práticas, os estudantes podem realizar processos para construir, avaliar e validar conhecimentos científicos, conforme afirmam Kelly (2008) e Kelly e Licona (2018).

Nas aulas de ciências, é possível que as práticas epistêmicas se concretizem em ações de investigação, argumentação e modelagem (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017), que se concatenam para o estudo de fenômenos e de problemas, para os quais se pode construir modos de exploração ou de experimentação com o objetivo de coletar informações cujas análises, discussões e interpretações permitam evidenciar padrões e evidências e consolidar explicações e previsões.

Realizadas em sala de aula, estas práticas epistêmicas podem permitir o envolvimento dos estudantes com ações para proposição, comunicação, avaliação e legitimação de conhecimento. Além de atribuírem a elas estas características, Kelly (2008) e Kelly e Licona (2018) também argumentam que elas são contextuais, interativas, intertextuais e consequenciais. São contextuais e interativas porque são sociais, imersas e circunscritas a práticas sociais e, por isso, vinculadas a contextos em que se formam, sustentam-se e são sustentadas por normas, regras e conhecimentos. Por outro lado, as práticas epistêmicas são intertextuais porque são expostas a partir de discursos que são coerentes ao grupo, devido a símbolos e ideias compartilhadas, e consequenciais por demarcarem o que conta como conhecimento para o grupo, delimitando aspectos culturais compartilhados.

Em síntese, as práticas epistêmicas são práticas sociais constituídas pela construção de conhecimento, criatividade e criticidade, permitindo, portanto, a produção e o desenvolvimento de novos conhecimentos (Knorr-Cetina, 2001). Essa concepção se distancia de uma ciência praticada isoladamente

em um laboratório, considerado como um espaço em que apenas se realizam testes, por meio e a partir de um método científico (Longino, 1990; Knorr-Cetina, 1999), e se reflete em desdobramentos significativos nas atividades realizadas em sala de aula. Nesse sentido, essas práticas no contexto escolar evidenciam marcas do ensino de ciências como prática social, visto que não são considerados apenas os aspectos conceituais das ciências (Lehrer & Schauble, 2006; Duschl, 2008; Stroupe, 2014; Silva *et al.*, 2022). Ao buscarmos essa concepção de ciência como prática social para a sala de aula, envolveremos os estudantes em atividades que permitem a (re)construção, avaliação e desenvolvimento de entendimentos sobre temas e processos das ciências da natureza, ao mesmo tempo em que eles participam e se engajam com os modos que levaram a esses entendimentos, pois os aspectos epistêmicos, sociais e materiais também serão considerados (Lehrer & Schauble, 2006; Duschl, 2008; Stroupe, 2014; Sasseron & Duschl, 2016; Berland *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2022). Desse modo, as práticas epistêmicas em sala de aula não podem ser desenvolvidas por meio de atividades que informam tudo o que e como os estudantes precisam fazer, pois elas envolvem construção, criatividade e criticidade, implicando participação, interação entre os colegas e o professor, e interatividade com os conhecimentos, práticas e materiais, para “proposição, comunicação, avaliação e legitimação dos conceitos a serem aprendidos” (Silva *et al.*, 2022, p. 47).

Para que as práticas epistêmicas sejam desenvolvidas pelos estudantes em sala de aula, há necessidade da incorporação tanto dos aspectos conceituais quanto epistêmicos, sociais e materiais nas propostas curriculares, nos planejamentos didáticos e nas interações pedagógicas (Duschl, 2008; Stroupe, 2014; Silva *et al.*, 2022). A consideração de todos esses aspectos de forma conjunta permite que os estudantes avaliem e desenvolvam as suas ideias (epistêmico), envolvendo-se intelectualmente com os materiais concretos e abstratos (material), que, juntamente com as interações críticas desencadeadas entre os estudantes e professor e governadas por normas, critérios e valores estabelecidos e negociados na sala de aula (social), permitem a construção dos conceitos e entendimentos necessários para a formação desses estudantes (conceitual).

Metacognição: da psicologia à educação

Na década de 1970, o psicólogo americano John Flavell introduz a importância do “pensar sobre o pensar”, a partir dos seus trabalhos sobre metamemória. Apesar desta reflexão já ter sido iniciada por outros autores como Dewey, Piaget ou Vygotsky, é com Flavell que a metacognição ganha a projeção atual. Os trabalhos de Flavell foram ampliados e adaptados às diferentes áreas, e a metacognição tomou-se um termo polissêmico. Contudo, é consensual, segundo Zohar e Barzilai (2013), que este “pensamento do pensamento” pode ser operacionalizado no contexto das atividades de ensino e aprendizagem, a partir de dois componentes: o conhecimento metacognitivo (o conhecimento que o sujeito tem sobre os seus conhecimentos) e a habilidade metacognitiva (o modo como o sujeito regula e controla os processos da cognição, planejando, revisando e avaliando o progresso cognitivo, isto é, o conjunto de mecanismos autorregulatórios durante a realização da tarefa).

O conhecimento metacognitivo envolve as variáveis “Pessoa” (conhecimento do sujeito sobre seus pontos fortes e fracos na aprendizagem e processamento de informações, os seus recursos intelectuais, habilidades como aluno...), “Tarefa” (conhecimento sobre como implementar procedimentos de aprendizagem) e “Estratégia” (conhecimento sobre quando e por que usar procedimentos de aprendizagem específicos). O segundo componente metacognitivo indicado por Flavell, embora não detalhado por ele, trata do que Veenman, Van Hout-Wolters e Afflerbach (2006) denominou de “habilidades metacognitivas” e que tem sido enfatizado nas pesquisas envolvendo intervenções didáticas. As habilidades estão relacionadas às operações de “Planejamento” (operação executiva relacionada a projetar a ação a partir da identificação dos conhecimentos disponíveis/necessários), “Monitoramento” (operação associada ao controle da ação durante sua execução e frente à retomada do objetivo) e “Avaliação” (ação de analisar o que foi realizado, as escolhas e os resultados alcançados frente ao objetivo).

A partir da década de 2000, os estudos de Anastasia Efklides têm dado importância a um terceiro componente, associado às experiências metacognitivas, embora Flavell (1976; 1979) já o tenha mencionado em seus estudos. Essas experiências metacognitivas são complementares ao conhecimento metacognitivo e à habilidade metacognitiva e, segundo Efklides (2006), estão relacionadas com os julgamentos, estimativas, sentimentos e reações que ocorrem durante uma tarefa cognitiva.

Nesse contexto de ampliação e detalhamento dos componentes que integram a metacognição, as experiências metacognitivas se mesclam com os conhecimentos e habilidades, exercendo um efeito no controle da própria cognição e da cognição dos outros, o que aponta para uma metacognição social (cognição

e pensamento sobre o que os outros sabem e pensam). Como decorrência, a metacognição se dá por uma perspectiva intrapessoal para interpessoal (Efklides, 2008; Jost, Kruglanski, & Nelson, 1998), abrangendo os julgamentos, sentimentos, autoconsciência, monitoramento, avaliação, reflexão, entre outros elementos típicos do pensamento metacognitivo. Os resultados de investigações nesta área mostram o efeito das experiências metacognitivas como componente inextricável do processo de autorregulação, bem como da co-regulação ou regulação compartilhada da cognição, porque muitas vezes os indicadores metacognitivos refletem-se em comportamentos não-verbais como parar, olhar, acenar, etc. (Salonen, Vauras, & Efklides, 2005). A ação colaborativa torna-se, portanto, essencial porque os alunos que trabalham com os seus pares co-regulam a sua aprendizagem à luz de seus julgamentos metacognitivos, baseados em “pistas” das experiências metacognitivas de seus colegas (Liskala, Vauras, & Lehtinen, 2004).

Autores como Mota *et al.* (2023a) referem que a mobilização de práticas epistêmicas poderá desencadear o desenvolvimento de competências metacognitivas. Numa reflexão alargada, estes autores defendem que o acesso aos elementos metacognitivos do conhecimento da cognição (conhecimento metacognitivo) não garante a mobilização de práticas epistêmicas, ao contrário dos elementos metacognitivos que constituem a regulação da cognição (habilidade metacognitiva). Esses autores, em um estudo teórico, estabeleceram relações entre as práticas epistêmicas e os descritores metacognitivos que contribuem como orientadoras para os planejamentos de atividades em sala de aula. Por exemplo, a construção da prática epistêmica “elaborar questões científicas” pode contribuir para que o estudante “pense no que ele realmente precisa saber antes de iniciar uma tarefa”, que se refere ao planejamento como subdomínio metacognitivo. Já a prática epistêmica de “construir e refinar modelos” pode favorecer que o estudante “analise sobre o quão bem ele está indo enquanto aprende algo novo”, revelando um descritor do subdomínio metacognitivo monitoramento (Mota *et al.*, 2023a).

ESTAÇÕES LABORATORIAIS: UM MODELO COLABORATIVO VERSÁTIL E PLURAL

As estações laboratoriais constituem um modelo de ensino experimental, simultaneamente dinâmico e eclético, em consequência do sistema multitarefas que apresenta (Mota, Lopes, & Lopes dos Santos, 2013). Este modelo, que não se restringe à realização de experimentos, enquadra-se numa perspectiva *Team-Based learning* (TBL), uma vez que a turma se divide em pequenos grupos de trabalho, no sentido de propiciar um processo de argumentação e de contato com diferentes percepções (Oliveira, Araujo, & Veit, 2016). As estratégias da metodologia TBL vão desde a organização planejada das equipes até à avaliação entre os colegas, com o principal objetivo dos alunos se responsabilizarem pela própria aprendizagem e pela dos colegas (Michaelsen, Sweet, & Parmelee, 2008).

Nestas aulas, o laboratório (ou a própria sala de aula) encontra-se organizado em estações diversificadas e cada equipe percorre-as sucessivamente, com um tempo pré-determinado. No sentido de permitir a rotação simultânea dos grupos e por razões logísticas, o número de grupos deve coincidir com o número de estações e estas devem ser independentes entre si e ter a mesma duração. Por exemplo, no ensino fundamental, para uma aula com duração de 60 min, quatro grupos podem percorrer 4 estações, com duração de 15 min cada (Mota *et al.*, 2023b). O tempo de cada estação tem que ser cumprido integralmente, isto é, se acabarem mais cedo as atividades dessa estação, os alunos terão que esperar e, eventualmente, rever suas respostas (como a ficha laboratorial contém todas as estações, os alunos também podem discutir as atividades das estações seguintes, mesmo não tendo os materiais disponíveis).

