

## Atividades investigativas como promotoras da argumentação no ensino de ciências

Investigative activities as promoters of argumentation in science teaching

Actividades de investigación como impulsoras de la argumentación en la enseñanza de las ciencias

Recebido: 26/12/2021 | Revisado: 04/01/2022 | Aceito: 11/01/2022 | Publicado: 13/01/2022

**Larissa Tebaldi-Reis**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1570-2051>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: [larissa.tebaldi@ifrj.edu.br](mailto:larissa.tebaldi@ifrj.edu.br)

**Gabriela Dias Bevilacqua**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8580-4574>

Colégio Pedro II; Espaço Ciência Viva, Brasil

E-mail: [gbevilacqua@cp2.g12.br](mailto:gbevilacqua@cp2.g12.br)

**Sylvia Coelho Alves Sineiro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0200-0034>

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: [coelhoalvessineiro@gmail.com](mailto:coelhoalvessineiro@gmail.com)

**Robson Coutinho-Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7318-0204>

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

E-mail: [rcsilva@biof.ufrj.br](mailto:rcsilva@biof.ufrj.br)

### Resumo

As capacidades de interpretar e avaliar afirmações são fundamentais para a formação de cidadãos críticos num século marcado pela disseminação de informações tendenciosas carregadas de distorções do conhecimento científico. A alfabetização científica (AC), nesse contexto, ganha grande importância e precisa ser fomentada em sala de aula. Para isso, o conhecimento da epistemologia da ciência pode contribuir muito para o eixo estruturante da AC referente ao 'aprender a fazer ciência' e a argumentação está inserida nesse eixo. Assim, para promover a argumentação em sala de aula, aplicamos uma atividade investigativa em turmas do primeiro ano do ensino médio, na disciplina de Biologia, no ensino remoto emergencial. Os estudantes construíram hipóteses que explicaram o fenômeno investigado e, em seguida, foram convidados a negociar com seus colegas de grupo, a melhor explicação. Como resultado, observamos que os estudantes, em pequenos grupos de discussão, possuem pouca iniciativa para a argumentação e que, mesmo quando orientados a chegarem a um consenso, preocuparam-se mais em escolher uma explicação para dar a professora, do que discutirem a pertinência das explicações apresentadas. Os momentos em que os estudantes efetivamente estiveram engajados em discutir pontos fortes e fracos das explicações concentraram-se na discussão com toda a turma, em que a professora promoveu o debate através de perguntas que colocavam à prova ou buscavam mais esclarecimentos sobre as afirmativas dos estudantes. Esses resultados reforçam a importância do professor na estruturação e orientação de atividades investigativas e como facilitador de práticas epistêmicas das ciências em sala de aula para promoção da AC dos estudantes.

**Palavras-chave:** Argumentação; Ensino remoto; Ensino de ciências por investigação; Alfabetização científica.

### Abstract

The capacities to interpret and assess statements are very important for the formation of critical citizens, in a century marked by the dissemination of biased information loaded with distortions of scientific knowledge. Scientific literacy (SL), in this context, is of great importance and needs to be promoted in the classroom. For this, or knowledge of the epistemology of science can contribute a lot to the entire structure of SL referring to 'learning to make science' and the argumentation is inserted in that axe. Also, to promote argumentation in the classroom, we apply an investigative activity in the first year of the high school, in emergency remote learning. The students constructed hypotheses that explain the phenomenon investigated and, then, went invited to negotiate with their colleagues from the group, at a better explanation. As a result, we observed that students, in small discussion groups, have little initiative for an argument and that, even when oriented towards consensus, they be more concerned with an explanation to give to the teacher, who discuss the relevance you give explanations presented. The moments in which the students are effectively engagement into discussing strengths and weaknesses explanations, they concentrated on discussing with the whole group, since the teacher promoted the debate through questions seek further clarification on the affirmative of students. These results reinforce the importance of the teacher in the scaffolding and orientation of investigative activities and as a facilitator of epistemic practices of science in the classroom for promotion of students' SL.

