

Da lógica informal à lógica formal: desafios para introduzir os estudantes nas linguagens científicas

Alex Bellucco

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e suas Tecnologias (PPGECMT); Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: alex.carmo@udesc.br

Resumo: Diante da enorme dificuldade apresentada pelos estudantes em compreender as linguagens científicas, por meio das quais cientistas se expressam e constroem seus conhecimentos – em especial a matemática –, discutimos a necessidade de mudanças no ensino de ciências. Destacamos a urgência em superar um ensino que priorize apenas os aspectos da lógica formal, dando espaço também para a lógica informal – ou teoria da argumentação – pondo em foco como são construídos e justificados os enunciados científicos. Para isso, propomos uma ferramenta para análise da qualidade da argumentação em sala de aula, em sua forma e conteúdo. Finalmente, apontamos algumas implicações em termos de estratégias de ensino e formação de professores.

Palavras-chave: Lógica informal, argumentação, linguagens, física.

Title: From informal logic to formal logic: challenges when introducing students to scientific languages.

Abstract: In view of the enormous difficulty presented by students in understanding scientific languages, through which scientists express themselves and build their knowledge - especially mathematics -, we discuss the need for changes in science education. We highlight the urgency to overcome teaching that prioritizes only aspects of formal logic, also giving space also to informal logic - or argumentation theory -, focusing on how scientific statements are constructed and justified. For this, we propose a tool for analyzing the quality of argumentation in the classroom, in its form and content. Finally, we point out some implications in terms of teaching and teacher training strategies.

Keywords: Informal logic, argumentation, languages, physics.

Introdução

Há certo consenso no ensino de física de que não é possível entender a física sem a compreensão da matemática. Em estágios e cursos de formação inicial e continuada, são comuns relatos de professores realizando extensas revisões de matemática antes de iniciar os conteúdos físicos propriamente ditos. Simultaneamente, são frequentes descrições sobre as dificuldades dos estudantes em compreender a relação entre fenômenos e representações, e narrativas de docentes e professores estagiários cansados de escutarem frases como: “professor, que fórmula eu uso?” ou “onde eu ponho esse dado professor?” (referindo-se a alguma grandeza

física e a uma equação). A confusão de unidades é outra questão que abala o trabalho diário docente, há várias descrições sobre discentes que colocam unidades de tempo no lugar de espaço, entre outras situações semelhantes. Em geral, sabe-se pouco sobre como os alunos fazem essa associação entre matemática e física, via de regra, o professor mostra as relações e 'reza' para que os alunos compreendam – mesmo em propostas de ensino respaldadas em pesquisa como as atividades investigativas.

Situação similar ocorre no ensino superior, no qual as disciplinas de física costumam ser precedidas de cálculos, álgebras etc., ou melhor, os cursos de física focam em fornecer o máximo de 'ferramentas matemáticas' possíveis (Pietrocola, 2002), para que os estudantes dominem os conteúdos físicos, tanto para ser professor quanto para ser pesquisador em física ou no seu ensino, gerando uma lista interminável de conteúdos matemáticos a serem dominados em quatro anos de estudos. Nesse processo, as ideias fundamentais da física, como os princípios de conservação, acabam virando mais uma "ferramenta" ou um "bloquinho de conhecimento" a ser usado para resolução de exercícios, em vez de haver uma reflexão profunda sobre suas origens, bases e consequências. Em suma, o papel da matemática na física acaba sendo, mesmo que de forma inconsciente, escamoteado pelos professores.

Esse tipo de organização dos cursos, em especial nas licenciaturas, repercute também no ensino de física na educação básica, em que os conteúdos são ensinados como "bloquinhos" independentes que, juntados pelo "cimento" chamado exercícios, vão formar um todo. Porém, essa estruturação da "casa completa" fica por conta do estudante, ou seja, constrói-se uma casa sem as vigas e estruturas que as sustentem. Nos parece ingênuo pensar que um indivíduo, em formação, irá estabelecer sozinho relações sólidas entre os saberes, ou as vigas de sustentação na analogia proposta, que os cientistas levaram gerações para construir.

Ademais, frequentemente observa-se ideias essenciais tratadas como uma pequena parte do curso no ensino superior, ou mesmo sendo deixadas de lado no ensino básico (algumas vezes por falta de tempo, como no caso da conservação do momento linear) – talvez porque não geram tantos exercícios de aplicação, como nos conteúdos de cinemática, mecânica, termometria ou circuitos elétricos. Dessa forma, não é de se espantar que os estudantes de qualquer nível de ensino, e mesmo docentes, caiam tão facilmente em problemas planejados para evidenciar concepções errôneas de física (Gil-Pérez et. al, 1992).

Nas universidades, a própria noção de pré-requisito é equivocada, valendo-se de ferramenta matemático como se fosse só mais um bloco a ser encaixado na "parede" da física. Apenas indica-se que "física 1 é pré-requisito para física 2 junto a cálculo 2", surgindo assim reclamações de estudantes, muitas vezes válidas, como: "mas isso que eu aprendi aqui, não precisa necessariamente ser usado aqui", "eu poderia fazer isso, sem ter feito aquilo", "bastava ter estudado só esse pedacinho", ou "a revisão do professor durante a aula de física, valeu muito mais do que todo o curso de cálculo". No final da graduação, há grande dificuldade de refletir, por exemplo, sobre como o princípio de conservação de energia perpassa os

conhecimentos nas diferentes áreas da física – são poucos os momentos nos quais tais ideias tenham espaço para serem aprofundadas.

Perante esse cenário, no qual encontramos alta e preocupante evasão nas licenciaturas (Azevedo, 2019) e, ainda, em que observamos estudantes da educação básica rechaçando totalmente a física escolar, urge a necessidade de se repensar tanto processos formativos do professor quanto dos discentes de ensino fundamental e médio. Isso passa pela compreensão mais profunda das relações entre matemática e física e seus processos de construção, tanto na ciência como na sala de aula – esta última possui diferenças da primeira, já que na educação básica o objetivo não é formar cientistas.

Neste trabalho, temos o intuito de apresentar elementos para reflexão sobre a relação entre física e matemática no contexto do ensino de física, argumentando que os processos de construção da ciência não são desenvolvidos apenas pelas deduções matemáticas da lógica formal, na qual a matemática é vista apenas como uma ferramenta para a física (Dove, 2008; Pohjola, 2007). Destacamos que o uso da matemática na física/ciência é permeado por processos argumentativos (Rahman, 2007), nos quais se constroem e justificam enunciados de maneiras intrínsecas a esses campos de conhecimento (Sandoval e Millwood, 2007), dentro de uma lógica denominada informal (Walton, 2012). Vale ressaltar que o termo 'informal' não guarda relação com um tipo de raciocínio/concepção cotidiano(a) ou espontâneo(a), mas é usado(a) apenas para diferenciar-se da lógica formal/dedutiva. Ambas as lógicas são complementares no fazer científico dos centros de pesquisa e nas salas de aula.