Cada estação pode reunir diferentes tipos de tarefas, com diferentes graus de exigência e abertura. Por exemplo, em algumas estações pode apenas ser solicitada a exploração das características e funcionamento de alguns materiais/instrumentos, mas, noutros casos os alunos podem ser convidados a construir um mapa conceitual sobre um determinado tema, explorar uma simulação virtual (neste caso, a bancada apenas precisa de ter um computador portátil) ou fazerem demonstrações (como simular uma onda transversal/longitudinal, as estações do ano ou um eclipse solar/lunar numa determinada região do planeta). Estas estações podem ainda ser mais exigentes e incluírem um caráter mais investigativo com o planejamento, monitoramento e execução de um plano para dar resposta a um problema específico, desconhecido do aluno. De uma forma geral, na sua construção, procuram-se seguir indicadores internacionais e algumas estações são pensadas de forma a conter situações em que os alunos exponham os erros que a literatura mostra serem mais comuns entre os alunos (concepções alternativas). Pretende-se, de certa forma, promover dissonância cognitiva, uma teoria que encontra na Psicologia as suas raízes e que, neste contexto, se materializa em promover no aluno um conflito interno em que as suas crenças/ideias não coincidem com as verificações experimentais (Mota & Lopes dos Santos, 2018).

O modelo das estações laboratoriais teve, num momento inicial, uma forte ligação com o movimento das concepções alternativas (e mudança conceitual). Com o seu aprimoramento tem-se revelado como uma organização metodológica com importantes contribuições para a consciência metacognitiva, frente à possibilidade de levar os estudantes a discutirem entre si e com isso serem capazes de perceber o que sabem e o que não sabem (Mota, Santos, & Rosa, 2023b). As estações podem influenciar as atividades desenvolvidas pelos alunos, uma vez que, pela sua natureza, é necessário que estes se organizem, planejem e controlem suas ações, dentro de um período curto, o que exige discussões e uma constante avaliação do que está sendo realizado. Note-se que quando as tarefas das estações são construídas, elas não são desenhadas para envolver propositadamente aspectos metacognitivos. O desenvolvimento dessas competências decorre naturalmente pelo facto do modelo ser colaborativo.

O papel do professor é monitorar e supervisionar as discussões dentro de cada grupo. É, portanto, um mediador do conhecimento, partilhando com os estudantes a responsabilidade neste processo de aprendizagem. Esta experiência permite ao professor observar como os alunos aplicam e constroem o conhecimento e de certa forma mapear os seus modelos mentais. Note-se que algumas das atividades pressupõem a realização de demonstrações e/ou explicações a apresentar oralmente ao professor que as avalia, em tempo real. Durante a realização das estações, o professor não se encontra em nenhum grupo específico (a não ser que seja chamado para avaliar uma demonstração). As fichas (que contêm as atividades/tarefas a fazer em cada estação) são avaliadas pelo professor, *a posteriori*. Assim, em termos práticos, durante a aula o professor vai circulando pela sala, ouvindo as discussões, intervindo se necessário e tirando dúvidas. Por outras palavras, o professor encontra-se dividido entre o monitoramento e a avaliação que necessita ser feita em cada momento.

As vantagens deste modelo são muitas e multifacetadas. Sob o ponto de vista do professor, estas aulas são riquíssimas, uma vez que o docente fica consciente dos conteúdos/aprendizagens que necessitam ser trabalhado(a)s/discutido(a)s em aulas posteriores. Esta consciência sobre as aprendizagens dos alunos resulta do professor: i) ouvir permanentemente as discussões dos alunos quando circula em sala de aula; ii) avaliar algumas tarefas *in loco*, e iii) avaliar as fichas laboratoriais onde constam todas as atividades/tarefas realizadas pelos alunos. A possibilidade de integrar materiais pedagógicos de características diferentes (como simulações virtuais, mapas conceituais, etc.) é outra das vantagens deste modelo. Esta multiplicidade de contextos é essencial quando se pretende ultrapassar a fragmentação dos conteúdos e as técnicas de memorização dos conhecimentos presentes no ensino tradicional. Por outro lado, o facto de o professor não precisar replicar materiais é fundamental quando os recursos disponíveis na escola são poucos. Por exemplo, quando se tem apenas um osciloscópio analógico ou um computador disponível, todos os alunos podem usar este recurso, equitativamente, ao rodar pela estação. Aliada à racionalização do material, destaca-se a versatilidade deste modelo relativamente ao nível de ensino e aos conteúdos programáticos e, por fim, a possibilidade de o professor acompanhar o desempenho do aluno permanentemente pela avaliação formativa sistemática que este modelo proporciona.

Na perspectiva do aluno, as estações laboratoriais permitem que a sala de aula constitua um espaço de oportunidades para que possa mobilizar os seus interesses, saberes, estratégias de aprendizagem e experiências anteriores. As múltiplas interações que se processam quando os alunos trabalham em conjunto são fundamentais na aprendizagem e consolidam-na numa perspectiva humana, permitindo um processo de construção pessoal do conhecimento modelado por fatores cognitivos e metacognitivos. Por outro lado, os alunos sentem-se muito mais motivados neste tipo de aulas, porque estão envolvidos ativamente, podem explicar ideias, testar teorias, resolver conflitos conceituais e partilhar conhecimento com os seus pares. Aprender um determinado conteúdo e saber aplicar esse conhecimento, em vários contextos, representam uma mais-valia e facilitam uma aprendizagem significativa. Este fator aliado à ausência de tempos de espera, à versatilidade das tarefas, ao ritmo associado à rotação das estações e à possibilidade de trabalhar em grupo, motiva os alunos e promove a mobilização das aprendizagens ao nível afetivo, cognitivo e psicomotor.

PERCURSO METODOLÓGICO

Com o objetivo de compreender como as estações laboratoriais foram usadas para desenvolver práticas epistêmicas e se constituir como um espaço de manifestações metacognitivas, a questão de pesquisa que norteou este estudo foi: Durante as atividades dos estudantes nas estações laboratoriais, como foram mobilizadas as práticas epistêmicas e oportunizadas manifestações metacognitivas espontâneas?

Para responder a esta questão, realizou-se um estudo de caso (Yin, 2001), no qual os estudantes, em suas equipes, registraram suas respostas para questões propostas nas estações laboratoriais. Adicionalmente, foram analisadas as respostas individuais desses alunos a um questionário (constituído por 15 questões) realizado após a aula experimental. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso permite a análise de acontecimentos contemporâneos, aplicação de instrumentos de coleta de dados por meio de registros escritos e questões de pesquisa do tipo “como”, que se relacionam com as características da pesquisa em tela.

Os registros escritos, produzidos pelos alunos em equipe nas estações laboratoriais, permitiram uma análise qualitativa devido à coleta de informações na situação de ensino investigada, com enfoque na compreensão desses registros (Kelly, 2023). Os questionários, administrados individualmente, foram analisados numa perspectiva quantitativa, utilizando estatística descritiva.

Contexto da pesquisa e construção dos dados

Neste estudo participaram 137 alunos do 9.º ano de escolaridade, com idades entre os 14 e 15 anos. Os alunos, distribuídos por cinco turmas, pertencem a uma escola privada em Portugal. A aula experimental ocorreu após a discussão de dois módulos, com a duração aproximada de duas semanas: Módulo 1 - Forças e Lei da Ação-Reação; Módulo 2 - Lei Fundamental da Dinâmica e Lei da Inércia, portanto, as atividades das estações ocorreram após discussões teóricas realizadas com as turmas e serviram como uma avaliação ou exercício sobre os conhecimentos adquiridos.

Desde o 7.º ano que o ensino experimental destes alunos realiza-se segundo o modelo das estações laboratoriais, por conseguinte, este modelo de ensino experimental não foi novidade. Nestas aulas, a turma é dividida em dois grupos, cada um constituído por 4 equipes, com três ou quatro integrantes. Na aula foi entregue uma ficha laboratorial, com atividades distribuídas por 4 estações laboratoriais, de 15 minutos cada. As questões referentes às estações laboratoriais tratavam de forças e, de modo mais específico, do uso de um dinamómetro.

Após a realização das estações laboratoriais os alunos, individualmente, responderam a um questionário com 14 questões fechadas (tipo escolha múltipla) com uma escala tipo Likert e uma pergunta aberta no final:

“Na tua opinião, qual é a principal vantagem de realizares estações laboratoriais, no que respeita à tua aprendizagem?”

As 14 questões encontram-se relacionadas com os elementos metacognitivos (divididos nos dois domínios: conhecimento metacognitivo e habilidade metacognitiva) e com as práticas epistêmicas de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1 - Diferentes itens do questionário classificados nos respectivos domínios¹

Conhecimento Metacognitivo	Habilidade Metacognitiva	Práticas Epistêmicas
Q1, Q2, Q3, Q10, Q11; Q12; Q14	Q4, Q5, Q6, Q7, Q8; Q9	Q3, Q7, Q8, Q9, Q10; Q12
<i>Exemplo Q2: As estações laboratoriais ajudaram-me a analisar os conhecimentos que eu possuía sobre Forças e Leis de Newton, identificando possíveis ideias erradas.</i>	<i>Exemplo Q5: As estações laboratoriais ajudaram-me a identificar a importância de monitorar as minhas ações durante a sua realização.</i>	<i>Exemplo Q8: As estações laboratoriais ajudaram-me a elaborar hipóteses de solução confrontando com as dos meus colegas.</i>

Fonte: elaborado pelos autores, mantendo o português de Portugal.