**Keywords:** Argumentation; Remote learning; Inquiry learning; Scientific literacy.

## Resumen

Las habilidades para interpretar y evaluar enunciados son fundamentales para la formación de ciudadanos críticos en un siglo marcado por la difusión de información sesgada cargada de distorsiones en el conocimiento científico. La alfabetización científica (AC), en este contexto, adquiere una gran importancia y necesita ser promovida en el aula. Para ello, el conocimiento de la epistemología de la ciencia puede aportar mucho al eje estructurador del AC referido a 'aprender a hacer ciencia' y en este eje se incluye la argumentación. Así, para promover la argumentación en el aula, se aplicó una actividad investigativa en las clases de primer año de bachillerato, en educación remota de emergencia. Los estudiantes construyeron hipótesis que explicaban el fenómeno investigado y luego fueron invitados a negociar con sus compañeros de grupo, la mejor explicación. Como resultado, observamos que los estudiantes, en pequeños grupos de discusión, tienen poca iniciativa para la argumentación y que, incluso cuando se les guía para llegar a un consenso, estaban más preocupados por elegir una explicación para dar al profesor, que discutir la relevancia de las explicaciones. Los momentos en los que los alumnos estaban efectivamente comprometidos en discutir las fortalezas y debilidades de las explicaciones se concentraron en la discusión con toda la clase, en la que el docente promovió el debate a través de preguntas que puso a prueba o buscó más aclaraciones sobre las afirmaciones de los alumnos. Estos resultados refuerzan la importancia del docente en la estructuración y orientación de las actividades investigativas y como facilitador de las prácticas de la ciencia epistémica en el aula para promover la AC de los estudiantes.

**Palabras clave:** Argumentación; Enseñanza remota; Enseñanza de la ciencia por investigación; Alfabetización científica.

## 1. Introdução

O século XXI, apresentado como a era das sociedades do conhecimento (Burch, 2005), tem imposto grandes desafios para a escola. O crescimento exponencial da utilização de dispositivos móveis, conectados à internet, tem permitido acesso praticamente ilimitado a todo tipo de informação. No entanto, “Quem gera e possui a informação e o conhecimento? [...] O que limita e facilita o uso do conhecimento por parte das pessoas para alcançar suas metas?” (Burch, 2005, p. 6). A disponibilidade de grande volume de informações não reflete necessariamente em qualidade, e informações de qualidade têm grande relevância para a tomada de decisão e exercício da cidadania. Nesse contexto, a avaliação de informações é extremamente relevante para a conquista da cidadania plena.

Para o ensino de ciências, um dos principais desafios é a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente. Chassot (2003) apresenta a alfabetização científica (AC) como uma das alternativas que possibilitam uma educação mais comprometida e a considera como sendo um conjunto de conhecimentos que facilitariam o ser humano fazer uma leitura do mundo, assim como transformá-lo para melhor. Sasseron e Carvalho (2011) delimitam que a AC é o objetivo almejado de

um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (Sasseron & Carvalho, 2011, p. 61).

A AC está dividida em três eixos estruturantes que abrangem, além da aprendizagem de conceitos, a epistemologia das ciências e sua relação com a sociedade. A saber: compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (Sasseron & Carvalho, 2011). Esses eixos se traduzem em aprender ciências, aprender a fazer ciências e aprender sobre ciências (Scarpa & Campos, 2018). “Pode-se afirmar que a AC, ao fim, revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento” (Sasseron, 2015, p. 56). Assim, apenas a aprendizagem de conceitos não é suficiente para formar um indivíduo alfabetizado cientificamente, ele precisa compreender como a ciência funciona e é regulada, ou seja, é preciso compreender a epistemologia da Ciência.

