



## INVESTIGAÇÃO EM EDUCAÇÃO

# O papel da argumentação na mudança conceitual e suas relações com a epistemologia de Lakatos



Marina Martins<sup>a</sup>, Rosária Justi<sup>a,\*</sup> e Paula Cristina Cardoso Mendonça<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Química, Ouro Preto, Brasil

Recebido a 15 de março de 2015; aceite a 8 de agosto de 2015

Disponível na Internet a 17 de outubro de 2015

### PALAVRAS-CHAVE

Filosofia Lakatosiana;  
Argumentação;  
Mudança conceitual

### KEYWORDS

Lakatosian  
Philosophy;  
Argumentation;  
Conceptual Change

**Resumo** O objetivo geral desse artigo é analisar o papel da argumentação no processo de mudança conceitual de estudantes. Para isso, foi utilizado o referencial teórico de Lakatos na análise de dados de um processo de ensino fundamentado em modelagem para o tema interações intermoleculares. A coleta de dados ocorreu em uma turma de 2.º ano do ensino médio a partir de registros em vídeo, notas de campo da pesquisadora e cópia de todas as atividades escritas produzidas pelos estudantes. A partir dos resultados, propomos que o elemento núcleo da filosofia Lakatosiana exerce o papel de afirmativa no argumento, enquanto o elemento cinturão protetor é construído por hipóteses auxiliares, que podem exercer o papel de 3 elementos da argumentação: evidências, afirmativas ou argumentos. Concluímos e defendemos que o referencial teórico de Lakatos é viável como ferramenta para a análise da construção do conhecimento dos alunos, pois favorece a compreensão do processo de mudança conceitual e a influência da argumentação no mesmo numa perspectiva ampla.

Direitos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob a licença de Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

### The role of Argumentation on Conceptual Change and its relation with Lakatos' epistemology

**Abstract** The general aim of this paper is analyse the role of argumentation on students' conceptual change process. In order to do so, we used Lakatos' theoretical framework to base the analysis of data gathered in a modelling-based teaching of intermolecular interactions. Data were gathered from video recordings of all lessons involving such learning in a grade 11th class, the researcher's field notes, and the copy of all written activities produced by students. From the results, we propose that the element 'hard-core' of the Lakatosian philosophy plays

\* Autor para correspondência.

Correio eletrônico: [rjusti@ufmg.br](mailto:rjusti@ufmg.br) (R. Justi).

A revisão por pares é da responsabilidade da Universidad Nacional Autónoma de México.

the role of the claim in the arguments, whilst the element 'protective belt' is built by auxiliary hypotheses that can play the role of three elements of argumentation: evidence, claim or arguments. We conclude and advocated that the Lakatos' theoretical framework is a viable tool for basis the analysis of the students' knowledge construction since it can support the understanding of the conceptual change process, and of the influence of argumentation on this process in a broad perspective.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

## Introdução

O objetivo geral desse artigo é analisar o papel da argumentação no processo de mudança conceitual de estudantes, a partir do referencial teórico de Lakatos. Visando favorecer a compreensão das discussões realizadas no mesmo, apresentamos, inicialmente, os aspectos relevantes de 4 tópicos que, em conjunto, subsidiam nossas discussões: concepções alternativas no ensino de ciências; fundamentos da filosofia Lakatosiana; fundamentos da argumentação; e argumentação no ensino de ciências.

## Concepções alternativas no ensino de ciências

Na perspectiva construtivista, um aspecto central da aprendizagem são os significados construídos pelo sujeito para dar sentido ao mundo em que vive. Porém, os sentidos que o indivíduo constrói não dependem apenas das situações que ele vivencia, mas também de suas crenças, emoções, intenções, experiências e conhecimentos prévios (Driver, 1989).

A partir da década de 1970, diversos estudos do campo da educação em ciências investigaram as ideias dos estudantes, isto é, suas concepções acerca dos conceitos e princípios científicos. Com base nesses estudos, pesquisadores desenvolveram estratégias para o ensino que favorecessem a mudança das concepções dos alunos de modo que essas estivessem coerentes com os conceitos científicos.

O modelo de mudança conceitual mais conhecido no ensino de ciências foi proposto por Posner, Strike, Hewson, e Gertzog (1982). Estes autores elaboraram uma analogia a partir das explicações de Kuhn (1996) sobre as noções de mudança de paradigmas na ciência e as modificações que são necessárias para que os alunos aprendam novos conceitos. Segundo esse modelo, são necessárias 4 condições para que aconteçam mudanças nas concepções de alunos: eles estarem insatisfeitos com a concepção prévia (o que pode ocorrer quando eles forem levados a um conflito cognitivo); a nova concepção a ser aprendida ser inteligível, isto é, os estudantes devem entendê-la; a nova concepção ser plausível, ou seja, os alunos devem acreditar nela; e a nova concepção ser útil e aplicável em outros contextos (Vosniadou, 2008).

Segundo Vosniadou (2008), a abordagem clássica proposta por Posner et al. (1982) foi utilizada para guiar várias pesquisas e práticas instrucionais na educação em ciências por muitos anos. Porém, essa abordagem foi alvo de várias críticas, pois considera os alunos como cientistas, a aprendizagem da ciência como um processo de substituição de

preconcepções por concepções científicas, e a mudança conceitual como brusca. A partir dessas e de outras críticas, outra abordagem para aprendizagem foi proposta a partir de sua consideração como uma atividade social que ocorre em um complexo mundo sociocultural (Vosniadou, 2008). Esse ponto está de acordo com as ideias de Kuhn (1996), pois a noção de paradigma proposta por ele leva em consideração o papel da comunidade científica como produtora de conhecimentos e suas mudanças.

Nesse estudo, a mudança conceitual é compreendida como um processo social (entre alunos e entre alunos e professor) que envolve a construção gradual de novos conceitos e/ou interpretações que são mais coerentes do que os conceitos prévios para explicar determinados fenômenos.

## Fundamentos da filosofia Lakatosiana

Segundo a literatura, os suportes teóricos do movimento das concepções alternativas são encontrados nas bases filosóficas e psicológicas de diversos autores como: Piaget, Ausubel, Bachelard, Vygotsky, Lakatos. Nesse artigo, focamos a base filosófica de Lakatos, pois pretendemos analisar como ela pode ser utilizada como referencial teórico na análise de dados de sala de aula.

Lakatos (1970) desenvolveu o que ele denominou «Metodologia de Programa de Pesquisa Científica» com o intuito de explicar a dinâmica da ciência, avaliar um dado conhecimento como científico ou não científico, e oferecer uma orientação para pesquisas científicas futuras. O programa de pesquisa de Lakatos foi desenvolvido a partir de suas críticas às ideias do falseacionismo<sup>1</sup> de Popper e da irracionalidade<sup>2</sup> de Kuhn.

Neste programa, os elementos importantes são: o núcleo, constituído por leis científicas; a heurística negativa, que tem a função de evitar o falseamento do núcleo; o cinturão protetor, que se encontra ao redor do núcleo, constituído de hipóteses auxiliares que oferecem suporte ao impacto dos testes; e a heurística positiva, que atua no cinturão, uma vez que é constituída por «um conjunto de sugestões sobre como mudar e desenvolver as variantes refutáveis do

<sup>1</sup> O falseacionismo é uma corrente epistemológica fundada pelo filósofo Popper (1963) que apresenta como critério de cientificidade a falseabilidade de teorias. Assim, para ele, as teorias são científicas se forem possíveis de ser refutadas.