Sobre a análise de dados

Os dados qualitativos obtidos a partir das respostas dos estudantes para as questões das estações laboratoriais foram analisados de duas formas: (i) à luz dos referenciais que tratam das práticas epistêmicas e (ii) da metacognição. Sabendo que as estações laboratoriais não se concentram no trabalho exclusivo de atividades investigativas, o primeiro movimento para seleção de informações a serem analisadas foi a análise

¹ O item 13 não foi sujeito à análise. Esta decisão resultou do fato dos investigadores, durante a pesquisa, terem percebido que a redação da questão era ambígua, resultando em interpretações diversas pelos estudantes.

de perguntas das estações laboratoriais que demandam envolvimento dos estudantes na investigação. A partir disso, foram selecionadas as questões 3 e 4 da estação laboratorial 1 e as questões 2.3 e 3 da estação laboratorial 2.

A análise das práticas epistêmicas ocorreu a partir das respostas das questões das estações laboratoriais. Para a caracterização das práticas epistêmicas utilizaram-se os exemplos propostos por Kelly e Licona (2018), considerando a abordagem investigativa, conforme indicado no Quadro 2.

Quadro 2 - Categorias utilizadas para caracterização das práticas epistêmicas nas respostas dos estudantes (Kelly & Licona, 2018; Mota *et al.*, 2023a)

Práticas epistêmicas	Descrição
	<i>Ao responder a questão os estudantes ...</i>
Elaborar questões científicas.	Determinam os aspectos relevantes do fenômeno, problematizando-os.
Planejar uma investigação para responder questões científicas.	Estabelecem estratégias para testar a hipótese, considerando os materiais necessários.
Construir e refinar modelos.	Constroem entendimentos do que o modelo permite e não permite explicar.
Fazer observações.	Determinam os aspectos relevantes do fenômeno, pontuando-os.
Desenvolver uma linha de raciocínio.	Estabelecem uma comparação entre conceitos, ideias, que são complementares entre si para fomentar a construção de entendimento sobre o que foi solicitado.
Considerar explicações alternativas.	Percebem as limitações de uma explicação, estabelecendo relações com outros conceitos, ideias.
Construir explicações científicas baseada em raciocínio e evidência.	Relacionam o fenômeno investigado e os conceitos envolvidos para a compreensão desse fenômeno.
Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou modelo.	Decidem o que considerar como uma afirmação adequada, evidência ou modelo, justificando o que foi considerado.
Reconhecer conhecimentos relevantes para a comunidade epistêmica.	Sistematizam os entendimentos construídos, mencionando e relacionando os conceitos estudados.
Usar representação	Utilizam as representações como componentes dos argumentos, para produzir explicações ou expressarem suas conclusões.

Fonte: elaborado pelos autores.

Kelly e Licona (2018) não mencionaram o uso das representações como uma prática epistêmica. No entanto, essa prática foi incorporada neste trabalho pelo fato de que as representações não servem apenas para reproduzir a natureza, elas são necessárias por desempenharem funções para resolução de problemas e favorecer a construção e divulgação de conhecimento (Lynch, 2006). Além disso, as representações podem compor os argumentos utilizados para proposição e legitimação de conhecimentos (Perini, 2002; 2005 a;b). Essa perspectiva tem sido transposta para os contextos escolares, pois, para Evagorou, Erduran e Mäntylä (2015), as representações podem envolver os estudantes nos processos da ciência e não apenas como uma ferramenta para aprendizagem cognitiva. Silva e Silva (2022) também consideram o uso das representações como uma prática epistêmica, desde que seu uso não ocorra apenas como uma ilustração de um conteúdo da disciplina, mas sendo necessário para a elaboração de uma hipótese, para a constituição de um argumento, produção de uma explicação, *etc.*

Considerando os aspectos teóricos destacados, foram construídas rubricas de avaliação de mobilização de práticas epistêmicas para cada uma das questões selecionadas para análise. Estas rubricas graduaram, em níveis, a qualidade da justificativa ou da relação estabelecida pelos estudantes para explicar a situação em análise. Apenas a rubrica da questão 3 da estação laboratorial 1 apresenta 4 níveis, as outras três rubricas (questão 4, da estação laboratorial 1 e questões 2.3 e 3, da estação laboratorial 2) apresentam 3 níveis, conforme indicado no Quadro 3.

Quadro 3 - Rubrica de avaliação das práticas epistêmicas mobilizadas pelos estudantes durante a realização das questões analisadas

Estação laboratorial												
1						2						
Questão												
3			4			2.3			3			
Enunciado												
Elabora um plano para descobrires a intensidade da força que a mesa exerce na bola. Antes da execução do plano, pede ao professor o(s) material(ais) necessários para cumprires o teu objetivo. Apresenta todas as etapas de resolução, justificando a escolha do(s) material(ais).			O barco encontra-se a flutuar na água. Comenta a seguinte afirmação: "Como o barco está parado, não há qualquer tipo de força a atuar sobre ele".			Suspende a bola no dinamómetro de alcance 2 N. <ul style="list-style-type: none"> Indica a intensidade da força que o dinamómetro exerce na bola. Indica a intensidade da força que a bola exerce no dinamómetro. Explica a relação entre as respostas das duas questões anteriores. 			Qual é o dinamómetro mais adequado para registar o peso do carro? Justifica a tua resposta.			
Resposta esperada												
Os materiais são tesoura, fio e dinamómetro. Usar o dinamómetro com o objetivo de medir a intensidade do peso da bola (força gravítica que a Terra exerce na bola). O peso é, em módulo, igual à reação normal (força que a mesa exerce na bola), uma vez que a resultante das forças aplicadas na bola é nula.			No barco estão aplicadas duas forças: uma força vertical com sentido de cima para baixo, que é a força gravítica que a Terra exerce no barco e uma força vertical com sentido de baixo para cima (empuxo). Estas duas forças anulam-se.			A intensidade é a mesma, de acordo com a terceira lei de Newton.			Justifica usando a relação entre o alcance do dinamómetro e a intensidade do peso do carro.			
Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 0	Nível 1	Nível 2
Sem justificativa	Justifica expondo apenas o material	Justifica expondo características que tomam o material adequado	Justifica relacionando o uso do material com hipóteses para resolução do problema	Sem justificativa (mencionando apenas se é verdadeiro ou falso)	Justifica pelo equilíbrio das forças (mencionando quais são as forças)	Justifica expondo onde as forças estão sendo exercidas e por quem	Não explica a relação	Explica que a intensidade da força é a mesma	Explica que a intensidade é a mesma, recorrendo à 3ª Lei de Newton	Não justifica, apenas apresenta o mais adequado	Apresenta uma razão para o mais adequado	Relaciona o alcance do dinamómetro com o peso do carro

Fonte: elaborado pelos autores, mantendo o português de Portugal para o enunciado das questões.

As duas questões da estação laboratorial 1 foram selecionadas para análise porque, ao solicitar justificativa em relação aos materiais escolhidos para a solução e em relação a uma afirmação, os estudantes poderiam exibir elementos de um processo argumentativo e, portanto, poderiam nos oferecer informações sobre a mobilização de práticas epistêmicas e do pensamento metacognitivo.

De modo semelhante às perguntas da estação laboratorial 1, foram escolhidas as questões 2.3 e 3 da estação laboratorial 2 para a análise, pois, ao responderem o que era solicitado, havia a expectativa de os estudantes relacionarem situações, comparando-as, e justificassem a compreensão que estavam construindo sobre elas. Portanto, estas questões poderiam indicar mobilização de práticas epistêmicas e de pensamento metacognitivo pelos estudantes.

A análise sobre a presença do pensamento metacognitivo nas atividades desenvolvidas e selecionadas para o estudo tomou por referência o proposto por Flavell (1979) e Brown (1987), referente aos componentes metacognitivos identificados como conhecimento metacognitivo e habilidades metacognitivas. No Quadro 4 são apresentadas as manifestações metacognitivas associadas a esses dois componentes, constituindo-se como guia de análise da possível presença do pensamento metacognitivo associado às respostas das equipes.

Quadro 4 - Componentes metacognitivos utilizados na caracterização das manifestações metacognitivas identificadas nas respostas dos estudantes (adaptado e ampliado de Rosa, 2011)

Componentes metacognitivos	Descrição
	<i>Ao responder a questão os estudantes ...</i>
Conhecimento metacognitivo	Entendem ou buscam entender o objetivo cognitivo. Mostram-se interessados. Formulam hipóteses. Revisam e identificam seus conhecimentos sobre o conteúdo. Dialogam sobre o procedimento a ser executado. Refletem sobre o tipo de tarefa a ser desenvolvida.
Habilidades metacognitivas	Planeja a atividade a ser executada. Identificam as atribuições de cada membro do grupo. Participam do planejamento das ações de cada membro. Monitoram seus conhecimentos e a atividade em execução frente ao objetivo cognitivo. Avaliam se dispõem do conhecimento necessário para atingir o objetivo almejado. Refletem sobre o que está sendo realizado na atividade, construindo argumentos e explicações científicas. Retoma o que está sendo realizado para verificar se está no caminho para alcançar o objetivo. Mantém diálogo com o grupo. Mantém-se concentrado na atividade em desenvolvimento. Procedem à seleção de informações relevantes da atividade. Detectam, refletem e avaliam os resultados obtidos. Procedem à análise dos resultados diante dos referenciais disponíveis.

Fonte: elaborado pelos autores.

O questionário, respondido individualmente pelos alunos, é constituído por uma escala (1 - Discordo plenamente; 2 - Discordo; 3 - Não concordo nem discordo; 4 - Concordo; 5 - Concordo plenamente). Para cada item, os alunos tinham que selecionar uma das opções da escala. Os dados quantitativos, obtidos a partir do questionário, foram analisados por meio da média aritmética das respostas a cada item, no sentido de identificar se os alunos relacionavam a realização de estações com a mobilização (simultânea) de práticas epistêmicas e elementos metacognitivos. Ademais, calcularam-se as médias dos itens agrupados em categorias (com base no Quadro 1), no sentido de verificar se estas médias apresentaram diferenças significativas entre práticas epistêmicas e elementos metacognitivos. Em relação à pergunta aberta, procurou-se verificar de que forma os alunos relacionam as estações laboratoriais com manifestações metacognitivas, pelo que se agruparam os comentários em quatro categorias, contabilizando-se a percentagem de respostas para cada categoria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram organizados e analisados em duas partes: i) análise das fichas laboratoriais preenchidas pelos estudantes nos grupos e ii) análise dos questionários respondidos individualmente.