### 1.1 A epistemologia da Ciência e a argumentação em sala de aula

Latour (2000) faz uma clara distinção entre a ciência consolidada e a ciência em construção. A primeira funciona como uma caixa preta, onde os conceitos já estão prontos, são aceitos pela comunidade científica e estão disponíveis em livros. A segunda, a ciência em construção, é um pouco mais confusa, pois os caminhos estão sendo construídos: não há nítidas distinções entre contexto e conteúdo. Para que a ciência em construção se torne a caixa preta, haverá um longo caminho dos pesquisadores em prol do convencimento de seus pares sobre seus achados.

A partir do trabalho de Osborne e Patterson (2011) podemos explorar dois conceitos importantes para a sala de aula – a explicação e a argumentação – que estão relacionados à ciência. A explicação visa trazer mais compreensão sobre uma afirmativa referente a um fenômeno observado, a partir de fatos científicos. Nessa questão é importante frisar que a afirmativa não está em dúvida. As explicações são amplamente utilizadas por professores de ciências e refere-se à ciência já consolidada. Em contrapartida, a argumentação busca defender uma afirmativa a partir de dados relevantes – as evidências. Nesse caso, a afirmativa está em cheque e precisa de embasamento em justificativas para se consolidar. A argumentação está intimamente ligada à epistemologia da ciência, em especial na ciência em construção, avaliando afirmações. Osborne e Patterson (2011) usam a seleção natural como exemplo para diferenciar explicação de argumento:

As observações de Darwin sobre a diversidade da forma dos bicos dos tentilhões nas Galápagos são inquestionáveis. A partir delas, ele construiu uma hipótese explicativa – a da evolução por seleção natural. O elaborado argumento que ele usou para justificar essa hipótese em seu livro *A Origem das Espécies* é que essa explicação é mais coerente com os dados (Osborne & Patterson, 2011, p. 634).

Driver et al (1999), discutindo sobre a epistemologia da ciência e o ensino de ciências, defendem que as leis da natureza não são descobertas, são construções mentais que buscam explicar os fenômenos naturais. Conceitos científicos se tornam parte do mundo simbólico da ciência após inúmeras discussões na comunidade acadêmica, e dificilmente alguém investigando o mundo natural seria capaz de chegar a esses conceitos. Em consequência, aprender ciências, em prol da AC, é uma introdução dos estudantes a uma forma diferente de pensar e explicar o mundo natural. Aprender ciências envolve tanto processos pessoais como sociais: processos pessoais envolvidos no engajamento individual de dar significado aos conceitos e processos sociais de ser incluído numa nova cultura (Driver et al., 1999).

Sasseron (2015) defende que a escola é um local de encontro de culturas e que as aulas de ciências devem ser um espaço para o desenvolvimento de uma cultura híbrida, a cultura científica escolar, com elementos da cultura científica, tais como a lógica e objetividade, a construção e teste de hipóteses, a busca por evidências e justificativas, a divulgação de ideias e tentativa de convencimento do público ao que é proposto.

A argumentação é particularmente relevante no ensino de ciências, uma vez que um objetivo da investigação científica é a geração e justificação de afirmações de conhecimento, crenças e ações tomadas para compreender a natureza. “Além de aprender sobre o que sabemos em ciências, os programas de educação científica também precisam desenvolver a capacidade dos alunos de compreender como viemos a saber e porque acreditamos no que sabemos” (Jiménez-Aleixandre et al., 2000, p. 758). Segundo Osborne e Patterson (2011), “engajar-se na argumentação é o que fomenta a disposição crítica que é a marca registrada do cientista praticante e o que desenvolve uma compreensão mais profunda dos critérios epistêmicos que qualquer explicação deve satisfazer” (Osborne & Patterson, 2011, p. 636).

Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015), baseados em Kelly, consideram três práticas epistêmicas da ciência: produção, comunicação e avaliação do conhecimento. A argumentação corresponde à prática de avaliação do conhecimento gerando consequências para o ensino: “Aprender ciências supõe, entre outras coisas, aprender a construir e a avaliar explicações

baseadas em evidências” (Jiménez-Aleixandre & Brocos, 2015, p. 142), sendo fundamental a prática da argumentação em salas de aula de ciências.

A persuasão da audiência e a avaliação de conhecimento à luz de provas disponíveis são as duas dimensões da caracterização dos processos argumentativos (Jiménez-Aleixandre & Brocos, 2015). A persuasão se baseia no estudo de técnicas discursivas para causar engajamento, porém a argumentação a partir de evidências é a principal dimensão para o ensino e pode ser vista como objetivos da aprendizagem de competências científicas em documentos nos Estados Unidos (National Research Council [NRC], 2013), na União Europeia (EU, 2006), além do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes - PISA (OECD, 2015).

Concordamos com Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015), que o Esquema de Argumento de Toulmin (Toulmin Argument Pattern - TAP) é adequado para análise de argumentos em salas de aula:

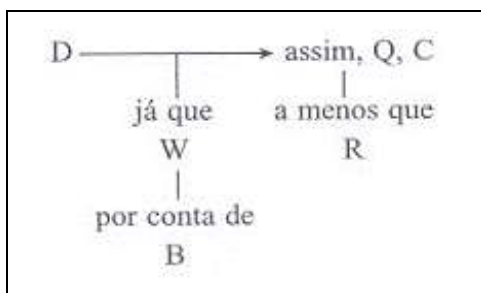
Enquanto a lógica formal pode ser adequada para analisar conhecimento estabelecido, esta natureza prática faz do TAP uma ferramenta útil para analisar discurso em situações em que se produz (ou se reconstrói) novo conhecimento, como laboratórios ou aulas de ciências. O modelo de Toulmin centra-se na função dos argumentos para justificar enunciados, situando a sua validade na coerência da justificação ( p. 150).

O TAP é um dispositivo que busca contemplar a complexidade da argumentação. Toulmin (2001) faz uma crítica à lógica aristotélica fundamentada em premissa maior, premissa menor e conclusão, discutindo se essa forma padrão é suficientemente elaborada ou imparcial para validarmos um argumento. Toulmin defende que, se quisermos expor nossos argumentos de forma imparcialmente lógica precisaremos usar uma estrutura tão ou mais complexa que a argumentação utilizada na área do Direito.

Assim, Toulmin apresenta um esquema básico que vai ganhando complexidade de acordo com que itens do argumento são desafiados, necessitando de mais informações que a validem. Todo o processo inicia-se com a asserção original, que é uma afirmativa que queremos validar, ou seja, é uma alegação cujos méritos estamos tentando estabelecer. Toulmin chamou essa alegação de Conclusão (C). A validação dessa alegação vem a partir de Dados (D), ou seja, fatos que possam dar base à nossa afirmação. Caso seja perguntado como os dados possibilitaram chegar à conclusão, recorre-se às Garantias (W), que são regras, princípios ou licenças de inferência, desde que não sejam novos itens de informação de modo que não tragam mais dúvidas sobre a assertividade da sentença. Garantia consiste em mostrar que é apropriado e legítimo, passar dos dados à conclusão apresentada. Há garantias de vários tipos, que atribuem diferentes graus de força ao argumento, dessa forma, se faz necessário fazer o uso de um qualificador modal (Q), como por exemplo, *provavelmente* ou *raramente*.

O argumento pode ser complementado com "as condições de refutação (R), que indicam circunstâncias nas quais se tem de deixar de lado a autoridade geral da garantia" (Toulmin, 2001, p. 145). O apoio (B) surge quando se desafia a legitimidade da garantia conforme a Figura 1.

**Figura 1.** Esquema do Argumento de Toulmin (TAP) adaptado de Toulmin (2001).



Fonte: Adaptado de Toulmin (2001).