Por conseguinte, discutimos a seguir a lógica informal como o estudo normativo do argumento, que procura desenvolver normas, critérios e procedimentos para interpretação, avaliação e construção de argumentos e argumentação utilizados na linguagem natural (Blair e Johnson, 1987). Na sequência, apresentamos uma ferramenta para análise da qualidade dos processos argumentativos em sala de aula. Por fim, realizamos esse trabalho no âmbito da educação em ciências, na qual a linguagem natural é a científica, que se vale da matemática no processo de construção do conhecimento, buscando implicações para o processo de ensino que visa a argumentação.

Lógica formal, informal e argumentação no ensino de ciências

Para se compreender os processos de construção de conhecimento na ciência e no seu ensino, não é suficiente apenas o domínio da matemática e sua lógica dedutiva, que estão no escopo da lógica formal. Mesmo no interior da matemática, para uma filosofia mais completa desse saber, é necessária uma lógica denominada informal, que nada tem a ver com raciocínio informal (Aberdein, 2005).

Blair e Johnson (1987) apontam que há duas origens para o movimento da lógica informal. A primeira trata-se da necessidade de definir qual seria o tema de cursos de lógica introdutórios, ou seja, o ensino apenas da lógica dedutiva é insuficiente para definir o que é um bom raciocínio e analisar de forma promissora a interpretação e a avaliação discriminativa de

argumentos. A segunda, influenciada pelos trabalhos de Chaim Perelman, Lucy Olbrechts-Tyteca, Stephen Toulmin e Michael Scriven, relaciona-se à teoria da lógica fora do campo do ensino, que destaca que a lógica formal dedutiva não é a lógica da argumentação. Para fazer essa distinção, é fundamental enfatizar a argumentação como prática comunicativa e argumento como um conjunto de sentenças que possuem relação entre si – o que implica em:

Argumentos como produtos de comunicação em tais práticas de linguagem natural como persuasão racional ou investigação racional não são simplesmente cadeias de inferências dedutivas (Blair e Johnson, op. cit., p. 147).

Com relação à questão educacional, destacada na primeira origem desse movimento apresentada acima, Siegel (1985) concebe a lógica informal como o pensamento crítico, ele argumenta que os esforços educacionais devem ser voltados para formar pensadores críticos, levando os estudantes a serem autônomos e autossuficientes.

O pensamento crítico, em sua luta aberta pela conquista precoce do aluno de autonomia e autossuficiência, é incompatível com qualquer plano educacional que vise a preparação do aluno para algum papel preconcebido de adulto ou pré-estabelecido em algum arranjo social. Em vez disso, o pensamento crítico visa fazer com que o aluno seja um participante ativo no estabelecimento de sua própria vida adulta e dos arranjos sociais em que está engajado (Siegel, 1985, p.70-71).

Siegel (1985) apresenta três pontos que justificam o pensamento crítico/a lógica informal como um ideal educacional. Primeiro pela obrigação moral de tratar as pessoas com respeito: “Entre outras coisas, significa reconhecer o direito do aluno a questionar, desafiar e exigir razões e justificativas para o que está sendo ensinado” (p.71). Segundo, pelo reconhecimento da necessidade de tornar os estudantes competentes em habilidades necessárias para a vida adulta, como torná-los autossuficientes para controlar a própria vida. Para isso acontecer, as atividades didáticas devem estimular a formular perguntas, analisar evidências, fazer autocrítica e procurar alternativas. Por último, o pensamento crítico deve permitir que os estudantes avaliem e compreendam o papel das razões no esforço racional, desenvolvendo neles traços, atitudes e inclinação para investigar razões que fundamentem o julgamento. No campo da educação científica o autor argumenta que:

[...] um cientista prospectivo deve aprender, entre outras coisas, o que conta como uma boa razão ou contra alguma hipótese, teoria ou procedimento; quanto peso a razão tem; e como se compara isso com outras razões relevantes. A educação científica equivale a iniciar o aluno na tradição científica, que em parte consiste em apreciar os padrões da tradição que regem a avaliação das razões (p. 72/73).

Portanto, consideramos que no contexto do ensino de ciências devemos primar por estimular os estudantes a refletir sobre como os cientistas analisam racionalmente as informações de pesquisa, como eles elaboram, testam e contrastam hipóteses, modelos, metodologias e teorias. Esse processo atende a um objetivo maior, que é o desenvolvimento do

raciocínio crítico, sendo este último essencial para a construção de uma cidadania crítica que visa à reflexão e à tomada de decisão racional (Vieira e Tenreiro-Vieira, 2021).

Em relação à segunda origem da lógica informal, apresentada acima no artigo de Blair e Johnson (1987), um importante trabalho é o de Walton (2012), que trata a lógica informal como a análise racional de argumentos em um diálogo – definido como troca de perguntas e respostas entre dois ou mais participantes. Os diálogos surgem de problemas, opiniões divergentes ou de assuntos que possuam dois lados. O autor aborda também um tipo de diálogo, que entendemos como sendo de interesse dos pesquisadores em ensino de ciências, denominado investigação, o qual procura superar uma lacuna de conhecimento, por meio de provas ou da busca para se obter o máximo de certeza possível com as evidências de que se dispõe, almejando uma comprovação. Na investigação espera-se que os participantes sejam tanto quanto possível neutros ao estudar uma realidade objetiva, além de prevalecer a cooperação no lugar da competição.

Esse último ponto é polêmico, já que muitos pesquisadores de ensino de ciências definem a argumentação apenas como contraposição de ideias (Berland e Reiser, 2009; Capecchi, 2004; Faize, Husain e Nisar, 2017; Nascimento e Vieira, 2009; Rodrigues e Pereira, 2018) – o que parece limitar o escopo do que é o empreendimento científico e, principalmente, do que é o ensino de ciências. A construção de entendimentos sobre os fenômenos muitas vezes envolve um esforço coletivo na compreensão e no desenvolvimento de estratégias para tratar um problema, nem sempre ocorrendo uma controvérsia entre os participantes. Ao longo desse processo, pode surgir uma divergência entre o que é observável (ou o que está sendo investigado) e o que os participantes (em consenso) observam – isso pode ocorrer em sala de aula quando os estudantes se deparam com algo novo ou que não compreendem, durante um ensino por investigação, por exemplo.

Um fato que vale mencionar sobre a lógica informal, que é uma empreitada teórica relativamente recente, é que ela começa a influenciar a filosofia da matemática moderna e, também, seu ensino – isso tem importantes implicações para o ensino de ciências e nos objetivos de nossa ferramenta, como veremos a seguir.