Análise das fichas laboratoriais

A análise das respostas dos estudantes para quatro questões das primeira e segunda estações laboratoriais foram organizadas no Quadro 5. Parte-se da possibilidade de que é possível identificar indícios do pensamento metacognitivo em um grupo de estudantes, por meio das respostas escritas dadas por eles a instruções solicitadas em uma atividade. Essa análise envolve uma compreensão do fenômeno metacognitivo no conjunto da atividade, bem como se revela um componente subjetivo de interpretação. Nesse contexto,

buscando minimizar essa dificuldade e possíveis variações de interpretação, os registros foram analisados pelos autores em momentos distintos e na sequência discutido em conjunto, de modo que cada manifestação, para ser considerada com potencial metacognitivo, precisava ter sido identificada por mais de um pesquisador e ao final obter a concordância dos autores.

No Quadro 5 é possível observar para as práticas epistêmicas, níveis para as respostas dos estudantes, sendo o menor nível para indicar uma resposta incorreta ou que não foi realizada, o nível intermediário para uma resposta parcialmente correta e o maior nível para a resposta correta (Quadro 3). Na última coluna encontra-se a quantidade de equipes que, a partir de suas respostas, revelaram possíveis manifestações metacognitivas.

Quadro 5 - Análise das respostas dos estudantes em equipes para as questões da ficha laboratorial

Estação laboratorial	Questão	Respostas das equipes (n=40) em relação às:				
		Práticas epistêmicas				Possíveis manifestações metacognitivas
		Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	
1	3	3	3	10	24	33
	4	4	22	4	-	8
2	2.3	1	9	30	-	19
	3	4	16	20	-	19

Fonte: os autores

Questão 3 da estação laboratorial 1

A análise das respostas à **questão 3 da estação laboratorial 1** revelou significativa variedade no que foi mencionado pelos estudantes, tendo sido comum encontrar fórmulas matemáticas na apresentação do plano de trabalho solicitado, como maneira de justificar a proposição.

A equipe 7 do 9.º D foi a única equipe a responder à questão utilizando a representação de forças no sistema, conforme indicado na Figura 1.

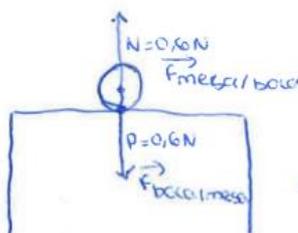


Figura 1 - Representação construída pela equipe 7 do 9.º D para responder à questão 3 da estação 1. Fonte: Print realizado pelos autores.

Embora os estudantes não tenham listado os materiais necessários, eles registraram a intensidade da força, indicando o uso do dinamômetro. A representação construída mostra que o objetivo foi cumprido, pois os estudantes indicam quais forças e onde estão atuando. Um exemplo de resposta cuja mobilização de prática epistêmica foi classificada em nível 3 pode ser visto na atividade realizada pela equipe 3 do 9.º C.

“Materiais: tesoura, fio, dinamómetro². Usamos um fio para prender a bola e conseguir segurá-la ao dinamómetro e a tesoura para cortar o excesso do fio. Usamos o dinamómetro com o objetivo de medir o peso, prendendo o fio ao dinamómetro, e a intensidade da força obtida foi 0,6 N. Como a normal é igual ao peso, esta também é 0,6 N”.

Esta resposta foi classificada como nível 3 porque, ao "planejar uma investigação para responder questões científicas", os estudantes fazem menção aos materiais que devem ser utilizados, justificando seu uso e explicitando o resultado que imaginam que deve ser encontrado. Com isso, verifica-se que os estudantes fazem uso de práticas de investigação, por discutirem modos de resolver um problema, e de argumentação, ao explicitarem relação entre dados coletados e resolução do problema.

De modo semelhante, a equipe 3 do 9.^o D expõe o material a ser utilizado e justifica conceitualmente o porquê da escolha, além de explicitar, pela justificativa uma previsão, associada à funcionalidade do material.

“O material escolhido foi o dinamómetro, pois as forças que estamos a medir são um par ação-reação. Logo a força que a mesa exerce na bola é igual à força que a bola exerce na mesa, por isso o dinamómetro ajuda-nos a medir a força”³.

Assim como o exemplo anterior, a equipe trouxe elementos da prática epistêmica de investigação, ao explicitar modos de "planejar uma investigação para responder questões científicas", e de modelagem, por "construir e refinar modelos" para situações vinculadas ao procedimento proposto. Há exemplos de respostas cujo nível de mobilização de práticas epistêmicas identificado foi mais baixo. Um destes casos é a resposta da equipe 5 do 9.^o D:

“Escolhemos o dinamómetro que mede a intensidade das forças e, neste caso, a intensidade é de 0,6N”.

Esta resposta foi classificada como de nível 1, pois apenas explicita os materiais da investigação em planejamento e a justificativa concentra-se na função do material escolhido, sem relacioná-lo à finalidade desejada. Também se observou resposta classificada em nível 0:

$$P = 0,54 N$$

$$F = P \times g \Leftrightarrow 0,54 \times 9,8 = 5,292 N”.$$

Esta resposta, concedida pela equipe 7 do 9.^oC, embora se vincula à prática epistêmica de "usar representação", faz apelo apenas à representação algébrica do fenômeno, sem qualquer exposição de justificativa. Considera-se que este modo de resposta é um exemplo de presença da cultura escolar na ação dos estudantes, ou de procedimentos de “fazer lição” (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000), uma vez que eles recorrerem a uma prática usual da sala de aula, a resolução de exercícios utilizando fórmulas algébricas, para responder a uma atividade deste contexto, embora o solicitado fosse o desenvolvimento de justificativas para a resposta.

Ainda sobre a questão 3 da estação laboratorial 1, identificaram-se, em 33 equipes, registros como indícios de manifestações metacognitivas que mostram a possibilidade de que o proposto foi capaz de levar as equipes a:

i) identificar o objetivo da atividade antes de iniciá-la, o que esteve presente nos destaques (grifos) que algumas equipes fizeram no enunciado da questão ou por meio das explicitações desse objetivo presente no início da resposta. Por exemplo, a equipe 1 do 9.^o E destacou no enunciado as expressões “intensidade da força” e “exerce na bola”, o que representa o objetivo da questão. A equipe 3 do 9.^o A escreveu:

² Em Portugal, se escreve dinamómetro ao invés de dinamômetro. Em casos de citação direta do trabalho dos estudantes, manteve-se a escrita original.

³ Esta justificativa, apesar de ser classificada com nível 3, apresenta incorreções científicas (o peso e a reação normal não constituem um par ação-reação). Contudo, considerou-se que esta falha de linguagem científica não justificava uma alteração de nível, de acordo com a rubrica de avaliação (Quadro 3). Note-se que esta incorreção científica é novamente verificada em registros apresentados posteriormente.

“Temos de medir o peso da bola, assim sabemos a intensidade da força que a bola exerce sobre a mesa. Como estas forças são um par ação-reação, a intensidade da $F_{\text{mesa/bola}}$ e a $F_{\text{bola/mesa}}$ será a mesma. Assim, é necessário um dinamômetro para saber o peso da bola”.

O fato de explicar o que precisa ser feito e o que necessita para isso, pode estar associado à identificação do objetivo da questão, o que para Flavell (1979) é essencial quando se trata de recorrer a pensamentos metacognitivos. Segundo o autor, e expresso em seu modelo sobre metacognição e o monitoramento cognitivo, essa forma de pensamento para ser desencadeada necessita de algo que a estimule e isso pode ser dado por uma meta a ser alcançada. No caso, por entender que o objetivo é o primeiro passo, considera-se que aqueles que identificaram o objetivo da atividade podem ter se valido dessa forma de pensamento na execução da atividade.

ii) verificar seus conhecimentos específicos, o que pode ser observado na referência à Terceira Lei de Newton, na discussão sobre o funcionamento de um dinamômetro e na estratégia indicada para resolver a questão, identificado por meio de registros envolvendo as justificativas de suas escolhas. Essas manifestações podem ser identificadas em passagens como a exemplificada a seguir:

“Nós escolhemos o dinamômetro, porque o mesmo permite-nos descobrir o peso da bola. Como a bola e a mesa são um par ação e reação e essas forças têm a mesma intensidade, o peso da bola seria o mesmo que a mesa exerceria sobre ela”.

O registro da equipe mostra que a justificativa a partir da identificação de seus próprios conhecimentos sobre o assunto, pode ter tido origem em uma avaliação sobre os próprios conhecimentos, ou uma autoavaliação o que nos remete a uma dimensão metacognitiva (Flavell & Wellman, 1977).

iii) planejar a ação e que esteve presente por meio da descrição do como fazer ou como foi realizada a atividade. Nessa questão encontra-se o registro da equipe 6 do 9.º D:

“Para descobrirmos a intensidade da força que a mesa exerce na bola, necessitamos da bola e de um dinamômetro uma vez que este nos consegue indicar o peso da bola, que é igual à força que mesa exerce na bola (Normal). Após realizarmos estes procedimentos, podemos concluir que o valor da força que a mesa exerce na bola é de 0,6N”.

Esse registro da equipe mostra que eles planejaram a ação antes de executá-la, apoiando-se nos passos a serem executados. O planejamento da ação é tido como um aspecto central quando se trata do uso do pensamento metacognitivo (Rosa, 2011). No caso dos registros da equipe, é possível identificar que eles realizaram esse procedimento de pensamento ou pelos menos sabem descrever ou reconhecem o caminho percorrido até chegar à resposta.

iv) avaliar a ação registrada nas fichas laboratoriais por meio de relatos do caminho percorrido ou com explicações sobre as escolhas dos materiais frente ao objetivo da questão e dos conhecimentos específicos presente na atividade realizada. Como exemplo apresenta-se o expresso pela equipe 8 do 9.º B:

“Em primeiro lugar requisitamos um dinamômetro ao professor para verificar a intensidade do peso, de seguida prendemos a bola no dinamômetro e verificamos que a intensidade do peso é de 0,5N, então quando a bola está em repouso, a resultante das forças é nula, e por isso a intensidade da força que a mesa exerce na bola é 0,5N”.