<sup>2</sup> A irracionalidade é uma corrente epistemológica que Kuhn (1996) defende como critério de cientificidade. Para ele, a legitimação do discurso epistemológico envolve uma análise sócio-histórica.

programa de pesquisa, e sobre como modificar e sofisticar o cinturão de proteção refutável» (Lakatos, 1970, p. 165).

Lakatos (1970) explica que o progresso da ciência pode ser entendido a partir da comparação de programas de pesquisas. Para ele, o programa é considerado progressivo se o conjunto de teorias que estão sendo testadas apresenta um conteúdo empírico maior do que as teorias antigas; se as novas teorias explicam aquilo que as teorias anteriores não conseguiam explicar, isto é, as anomalias; e se as novas teorias dão suporte à previsão de novos fatos. As anomalias podem ser resolvidas de 3 maneiras distintas. Elas podem ser: solucionadas dentro do programa original; neutralizadas, isto é, solucionadas a partir de um programa independente; ou solucionadas dentro de um programa rival. As 2 primeiras maneiras não afetam o programa de pesquisa que contém a anomalia ou enigma. Porém, a terceira maneira afeta o programa de pesquisa, tornando-o degenerativo, isto é, mal sucedido, uma vez que as teorias presentes no programa não conseguem atender os pré-requisitos que conduzem a um programa progressivo.

### Fundamentos da argumentação

De uma maneira ampla, podemos dizer que a argumentação é um processo que tem como intuito convencer outra pessoa de que nossa opinião é melhor ou mais correta em uma dada situação. Mas para que haja o convencimento, pelo menos no contexto da ciência, é importante que os sujeitos incluam na discussão dados e fatos que possam dar suporte à construção de argumentos fortes.

Deanna Kuhn defende que o argumento é constituído por 3 elementos básicos:

- Afirmativa: teoria, ponto de vista, ideia ou opinião que se deseja provar.
- Justificativa: razão ou causa que dá suporte à afirmativa e a conecta à evidência.
- Evidência: observação, fato ou dado que oferece suporte à afirmativa (Kuhn, 1991).

Além disso, ela considera que a argumentação relaciona as esferas social e individual, uma vez que o argumento social contribui potencialmente para o desenvolvimento do argumento individual.

Neste artigo, utilizamos a ideia de argumento de D. Kuhn, pois a elaboração de argumentos pelos alunos investigados ocorreu em um contexto social, a partir de um problema que requer a consideração de evidências e justificativas para solucioná-lo.

### Argumentação no ensino de ciências

Jiménez-Aleixandre (2010) defende que a argumentação pode contribuir sobremaneira para os objetivos da educação em ciências, pois pode favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico. Isto porque quando o aluno usa evidências para dar suporte à sua opinião, ele compreende o porquê de suas escolhas, o que implica tomadas de decisões conscientes (Jiménez-Aleixandre, 2010; Sá e Queiroz, 2009). A argumentação também contribui para o aluno compreender «como sabemos o que sabemos» (a origem dos conhecimentos aceitos pela ciência), o que

favorece a aprendizagem de ciências de forma mais ampla (Jiménez-Aleixandre, 2010; Osborne, 2014). Outro aspecto que a argumentação pode favorecer ao aluno é «vivenciar a prática científica», isto é, processos de construção, avaliação e comunicação do conhecimento científico gerado, o que pode contribuir para que eles construam suas ideias, não sendo apenas reprodutores ou consumidores de conhecimentos e informações produzidos por outros (Driver, Newton, e Osborne, 2000; Duschl e Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010; Kuhn, 1993; Osborne, 2014). Além desses aspectos, a argumentação pode contribuir para que o aluno compreenda como a ciência é construída e como seus produtos são disseminados (Duschl e Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010; Osborne, 2014; Ryu e Sandoval, 2012; Sandoval e Willwood, 2008). Finalmente, a argumentação pode contribuir para o processo de aprendizagem por favorecer a expressão do raciocínio do aluno, que geralmente é pouco acessível durante aulas tradicionais (baseadas em transmissão/assimilação) (Jiménez-Aleixandre, 2010; Osborne, 2007, 2014). Isso colabora para que os alunos se tornem mais autônomos e reguladores do processo de aprendizagem (Jiménez-Aleixandre, 2010). Nesse artigo, nosso foco está na relação entre a argumentação e o processo de aprendizagem.

De acordo com Kuhn et al., 2014, ensinar apenas os conhecimentos de conteúdo tradicionais para os alunos do século xxi é insuficiente. É necessário que eles também desenvolvam habilidades como as de pensar criticamente e ser reflexivo, para que sejam capazes de solucionar problemas e, assim, desempenhar seus papéis conscientemente na sociedade. Para tanto, os alunos devem ser capazes de elaborar argumentos que deem suporte às suas afirmativas com raciocínio claro e evidências relevantes, a partir da utilização adequada de fontes confiáveis, demonstrando um entendimento do tópico em questão e reconhecendo as opiniões alternativas.

Na perspectiva construtivista do ensino, a proposta de criar um ambiente argumentativo em sala de aula tem sido defendida por muitos estudiosos (Driver et al., 2000; Duschl e Osborne, 2002; Venville e Dawson, 2010). Isto porque, quando o sujeito é inserido nesse tipo de ambiente, ele pode vivenciar a prática argumentativa, ter oportunidades de desenvolver suas habilidades e a aprendizagem de conceitos científicos.

Duschl e Osborne (2002) apontam a importância da argumentação para favorecer a mudança conceitual dos alunos, reduzir o surgimento de concepções alternativas e, consequentemente, contribuir para uma melhor compreensão conceitual. Isto se justifica pelo fato de a argumentação ser um meio que favorece a mudança de grau de aceitação de uma opinião. Portanto, o desenvolvimento da argumentação em salas de aulas é essencial para que o aluno vivencie o processo de mudança conceitual, uma vez que uma boa argumentação envolve a emprego de critérios racionais para a resolução de situações que envolvam conflito entre opiniões. Além disso, Osborne (2007) enfatiza que os alunos que se engajam em responder o porquê de uma resposta incorreta ser incorreta têm a aprendizagem dos conceitos favorecida frente àqueles que apenas são apresentados à resposta tida como correta.

Venville e Dawson (2010) apontam que, quando imersos em um processo argumentativo, os alunos apresentam uma

compreensão conceitual maior sobre determinado assunto do que quando não vivenciam essa prática. von Aufschnaiter, Erduran, Osborne, e Simon (2008) chegaram a uma conclusão semelhante. Segundo esses autores, os aprendizes que se engajam em situações argumentativas são mais propensos a se envolverem com o assunto e, assim, é possível esperar que eles avancem na compreensão do mesmo. Portanto, parece possível inferir que a argumentação favorece a mudança conceitual, pois fomenta o caráter dialógico das atividades e favorece o engajamento dos alunos nas discussões.

Na literatura há poucos estudos que utilizam a base filosófica de Lakatos para análise da construção do conhecimento pelos alunos (Chang e Chiu, 2008; Laburú, Arruda, e Nardi, 1998; Niaz, 1998). De entre esses trabalhos, apenas um se relaciona com argumentação (Chang e Chiu, 2008). Nesse estudo, os autores utilizam a filosofia Lakatosiana como referencial teórico para avaliar a argumentação informal, em contexto sociocientífico, de 70 graduandos. De entre os graduandos, 40 eram alunos de cursos relacionados com ciência (GC). Os pesquisadores notaram que a argumentação informal dos GC foi melhor do que a dos outros graduandos (OG), e que os GC utilizaram analogias para explicar suas ideias, enquanto os OG utilizaram um discurso de autoridade. Considerando a teoria de Lakatos, os autores propuseram que o elemento núcleo é constituído por argumentos que são protegidos por um cinturão protetor. Eles também observaram que todos os graduandos tiveram dificuldades de modificar seus pontos de vista após a participação nas atividades realizadas em grupo, o que poderia estar relacionado com o cinturão protetor que os estudantes construíram. A partir dos resultados, eles defendem a filosofia Lakatosiana como referencial promissor de análise de argumentação informal.