Lógica informal, matemática e ciência

Aberdein (2005, 2009) e Dove (2008) buscam acessar a natureza do pensamento matemático por meio do referencial de Toulmin (2006), argumentando que apenas com a lógica formal-dedutiva é impossível descrever esse processo. Nessa visão clássica um argumento é uma sequência de frases, proposições ou fórmulas da qual cada uma delas é ao mesmo tempo uma premissa ou consequência das linhas anteriores e das quais é uma conclusão (como em uma dedução matemática). Tal definição não se sustenta em uma análise minuciosa dos argumentos – o que é função da lógica informal ou argumentação –, por exemplo, introduzindo objeções e respostas na estrutura premissa/conclusão e, ainda, ao tentar delimitar o que conta como premissa.

Além disso, segundo os autores supracitados, os matemáticos frequentemente usam métodos de prova não dedutivos, tais como provas baseadas em métodos computacionais (é impossível fazer à mão todos os cálculos processados em um computador) e em cálculos probabilísticos (é muito difícil, ou muitas vezes impossível, fazer o estudo de toda uma população ou de um sistema de partículas, por exemplo) – destacamos que esses tipos de provas também são muito utilizadas na ciência. Essas práticas produzem resultados tão precisos quanto os métodos dedutivos, passando por exames ainda mais rigorosos que estes últimos, baseando-se em métodos da lógica informal. Além do mais, existem práticas matemáticas que não partem de axiomas, e a aceitação deles não se dá por provas dedutivas, mas sim pelo uso da razão – o que envolve considerações sobre o quanto eles são frutíferos. Logo, a lógica informal é a lógica do raciocínio matemático.

No trabalho de Aberdein (2009), é apresentado um exemplo que permite uma aproximação entre a lógica informal como é usada na matemática com a ciência, ou seja, a aplicação da matemática na ciência é outra fonte de argumentação, já que as diferenças entre dados empíricos e a teoria matemática é inevitável e, neste momento, processos argumentativos ajudam a resolver essas diferenças. Essa discussão é essencial para o presente artigo, pois torna evidente que o raciocínio científico igualmente se vale da lógica informal.

Em suma, os processos de geração e validação das alegações extrapolam o âmbito da lógica formal dedutiva, isso quer dizer também que há formas particulares de justificar a produção e o estabelecimento de alegações dependendo da área do conhecimento – o que Toulmin (2006) chama de argumentação campo-dependente ou campo-variável. Portanto, nosso olhar é dirigido a essas peculiaridades no ensino de ciências – pretendemos discutir o que é um argumento científico de qualidade e como ele é construído, logo, aprofundamos essa discussão no tópico seguinte.

Qualidade da argumentação no ensino de ciências

Para a análise da qualidade argumentativa em sala de aula não basta verificar o número de justificativas para uma alegação suportar uma conclusão – do tipo “quanto maior, melhor” –, como proposto no trabalho de Driver et al., (2000), tendo como referência o padrão de argumento de Stephen Toulmin. As pesquisas têm apontado isso como problemático: Faize, Husain e Nisar (2017) criticam essa perspectiva, questionando que, em um caso de disputa, como decidir qual é o melhor argumento para a tomada de decisão, se há, por exemplo, duas justificativas contra e duas a favor. Alguns trabalhos procuram outros elementos para fundamentar a qualidade do argumento, como Jiménez-Aleixandre e Bustamante (2003) que destacam algumas operações epistêmicas ao lado das justificativas elaboradas por estudantes. Por conseguinte, verifica-se que apenas a quantidade de justificativas não dá conta das características epistêmicas para fundamentação do argumento (Erduran, 2007). Isso nos leva a seguinte pergunta, que tem implicações sobre o processo educacional: como os cientistas validam os seus conhecimentos em produção?

Tradicionalmente nas ciências, um bom argumento seria analisado com relação à como são coordenadas suas premissas e conclusões, se elas são conectadas com as normas canônicas da área – o que constitui uma análise nos preceitos de uma lógica formal ou dedutiva. Tal como pontuamos anteriormente, por meio dos trabalhos de Aberdein (2005, 2009) e Dove (2008), esse tipo de situação não se sustenta a um questionamento minucioso sobre seus preceitos, por exemplo: por que não partir de uma premissa B no lugar da premissa A? Qual foi o critério de escolha dessa premissa? A lógica informal lança luz sobre essas questões, possibilitando uma análise mais ampla do processo argumentativo e sua qualidade.

Talvez a contribuição mais importante da lógica informal seja auxiliar a concluir a revolução iniciada pelos pragmaticistas que se voltaram à teoria clássica (platônica/cartesiana) do conhecimento. O trabalho deles pode ser visto como uma tentativa de reconceitualizar o conhecimento de acordo com o modelo das ciências empíricas. O trabalho em lógica informal pode ser entendido como uma tentativa de reconceitualizar a argumentação e libertá-la de suas ligações históricas com o que Toulmin e Perelman denominaram modelo geométrico ou matemático. Isso significa, entre outras coisas, o fim do dedutivismo – a ideia de que todas as implicações ou são dedutivas ou são defectivas; o fim da noção de que o argumento deveria ser compreendido como prova [...] (Johnson e Blair, 2017, p. 207).

No campo das ciências é fundamental ampliar, por consequência, a noção de argumentação científica, permitindo uma avaliação mais completa desse fenômeno e de sua qualidade, que não se limite a uma forma lógica dedutiva – tal como uma dedução matemática encontrada em qualquer livro de física básica. Baseado no trabalho de Johnson e Blair (2017), cremos ser necessário expandir o foco desses estudos para o que o formalismo não mostra, para o qual o tratamento formal de argumentos científicos, por meio de deduções matemáticas, não consegue chegar. Há muito mais do que isso na parte do fazer científico que se vale de argumentação – por exemplo: “o que leva a opção por uma premissa científica e a sua aceitação?”, “o que desencadeia a escolha de um problema e de um formalismo para tratá-lo?”, “como adequar dados empíricos e teóricos?”, “quais tipos de conclusões podem ser inferidas de tais dados?”, “quais dados incluir e quais excluir em uma explicação?”, entre muitos outros questionamentos que remetem diretamente à qualidade dos argumentos.