O esquema nos mostra o argumento de Toulmin completo, porém já é considerado um argumento se os dados (D) levarem a uma conclusão (C) sendo justificada por uma garantia (W). Sendo a argumentação tão importante para a compreensão da epistemologia da ciência, como fomentá-la em sala de aula?

O Ensino de Ciências por Investigação tem sido usado como abordagem didática capaz de contemplar os três eixos da AC e como importante abordagem para promoção da argumentação em sala de aula (Carvalho, 2018; Ferraz & Sasseron, 2017a; Sasseron, 2015; Trivelato & Tonidandel, 2015).

## 1.2 Ensino de Ciências por Investigação

O EnCI é uma abordagem didática (Sasseron, 2015) baseada no consenso construtivista de Piaget e Vigotski (Carvalho, 2013). De Piaget, o EnCI herdou a consideração pelos conhecimentos anteriores<sup>1</sup> dos estudantes e a importância das interações entre o estudante e o objeto de conhecimento. De Vigotski, a necessidade das interações sociais para a construção do conhecimento (Scarpa & Campos, 2018). Assim, o EnCI como abordagem didática, é capaz de abranger diversas metodologias ativas ou qualquer recurso de ensino, desde que o processo de investigação seja colocado em prática e que o estudante se engaje na sua resolução a partir e por meio da orientação do professor, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição e com os conhecimentos já sistematizados e existentes (Sasseron, 2015). Tebaldi-Reis *et al* (2021) em revisão de literatura, verificaram que as iniciativas de pesquisa e a aplicação do EnCI em salas de aula no Brasil são recentes, mas têm se expandido nos últimos anos.

Carvalho (2018) define como ensino por investigação, o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: “pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas”(Carvalho, 2018, p. 766).

Kirschner *et al* (2006) criticaram o Ensino investigativo<sup>2</sup>, inserindo-o no grupo de práticas educacionais não guiadas ou minimamente guiadas. Estes autores através de seu levantamento da literatura observaram que alunos que estudam ciência em salas de aula de aprendizagem por descoberta<sup>3</sup> não guiada tendem a se sentir perdidos e frustrados e podem aprender conceitos errôneos, corroborando com Driver *et al* (1999) de que estudantes investigando fenômenos naturais não chegarão a conceitos científicos sem o apoio do professor. Porém, Hmelo-Silver *et al* (2007) e Schmidt *et al* (2007) rebatem o artigo de Kirschner *et al* (2006) defendendo que o ensino investigativo é estruturado<sup>4</sup> e guiado, diferente da aprendizagem por descoberta. Os dois trabalhos evidenciam o importante papel do professor nessa abordagem como orientador da aprendizagem. Além do conhecimento conceitual, os estudantes desenvolvem habilidades em “práticas epistêmicas, aprendizagem autodirigida e colaboração que não são medidas em testes de desempenho, mas são importantes para os alunos serem aprendizes ao longo da vida e cidadãos em uma sociedade do conhecimento” (Hmelo-Silver *et al.*, 2007, p. 106). O EnCI se mostrou como uma abordagem capaz de mobilizar conteúdos procedimentais, conceituais e atitudinais em estudantes de Ensino Médio em caráter remoto emergencial (Tebaldi-Reis *et al.*, 2021a).

Zômpero e Laburú (2011) defendem que, apesar da diversidade de metodologias utilizadas no EnCI, algumas características devem estar presentes nas atividades investigativas:

---

<sup>1</sup> Usaremos conhecimentos prévios como sinônimo de conhecimentos anteriores, referindo-se à bagagem conceitual já presente na estrutura cognitiva de cada estudante.

<sup>2</sup> Traduzido do termo em inglês *Inquiry Learning*.

<sup>3</sup> Como os estudantes precisam estar engajados em sua aprendizagem, na metodologia de aprendizagem por descoberta, supôs-se que os alunos precisariam explorar fenômenos e/ou problemas sem qualquer orientação, na busca por soluções ou para construção de conceitos. Essa suposição tem sido repetidamente demonstrada como falha em Mayer (2004) como citado em Kirschner *et al* (2006, p. 79).