Considerando que Lakatos discute a dinâmica da produção do conhecimento científico, julgamos coerente utilizar este referencial para analisar a construção de conhecimento pelos alunos em um contexto em que eles foram envolvidos em práticas epistêmicas da ciência.

## Objetivo

Este artigo tem como objetivo analisar o papel que a argumentação desempenha no processo de mudança conceitual de alunos do ensino médio sobre o tema interações intermoleculares, a partir do uso do referencial teórico de Lakatos como ferramenta de análise da construção do conhecimento pelos estudantes. Em especial, são discutidas as seguintes questões:

- *Quais relações podem ser estabelecidas entre os principais elementos da argumentação e/ou aspectos a ela relacionados e os elementos da filosofia Lakatosiana?*
- *No contexto analisado, e segundo a filosofia Lakatosiana, como a argumentação favorece a mudança conceitual?*

## Aspectos metodológicos

### Coleta de dados

Os dados utilizados neste artigo foram coletados em um estudo mais amplo que buscava investigar as relações

entre argumentação e ensino fundamentado em modelagem (Mendonça e Justi, 2013). Eles foram coletados em uma turma de 2.º ano do ensino médio noturno, composta por 38 alunos, em uma escolar pública, localizada em uma cidade do sudeste do Brasil. Por ser do turno noturno, a turma era heterogênea em relação à idade, uma vez que era composta por alunos de 16-40 anos. Além disso, os alunos não estavam acostumados com aulas que favorecessem a discussão em grupos e ainda não tinham participado de aulas que envolvessem atividades investigativas. A opção pela turma se deveu à disponibilidade da professora e ao consentimento da escola, da professora e dos alunos para a realização da pesquisa.

Todas as aulas nas quais o tema interações intermoleculares foi ensinado foram registradas em vídeo. A pesquisadora também fez notas de campo e cópia de todas as atividades escritas produzidas pelos alunos. Em função do número de câmeras disponíveis, foram acompanhados 3 grupos de estudantes, selecionados a partir da informação da professora de que eram representativos da turma.

Para o objetivo desse estudo, selecionamos apenas um grupo, o que apresentou maior riqueza de dados e, portanto, propiciou uma análise mais detalhada. Nesse artigo, usamos nomes fictícios para identificar os alunos e isso foi informado a eles no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que foi assinado por todos, concordando com a participação na pesquisa.

## Caracterização das atividades de interações intermoleculares

Os dados coletados para esse artigo estão relacionados com as atividades 1, 2 e 3 da unidade didática planejada para ensinar interações intermoleculares a partir de modelagem (Mendonça e Justi, 2013). Quando participaram dessas atividades, os alunos já haviam vivenciado atividades similares, porém relacionadas ao tema ligações iônicas.

Na atividade 1, inicialmente, os alunos previram o que aconteceria quando iodo e grafite fossem aquecidos. Depois, eles realizaram o procedimento experimental e compararam os comportamentos dessas substâncias. Isto foi feito visando evidenciar a existência de substâncias formadas pelo mesmo tipo de ligação interatômica (covalente), mas que apresentam propriedades bastante diferentes.

Na atividade 2, a partir das evidências observadas na atividade anterior, os alunos foram solicitados a elaborar modelos que explicassem, no nível submicroscópico, a constituição dos sistemas antes, durante e após o aquecimento das substâncias grafite e iodo.

Finalmente, na atividade 3, os alunos tiveram a oportunidade de testar seus modelos frente a novas evidências empíricas (observadas a partir da reação entre iodo e amido). O experimento proposto tinha como objetivo evidenciar que o aquecimento do iodo promove a separação das moléculas de  $I_2$  (isto é, que interações intermoleculares são rompidas), e não a separação dos átomos de iodo (I-I). Os alunos deveriam justificar, a partir das evidências, se e como seu modelo era capaz de explicar os novos dados empíricos. Caso contrário, eles deveriam reformular tais modelos. Assim, essas atividades objetivavam favorecer o entendimento de que existem interações distintas,

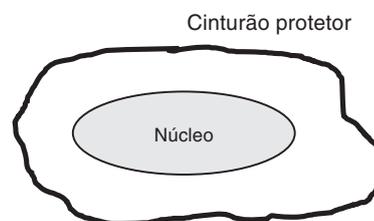
e de que a intensidade das mesmas é bastante diferenciada. Além disso, elas propiciaram a ocorrência de várias situações argumentativas. Para mais detalhes sobre a unidade didática, consultar [Mozzer, Queiroz e Justi \(2007\)](#).

## Referencial de análise

Para realizar a análise dos dados, inicialmente, foram identificados os argumentos presentes nas falas dos alunos e da professora, assim como seus constituintes básicos (afirmativa, justificativa e evidência). Posteriormente, considerando a definição dos principais elementos da «Metodologia dos Programas de Pesquisa» (núcleo, cinturão protetor, heurística positiva e heurística negativa) buscamos identificá-los nessas falas e, sempre que possível, relacioná-los aos elementos argumentativos previamente identificados. Visando favorecer a compreensão do leitor, apresentamos um exemplo (selecionado de nossos dados) de como esses relacionamentos foram estabelecidos.

Para a análise de dados, foi proposta uma representação simplificada das ideias de Lakatos ([fig. 1](#)), pois o contexto de coleta de dados envolveu uma sala de aula na qual os alunos vivenciaram uma prática científica análoga à produção de conhecimento científico.

Na [tabela 1](#), relacionamos os elementos da filosofia Lakatosiana com os elementos da argumentação e apresentamos



**Figura 1** Representação adaptada da ideia do programa de pesquisa de Lakatos.

alguns exemplos. Nela, os trechos em itálico indicam falas dos alunos ou da professora.

Todas as falas dos alunos foram analisadas buscando os elementos descritos e exemplificados na [tabela 1](#). A partir da análise comparativa da função desses elementos em cada momento, os relacionamentos entre eles (brevemente comentados aqui e detalhados posteriormente) foram estabelecidos.