Similarmente, Sampson e Clark (2006) chamam a atenção para como se estabelece a aceitabilidade da explicação coordenando evidências afirmativas ou contraditórias sobre a observação de um fenômeno ou uma afirmação descritiva ou exploratória. Nesse processo, deve-se ficar atento aos critérios epistemológicos que definem o que conta ou não como garantia, por exemplo:

(a) a necessidade de fornecer apoio racional ou de evidências para afirmações de conhecimento e propor testes para as mesmas (Hogan & Maglienti, 2001), (b) a necessidade de coerência entre quadros teóricos e observações de fenômenos (Passmore & Stewart, 2002), (c) estabelecer a credibilidade das provas (Driver et al., 2000), (d) parcimônia (Sandoval & Reiser, 2004), e (e) a importância de basear

os argumentos em um raciocínio que é logicamente válido (Zeidler, 1997). Assim, a fim de gerar um argumento científico, o indivíduo deve aprender os tipos de alegações que os cientistas fazem, como promovê-las, que tipos de provas são necessárias para justificar um argumento, e como que as provas podem ser recolhidas e interpretadas por dados padrões da comunidade (p.655).

Tendo como referência essa discussão, os autores apontam ainda cinco critérios para avaliar argumentos científicos de alta qualidade em sala de aula:

1 – Examinar a natureza e a qualidade da alegação de conhecimento: as alegações como conclusões exploratórias ou referenciais descritivos, tendem a ser generalizadas pelos pesquisadores na criação e no teste de referenciais e teorias. Ao refletir sobre isso, em sala de aula, é essencial o foco no tipo de alegação produzida por estudantes no processo de investigação, em relação ao conhecimento científico, o que põe em foco os entendimentos discentes sobre como coordenar afirmações com as evidências disponíveis.

2 – Examinar como (ou se) a alegação é justificada: devido à importância da evidência empírica para avaliar a validade das afirmações na atividade científica, é fundamental analisar como os alunos fazem isso, os tipos de evidência que eles usam para justificar um argumento e como essas evidências são analisadas à luz dos referenciais aceitos pela comunidade. Isso possibilita inferir o que os estudantes consideram como uma boa explicação ou conhecimento justificado.

3 – Examinar se a alegação se refere a todas as evidências disponíveis: os cientistas constroem argumentos para as conjecturas que melhor explicam um fenômeno amparados pelas evidências disponíveis ou obtendo novas quando não há evidências suficientes. Deve-se verificar como os estudantes coordenam alegações e evidências, se eles consideram apenas uma evidência ou se a distorcem em favor de suas interpretações particulares.

4 - Examinar como (ou se) o argumento procura desconsiderar alternativas: como construção humana, explicações alternativas são comuns na ciência e, muitas vezes, os argumentos em favor de uma não são totalmente convincentes em virtude das evidências que se dispõe. Por isso, é importante estar atento a como os estudantes avaliam a aceitabilidade e a utilidade de argumentos alternativos, observando como as alegações dão conta de todas as observações do fenômeno, se elas são úteis para prever o comportamento do fenômeno e a consistência dessas alegações com outro conhecimento cientificamente aceito.

5 – Examinar como as referências epistemológicas são usadas para coordenar alegações e evidências: além de justificar as ideias com evidências, os alunos devem avaliar se suas evidências foram coletadas e interpretadas pelas normas da comunidade científica, se elas são válidas e confiáveis, assim como saber quando descartá-las.

Sob essa perspectiva, o trabalho de Sandoval e Milwood (2007) discute que nem sempre os cientistas justificam suas alegações, nesses casos, elas

já são aceitas pela comunidade. Por outro lado, quando elas são questionadas, eles providenciam a discussão de seus fundamentos. No contexto de sala de aula, a compreensão das normas para argumentar permite que os estudantes compreendam aspectos essenciais da epistemologia da ciência. Por meio de uma revisão, eles verificam que os principais movimentos epistêmicos desencadeados nos alunos em ambientes investigativos ou de resolução de problemas, voltados para o desencadeamento de situações argumentativas, são: uso de alegações sem apresentar justificativas explícitas; alegações costumam ser justificadas somente quando desafiadas; geralmente alegações são oferecidas sem relação com os outros elementos do argumento em desenvolvimento; uso de várias formas de garantias, incluindo evidências experimentais e teóricas.

No contexto de sala de aula, a atenção a esses movimentos epistêmicos é fundamental, uma vez que precisamos que os estudantes construam justificativas coerentes no processo de elaboração de seus argumentos, como forma de acessar os entendimentos que eles desenvolvem sobre os conteúdos e sobre a ciência. Portanto, o docente tem um papel essencial, tanto como elaborador de atividades que levem à justificação coerente do ponto de vista científico, estimulando o estabelecimento de relações entre dados de diferentes fontes (teóricas e/ou experimentais) e entre diferentes informações construídas ao longo de uma atividade; quanto como mediador do debate durante as interações discursivas, estimulando essa justificação por meio de um discurso interativo dialógico, ou seja, no sentido destacado por Mortimer e Scott (2002), no qual se constroem cadeias de interação, explorando as diferentes explicações dos estudantes, no processo de construção dos conhecimentos em sala de aula. Além disso, é extremamente importante a revisão racional de todo o processo, também por meio de um discurso interativo dialógico, destacando quais elementos foram fundamentais para a validação dos argumentos construídos na atividade, se quisermos o desenvolvimento de um pensamento crítico no sentido estabelecido por Siegel (1985).

Outro trabalho que apresenta um instrumento para uma análise mais ampla sobre a qualidade da argumentação, possibilitando uma referência criteriosa de medida da competência dos estudantes nessa prática, é o de Sampson, Enderie e Walker. (2012). Os autores têm por objetivo apresentar a ferramenta denominada Avaliação da Argumentação Científica dentro da Sala de Aula (AACCS), para avaliar a qualidade e a natureza da argumentação em sala de aula, objetivando prover um instrumento minucioso para observar os aspectos conceituais, cognitivos, epistêmicos e sociais da argumentação. O Quadro 1 resume esse instrumento.

É importante enfatizar que observamos, em alguns itens acima, aspectos da argumentação relacionados à matemática e sua interface com a física:

- Aspectos conceituais e cognitivos: O item 2 possibilita observar se os estudantes usam a matemática nas conclusões ou como garantia para elas. No item 3, o tratamento da anomalia pode envolver o uso da matemática. Com o item 5 pode-se ficar atento ao papel da matemática como suporte às alegações. O item 6 permite averiguar se os estudantes, com a matemática, (a) saltam para generalizações apressadas, (b) atribuem causalidade para

eventos aleatórios, (c) insistem que a correlação é uma evidência de causalidade e (d) apresentam um viés de confirmação.