<sup>4</sup> Traduzido do termo em inglês *Scaffolding*. Estrutura refere-se a todo o suporte dado pelo professor na realização das atividades, sejam elas orientações de como realizar a atividade, disponibilidade de materiais de apoio, discussões entre outros.

o *engajamento* dos alunos para realizar as atividades; a emissão de *hipóteses*, nas quais é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; a *busca por informações*, tanto por meio dos experimentos, como na bibliografia que possa ser consultada pelos alunos para ajudá-los na resolução do problema proposto na atividade; a *comunicação* dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo, assim, um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência, para que o aluno possa compreender, além do conteúdo, também a natureza do conhecimento científico. (Zômpero & Laburú, 2011, p. 79).

Compreendendo que a argumentação é essencial para o conhecimento sobre a epistemologia da ciência, ponto inegável para a formação da AC dos estudantes, e que o ensino de ciências por investigação é capaz de promovê-la através de seus pressupostos teóricos, nos perguntamos como se dá o processo de argumentação em turmas do ensino médio que estão em ensino remoto emergencial? Para responder a essa pergunta, construímos uma atividade investigativa para a construção de explicações e argumentos sobre uma característica comparada entre animais. E analisamos a construção das explicações iniciais (hipóteses) e depois a construção do conhecimento com discussões em pequenos grupos e, em seguida, com toda a turma e a professora.

## 2. A Atividade

O trabalho de Ferraz e Sasseron (2017b, p. 22) explicita que “a construção de argumentos pelos alunos é favorecida quando há interação e colaboração entre professor e alunos e entre ambos e os materiais e conhecimentos à disposição naquele contexto”, assim buscamos estratégias que possam promover a argumentação em colaboração no ensino remoto emergencial.

A atividade foi elaborada para ser aplicada numa única aula de uma hora, como forma de introdução ao tema Evolução, a ser trabalhado com os estudantes nas aulas seguintes na disciplina de Biologia. Utilizamos os pressupostos teóricos do Ensino de Ciências por Investigação, separados em momentos, em conformidade com o ciclo investigativo de Pedaste et al (2015): fases de *Orientação*, *Conceitualização*, *Investigação*, *Conclusão* e *Discussão*. Esta última permeia toda a atividade investigativa.