## Análise de dados

Para sistematizar os dados analisados elaboramos a [tabela 2](#), constituída por: contexto, contendo uma breve descrição dos momentos das atividades selecionados para análise; elementos da argumentação, isto é, o argumento e seus 3

**Tabela 1** As relações entre os elementos da filosofia Lakatosiana e os elementos da argumentação e exemplo destas

Elementos da filosofia Lakatosiana	Elementos e/ou aspectos relacionado à argumentação	Exemplos
Núcleo (toda a parte cinza) é constituído por uma ideia central	Afirmativa	<i>Durante a fusão, as ligações interatômicas do iodo são rompidas e as do grafite não são</i>
Cinturão protetor (área delimitada pela linha preta) é constituído por hipóteses auxiliares (elaboradas pelos alunos) que oferecem suporte ao núcleo	Em nossos dados, essas hipóteses são de 3 tipos 1. Evidências a partir de um fenômeno 2. Interpretações de evidências 3. Argumento	<i>1. Iodo apresenta temperatura de fusão baixa e grafite apresenta temperatura de fusão alta 2. A ligação do iodo é fraca. A ligação do grafite é muito forte 3. Durante a fusão, a ligação interatômica do iodo é rompida e a do grafite não é, pois aquela é mais fraca por compartilhar apenas um elétron. A ligação do carbono é mais forte por compartilhar 4 elétrons</i>
A heurística positiva é a ação que os alunos realizam para evitar que seu núcleo seja refutado. Essa ação pode ser a adição de hipóteses auxiliares para modificar o cinturão protetor de modo que ele fique coerente com o núcleo. Por isso, na <a href="#">figura 1</a> o cinturão protetor não é um círculo uniforme.	Em nossos dados, as hipóteses auxiliares são de 3 tipos: evidências a partir de um fenômeno, interpretações de evidências, e argumento	A professora refutou a hipótese auxiliar: <i>durante o processo de rompimento da ligação, cada átomo de iodo adquire cargas opostas, isto é, positiva e negativa</i> . No entanto, os alunos elaboraram outra hipótese: <i>quando se rompe a ligação I-I, cada átomo de iodo ficará com 7 elétrons</i> , que também dá suporte ao núcleo
A heurística negativa é associada à resistência dos alunos em refutar seu núcleo, isto é, modificar sua concepção	Resistência dos alunos em refutar sua afirmativa	Mesmo após a professora ter refutado grande parte das hipóteses auxiliares que os alunos haviam elaborado até o momento 7 ( <a href="#">tabela 2</a> ), eles não conseguiram modificar totalmente o núcleo <i>durante a fusão, as ligações interatômicas do iodo são rompidas e as do grafite não são</i>

**Tabela 2** Análises das falas dos alunos

Momento	Análise
1 Atividade 1	<p><b>Contexto</b> Inicialmente, a professora explicitou os objetivos da atividade Após algumas discussões, os alunos conseguiram explicitar suas previsões (Argumento 1). Eles afirmaram que chegaram a essa previsão analisando as temperaturas de fusão (TF) do iodo e do grafite</p> <p><b>Elementos da argumentação</b> <u>Argumento 1</u>: o iodo vai fundir e o grafite não vai fundir porque o primeiro tem TF menos elevada do que a da chama, enquanto o segundo tem TF mais elevada do que a da chama <u>Afirmativa</u>: o iodo vai fundir e o grafite não vai fundir <u>Justificativa</u>: porque o iodo tem TF menor do que a da chama, enquanto o grafite tem TF maior do que a da chama <u>Evidências</u>: TF do iodo e do grafite e temperatura da chama (fornecidas anteriormente)</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b> <u>Núcleo</u>: o iodo vai fundir e o grafite não vai fundir (<math>N_1A</math>) <u>Cinturão protetor</u>: a temperatura da chama é insuficiente para fundir o grafite (<math>C_{1a}A</math>); a temperatura da chama é suficiente para fundir o iodo (<math>C_{1b}A</math>)</p>
2 Atividade 1	<p><b>Contexto</b> A partir do argumento formulado pelo grupo, a professora solicitou que os alunos relacionassem os dados com as ligações químicas das substâncias. Durante o processo de discussão entre a professora e o grupo, ela disse que o grupo modificou a justificativa a partir do que eles sabiam (modelo de partículas). Anteriormente, eles não haviam levado em consideração como seria a constituição específica dos sólidos porque não tinham clareza sobre isso. Depois, Igor apresentou o Argumento 2</p> <p><b>Elementos da argumentação</b> <u>Argumento 2</u>: no iodo há rompimento de ligações porque sua TF é baixa. No grafite há apenas vibração das partículas porque sua TF é elevada <u>Afirmativa</u>: no iodo há rompimento de ligações e no grafite há apenas vibração das partículas <u>Justificativa</u> (sublinhada): o iodo há rompimento de ligações porque sua TF é baixa. No grafite há apenas vibração das partículas porque sua TF é elevada <u>Evidência</u>: iodo apresenta TF baixa; grafite apresenta TF alta</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b> <u>Núcleo</u>: durante a fusão, as ligações interatômicas do iodo são rompidas e as do grafite não são (<math>N_2A</math>) <u>Cinturão protetor</u>: iodo apresenta TF baixa (<math>C_{2a}E</math>); grafite apresenta TF alta (<math>C_{2b}E</math>)</p>
3 Atividade 2	<p><b>Contexto</b> No início da aula, a professora explicitou os objetivos da atividade e ressaltou que era essencial que os modelos dos alunos explicassem porque a TF do iodo é tão menor do que a TF do grafite. A partir disso, o grupo expressou o modelo 1 (<math>N_2A</math>) e Igor o justificou apresentando as ideias <math>C_{3a}</math> e <math>C_{3b}</math></p> <p><b>Elementos da argumentação</b> <u>Argumento 3</u>: a TF do iodo é menor do que do grafite, pois no iodo a ligação é mais fraca e no grafite é muito forte <u>Afirmativa</u>: a TF do iodo é menor do que a do grafite <u>Justificativa</u>: porque no iodo a ligação é mais fraca e no grafite é muito forte <u>Evidência</u>: valor diferente de TF do iodo e do grafite</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b> <u>Núcleo</u>: <math>N_2A</math> <u>Cinturão protetor</u>: <math>C_{2a}E</math>, <math>C_{2b}E</math> A ligação do iodo é fraca. (<math>C_{3a}A</math>); a ligação do grafite é muito forte (<math>C_{3b}A</math>)</p>
4 Atividade 2	<p><b>Contexto</b> A professora questionou os alunos sobre como seria possível que o mesmo tipo de ligação tivesse intensidades diferentes nas 2 substâncias Igor teve dúvidas acerca do modelo 1 (<math>N_2A</math>) proposto por seu grupo. Na discussão, o aluno confundiu a ligação iônica com a ligação covalente, apresentando as ideias <math>C_4</math> e <math>C_5</math>. A professora conseguiu refutar a ideia <math>C_4</math> mencionando que como os átomos de iodo são iguais, é impossível identificar a carga. Igor não conseguiu pensar em uma justificativa caso a ligação fosse rompida</p> <p><b>Elementos da argumentação</b> <u>Argumento 4</u>: a ligação quebrada no iodo não pode ser iônica porque ela envolve átomos idênticos <u>Afirmativa</u>: a ligação quebrada no iodo não pode ser iônica <u>Justificativa</u>: porque a ligação envolve átomos idênticos <u>Evidência</u>: os átomos que constituem a substância iodo são idênticos</p>

Tabela 2 (Continuação)