Aspectos conceituais e cognitivos	Aspectos epistêmicos	Aspectos sociais
1. A conversa centrou-se na geração ou validação de alegações ou explicações.	8. Os participantes invocaram as "ferramentas da retórica" para apoiar ou contestar ideias.	15. Os participantes foram reflexivos sobre o <i>que</i> e <i>como</i> conhecem.
2. Os participantes procuram e discutem conclusões e explicações alternativas.	9. Os participantes usaram evidências para apoiar e desafiar as ideias ou dar sentido ao fenómeno sob investigação.	16. Os participantes respeitam o que o outro tem a dizer.
3. Os participantes modificaram sua conclusão ou explicação quando notaram uma inconsistência ou descobriram informações anômalas.	10. Os participantes examinaram a relevância, a coerência e a suficiência das provas.	17. Os participantes discutiram uma ideia quando ela foi introduzida na conversa.
4. Os participantes estavam céticos sobre ideias e informações.	11. Os participantes avaliaram a forma como os dados disponíveis foram interpretados ou o método usado para coletar os dados.	18. Os participantes encorajaram ou convidaram outros para compartilhar ou criticar ideias.
5. Os participantes forneceram razões enquanto apoiavam ou contestavam uma ideia.	12. Os participantes usaram as teorias científicas, leis ou modelos para apoiar e desafiar ideias ou para ajudar a atribuir sentido ao fenómeno sob investigação.	19. Os participantes reafirmam ou resumizam comentários e perguntavam uns aos outros para esclarecer ou detalhar seus comentários.
6. Os participantes basearam as suas decisões ou ideias sobre estratégias de raciocínio inadequadas.	13. Os participantes fizeram distinções e conexões entre inferências e observações explícitas por outros.	
7. Os participantes tentaram avaliar os méritos de cada explicação ou alegação alternativa de forma sistemática.	14. Os participantes usam a linguagem científica para comunicar ideias.	

Quadro 1. Avaliação da Argumentação Científica dentro da Sala de Aula (AACs), adaptado de Sampson, Enderie e Walker (2012).

- **Aspectos epistêmicos:** O item 9 destaca a importância de se considerar dados quantitativos/matemáticos para justificar as alegações e conclusões. O item 10 traz a relevância do tipo de prova usada na ciência e sua suficiência, que envolve a matemática, isto é, quais provas são indispensáveis ou quantos dados são necessários para dar suporte a uma alegação. Nos itens 11 e 12 destaca-se a importância da linguagem

matemática para a interpretação de um fenômeno e construção de uma prova, buscando apoio nas leis ou modelos. Os itens 13 e 14 destacam o uso de dados quantitativos e da linguagem matemática na elaboração de um argumento sólido.

- Aspectos sociais: O item 15 diz respeito à concordância sobre qual parte da matemática pode ser usada para interpretar um fenômeno.

A partir dos trabalhos de Sandoval e Milwood (2007), Sampson e Clark (2006) e Sampson, Enderie e Walker (2012), sistematizamos uma ferramenta para a análise da qualidade da argumentação científica em sala de aula (Anexo 1), que envolvem as formas e os conteúdos como as alegações e evidências são coordenadas. Com essa organização, visamos facilitar a visualização do processo argumentativo em sala de aula e sua qualidade.

Na categoria 1, agrupamos as práticas relacionadas às *formas* de ocorrência da argumentação científica, ou seja, ela permite avaliar como as alegações são respaldadas por justificativas. O processo de construção de um argumento coerente e de qualidade, em especial no contexto da ciência, deve apresentar justificativas e relacionar todas as evidências disponíveis, além de explicitar seus limites. Deve, ainda, permitir que todas ideias sejam ouvidas e julgadas à luz das evidências disponíveis, havendo liberdade intelectual e pluralidade de ideias, e analisar racionalmente os dados anômalos.

Para a categoria 2, selecionamos as práticas de justificação que envolvem os *conteúdos* usados para relacionar alegações e evidências, ou seja, como as normas canônicas da ciência apoiam a construção dos argumentos, por meio da obtenção de dados; dos tipos de raciocínio empregados; de como leis e modelos respaldam essa elaboração, a coleta e a análise dos dados; da maneira como se reflete sobre como são realizadas as inferências e como elas são comunicadas.

Ainda na segunda categoria, é essencial refletir sobre o tipo de raciocínio empregado, principalmente porque encontramos no âmbito da ciência. Segundo Feynman (2011), a matemática é uma linguagem que empresta formas de raciocínio para que o físico conecte afirmações. Para nós, esse é um ponto fundamental, ou seja: como elaborar estratégias para que os estudantes construam e/ou se apropriem dessas formas de raciocínio que a matemática empresta para conectar afirmações científicas? A resposta a essa questão, em nosso julgamento, envolve a passagem da lógica informal para a lógica formal em um contexto de ensino investigativo, no qual os critérios para *forma* e *conteúdo* da qualidade argumentativa, apresentados acima, podem ser desenvolvidos.

Linguagem e raciocínio

Se a matemática, como linguagem, está intrinsecamente relacionada aos raciocínios desenvolvidos no contexto da produção da ciência/física, ao aproximar o universo científico da sala de aula, precisamos nos preocupar com os tipos de raciocínio envolvidos nas argumentações científicas no âmbito educacional. Tanto na ciência quanto na sala de aula, destacamos os seguintes: hipotético-dedutivo, dedutivo, indutivo e abduutivo.

O raciocínio hipotético-dedutivo é discutido por Lawson (2002) na ciência e por Locatelli e Carvalho (2007) no ensino de ciências, sendo caracterizado pela seguinte estrutura: SE (relacionado a uma hipótese) – E (termo aditivo de condições para teste caso necessário) – ENTÃO (consequências esperadas) – PORTANTO (conclusão). O termo “MAS” pode ser introduzido caso haja uma condição de exceção ao longo desse ciclo.

Os outros três tipos de raciocínio mencionados foram apresentados por Pierce (2012) como a essência do pensamento científico:

Na ciência, há três espécies fundamentalmente diferentes de raciocínio: Dedução [...], Indução [...] e Retrodução [...] (p.5).

O argumento é de três tipos: Dedução, Indução e Abdução (geralmente denominado de adoção de uma hipótese) (p.30).

Abdução é o processo de formação de uma hipótese explanatória. É a única operação lógica que apresenta uma ideia nova, pois a indução nada faz além de determinar um valor, e a dedução meramente desenvolve as consequências necessárias de uma hipótese pura.

A Dedução prova, que algo **deve ser**; a Indução mostra que alguma coisa é **realmente** operativa; a Abdução simplesmente sugere que alguma coisa **pode ser** (p.220, grifos nossos).

Os raciocínios dedutivo (do geral para o particular) e o indutivo (do particular para o geral), são bem conhecidos na pesquisa em educação em ciências, porém, o abdução é pouco explorado. Vale ressaltar, que nenhum deles, incluindo o hipotético-dedutivo, são indicativos de que o raciocínio é correto, contudo, eles apontam um elevado grau de elaboração do pensamento.