O registro relatado mostra que os alunos retomaram o caminho executado associando ao objetivo da atividade e avaliando seus resultados. Embora a avaliação nesse caso tenha sido no sentido de justificar a resposta, percebe-se um movimento de verificar se o encontrado tem possibilidade de responder à questão. Essa reflexão do pensar no resultado frente ao objetivo da questão, pode estar associada à metacognição.

Questão 4 da estação laboratorial 1

A análise das respostas à **questão 4 da estação laboratorial 1** foi feita inicialmente pelo uso de rubrica com três níveis de mobilização de práticas epistêmicas, organizados entre 0 e 2. Uma resposta classificada em nível 2 foi proposta pelos estudantes da equipe 1 do 9.º C:

“A afirmação é falsa sendo que existe sempre a força gravítica, existe também a força da água que exerce uma força de baixo para cima no barco”.

Pela resposta, os estudantes expuseram e justificaram a força exercida sobre o barco. Importante destacar que, nesta resposta, os estudantes fazem uso de prática de argumentação, pois buscam sustentar uma alegação (força peso exerce força sobre o barco). Uma resposta classificada como nível 0 foi a apresentada pela equipe 2 do 9.º A:

“Falso, pois está na presença de uma força gravítica”.

Esta classificação deve-se ao fato de que há apenas a exposição de quais seriam as forças, sem justificar como elas agem.

No domínio metacognitivo, identificaram-se oito equipes que externalizaram manifestações com potencial metacognitivo e associadas à retomada do conhecimento, com o objetivo de verificar sua ação, como pode ser identificado nos seguintes registros da equipe 4 do 9.º D:

“A afirmação é falsa, pois no barco estão a ser exercidas a força que a Terra exerce no barco, ou seja, o peso, e a força que a água está a exercer sobre o barco. Ele encontra-se parado porque as forças se anulam, pois estão aplicadas no mesmo corpo”;

e na equipe 8 do 9.º B:

“A afirmação é falsa, uma vez que o peso e a reação estão aplicadas no barco, contudo como a intensidade é igual, a direção é igual e têm sentidos opostos as forças anulam-se, por isso a resultante das forças é nula e o barco está parado”.

Tais registros mostram que as equipes retomam os conhecimentos específicos para verificar sua resposta, o que representa uma ação de pensamento que pode ser identificado como de natureza metacognitiva, como já explicitado na questão anterior (Questão 3). O revisitar os conhecimentos sobre determinado assunto, pode repercutir na tomada de consciência dos sujeitos sobre seus próprios conhecimentos, o que Flavell e Wellman (1977) consideraram como uma das variáveis que caracterizam o pensamento metacognitivo.

Questão 2.3 da estação laboratorial 2

A análise das respostas à **questão 2.3 da estação laboratorial 2** também utilizou uma rubrica cuja gradação dos níveis de mobilização de práticas epistêmicas varia de 0 a 2. Um exemplo de resposta classificada como nível 2 foi apresentada pela equipe 4 do 9.º E:

“Esta situação representa a 3ª lei de Newton (par ação-reação), ou seja o dinamómetro exerce 0,56 N na bola e vice-versa, tendo as duas forças mesma intensidade e direção, sentido oposto, e ponto de aplicação diferentes”.

A resposta explicita a argumentação dos estudantes justificando o entendimento da situação a partir de dados, com menção a uma lei científica como forma de trazer mais sustentação à ideia exposta. Para esta mesma questão, também se encontram respostas classificadas em nível 0.

“2 N e 0,44 N. A relação é a força que cada um exerce no outro”.

Neste caso, a equipe 7 do 9.º D expôs uma resposta sem relacionar os dois dados obtidos e, portanto, a argumentação revela-se frágil, apenas com a apresentação de informações.

Nessa questão foram identificadas manifestações metacognitivas em 19 equipes, relacionadas com a construção de argumentos científicos a partir de uma retomada no seu conhecimento. Algumas equipes se restringiram a mencionar que a explicação estava na 3ª Lei de Newton, todavia, outros, praticamente metade deles (19/40), recorrem a explicações envolvendo argumentos que pudessem subsidiar sua resposta e que se podem identificar como de natureza metacognitiva. Como exemplo, apresenta-se a resposta da equipe 6 do 9.º A em que além de explicitar que se tratava da 3.ª Lei de Newton, incluiu uma explicação sobre do que ela se tratava:

“As duas respostas são iguais, pois as duas forças têm a mesma intensidade, visto que são um par ação-reação, ou seja, são forças aplicadas em corpos diferentes, mesma direção, sentidos opostos e mesma intensidade”.

Outro exemplo, foi o registrado pela equipe 4 do 9.º E:

“Esta situação representa a 3.ª lei de Newton (par ação-reação), ou seja, o dinamómetro exerce 0,56 N na bola e vice-versa, tendo as duas forças mesma intensidade e direção, sentido oposto e ponto de aplicação diferente”.

O mencionado infere, a exemplo das questões anteriores, que o enunciado auxilia a explicitação da presença do pensamento metacognitivo, especialmente quando este se apresenta vinculado à busca por argumentos que justifiquem a resposta dada à questão. A busca por argumentos vincula-se à retomada do conhecimento e com isso à possibilidade de avaliação do próprio conhecimento, como já havia sido discutido na questão 4 da estação laboratorial 1. Nesse caso, e diferentemente de uma resposta que somente expressa o conteúdo, no caso 3.ª Lei de Newton, as que envolveram explicações no sentido da argumentação justificando uma resposta, oportunizam uma reflexão sobre o que a equipe de estudantes sabe e, alternativamente, o que não sabe sobre um determinado tópico/contéudo.

Questão 3 da estação laboratorial 2

Por fim, a análise das respostas à **questão 3 da estação laboratorial 2** também utilizou uma rubrica com níveis entre 0 e 2. Uma resposta classificada em nível 2 foi proposta pelos estudantes da equipe 1 do 9.º B:

“O dinamómetro A, porque tem um maior alcance e o carro tem um maior peso”.

Pela resposta, os estudantes expuseram e justificaram o uso de um dinamómetro específico, relacionando o alcance desse dinamómetro com o peso do carro. Uma resposta classificada como nível 0 foi a apresentada pela equipe 1 do 9.º C:

“O dinamómetro é de alcance 5 N”.

As possíveis manifestações metacognitivas foram identificadas em 19 equipes a exemplo da anterior, todavia, não para as mesmas. Essa identificação ocorreu em apenas 12 das 19 equipes, ou seja, 12 delas apresentaram manifestações identificadas na Questão 2.3 e na Questão 3. Tais manifestações identificadas na Questão 3 foram de dois tipos, a saber: *“Retoma o conhecimento para sustentar uma decisão”* e *“Monitora o pensamento para avaliar o conhecimento”*. O incremento em relação à anterior é que nesse caso algumas equipes manifestaram por meio de um monitoramento metacognitivo, o que não havia sido identificado na anterior. Isso pode ser identificado em registros como os seguintes:

Equipe 7 do 9.º D: *“O dinamómetro adequado para registrar o peso do carro é o de 2N, pois se usarmos o dinamómetro de 1N, o carro sai da escala, então o dinamómetro mais específico e que ainda pode calcular a força é o de 2N”*

Equipe 6 do 9.º C: *“O dinamómetro mais adequado para registrar o peso do carro é o dinamómetro C, uma vez que a intensidade do peso do carro é 1,86N e o dinamómetro C tem uma menor divisão de escala com mais pormenor e o seu alcance é o mais próximo da intensidade do peso do carro”.*

Ou seja, há indicativos de um monitoramento da atividade no sentido de comparar os dois dinamómetros frente ao objeto a ser suspenso. Isso está além do conhecimento específico e envolve o conhecimento do aparelho (dinamómetro) e a previsão do que pode acontecer caso façam a escolha por um ou outro aparelho. Estabelecer comparações, avaliar conhecimento e controle da ação são indicativos da presença do pensamento metacognitivo, embora não possamos ter evidências de sua presença.

Como já descrito, as rubricas utilizadas para analisar as práticas epistêmicas foram construídas para avaliar, em escala, a sua mobilização pelos estudantes. A análise do Quadro 5 permite concluir que, durante o trabalho nas estações laboratoriais, à exceção da questão 4 da estação 1, a maioria das equipes alcançou o nível mais alto na mobilização das práticas epistêmicas. De modo complementar, verifica-se que, em todos os casos, os níveis mais baixos foram identificados em poucas respostas. Contudo, é preciso avaliar de modo mais detalhado esses dados, assim como as manifestações identificadas como metacognitivas.

Na questão 3 da estação laboratorial 1, a maioria das equipes de estudantes **planejaram uma investigação para responder questões científicas**, pois estabeleceram estratégias para testar a hipótese (Kelly & Licon, 2018) de que a intensidade da força que a mesa exerce na bola é igual à intensidade do peso

da bola. Partindo dessa hipótese, os estudantes justificaram o uso do dinamômetro para obterem a intensidade do peso e, posteriormente, indicaram a intensidade da força que a mesa exerce na bola. Há estudos na literatura indicando a identificação dessa prática epistêmica nos registros escritos produzidos por estudantes do Ensino Fundamental e Médio (Silva, 2015). Uma das equipes **usou a representação** como forma de indicar a força que a mesa exerce na bola. A representação não serviu para ilustrar a resposta dos estudantes, visto que eles utilizaram somente a representação para sustentarem sua hipótese e indicarem que o dinamômetro seria o material utilizado para descobrir a intensidade da força. Perini (2002; 2005a;b), analisando a função das representações para a atividade científica, afirma que elas servem como componentes dos argumentos, para explicar e expressar conclusões. Nesse sentido, transpondo essas ideias para os contextos escolares, é possível afirmar que os estudantes utilizaram as representações para justificar o uso do dinamômetro, considerando a hipótese de que a intensidade da força que a mesa exerce na bola é igual à intensidade do peso da bola.