Momento	Análise
5	<p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b>  <b>Núcleo:</b> N<sub>2</sub>A  <b>Cinturão protetor:</b> C<sub>2a</sub>E, C<sub>2b</sub>E, C<sub>3a</sub>A, C<sub>3b</sub>A  <b>Heurística positiva:</b> durante o processo de rompimento da ligação, cada átomo de iodo adquire cargas opostas: positiva e negativa (C<sub>4</sub>A) {hipótese auxiliar refutada pela professora durante a discussão com Igor.}  - Os átomos que constituem a substância iodo são idênticos (C<sub>5</sub>E)  <b>Heurística negativa:</b> A professora afirma que as ligações químicas encontradas no iodo e no grafite são de mesma natureza. Porém, os alunos não consideram a afirmativa</p> <p><b>Contexto</b>  O grupo decidiu pensar melhor sobre como deveria ser a quebra da ligação I-I. Para auxiliá-los nesse processo, a professora ressaltou que o modelo do grupo deveria explicar a ideia de compartilhamento de elétrons. Igor mencionou que o modelo de seu grupo era capaz de explicar isso a partir de C<sub>6</sub> e C<sub>7</sub></p> <p><b>Elementos da argumentação</b>  <b>Argumento 5:</b> a ligação quebrada no iodo é covalente porque cada átomo fica com 7 elétrons  <b>Afirmativa:</b> a ligação quebrada no iodo é covalente  <b>Justificativa:</b> porque cada átomo fica com 7 elétrons  <b>Evidência:</b> cada átomo de iodo possui 7 elétrons</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b>  <b>Núcleo:</b> N<sub>2</sub>A  <b>Cinturão protetor:</b> C<sub>2a</sub>E, C<sub>2b</sub>E, C<sub>3a</sub>A, C<sub>3b</sub>A, C<sub>5</sub>E  <b>Heurística positiva:</b> o átomo de iodo isolado tem tendência de ficar com 7 elétrons de valência (C<sub>6</sub>A); quando se rompe a ligação I-I, cada átomo de iodo fica com 7 elétrons (C<sub>7</sub>E)</p>
6	<p><b>Contexto</b>  Durante a discussão entre a professora e o grupo, Igor mencionou que, com o aquecimento, ocorre a quebra da ligação I-I, uma vez que com resfriamento o iodo retorna ao estado sólido. A professora questionou como essa ideia poderia explicar a fusão. Os alunos apresentaram a ideia C<sub>8</sub>AR</p> <p><b>Elementos da argumentação</b>  <b>Argumento 6:</b> durante a fusão, a ligação interatômica do iodo é rompida e a do grafite não é, pois aquela é mais fraca por compartilhar apenas um elétron. A ligação do carbono é mais forte por compartilhar 4 elétrons  <b>Afirmativa:</b> a ligação interatômica do iodo é rompida durante a fusão e a do grafite não é  <b>Justificativa:</b> a ligação do iodo é fraca porque apenas 1 elétron é compartilhado. A do carbono é mais forte porque são compartilhados 4 elétrons  <b>Evidência:</b> valores diferentes de TF</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b>  <b>Núcleo:</b> N<sub>2</sub>A  <b>Cinturão protetor:</b> <b>heurística positiva:</b> durante a fusão, a ligação interatômica do iodo é rompida e a do grafite não é, pois aquela é mais fraca por compartilhar apenas um elétron. A ligação do carbono é mais forte por compartilhar 4 elétrons (C<sub>8</sub>AR)</p>
7	<p><b>Contexto</b>  A discussão sobre o modelo 1 (N<sub>2</sub>A) proposto pelo grupo continuou. Igor afirmou que durante o aquecimento as partículas de iodo se separam e cada átomo passa a ter 7 elétrons. A professora refutou, informando que átomos de iodo separados não são estáveis e que esse pensamento era incoerente porque eles tinham percebido, experimentalmente, que o iodo retornava ao estado sólido quando o sistema resfriava. Ela também refutou a ideia N<sub>2</sub>A, questionando os alunos se no processo de mudança de estado físico da substância ela é modificada. Eles responderam que não. Em seguida, ela refutou as ideias C<sub>6</sub>A e C<sub>7</sub>E dizendo que a estabilidade do átomo ocorre quando este adquire 8 elétrons e que a menor unidade formadora da substância iodo é a molécula. Com a discussão, Igor concluiu C<sub>9a</sub>, C<sub>9b</sub>, C<sub>9c</sub>, C<sub>9d</sub> e produziu o modelo 2 (N<sub>3</sub>A)</p> <p><b>Elementos da argumentação</b>  <b>Elementos da teoria Lakatosiana</b>  <b>Núcleo:</b> durante a fusão do iodo, as ligações interatômicas são rompidas e as moléculas são afastadas; durante a fusão do grafite, as ligações não são rompidas (N<sub>3</sub>A)</p>

Tabela 2 (Continuação)

Momento	Análise
8 Atividade 2	<p>Cinturão protetor: heurística positiva relacionada ao núcleo <math>N_3A</math>: a substância iodo é constituída por várias moléculas (<math>C_{9a}A</math>); as ligações das moléculas do iodo não são tão fortes quanto as do grafite (<math>C_{9b}A</math>); durante a fusão, as moléculas de iodo já não estão tão próximas como antes (<math>C_{9c}A</math>); a força de atração entre as moléculas do iodo já não será tão forte (<math>C_{9d}A</math>)</p> <p>Heurística negativa relacionada ao núcleo <math>N_2A</math>: <math>C_8AR</math></p> <p><b>Contexto</b></p> <p>A partir da discussão com a professora, Igor conseguiu modificar a ideia <math>N_3A</math>. Ele reconheceu que confundiu átomo com molécula, pegou os modelos que representavam as moléculas e mostrou uma separação cada vez maior entre elas quando se passava do sólido para líquido e para gás (modelo 3 [<math>N_4A</math>]).</p> <p><b>Elementos da argumentação</b></p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b></p> <p><u>Núcleo</u>: durante a fusão do iodo, as moléculas de iodo são afastadas e as do grafite não são (<math>N_4A</math>)</p> <p><u>Cinturão protetor</u>: <math>C_{9a}A</math>, <math>C_{9b}A</math>, <math>C_{9c}A</math> e <math>C_{9d}A</math></p>
9 Atividade 2	<p><b>Contexto</b></p> <p>O grupo apresentou dúvidas quanto à justificativa para o afastamento das moléculas do iodo e algumas hipóteses, ainda não refutadas, relacionadas ao núcleo <math>N_2A</math></p> <p>Durante a discussão com o grupo, a professora refutou <math>C_{3a}</math> e <math>C_8</math> dizendo que a ligação entre os átomos é forte e que o que seria «frágil» é o que liga as moléculas. A partir disso, Igor produziu o argumento 7</p> <p><b>Elementos da argumentação</b></p> <p><u>Argumento 7</u>: durante a fusão, as moléculas do iodo são afastadas e as do grafite não são porque a fusão desse requer mais energia (porque grafite não é molecular) e a fusão daquele requer menos energia (porque iodo é molecular)</p> <p><u>Afirmativa</u>: durante a fusão, moléculas do iodo são afastadas e as do grafite não são</p> <p><u>Justificativa</u> (sublinhada): as moléculas do iodo são afastadas <u>porque ele é molecular</u>. No grafite, não há afastamento de moléculas porque ele não é molecular</p> <p><u>Evidência</u>: diferentes intensidades de energia requeridas na fusão das substâncias</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b></p> <p><u>Núcleo</u>: <math>N_4A</math></p> <p><u>Cinturão protetor</u>: heurística negativa relacionada ao núcleo <math>N_2A</math>: <math>C_{3a}</math> e <math>C_8</math></p> <p>Heurística positiva relacionada ao núcleo <math>N_4A</math>: durante a fusão, as moléculas do iodo são afastadas e as do grafite não são porque a fusão desse requer mais energia (porque grafite não é molecular) e a fusão daquele requer menos energia (porque iodo é molecular) (<math>C_{10}AR</math>)</p>
10 Atividade 3	<p><b>Contexto</b></p> <p>A professora iniciou a atividade mencionando que os modelos criados pelos alunos e suas ideias seriam testados a partir de um experimento. Após o experimento, os alunos produziram o argumento 8</p> <p><b>Elementos da argumentação</b></p> <p><u>Argumento 8</u>: modelo 3 (<math>N_4A</math>) explica as observações experimentais porque são moléculas de <math>I_2</math> que se separam, não os átomos, pois senão o gás não reagiria com o amido</p> <p><u>Afirmativa</u>: modelo 3 (moléculas de <math>I_2</math> são separadas, não os átomos) explica as observações experimentais</p> <p><u>Justificativa</u> (sublinhada): o que se separa são moléculas de <math>I_2</math>, não os átomos, pois senão o gás não reagiria com o amido</p> <p><u>Evidência</u>: observação de cor azul indicando a ocorrência de reação entre o gás iodo e amido</p> <p><b>Elementos da teoria Lakatosiana</b></p> <p><u>Núcleo</u>: <math>N_4A</math></p> <p><u>Cinturão protetor</u>: <math>C_{10}AR</math></p> <p>Heurística positiva: ocorre reação entre gás iodo e amido, indicando que ele é constituído de moléculas de <math>I_2</math>. Então, essas moléculas não foram quebradas no processo; elas só se separaram (<math>C_{11}A</math>)</p>

elementos básicos (afirmativa, evidências e justificativas); e elementos da teoria Lakatosiana (núcleo e cinturão protetor).