Rahman (2007), apoiado no trabalho de Pierce, define abdução como o processo de construção de hipóteses explanatórias e como uma operação lógica que introduz uma ideia nova. Trata-se de uma inferência sobre algo e a aceitação provisória de uma hipótese explanatória com o intuito de testá-la. Nem sempre essa inferência é a melhor explicação, porém ela explica ou ao menos esclarece alguma informação surpreendente ou anômala e, para que isso ocorra, é necessária uma revisão de nossas concepções em um caminho plausível e racional.

Ao nosso ver, em sala de aula, esse último aspecto põe em foco o papel fundamental do professor como mediador entre conhecimento científico e ideias em destaque, na revisão dos entendimentos produzidos ao longo das atividades de ensino. Em Bellucco e Carvalho (2019), verificamos como a falta de uma revisão racional dos raciocínios abdução de estudantes do ensino médio (por meio de um processo argumentativo), em uma aula investigativa, comprometeu drasticamente a evolução das ideias ao longo das aulas – os alunos deixaram de usar suas próprias ideias para interpretar os problemas propostos, para apenas copiar acriticamente um modelo de resolução apresentado pelo professor.

Delimitada a questão dos raciocínios, é necessário enfatizar que a matemática não é a única linguagem da ciência, podendo se comunicar com representações visuais, linguagem oral e escrita etc., como destaca Lemke

(2002), ressaltando os recursos que cada uma pode desenvolver melhor: tipológico que é uma classificação excludente (como quente ou frio, alto ou baixo), típica da linguagem oral ou escrita, ou topológico que é uma classificação que se dá pela relação entre os entes, bem comum na linguagem visual, gestual e matemática (por exemplo, como varia a órbita de um planeta por meio de uma equação). Além disso, é preciso estar atento sobre como as linguagens se relacionam (Márquez, Izquierdo e Espinet, 2003): cooperam ou se somam para reforçar um significado; ou especializam, que se relacionam de forma a produzir um significado que não seria possível com cada uma delas isoladamente (como um gráfico mostrando um aumento exponencial para um fenômeno físico, cuja hipótese inicial era um aumento).

Em sala de aula, verificamos a relevância da transição entre linguagens (ou representações), do cuidado ao transitar das linguagens menos formais às mais formais, discutindo como elas se relacionam (em que a bagagem intelectual do estudante tem papel fundamental) e como seus recursos remetem ao fenômeno em estudo, enfim, como é importante vivenciar o processo de construção dessas linguagens (Bellucco e Carvalho, 2009). Somando-se a isso, é fundamental o trabalho com os raciocínios que essas linguagens carregam, principalmente a matemática. Sistematizamos a discussão desse tópico na Figura 1.

A Figura 1 permite refletir sobre o papel das linguagens na construção dos processos argumentativos em sala de aula, tendo por base as habilidades do professor, tipos de raciocínio e características das linguagens usadas na ciência e no seu ensino. Destacamos o papel da revisão racional dos raciocínios produzidos como elemento para o desencadeamento da argumentação e da aprendizagem (Bellucco e Carvalho, 2009; Isidoro, Bellucco e Carvalho, 2020) - fundamental para a transição da lógica informal para a formal.

A passagem da lógica informal para a formal: algumas considerações e questões para investigar no futuro

Iniciamos este trabalho discutindo que em um contexto no qual os professores que trabalham somente com a lógica formal (ensino tradicional), os resultados costumam ser catastróficos. Estamos cientes que não é questão de abdicar da lógica formal, o problema é que ao priorizar apenas essa dimensão do conhecimento, estamos deixando de lado aspectos essenciais relacionados ao processo de construção e compreensão dos saberes científicos em sala de aula, diretamente relacionados à lógica informal (Aberdein, 2005, 2009; Dove, 2008).

A ferramenta apresentada para análise da qualidade da argumentação científica (Anexo 1) permite estudar a passagem entre as lógicas formal e informal. Desde como se relacionam as evidências disponíveis (dimensão epistêmica) e a liberdade intelectual e a pluralidade de ideias (dimensão social) para se estabelecerem conclusões – formas para se conectar as alegações e evidências -; até como são usados os conteúdos científicos (dimensão conceitual e cognitiva) para se chegar às conclusões – conteúdos para se conectar as alegações e evidências.

Linguagens nas aulas de física

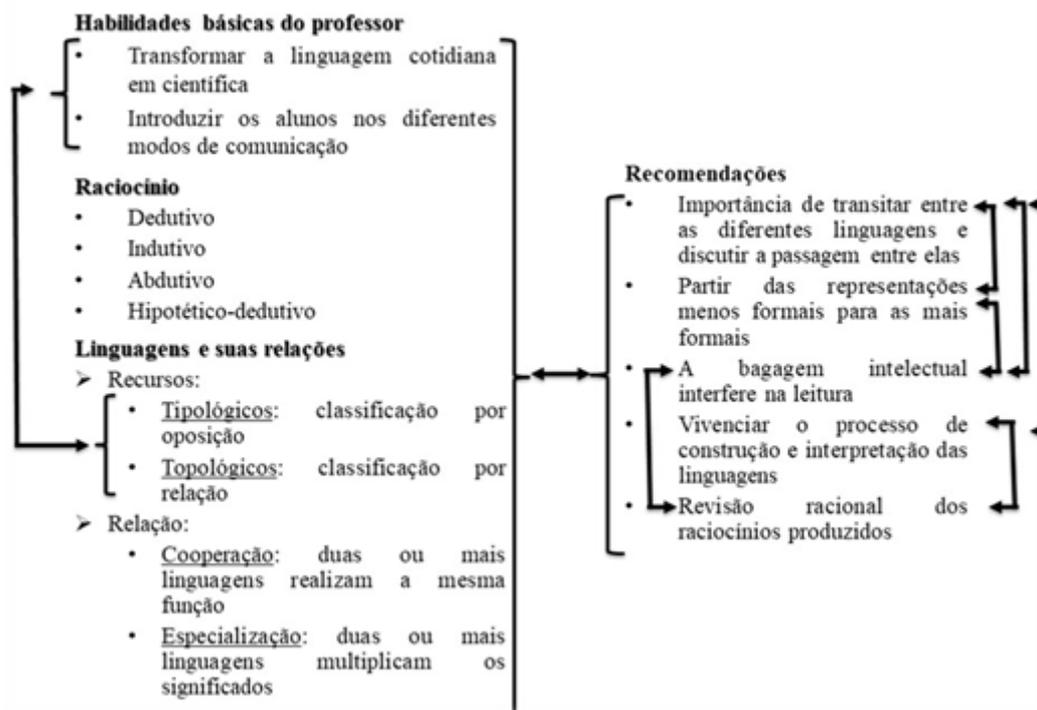


Figura 1: linguagens nas aulas de física. Fonte: própria.