Nesta questão, foi indicado o maior número de manifestações metacognitivas frente às quatro questões analisadas. Este fato pode estar relacionado, entre outros fatores, ao enunciado da questão que induzia de forma explícita movimentos de pensamento metacognitivo, ao solicitar que “Elabore um plano” ou “Chame o professor antes de iniciar a execução da atividade”. Esses comandos integram o que Zohar e Barzilai (2013) inferem como ações que instigam a metacognição, ou seja, em que ela é ativada explicitamente em uma atividade. Todavia, não basta apresentar tais comandos na questão para que seja possível identificar que eles foram realizados, é necessário que na resolução os estudantes externalizem esse movimento de pensamento metacognitivo, o que foi identificado em 33 das 40 equipes. Além disso, a análise da questão trouxe a possibilidade da presença de quatro tipos de manifestações metacognitivas. Embora se tenham apresentado exemplos para cada uma das manifestações identificadas, esses exemplos por vezes envolvem mais de uma manifestação, optando-se por trazê-la naquela que se considerou com maior potencial. Como exemplo, destaca-se o registro da equipe 6 do 9.º D trazido anteriormente. Ao mesmo tempo em que se identifica uma preocupação em justificar suas escolhas por meio do conhecimento específico sobre o assunto, a equipe apresenta um planejamento e avalia a sua ação, caracterizando a possibilidade da presença de três das quatro manifestações identificadas como presentes na questão em análise. A situação descrita é o que se deseja em uma atividade que busca contemplar o pensamento metacognitivo e que segundo Taasobshirazi e Farley (2013), necessitam estar presentes quando se busca êxito na resolução de problemas em Física.

Na questão 4 da estação laboratorial 1, os estudantes ao serem solicitados para comentar a afirmação exposta acima, mobilizaram a prática epistêmica, **avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou modelo** (Kelly & Licona, 2018). Neste caso, os estudantes avaliam uma afirmação, indicando não apenas quais as forças exercidas, mas onde elas estavam sendo aplicadas. Nesta questão, o pensamento metacognitivo não esteve tão explicitamente instigado como na questão anterior da mesma estação laboratorial, o que acarretou um número menor de eventos metacognitivos presentes nos registros das equipes. Todavia, ao solicitar que eles comentassem a afirmação possibilitando se posicionar em relação a ela, levou à busca por argumentos para esse posicionamento da equipe. Para algumas equipes, esse posicionamento veio com explicações diretas e, para outras, com complementos que permitiram verificar o conhecimento sobre o assunto. Nesses argumentos mais completos é possível identificar a presença do avaliar conhecimentos diante da necessidade de se posicionar, movimento que é característico de um pensar metacognitivo (Rosa, 2011).

Na questão 2.3 da estação laboratorial 2, os estudantes ao mencionarem os conceitos para fundamentar suas respostas, mobilizaram a prática epistêmica, **justificar entendimentos com base nos conhecimentos das ciências** (Kelly & Licona, 2018). Numa perspectiva metacognitiva, nesta questão, os alunos construíram argumentos científicos a partir de uma retomada no seu conhecimento. Desta forma, face às respostas apresentadas, considera-se que os alunos tiveram a possibilidade de avaliar o próprio conhecimento por comparação com os seus pares, uma manifestação metacognitiva semelhante à discutida anteriormente (Efklides, 2006).

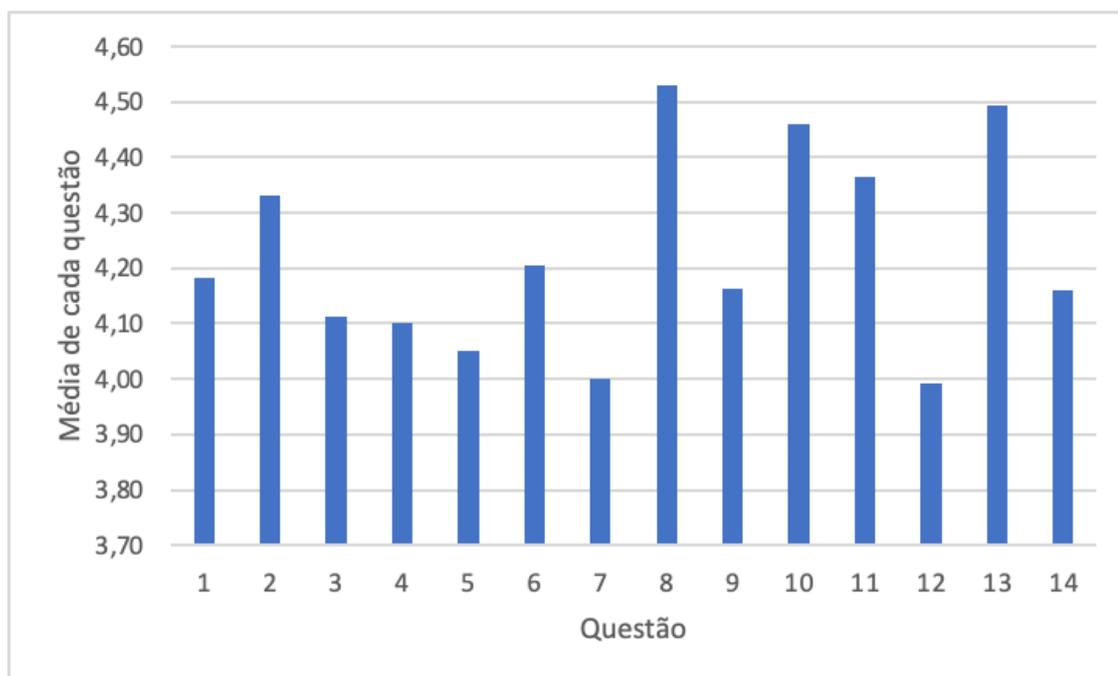
Na questão 3 da estação laboratorial 2, os estudantes **construíram explicações científicas baseadas em evidências e raciocínio** (Kelly & Licona, 2018), pois relacionaram o fenômeno investigado (uso do dinamômetro) e os conceitos envolvidos (força) para a compreensão desse fenômeno. A construção de explicações científicas tem sido uma das práticas epistêmicas mais mobilizadas pelos estudantes a partir de registros escritos (Silva, 2015). Provavelmente, este facto é consequência da própria natureza das atividades escolares, porque solicitam que os estudantes expliquem os fenômenos a partir dos conceitos científicos. As manifestações metacognitivas identificadas nesta questão foram “*Retoma o conhecimento para*

sustentar uma decisão” e “Monitora o pensamento para avaliar o conhecimento”. A capacidade de monitorar a atividade no sentido de julgar se está no caminho é uma manifestação metacognitiva uma vez que remete a um pensar reflexivo sobre o que está sendo realizado e se há necessidade de alteração no caminho inicialmente previsto (Nashon & Anderson, 2004).

Análise dos questionários

As médias de todos os itens do questionário, respondido individualmente por 137 estudantes, situam-se entre **concordo** e **concordo plenamente** (variam entre 4,00 e 4,53). Os itens que registram maior média são as questões 8, 10 e 13, conforme se pode observar no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição das médias por questão



As estações laboratoriais ajudaram-me a...

Q8: elaborar hipóteses de solução confrontando com as dos meus colegas.

Q10: comparar os meus conhecimentos com os conhecimentos dos meus colegas.

Q13: colocar em prática o que aprendi em sala de aula.

As questões 8 e 10 têm em comum a mobilização simultânea de metacognição e práticas epistêmicas, sendo que a questão 8 se relaciona com habilidades metacognitivas e a questão 10 com consciência metacognitiva.

Uma análise feita aos respectivos domínios (Quadro 1), revela que as médias e os desvios padrão se encontram muito próximos. No domínio Conhecimento Metacognitivo a média foi de 4,23 ($\sigma = 0,841$), na habilidade metacognitiva a média foi de 4,18 ($\sigma = 0,870$) e as questões relacionadas com as práticas epistêmicas registram uma média de 4,19 ($\sigma = 0,864$).

Em relação à pergunta aberta: “Na tua opinião, qual é a principal vantagem de realizares estações laboratoriais, no que respeita à tua aprendizagem?”, 94,0 % dos alunos apresentaram manifestações metacognitivas ao se reportar às atividades das estações laboratoriais, confirmando os resultados obtidos nas respostas aos itens anteriores. A seguir transcrevem-se quatro excertos de respostas dos alunos.

“A principal vantagem da realização das estações laboratoriais é o facto de aumentar a minha agilidade mental e capacidade de trabalhar em grupo”.

“Consigo perceber e elaborar uma opinião com os meus colegas e perceber a importância de planificar e bem elaborar as respostas às questões”.

“Discutir com os meus colegas as possíveis hipóteses para uma pergunta, testando os meus conhecimentos. Colocar em prática o que aprendi na aula”.

“Na minha opinião, a principal vantagem é comparar os meus conhecimentos com os dos meus colegas, pois faz-me perceber melhor a matéria”.

Uma análise mais profunda permitiu agrupar os comentários em quatro categorias. No Quadro 6 apresentam-se as categorias acompanhadas com as respectivas percentagens de resposta e exemplos.

Quadro 6 – Respostas dos alunos agrupadas em 4 categorias

Categoria	% de comentários	Exemplos (excertos de respostas dos alunos)
Trabalho colaborativo	44,4 %	“O trabalho em equipa e a discussão da matéria inteira com os outros colegas permite uma melhor memorização da matéria” “A principal vantagem é trabalhar em equipa, pois esclarecemos as dúvidas uns com os outros” “Poder discutir os conhecimentos com os meus colegas, alargando, de certa forma, os meus conhecimentos”
Aplicação do conhecimento	28,6 %	“Ver se sei aplicar as minhas aprendizagens” “Perceber melhor a matéria de uma forma menos teórica (...)” “Na minha opinião, seria poder aplicar os conceitos aprendidos a uma experiência real”
Consolidação do conhecimento	28,6 %	“Eu penso que assim consigo ter um conhecimento mais aprofundado acerca dos temas estudados em aula.”
Motivação	1,5 %	“É uma maneira divertida de aprender” “As estações laboratoriais proporcionam uma aprendizagem mais lúdica (...)”

Fonte: elaborado pelos autores.