Na tabela 2, há também códigos para identificar as afirmativas (A), evidências (E) e argumentos (AR) encontrados nos elementos da teoria Lakatosiana. Para estes, utilizamos

os códigos (N) para o núcleo e (C) para o cinturão protetor. Para diferenciar os núcleos e os cinturões protetores, utilizamos números no índice de cada símbolo. Quando existiam várias relações no cinturão protetor, as distinguimos a partir de letras no índice (por exemplo,  $C_{2a}A$  e  $C_{2b}A$ ). Neste caso, as 2 ideias pertencem ao mesmo cinturão, o segundo (índice

2), são afirmativas (A), porém são ideias diferentes (índices a e b).

Em algumas linhas da [tabela 2](#) não existem elementos da argumentação. Isto acontece quando as ideias dos alunos foram expressas a partir de outras falas e/ou modelos concretos (ambos descritos na correspondente coluna «contexto»).

## Discussão dos resultados

No momento 1, a professora explicitou que, na atividade, os alunos deveriam: prever o comportamento do iodo e do grafite quando são submetidos ao aquecimento; realizar o experimento; elaborar explicações para o ocorrido e compará-las com as previsões. Em seguida, ela buscou explorar e favorecer a compreensão das ideias dos alunos acerca do experimento. Era esperado que tais ideias fossem mais simples. A partir da discussão, os alunos conseguiram produzir uma afirmativa, isto é, um núcleo ( $N_1A$ ): «O iodo vai fundir e o grafite não vai fundir», que era sustentado por 2 afirmativas ( $C_{1a}A$  e  $C_{1b}A$ ) relacionadas com a temperatura da chama.

No momento 2, o intuito da professora ainda era explorar as ideias dos alunos, buscando fazer com que elas se tornassem mais específicas. Para isso, ela solicitou aos alunos que relacionassem os dados empíricos com as ligações químicas das substâncias. A partir das discussões com a professora, os alunos identificaram 2 evidências, isto é, hipóteses auxiliares (iodo apresenta temperatura de fusão [TF] baixa [ $C_{2a}E$ ] e grafite apresenta TF alta [ $C_{2b}E$ ]) que favoreceram o desenvolvimento de um núcleo ( $N_2A$ ) mais sofisticado: «Durante a fusão, as ligações interatômicas do iodo são rompidas e as do grafite não são».

No momento 3, a professora, novamente, questionou as ideias dos alunos, porém solicitando que, a partir da elaboração de modelos, eles explicassem o porquê da atração no grafite ser maior do que a atração no iodo. Durante a discussão, ela ressaltou que o modelo deles deveria explicar porque a TF do iodo é tão menor do que a do grafite. A partir dessa discussão, os alunos conseguiram elaborar 2 afirmativas, isto é, as hipóteses auxiliares: «A ligação do iodo é fraca» ( $C_{3a}A$ ) e «A ligação do grafite é muito forte» ( $C_{3b}A$ ). Essas hipóteses foram capazes de atender o objetivo do momento 3 e eram coerentes com o núcleo  $N_2A$ , desenvolvido no momento 2. Portanto, podemos inferir que o cinturão protetor oferecia mais suporte ao núcleo nesse momento do que no anterior, pois além das evidências identificadas no momento 2, houve a elaboração das hipóteses auxiliares.

No momento 4, a professora teve como objetivo modificar o núcleo ( $N_2A$ ). Para isso, ela direcionou a discussão para que os alunos percebessem que as ligações químicas encontradas no iodo e no grafite são de mesma natureza, isto é, covalentes. Como essa nova informação foi insuficiente para os alunos modificarem a afirmativa  $N_2A$ , é possível inferir que houve uma resistência por parte destes em o alterarem (heurística negativa). Em seguida, a professora os questionou sobre como seria possível 2 substâncias com o mesmo tipo de ligação terem seus átomos unidos com intensidades diferentes. Os alunos conseguiram elaborar a hipótese auxiliar  $C_4A$  («Durante o processo de rompimento

da ligação cada átomo de iodo adquire cargas opostas: positiva e negativa»), que era coerente com o núcleo ( $N_2A$ ) e com o questionamento da professora. Porém, esta conseguiu refutá-la mencionando que, como os átomos de iodo são iguais, é impossível identificar a carga de cada átomo. A partir daí os alunos identificaram a hipótese auxiliar  $C_5E$  (a evidência: «Os átomos que constituem a substância iodo são idênticos») que fornecia suporte ao núcleo  $N_2A$ . Assim, o núcleo ficou mais protegido neste momento do que no anterior, pois o cinturão protetor passou a apresentar mais hipóteses auxiliares, na forma de evidências e afirmativas.

No momento 5, a professora estabeleceu um diálogo ressaltando que o modelo deles deveria explicar a ideia de compartilhamento de elétrons. Seu intuito era que os alunos modificassem o modelo 1 (antes e após o aquecimento, os átomos de iodo estão bem próximos; durante o aquecimento, eles se afastam, pois a ligação é fraca; os átomos de grafite permanecem juntos em todos os momentos, pois a ligação é forte), isto é, o núcleo  $N_2A$ . Porém, os alunos conseguiram elaborar 2 hipóteses auxiliares (uma evidência  $C_7E$ : «Quando se rompe a ligação I-I, cada átomo de iodo fica com 7 elétrons»; e uma afirmativa  $C_6A$ : «O átomo de iodo isolado tem tendência de ficar com 7 elétrons de valência»). Essas hipóteses foram coerentes com a solicitação da professora de que o modelo dos alunos explicasse as diferenças dos sistemas. Analisando a discussão, percebemos que, frente à nova informação trazida pela professora, os alunos modificaram o cinturão protetor (heurística positiva) de modo que ele ficasse coerente, tanto com a informação quanto com a afirmativa  $N_2A$ , isto é, o núcleo. Além disso, observamos que houve uma evolução das ideias dos alunos entre os momentos 1-5. Enquanto no momento 1, o cinturão protetor era composto por apenas 2 afirmativas ( $C_{1a}A$  e  $C_{1b}A$ ) para subsidiar um núcleo menos elaborado ( $N_1A$ ), no momento 5 ele era constituído por 4 evidências ( $C_{2a}E$ ,  $C_{2b}E$ ,  $C_5E$  e  $C_7E$ ) e 3 afirmativas ( $C_{3a}A$ ,  $C_{3b}A$  e  $C_6A$ ) e, assim, oferecia mais suporte ao núcleo  $N_2A$  (afirmativa que foi sofisticada no momento 2).