É importante ter consciência que não adianta ter uma ferramenta que seja planejada para estudar a qualidade dos processos argumentativos, envolvendo as linguagens científicas – como a matemática que é o grande terror dos estudantes – se não temos um ensino planejado para que ocorra a passagem da lógica informal para a formal. Por isso, apostamos nas atividades investigativas, que como ressaltamos anteriormente, buscam aproximar o universo científico da sala de aula (Capecchi, 2004; Driver, Newton e Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre e Bustamante, 2003; Sasseron, 2015; entre outros). Uma sequência de atividades dessa natureza proporciona situações privilegiadas para o surgimento dos processos de justificação de conhecimento científico e sua discussão (situação contida no escopo da lógica informal), na busca de resposta para um problema, envolvendo a emissão de hipóteses a serem testadas por diferentes meios – desde atividades experimentais à discussão de textos históricos ou de divulgação científica.

Temos também por hipótese que o debate em sala não deve começar pelo que seria um argumento de qualidade, mas que na evolução de uma sequência de ensino investigativa, nos momentos de revisão, tal como proposta na ciência por Rahman (2007), seria importante discutir o que seria uma boa argumentação e um bom argumento à luz do processo desenvolvido em sala. Dessa forma, os estudantes podem usar e desenvolver bagagem intelectual para conectar as afirmativas e fazer uma metacognição de toda sua evolução, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico nos moldes discutidos por Blair e Johnson (1987). Desse

modo, os elementos contidos no Anexo 1 podem ser usados de parâmetro para balizar as discussões, sob a mediação docente.

Outra questão em aberto é a formação de professores – mudar a postura em sala de aula de um palestrante/expositor para um profissional que fomente o debate livre de ideias, visando a formação de pensadores críticos, ainda é um grande obstáculo a ser superado. Portanto, apostamos no ensino por investigação como abordagem didática (Sasseron, 2015), ou seja, a investigação não deve se restringir a um laboratório, mas perpassar desde a leitura de textos até as atividades experimentais. Para que isso ocorra, os docentes precisam ter contato com atividades desse tipo ao longo de seu processo formativo (inclusive em disciplinas específicas da área de conhecimento) e serem encorajados a testarem em seus estágios. Nesse sentido, sobre esse ensino explícito de argumentação na formação inicial e continuada, a pesquisa já tem mostrado evidências de sua relevância no processo de aprendizagem (Ibraim e Justi, 2017). Dessa forma, evitamos o que ouvimos em muitos relatos em bancas de mestrado que envolvem atividades investigativas, nas quais o docente frequentemente esquece do debate sobre hipóteses e ideias e parte para a explicação formal do conteúdo, literalmente impossibilitando a investigação. Aqui também o Anexo 1 pode ser útil no processo formativo, fornecendo parâmetros objetivos sobre o processo argumentativo.

Ainda nessa passagem de uma lógica à outra, são necessários mais estudos que aproximem o ensino por investigação das atividades de modelização, principalmente se desejamos que a linguagem matemática deixe de ser o grande entrave para os estudantes. De maneira similar, Passmore e Svoboda (2012) propõem o raciocínio baseado em modelos como uma situação privilegiada para a produção de situações argumentativas em sala de aula:

Todas as disciplinas científicas são guiadas em suas investigações por modelos que os cientistas usam para construir explicações para dados e explorar mais a fundo a natureza [...] O desenvolvimento, o uso, a avaliação e a revisão de modelos e explicações relacionados desempenham um papel central na investigação científica e devem ser uma característica proeminente da educação científica dos alunos (p. 1538).

Esse tipo de prática, pode favorecer a justificação do conhecimento em sala de aula, pois como apontado por Sandoval e Milwood (2007), os discentes geralmente não apresentam as razões para estabelecerem suas conclusões, exceto quando desafiadas. Por isso, todo o ensino precisa ser delineado para que as oportunidades de argumentar, favorecendo a passagem da lógica informal para a formal, não sejam perdidas.

Finalmente, em tempos de *Fake News* e pós-verdade, não podemos deixar de ressaltar o papel essencial da livre discussão sobre avaliação racional de ideias e argumentos como proposta aqui, em todos os níveis de ensino, uma vez que temos observado em diversos contextos educacionais, mesmo na universidade, alunos e professores não conseguindo transpor esse tipo de análise para âmbitos que vão além do seu objeto de estudo –

em uma explícita falta de pensamento crítico. Nesse contexto, a pesquisa em ensino de física/ciências tem muito a contribuir.

Agradecimentos

Agradeço ao apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

Referências bibliográficas

Aberdein, A. (2005). The uses of argument in mathematics. *Argumentation*, 19 (3), 287–301.

Aberdein, A. (2009). Mathematics and Argumentation. *Foundations of Science*, v. 14(1), 1-8.

Azevedo, A.R. (2019). A evasão nos cursos de licenciatura: onde está o desafio? *Cadernos de Estudos e Pesquisas em Políticas Educacionais*, 3, 165-198.

Bellucco, A.; Carvalho, A.M.P. (2019). Argumentação campo-dependente em aulas sobre quantidade de movimento. *Avances En La Enseñanza De La Física*, 1 (1), 35-59.

Bellucco, A.; Carvalho, A.M.P. (2009) Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física. *Ciência & Educação*, 15(1), 61-84.

Berland, L. K.; Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93 (1), 26-55.

Blair, A.J.; Johnson, R.H. (1987). The current state of informal logic. *Informal Logic*, 9 (2), 147-151.

Capecchi, M. C. V. (2004). Argumentação numa aula de Física. In: Carvalho, A. M. P. (ed.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática* (pp. 59-76). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Dove, I.J. (2008). Towards a Theory of Mathematical Argument. *Foundations of Science*, 14(1), p.137-152.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.

Erduran, S. (2007). Methodological Foundations in the Study of Argumentation in Science Classrooms. In: Jiménez-Aleixandre, M. P.; Erduran, S. (Eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 47-70). Dordrecht, the Netherlands: Springer.

Faize, F.A.; Husain, W.; Nisar F. (2017). A critical review of scientific argumentation in science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 475-483.

Feynman, R. (2011). *Sobre as leis da física*. 1 ed. Rio de Janeiro: Contraponto.

Gil-pérez, D.; Terragrosa, J.M.; Ramírez, L.; Carrée, A.D.; Gofard, M.; CARVALHO, A.M.P. (1992). Questionando a didática de resolução de

problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis: UFSC, 9(1), 07-19.

Ibraim, S.S.; Justi, R. (2017). Influências de um ensino explícito de argumentação no desenvolvimento dos conhecimentos docentes de licenciandos em Química. *Ciência & Educação*, 23(4), 995-1015.