Globalmente, os resultados sugerem que os alunos reconhecem que o modelo das estações laboratoriais apresenta como principal mais valia o seu potencial colaborativo, isto é, na ótica dos alunos é a possibilidade de poderem partilhar os seus conhecimentos e elaborar hipóteses de solução com os colegas, que faz com que este modelo contribua de forma significativa para uma melhor aprendizagem. Paralelamente, outra vantagem mencionada pelos estudantes foi a possibilidade de nestas estações poderem aplicar o seu conhecimento. Ficou por esclarecer se, com esta opinião, os alunos se estariam a referir à possibilidade de verificar experimentalmente leis/conceitos teóricos ou à própria compreensão dos conceitos lecionados em aula.

Desse modo, as estações laboratoriais, pelo seu modelo colaborativo, incluem um conjunto de ações sociais que permitem a colaboração cognitiva entre os alunos, fomentando o monitoramento e a possibilidade dos alunos avaliarem em tempo real o seu próprio conhecimento e o dos colegas, assim como a compreensão da própria atividade. Estes resultados estão em linha com a literatura (Lee *et al.*, 2015; Lindfors *et al.*, 2020) ao sugerirem que estes momentos de reflexão metacognitiva se podem constituir como prática epistêmica. Mais uma vez, e de acordo com a literatura, a argumentação, essencial no pensamento científico, ganha especial relevância no ensino colaborativo, ao promover a regulação social da aprendizagem (de certa forma, a regulação do grupo reflete a regulação individual). Dentro de um grupo, os alunos precisam regular sua cognição, motivação, emoções e deliberadamente planejam, monitoram, controlam/regulam, avaliam e adaptam sua aprendizagem para alcançar uma meta acadêmica desejável (Zheng *et al.*, 2023), isto é, tal como mencionado por Flavell (1979), a metacognição é usada pelos alunos como estratégia para responder um objetivo de natureza cognitiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Este estudo investigou de que forma o modelo das estações laboratoriais mobilizou o desenvolvimento de práticas epistêmicas e possibilitou manifestações metacognitivas espontâneas dos estudantes.

Uma das preocupações iniciais do estudo era tentar perceber se estações laboratoriais, com interações que ocorrem ao longo de apenas 15 minutos, eram capazes de mobilizar práticas epistêmicas e

momentos de reflexão interna de natureza metacognitiva. Os resultados deste estudo mostram que este objetivo pode ser cumprido, ainda que se esteja perante atividades onde as perguntas são mais curtas e diretas. A avaliação do trabalho, no pequeno grupo, durante a estação laboratorial não era foco de atenção neste estudo e, portanto, não há informações que permitam analisar como ele ocorreu. Apesar desta limitação do desenho metodológico, reconhece-se a importância de que, em aulas com estações laboratoriais como as estudadas nesta pesquisa, o professor atente-se para como acontecem as interações dos estudantes entre si e com as questões e os temas em discussão, de forma a entender, por exemplo, se os problemas a serem resolvidos foram compreendidos e, em sendo o caso, colaborar para o melhor desenvolvimento do trabalho.

Um outro importante aspecto a se ressaltar é o fato de que as atividades solicitavam que os estudantes pudessem trazer posicionamento sobre ações realizadas ou a realizar e sobre conclusões que pudessem ser elaboradas por eles. É o caso, por exemplo, da questão 3 da estação laboratorial 1 que, ao solicitar a elaboração de um plano de trabalho e justificativas sobre os materiais selecionados para este fim, buscava mobilizar ações dos estudantes para a investigação e a argumentação. De modo semelhante, a questão 3 da estação 2, que pedia que os estudantes avaliassem qual seria o dinamômetro mais adequado para registrar o peso de um carro e uma justificativa para esta escolha, também demandava que os estudantes ponderassem e se posicionassem argumentativamente sobre elementos de uma investigação.

Sob o ponto de vista metacognitivo, apenas a questão 3 da estação laboratorial 1 induz, de forma mais explícita, movimentos de pensamento metacognitivo. Contudo, nas demais questões investigadas, foi possível identificar momentos em que os alunos retomaram o conhecimento com o objetivo de avaliar a ação e construíram argumentos científicos a partir daí. Foi também visível, em alguns excertos, o monitoramento e a capacidade de avaliar ou julgar o próprio conhecimento, por comparação com os seus pares. Esta possibilidade de troca e comparação de conhecimento foi, aliás, uma das principais vantagens identificadas pelos alunos no questionário individual. Note-se que as estações não foram orientadas para a ativação do pensamento metacognitivo, mas seguiram o curso normal de uma estação, com perguntas curtas e objetivas, formuladas a partir de situações que levassem o grupo a discutir e tomar decisões.

Diante das análises, percebe-se a presença mais comum de alguns tipos de manifestações metacognitivas, na relação com as práticas epistêmicas identificadas. Por exemplo, na questão 3 da estação laboratorial 1, quando as práticas epistêmicas vinculadas ao planejamento de uma investigação para responder a questões científicas e ao uso de representação foram mobilizadas, surgiram manifestações associadas à identificação do objetivo da questão, ao planejamento da ação e à avaliação da tarefa realizada. Com relação à questão 4 da mesma estação laboratorial, foi identificada de modo mais preponderante a prática epistêmica de avaliação dos méritos de uma afirmação, evidência ou modelo, o que revela movimentos argumentativos pelos estudantes, e para esta questão, a manifestação metacognitiva mais identificada foi a retomada do conhecimento com objetivo de verificar sua ação. No caso da estação laboratorial 2, questão 2.3 foi percebido que os estudantes mobilizaram a prática epistêmica para justificar entendimentos com base nos conhecimentos das ciências e, junto a isso, os indícios de manifestação metacognitiva encontrados referem-se à construção de argumentos científicos a partir de uma retomada no seu conhecimento. Já para a questão 3, foi identificada de modo mais predominante a prática epistêmica associada à construção de explicações científicas baseadas em evidências e raciocínio, tendo sido identificada mais frequentemente as manifestações metacognitivas de retomada do conhecimento para sustentar uma decisão e o monitoramento do pensamento para avaliar o conhecimento.

Estes resultados não indicam uma relação direta que possa ser generalizável, mas permitem que seja afirmado que, para este estudo, os resultados encontrados possibilitaram estabelecer algumas relações entre as práticas epistêmicas e os indícios de manifestações metacognitivas.

Um elevado número de estudantes (94%), na sua resposta individual ao questionário, apresenta o potencial metacognitivo das estações laboratoriais. Na perspectiva dos estudantes, o fato de nestas aulas poderem elaborar hipóteses e argumentar com os seus pares, constitui-se uma oportunidade de construção de práticas epistêmicas e uma vantagem no que toca à sua aprendizagem. Durante a realização das atividades propostas, os alunos envolvem-se em argumentação dialética, o que possivelmente pode ter repercutido em pensamento metacognitivo e, por consequência, nas manifestações registradas nas fichas. A argumentação dialética favorece que o estudante monitore o próprio argumento e quando refutado por outros, ele pode regular as evidências e raciocínio para defender seu argumento. De certa forma, sucedem-se um conjunto de processos de regulação social que se entrelaçam com o conhecimento metacognitivo social, julgamentos metacognitivos e habilidades metacognitivas. Por esse motivo, à luz do entendimento dos estudantes expresso nas suas respostas ao questionário, a riqueza deste modelo está na possibilidade de

troca e na atividade/interação coletiva. Nesse sentido, tanto a natureza das práticas epistêmicas como das manifestações metacognitivas se deram para a argumentação e justificação de ideias.

O questionário elaborado foi sobretudo de natureza metacognitiva e complementar à pesquisa, uma forma de oportunizar que os estudantes se manifestassem em termos metacognitivos de forma individualizada. Note-se que as próprias perguntas eram iniciadas pela expressão: “As estações laboratoriais ajudaram-me a...”, o que de certa forma impossibilita os alunos de se focarem em aspectos mais específicos das estações laboratoriais, como a capacidade de poderem compreender um determinado conceito com atividades/contextos diversificados. Nesse sentido, este questionário acabou por se materializar num dado geral das turmas em termos da presença do pensamento metacognitivo durante as atividades nas estações.

Este elevado percentual nas respostas individuais não se confirma ao analisar as respostas coletivas obtidas nas questões selecionadas da ficha para análise do estudo, como foi apresentado na seção anterior. Uma das explicações pode ser o instrumento utilizado na produção de dados de cada uma das situações, uma vez que no caso das respostas coletivas se torna complexo identificar as discussões e a presença do pensamento metacognitivo. Essa é uma das limitações deste estudo, uma vez que parte dele foi obtido por meio dos dados produzidos pelos registros coletivos na ficha. Se as aulas tivessem sido gravadas e, posteriormente, analisadas provavelmente muitas outras manifestações metacognitivas seriam detectadas e aqui exploradas.

Por fim, como implicações deste estudo, é importante reforçar a importância de desenvolver propostas didáticas que envolvam processos investigativos, argumentativos e de modelagem, para que os estudantes, no seio do grupo, possam desenvolver a capacidade de analisar, explorar, argumentar e concluir. Ao discutir os diferentes pontos de vista, ao ocorrer dissonância entre a teoria e a prática, o aluno melhora a consciência do seu conhecimento e aprimora os seus mecanismos autorregulatórios. Os resultados deste estudo dão um contributo neste sentido, dado que sugerem que o modelo das estações laboratoriais pode potencializar o desenvolvimento de práticas epistêmicas por poder incluir, em algumas das estações, ambientes de ensino por investigação. Simultaneamente, podem constituir-se um espaço metacognitivo, porque a maioria das tarefas exige reflexão interna e conscientemente ou não, neste movimento os alunos procuram o conhecimento já existente na estrutura cognitiva.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao projeto da FCT-Portugal Strategic Funding UIDB/04650/2020. O segundo autor agradece à FAPEMIG pelo financiamento recebido na Demanda Universal (processo APQ-01265-23). A terceira e quarta autoras agradecem ao CNPq pelo financiamento recebido como bolsa de produtividade em pesquisa (processos 305357/2022-0 e 306683/2022-9, respectivamente).