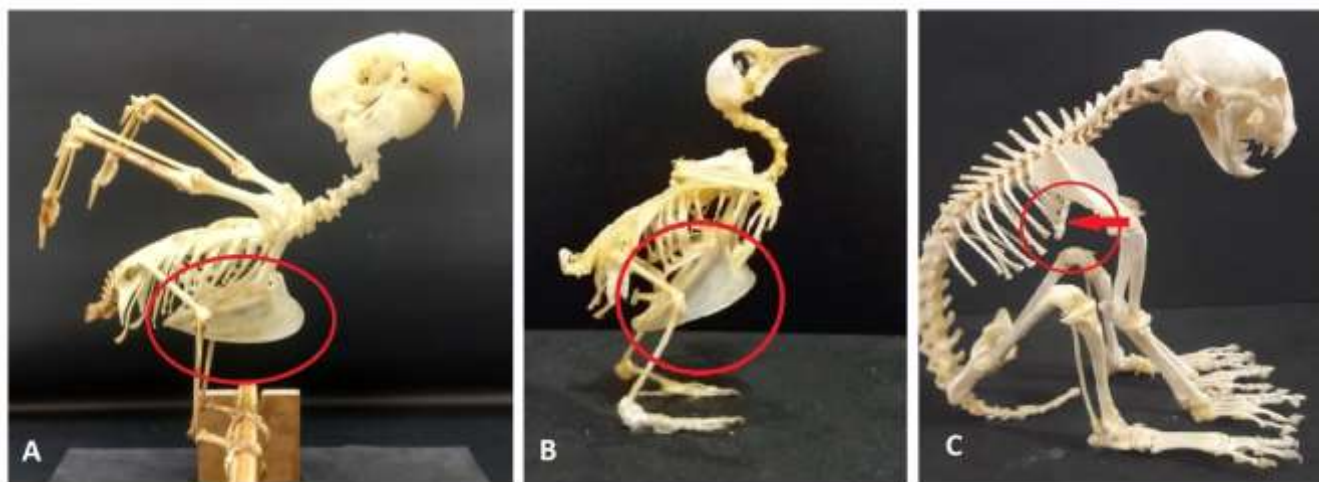
Realizamos a atividade com seis turmas diferentes e, a cada aplicação, eram feitos aprimoramentos. Nas duas primeiras aplicações não foi possível gravar as salas nas quais os estudantes se reuniram para discutir, pois a plataforma *Go Brunch* não permitia esse registro. A riqueza das interações entre os participantes despertou a necessidade de gravação desse momento da atividade para análise mais detalhada, o que foi conseguido na 3ª aplicação com o uso do *Google Meet*, através da abertura de salas independentes para os pequenos grupos de discussão. Nas aplicações posteriores, o *Google Meet* acrescentou a funcionalidade de salas temáticas, que permitiam a fácil distribuição dos estudantes em salas de discussão e limite de tempo para retorno a sala principal. No entanto, não permitia a gravação dessas salas. Dessa forma a 3ª aplicação permitiu o desenvolvimento deste estudo a partir das análises das gravações.

Participaram da terceira aplicação, em maio de 2021, 16 estudantes do 1º ano do ensino médio integrado ao ensino técnico, com idades entre 15 e 17 anos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, *campus* Duque de Caxias. Esse quantitativo corresponde à metade da turma, que foi dividida em duas, de forma a oportunizar maior participação dos estudantes na atividade. A outra metade realizou uma atividade investigativa semelhante, porém em outro tema e não será foco desse trabalho.

Em alguns trabalhos, que buscam avaliar a argumentação, são dadas opções de explicação para um fenômeno (Jiménez-Aleixandre et al., 2000; Tavares et al., 2010). Nesse trabalho, no entanto, iniciamos com os estudantes fornecendo as possíveis explicações para o fenômeno observado, de forma individual – hipóteses. A partir dessas explicações iniciais, os estudantes discutiram em pequenos grupos e no grupo com toda a turma.

Durante a *Orientação*, os estudantes foram apresentados a imagens de esqueletos de três vertebrados (figura 2) – maritaca, rolinha e gato – e convidados a observar o esterno desses animais. A pergunta de investigação foi apresentada: “Os esternos da maritaca e da rolinha são bem diferentes do esterno do gato. Que explicação você daria para justificar essa diferença?”.

**Figura 2.** Esqueletos de (A) maritaca, (B) rolinha e (C) gato, evidenciando os esternos. Em A e B é possível observar a quilha – protuberância do esterno para apoio do músculo peitoral mais volumoso.



Fonte: Esqueletos da coleção zoológica didática da instituição de ensino onde foi realizada a atividade.

Na fase de *Conceitualização*, os estudantes foram solicitados a responder a questão de investigação em formulário Google disponibilizado através de link pelo chat do *Google Meet*. Eles tinham cinco minutos para formular sua hipótese e responder individualmente. Esse tempo curto era para que o estudante organizasse suas ideias sem apoio de internet, a fim de verificarmos os conhecimentos prévios dos alunos participantes da estratégia.