No momento 6, a professora pediu que os alunos justificassem o núcleo  $N_2A$ . Para isso, eles produziram o argumento  $C_8AR$  («Durante a fusão, a ligação interatômica do iodo é rompida e a do grafite não é, pois aquela é mais fraca por compartilhar apenas um elétron. A ligação do carbono é mais forte por compartilhar 4 elétrons»). Esse foi o momento no qual o núcleo  $N_2A$  estava mais protegido (heurística positiva), pois o argumento era mais complexo e completo do que as afirmativas e evidências isoladas, uma vez que envolvia a inter-relação dessas. Portanto, podemos considerar que houve uma evolução das ideias dos alunos, pois o cinturão modificado nesse momento era mais sofisticado do que o dos momentos anteriores.

No momento 7, uma parte do argumento ( $C_8AR$ ) foi refutada pela professora. Consequentemente, o cinturão protetor se tornou mais frágil e ofereceu menos suporte ao núcleo  $N_2A$ . Para o argumento ser refutado, a professora trouxe várias informações (evidências) que contrapunham algumas das afirmativas ( $N_2A$  e  $C_6A$ ) e evidências ( $C_5E$ ,  $C_7E$ ) que os alunos utilizaram para formular o argumento no momento 6. Além disso, a partir dessas informações, os alunos elaboraram afirmativas ( $C_{9a}A$ ,  $C_{9b}A$ ,  $C_{9c}A$  e  $C_{9d}A$ ) que foram condizentes com elas, e expressaram o modelo 2 («antes e após o aquecimento, as moléculas de iodo estão próximas, durante o aquecimento as ligações interatômicas

são rompidas e as moléculas são afastadas; os átomos de grafite permanecem juntos em todos os momentos»), isto é, o núcleo  $N_3A$  («Durante a fusão do iodo as ligações interatômicas são rompidas e as moléculas são afastadas; durante a fusão do grafite as ligações não são rompidas»). O cinturão protetor desse novo núcleo apresentou uma parte do argumento referente ao núcleo anterior («Durante a fusão, as ligações interatômicas do iodo são rompidas e as do grafite não são»), o que indica resistência por parte dos alunos em refutá-lo (heurística negativa) e outra parte constituída de novas afirmativas baseadas na ideia que «as moléculas de iodo são afastadas» que contribuíram para dar suporte ao novo núcleo (heurística positiva).

No momento 8, a outra parte do argumento ( $C_8AR$ ) que constituía o cinturão protetor do momento 7 foi refutada, a partir da discussão entre a professora e o aluno Igor. Para isso, ela construiu vários modelos de moléculas de  $I_2$  com bolinhas de isopor e palitos, e questionou o aluno se, com o aquecimento, as ligações seriam rompidas ou as moléculas se afastariam. Igor pegou os modelos e mostrou uma separação cada vez maior entre elas quando se passava do sólido para líquido e para gás (modelo 3). Portanto, nesse momento houve uma modificação da afirmativa, isto é, do núcleo  $N_3A$  para  $N_4A$  («Durante a fusão do iodo, as moléculas de iodo são afastadas e as do grafite não são»), de modo que esse ficasse coerente com as afirmativas  $C_{9a}A$ ,  $C_{9b}A$ ,  $C_{9c}A$  e  $C_{9d}A$  (elaboradas no momento 7) que constituíam o cinturão protetor.

No momento 9, o grupo teve dúvidas quanto à justificativa para o afastamento das moléculas do iodo e algumas hipóteses, ainda não refutadas, relacionadas ao núcleo  $N_2A$ . Isto indica que os alunos apresentaram resistência em refutar esse núcleo (heurística negativa). Com base nisso, a professora conduziu uma discussão na qual questionou se a formação do grafite era molecular (à qual os alunos responderam que não). Depois, ela perguntou se a formação não molecular do grafite influenciava sua TF ser elevada. O grupo concordou, e Igor questionou se a ligação das moléculas era fraca. A partir desse questionamento, a professora apresentou uma nova informação («A ligação entre os átomos é forte, o que seria 'frágil' é o que liga as moléculas») que conseguiu refutar as ideias  $C_{3a}$  e  $C_8$ . Em seguida, os alunos inter-relacionaram as afirmativas  $C_{9a}A$ ,  $C_{9b}A$ ,  $C_{9c}A$  e  $C_{9d}A$  e propuseram o argumento  $C_{10}AR$ , que foi capaz de dar mais suporte ao núcleo do que as afirmativas isoladas.

No último momento, a professora recapitulou alguns aspectos da atividade anterior. Em seguida, ela mencionou que os modelos criados pelos alunos e suas ideias seriam testados, e deixou claro o que deveria ser realizado na atividade experimental. Portanto, eles deveriam testar o argumento  $C_{10}AR$  («Durante a fusão, as moléculas do iodo são afastadas e as do grafite não são porque a fusão desse requer mais energia [porque grafite não é molecular] e a fusão daquele requer menos energia [porque o iodo é molecular]») que constituía o cinturão protetor. Antes de realizarem o experimento, eles fizeram uma previsão do resultado do mesmo: «O iodo, no seu estado gasoso, ao entrar em contato com o amido, adquirirá uma cor preta devido à reação». Depois, eles observaram que o material ao qual o amido estava aderido tinha ficado preto devido à reação entre amido e iodo. A partir da interpretação

da evidência resultante do teste, os alunos elaboram a afirmativa  $C_{11}A$ , que foi coerente com o núcleo  $N_4A$ .

Outro aspecto, que pode ser interpretado a partir da [tabela 2](#), é a resistência (heurística negativa) por parte dos alunos à mudança conceitual, o que está de acordo com a literatura (Driver, 1989; Driver e Erickson, 1983). Os alunos permaneceram com seu núcleo inicial, isto é, com a mesma concepção, até o momento 7. Assim, grande parte das discussões envolveu a modificação do cinturão protetor (heurística positiva) de modo que ele ficasse coerente com o núcleo  $N_4A$  (correspondente ao conhecimento que se esperava que os alunos construíssem na atividade), desenvolvido pelos alunos no momento 8.

A partir da [tabela 2](#), podemos também inferir que houve uma evolução do raciocínio dos alunos, pois no início do processo eles apenas apontavam evidências isoladas. Posteriormente, além de identificar mais evidências, eles começaram a elaborar afirmativas, isto é, a interpretar essas evidências. Nos momentos 6 e 9, houve maior articulação das ideias dos alunos, uma vez que estes produziram argumentos a partir da inter-relação entre as afirmativas e as evidências para a defesa da ideia central (núcleo), considerada mais forte. Essa evolução do raciocínio dos alunos ocorreu não só a partir da elaboração de afirmativas e da produção de argumentos para oferecer suporte ao novo núcleo, mas também com o auxílio da professora, que teve um papel fundamental como mediadora da construção do conhecimento dos alunos. Além disso, a atuação da professora foi essencial para que eles conseguissem modificar seu núcleo de modo que este fosse coerente com o conhecimento científico.