REFERÊNCIAS

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4%3c417::AID-SCE1%3e3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4%3c417::AID-SCE1%3e3.0.CO;2-E)
- Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082-1112. <https://doi.org/10.1002/tea.21257>
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. Metacognition, motivation, and understanding, In F. E. Weinert, & R. H. Kluwe, (Eds.). *Metacognition, motivation and understanding*. (pp. 65-116). Hillsdale, United States of America: Lawrence Erlbaum Associates.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>
- Efklikes, A. (2006). Metacognition and affect: What can metacognitive experiences tell us about the learning process?. *Educational research review*, 1(1), 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2005.11.001>

- Efklides, A. (2008). Metacognition defining its facets and levels of functioning in relation to self-regulation and co-regulation. *European Psychologist*, 13(4), 277–287. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277>
- Oliveira, T. E., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2016). Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. 33. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2016v33n3p962>
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mäntylä, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to ‘seeing’ how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0024-x>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (231-235). Hillsdale, United States of America: Erlbaum Associates.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flavell, J., & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In: R. V. Kalil, J. W. Hagen (Eds.) *Perspectives on the development of memory and cognition*. (pp. 3-33). Hillsdale, United States of America: Erlbaum Associates.
- Hammer, D., Russ, R., Scherr, R. E., & Mikeska, J. (2008). Identifying inquiry and conceptualizing students’ abilities. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and application* (pp. 138–156). Rotterdam, the Netherlands: SensePublishers.
- Hofer, B. K. (2004). Exploring the dimensions of personal epistemology in differing classroom contexts: Student interpretations during the first year of college. *Contemporary educational psychology*, 29(2), 129-163. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2004.01.002>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F)
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In Taber, K., & Akpan, B. (Ed.). *Science Education: An International Course Companion* (69-80). Rotterdam: Sense Publishers.
- Jost, J. T., Kruglanski, A. W., & Nelson, T. O. (1998). Social metacognition: an expansionist review. *Personality & Social Psychology Review*, 2(2), 137-154. https://doi.org/10.1207/s15327957pspr0202_6
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity and epistemic practice. In R. A. Duschl, & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation* (99-117). Rotterdam, Netherland: Sense Publishers. https://doi.org/10.1163/9789460911453_009
- Kelly, G. J. (2022). Social epistemology as practically and interactionally accomplished, In K. Hazma, B. Jakobson, & I. Lundegard (Eds.), *Nature, teaching of nature, and the nature of teaching: A Festschrift for Per-Olof Wickman* (52-61). Stockholm: Stockholm University. Recuperada de https://www.researchgate.net/publication/368592111_Social_Epistemology_as_Interactionally_and_Practically_Accomplished
- Kelly, G. J. (2023). Qualitative research as culture and practice. In: Lederman, N. G., Zeideler, D. L., & Lederman, J. S. (Eds.) *Handbook of Research on Science Education* (60-86), New York, United States of America: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-4>
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic Practices and Science Education. In Matthews, M. (Ed.), *History, philosophy and science teaching: new research perspectives* (139-165). Dordrecht, Netherland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5

- Kelly, G. J., McDonald, S., & Wickman, P. O. (2012). Science learning and epistemology. In Fraser, B. J., Tobin, K. G., & McRobbie, C. J. (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (281-291). Dordrecht, Netherland:: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_20
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Knorr-Cetina, K. (2001). Objectual Practice. In K. Knorr-Cetina, T. R. Schatzki, T. R., & E. Von Savigny, (Eds.), *The practice turn in contemporary theory* (175-188). London, England: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203977453-22>
- Lee, S., Kang, E., & Kim, H. B. (2015). Exploring the impact of students' learning approach on collaborative group modeling of blood circulation. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 234-255. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9509-5>
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2006). Scientific thinking and science literacy. In W. Damon, R. Lerner, K. A. Renninger, & I. E. Sigel (Eds.), *Handbook of child psychology: child psychology in practice* (153-196). Wiley. New York, United States of America: John Wiley & Sons Inc. Recuperada de <https://www-eland.stanford.edu/~hakuta/Courses/Cognitive%20Development/Lehrer%20and%20Schauble.pdf>
- Lindfors, M., Bodin, M., & Simon, S. (2020). Unpacking students' epistemic cognition in a physics problem-solving environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(5), 695-732. <https://doi.org/10.1002/tea.21606>
- Liskala, T., Vauras, M., & Lehtinen, E. (2004). Socially-shared metacognition in peer learning? *Hellenic Journal of Psychology*, 1(2), 147-178. Recuperada de https://www.researchgate.net/publication/284553965_Socially-shared_metacognition_in_peer_learning
- Longino, H. E. (1990). *Science as social knowledge: Values and objectivity in scientific inquiry*. Princeton, United States of America: Princeton University Press.
- Longino, H. E. (2002). *The fate of knowledge*. Princeton, United States of America: Princeton University Press.
- Lynch, M. (2006). The production of scientific images: vision and re-vision in the history, philosophy, and sociology of science. In L. Pauwels (Ed.), *Visual cultures of science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication* (26-40). Lebanon, United States of America: Dartmouth College Press.
- Michaelsen, L. K., Sweet, M., & Parmelee, D. X. (2008) (Org.). *Team-Based Learning: Small-group learning's next big step*. New Directions in Teaching and Learning. San Francisco, United States of America: Jossey-Bass.
- Mota, A. R., Lopes, J. M., & Lopes dos Santos, J. M. (2013). Estações laboratoriais: uma aposta no ensino experimental. *Gazeta da Física*, 36(1), 25-28. Recuperada de <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/111/article/895/pdf>
- Mota, A. R. L., & Santos, J. B. L. (2018). Investigating students' conceptual change about colour in an innovative research-based teaching sequence. *Investigações em Ensino de Ciências*, 23(1), 95-110. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p95>
- Mota, A. R., Silva, F., & Sasseron, L. H. (2023a). Podem as práticas epistêmicas contribuir para o desenvolvimento de competências metacognitivas?. *Revista Espaço Pedagógico*, 30, e14897. <https://doi.org/10.5335/rep.v30i0.14897>
- Mota, A. R. L., Santos, J. L., & Rosa, C. T. W. (2023b). Aprender circuitos elétricos com estações laboratoriais para desenvolver competências metacognitivas. *A Física na Escola*, 21, 220808-1. <https://doi.org/10.59727/fne.v21i1.58>

- Nashon, S. M., & Anderson, D. (2004). Obsession with 'g': A metacognitive reflection of a laboratory episode. *Alberta Journal of Science Education*, 36(2), 39-44.
- Nora, P. dos S., Broietti, F. C. D., & Corrêa, N. N. G. (2021). A Autoavaliação como Processo de Metacognição na Aprendizagem de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 7(3), 196–213. <https://doi.org/10.53003/redequim.v7i3.3347>
- Osborne, J., Pimentel, D., Alberts, B., Allchin, D., Barzilai, S., Bergstrom, C., Coffey, J., Donovan, B., Kivinen, K., Kozyreva, A., & Wineburg, S. (2022). *Science Education in an Age of Misinformation*. Stanford, United States of America: Stanford University. Recuperada de <https://sciedandmisinfo.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj25316/files/media/file/educacao-em-ciencias-em-tempos-de-desinformacao1.pdf>
- Pereira, M. M., & de Andrade, V. A. (2012). Autoavaliação como estratégia para o desenvolvimento da metacognição em aulas de Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), 663–674. Recuperada de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/180>
- Perini, L. T. (2002). *Visual representations and scientific knowledge*. (PhD Thesis). University of California, USA.
- Perini, L. (2005a). The truth in pictures. *Philosophy of Science*, 72(1), 262-285. <https://doi.org/10.1086/426852>
- Perini, L., (2005b). Visual representations and confirmation. *Philosophy of Science*, 72(5), 913-926. <https://doi.org/10.1086/508949>
- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice: Time, Agency, and Science*. Chicago, United States of America: The University of Chicago Press.
- Rosa, C. T. W. (2011). *A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Recuperada de <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/95261>
- Salonen, P., Vauras, M., & Efklides, A. (2005). Social interaction-what can it tell us about metacognition and coregulation in learning? *European Psychologist*, 10(3), 199-208. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.10.3.199>
- Sasseron, L. H., & Duschl, R. A. (2016). Ensino de Ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 52-67. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p52>
- Sasseron, L. H. (2021). Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, e26063. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230101>
- Silva, M. B. (2015). *Construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia*. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperada de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-20052015-100507/pt-br.php>
- Silva, F. C., Nascimento, L. A., Valois, R. S., & Sasseron, L. H. (2022). Ensino de Ciências como Prática Social: relações entre as normas sociais e os domínios do conhecimento. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 39-51. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p39>
- Silva, E. P. C., & Silva, F. C. (2022). Da simulação computacional ao uso das representações visuais: desenvolvendo práticas epistêmicas em aulas de Química. *Educação*, 47, e03-1. <https://doi.org/10.5902/19846444444488>
- Sinatra, G. M., & Chinn, C. A. (2011). Thinking and reasoning in science: Promoting epistemic conceptual

change. In K. Harris, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Eds.), *APA educational psychology handbook series: Critical theories and models of learning and development relevant to learning and teaching* (257-282). Washington, United States of America: APA Publications.

Stroupe, D. (2014). Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Science Education*, 98(3), 487-516. <https://doi.org/10.1002/sce.21112>

Taasoobshirazi, G., & Farley, J. A. (2013). Multivariate Model of Physics Problem Solving. *Learning and Individual Differences*, 24, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.001>

Veenman, M. V. J., Van Hout-Wolters, B. H. A. M., & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and Learning: Conceptual and Methodological Considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14. <https://doi.org/10.1007/s11409-006-6893-0>

Yin, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e métodos*. Porto Alegre, RS: Editora Bookman.

Zheng, X-L., Gu, X-Y., Lai, W-H., Hwang, G-J., & Wang, F. (2023). Development of the social metacognition inventory for online collaborative argumentation: construct validity and reliability. *Educational Technology Research and Development*, 71, 949-971. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10220-5>

Zohar, A., & Barzilai, S. (2013). A review of research on metacognition in science education: current and future directions. *Studies in Science Education*, 49(2), 121-169. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.847261>

Recebido em: 14.03.2024

Aceito em: 24.06.2024