Isidoro, B.; Bellucco, A.; Carvalho, A.M.P. (2020). Argumentando sobre quantidade de movimento e as leis de Newton em aulas investigativas Física Geral I do ensino superior. *Alexandria: revista de educação e em ciência e tecnologia*, 13(2), p. 273-298.

Jiménez-aleixandre, M. P.; Bustamante, J. D. (2003). Discurso de Aula y Argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), p.359-370.

Johnson, R.H; Blair, J.A. (2017). Lógica informal: uma visão geral. *Revista Eletrônica de Estudos Integrados em Discurso e Argumentação*, 14(1), p. 195-215.

Lawson, A. E. (2002). What does Galileo's Discovery of Jupiter's Moons Tell Us About the Process of Scientific Discovery? *Science & Education*, 11, 1-24.

Lemke, J. (2002). Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: ANDERSON, M. et al. (Eds.). *Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing* (pp. 215-34). Ottawa: Legas Publishing.

Locatelli, R. J.; Carvalho, A. M. P. (2007). Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(3), 1-18.

Márquez, C.; Izquierdo, M.; Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 371-86.

Nascimento, S. S.; Vieira, R. D. (2009). A argumentação em sala de aula de física: limites e possibilidades de aplicação do padrão de Toulmin. In: Nascimento, S.S.; Plantin, C. (Org.). *Argumentação e ensino de Ciências* (pp.17-37). 1 ed. Curitiba: CRV.

Passmore, C. M.; Svoboda, J. (2012). Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535-1554.

Peirce, C. S. (2012). *Semiótica*. São Paulo: Perspectiva.

Pietrocola, M. (2002). A matemática como estruturante do conhecimento físico. *Caderno Brasileiro do Ensino de Física*, 17(1), 93-114.

Pohjola, P. (2007). What is abductive method? In: Pombo, O.; Gerner, A. (Eds.). *Abduction and the process of scientific Discovery* (pp.27-45). Lisboa: Publidisa.

Rahman, S. (2007). Abduction, belief-revision and non-normality. In: Pombo, O.; Gerner, A. (Eds.), *Abduction and the process of scientific Discovery* (pp. 13-26). Lisboa: Publidisa.

Rodrigues, R. F; Pereira, A. P. (2018). Explicações no ensino de ciências: revisando o conceito a partir de três distinções básicas. *Ciência & Educação*, 24(1), 43-56.

Sampson, V., Clark, D. (2006). Assessment of argument in science education: A critical review of the literature. In: Barab, S. A.; Hay, K. E.; Hickey, D. T. (Eds.), *Proceedings of the 7th International Conference of the Learning Sciences* (p. 655-661). Bloomington: International Society of the Learning Sciences.

Sampson, V.; Enderie, P.J.; Walker, J.P. (2012). The Development and Validation of the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom (ASAC) Observation Protocol: A Tool for Evaluating How Students Participate in Scientific Argumentation. In: KLINE, M.S. (ed.), *Perspective on Scientific Argumentation* (p.235-264). Dordrecht, the Netherlands: Springer.

Sandoval, W. A.; Millwood, K. A. (2007). What can argumentation tell us about epistemology? In: JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. (Eds.), *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 71-88). Dordrecht, the Netherlands: Springer.

Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(especial), 49-67.

Siegel, H. (1985). Educating Reason: critical thinking, informal logic, and the philosophy of education. *Informal Logic*, 7(2), 69-81.

Toulmin, S. E. (2006). *Os usos do argumento*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes.

Vieira, R.M.; Tenreiro-Vieira, C. (2021). Pensamento crítico e criativo na educação em ciências: percursos de investigação e proposta de referencial. In: Kiouranis, N.M.M.; Vieira, R.; Tenreiro-Vieira, C.; Calixto, V.S. (Eds.), *Pensamento crítico na educação em ciências: percursos, perspectiva e propostas de países ibero-americanos* (p.17-41). São Paulo: Livraria da Física.

Walton, D. N. (2012). *Lógica informal: manual de argumentação crítica*. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes.

Anexo 1 Elementos para análise da qualidade da argumentação.

Categorias de análise da qualidade da argumentação	Sandoval e Milwood (2007)	Sampson e Clark (2006)	Sampson, Enderie e Walker (2012)
<p>1 - Formas para coordenação entre alegações e evidências</p>	<p>Uso de alegações sem apresentar justificativas explícitas, alegações justificadas somente quando desafiadas, alegações oferecidas sem relação com os outros elementos do argumento em desenvolvimento.</p>	<p>Examinar a natureza e a qualidade da alegação de conhecimento; examinar como (ou se) a alegação é justificada; examinar se a alegação se refere a todas as evidências disponíveis; examinar como (ou se) o argumento procura desconsiderar alternativas.</p>	<p>A conversa centrou-se na geração ou validação de alegações ou explicações; os participantes procuram e discutem conclusões e explicações alternativas; os participantes modificaram sua conclusão ou explicação quando notaram uma inconsistência ou descobriram informações anômalas; os participantes estavam céticos sobre ideias e informações; os participantes forneceram razões enquanto apoiavam ou contestavam uma ideia; os participantes invocaram as "ferramentas da retórica" para apoiar ou contestar ideias; os participantes usaram evidências para apoiar e desafiar as ideias ou dar sentido ao fenômeno sob investigação; os participantes fizeram distinções e conexões entre inferências e observações explícitas por outros; os participantes respeitam o que o outro tem a dizer; os participantes discutiram uma ideia quando ela foi introduzida na conversa; os participantes encorajaram ou convidam outros para compartilhar ou criticar ideias; os participantes reafirmam ou resumizam comentários e perguntavam uns aos outros para esclarecer ou detalhar seus comentários.</p>
<p>2 - Conteúdos para coordenação entre alegações e evidências</p>	<p>Uso de várias formas de garantias, incluindo evidências experimentais e teóricas.</p>	<p>Examinar como as referências epistemológicas são usadas para coordenar alegações e evidências.</p>	<p>Os participantes basearam as suas decisões ou ideias sobre estratégias de raciocínio inadequadas; os participantes tentaram avaliar os méritos de cada explicação ou alegação</p>

			alternativa de forma sistemática; os participantes examinaram a relevância, a coerência e a suficiência das provas; os participantes avaliaram a forma como os dados disponíveis foram interpretados ou o método usado para coletar os dados; os participantes usaram as teorias científicas, leis ou modelos para apoiar e desafiar ideias ou para ajudar a atribuir sentido ao fenômeno sob investigação; os participantes usam a linguagem científica para comunicar ideias; os participantes foram reflexivos sobre <i>o que e como</i> conhecem.
--	--	--	---