## Conclusões e implicações

A primeira questão de pesquisa que norteou esse estudo foi: que relações podem ser estabelecidas entre os principais elementos da argumentação e/ou aspectos a ela relacionados e os elementos da filosofia Lakatosiana? A [tabela 2](#) evidencia que o elemento núcleo da filosofia Lakatosiana é sempre a afirmativa que compõe o argumento (momentos 1, 2, 7, 8). Além disso, o elemento cinturão protetor é construído por hipóteses auxiliares, que podem ser 3 elementos da argumentação: evidências (momentos 2, 3, 4 e 5), afirmativas (momentos 1, 3, 4, 5, 7, 8 e 10) ou argumentos (momentos 6 e 9). Em relação ao elemento heurística positiva, este são hipóteses auxiliares que se relacionam também aos 3 elementos da argumentação: evidências (momentos 4 e 5), afirmativas (momentos 4, 5, 7 e 10) ou argumentos (momento 10). No entanto, devemos ressaltar que essas hipóteses foram elaboradas pelos alunos com o intuito de evitar que seu núcleo fosse refutado. O elemento heurística negativa corresponde ao aspecto da argumentação «resistência dos alunos em refutar sua afirmativa» (momentos 4, 7 e 9). Essas relações podem ser estabelecidas pois, durante a discussão dos resultados, identificamos que, para dar suporte à sua ideia central, os alunos utilizaram afirmativas, evidências ou argumentos. Nos casos em que esses elementos não conseguiam oferecer suporte à ideia inicial, eles a modificavam ou apresentaram resistência a isto. Essa dinâmica da construção do conhecimento se relaciona com o que Lakatos propôs, uma vez que no programa de pesquisa, caso o cinturão protetor (hipóteses

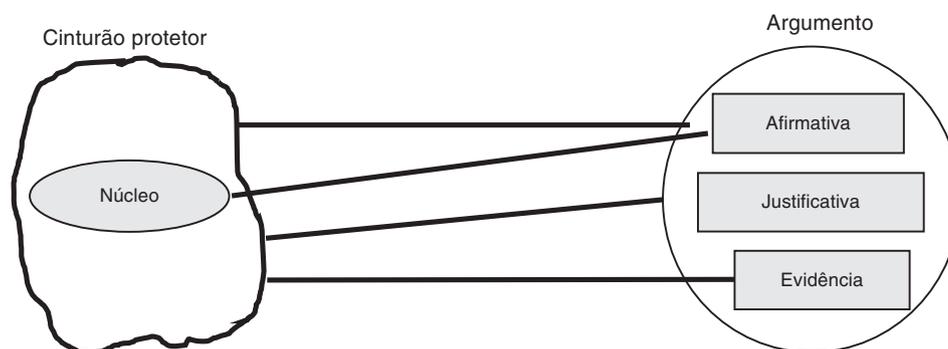


Figura 2 Representação gráfica das relações entre a filosofia Lakatosiana e os elementos que constituem o argumento.

auxiliares) não consiga oferecer suporte diante dos fenômenos, o núcleo é atingido, o que resulta em o programa ser considerado degenerativo.

As relações estabelecidas no parágrafo anterior entre os elementos da filosofia Lakatosiana e os da argumentação são representados na figura 2.

Nossa segunda questão de pesquisa é: «No contexto analisado, e segundo a *filosofia Lakatosiana*, como a argumentação favorece a mudança conceitual?» A discussão dos resultados suporta nossa conclusão de que a argumentação favoreceu a mudança conceitual dos alunos, o que está coerente com a literatura (Driver et al., 2000; Duschl e Osborne, 2002; Venville e Dawson, 2010; Mendonça e Justi, 2013). Isso ocorreu porque a professora explorou as ideias dos alunos, mediou as discussões e os auxiliou na construção do conhecimento no momento do discurso. Além disso, o referencial da modelagem a ajudou a pensar nos dados que contrariavam as hipóteses auxiliares dos alunos. Isso foi essencial para que eles modificassem as ideias que identificamos como constituindo os diversos núcleos defendidos por eles e os sustentassem a partir da construção de argumentos. Portanto, o referencial teórico de Lakatos foi produtivo como ferramenta de análise de dados, pois nos auxiliou a evidenciar e compreender como a argumentação favorece o processo de mudança conceitual nos alunos. Isso porque foi a partir deste referencial que identificamos os momentos em que os alunos apresentaram conflitos de opiniões com a professora, e como eles argumentavam para defender seus pontos de vistas, isto é, justificavam suas ideias. Além disso, o referencial nos propiciou compreender como a promoção e condução de situações argumentativas pela professora favoreceram a mudança conceitual nos alunos.

Considerando os aspectos discutidos anteriormente, podemos concluir também que o referencial teórico de Lakatos não só foi viável como ferramenta para fundamentar a análise da construção do conhecimento desses alunos, mas também favoreceu entender o processo de mudança conceitual e a influência da argumentação no mesmo numa perspectiva mais ampla, isto é, não restrita somente à dimensão conceitual. Isto abre novas possibilidades de pesquisa, uma vez que a análise realizada neste trabalho contemplou apenas uma situação de ensino. Caso identifiquemos os mesmos relacionamentos a partir da análise de outras situações de ensino, poderemos considerar a relevância de apresentar e discutir este referencial para professores

de ciências interessados em entender melhor como ocorre a aprendizagem dos alunos.

Finalmente, o fato de o referencial teórico de Lakatos ter favorecido o entendimento do processo de mudança conceitual indica que ele pode auxiliar o professor a compreender melhor o processo de elaboração do pensamento dos seus alunos durante a sua praxe de sala de aula. Em situações de discussão de ideias controversas ou divergentes na turma, a identificação de quais delas constituem o núcleo defendido por cada aluno e seu cinturão protetor pode ser fundamental para que o professor elabore estratégias que resultem na refutação daquelas inadequadas (em termos do conhecimento que se espera que os alunos aprendam), isto é, que favoreçam a ocorrência de um processo dinâmico entre heurísticas positivas e negativas.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Agradecimentos

CNPq e CAPES.

## Referências

- Chang, S., & Chiu, M. (2008). Lakatos' scientific research program as a framework for analysing informal argumentation about socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1753–1773.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *Int J Sci Educ.*, 11(5), 481–490.
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10(1), 37–60.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39–72.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. New York: Cambridge University.

- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning science thinking. *Science Education*, 77(3), 319–337.
- Kuhn, D., Hemberger, L., & Khait, V. (2014). *Argue with Me - Argument as a Path to Developing Students' Thinking and Writing*. Bronxville, N.Y: Wessex.
- Kuhn, T. S. (1996). *The Structure of Scientific Revolutions* (3 ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Laburú, C. E., Arruda, S. M., & Nardi, R. (1998). Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência & Educação*, 5(2), 23–38.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the Methodology of Scientific Research Programme. In I. Lakatos, & A. Musgrave (Eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2007–2034.
- Mozzer, N. B., Queiroz, A. S., & Justi, R. (2007). *Proposta de Ensino de Introdução ao Tema Interações Intermoleculares via Modelagem*. Florianópolis, Brasil: Trabalho apresentado no VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Niaz, M. (1998). A Lakatosian conceptual change teaching strategy based on student ability to build models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium. *Science & Education*, 7(2), 107–127.
- Osborne, J. (2007). Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1), 1–16.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- Popper, K. (1963). *Conjectures and Refutation: The Growth of Scientific Knowledge*. Routledge & Kegan Paul.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96(3), 488–526.
- Sá, L. P., & Queiroz, S. L. (2009). *Estudo de casos no ensino de química*. Campinas: Átomo.
- Sandoval, W. A., & Willwood, K. A. (2008). What can argumentation tell us about epistemology? In S. Erduran, & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in Science Education - Perspectives from classroom-based research* (pp. 71–88). Dordrecht: Springer.
- Venville, G. J., & Dawson, V. M. (2010). The impact of a classroom intervention on grade 10 students' argumentation skills, informal reasoning, and conceptual understanding of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(8), 952–977.
- Von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, H. A. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101–131.
- Vosniadou, S. (2008). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. New York and London: Routledge.