Na fase de *Investigação*, os estudantes foram distribuídos em grupos de discussão. Eles receberam material de apoio (*Microsoft Sway*) com as informações sobre a função do esterno em humanos. Eles foram convidados a ler o material e, em seguida, discutir com seus colegas em pequenos grupos, de modo a construir em conjunto uma resposta baseada nas informações fornecidas pelo material de apoio. Após discussão, na fase de *Conclusão* eles escreveram, em formulário específico, a conclusão à qual seu grupo havia chegado e voltaram para a sala principal com todos os alunos e a professora. Lá, os estudantes foram convidados a comunicar as conclusões do grupo e a professora atuou como mediadora, com perguntas que norteassem o pensamento ou solicitassem mais apoios para os argumentos apresentados para defesa das explicações. Essa última parte da estratégia, ainda pertencente à fase de conclusão, chamada de *Sistematização* por Carvalho (2013), é essencialmente a estruturação do conhecimento, realizada pelo professor, em sala de aula, de forma a inserir os termos e conceitos científicos que estão sendo construídos na atividade de maneira não formal.

Ao final da atividade, temos os seguintes dados a serem analisados:

- (1) as explicações iniciais de cada estudante por escrito – hipóteses – buscando explicar as diferenças entre os esternos,
- (2) transcrições dos quatro pequenos grupos de discussão e,
- (3) transcrição da sistematização com toda a turma.

Nesse momento, se faz importante retomar a diferença entre explicação e argumento. Osborne e Patterson (2011) declaram que

a chave para a distinção entre explicação e argumento é que uma explicação deve dar sentido a um fenômeno com base em outros fatos científicos. Assim, as explicações começam com uma declaração do *explanandum* - a característica ou fenômeno a ser explicado - que é frequentemente formulado como uma pergunta, por exemplo, por que os dinossauros morreram ou por que temos estações? Uma característica definidora de uma explicação é que o fenômeno a ser explicado não está em dúvida ( p. 629).

Assim, há um fenômeno evidente: “Os esternos da maritaca e da rolinha são bem diferentes do esterno do gato”, e uma pergunta a ser explicada pelos estudantes a partir de seus conhecimentos prévios: “Que explicação você daria para justificar essa diferença?”.

Em contrapartida, “os argumentos tentam justificar conclusões que são ambíguas ou incertas com uma afirmação que é apoiada pelos dados, que atuam como as premissas para a afirmação” (Osborne & Patterson, 2011, p. 633). Assim, as explicações iniciais, dadas pelos estudantes, serão a matéria-prima para a construção dos argumentos, uma vez que cada explicação deve passar pelo crivo de ser capaz de dar conta de todos os fatos conhecidos ou de ser melhor e até mais simples do que outras explicações, ou seja, sua defesa perante um público é o processo de argumentação.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Construindo explicações – hipóteses a partir dos conhecimentos prévios

Em biologia, quando se solicita a explicação de um fenômeno, existem pelo menos quatro esferas de respostas, como foi observado por Tinbergen (1963). Este pesquisador buscava evitar a redução da etologia à fisiologia do comportamento e, a partir de seu estudo, propôs as quatro possíveis explicações para o comportamento animal: em termos funcionais (finalidade), de desenvolvimento (ontogenia), evolutivos (filogenia) e fisiológicos (mecanismo). Essas quatro explicações ficaram conhecidas como os quatro porquês de Tinbergen e foram extrapolados da etologia para a biologia, com explicações para qualquer característica observada. Bateson e Laland (2013), depois de 50 anos, retomam o trabalho de Tinbergen com as recentes descobertas em pesquisas biológicas e sugerem algumas reformulações.

1. FINALIDADE - Para que serve? A resposta está relacionada à utilidade de uma determinada característica em um espécime. Essa pergunta nos remete ao que Tinbergen chamou de ‘valor de sobrevivência’, que é melhor cunhado por ‘utilidade atual’, já que não faz suposições sobre os processos que geraram a funcionalidade.

2. ONTOGENIA - Como isso se desenvolveu (durante a vida do indivíduo)? Estamos falando de ‘ontogenia’, que é um relato histórico do desenvolvimento desde antes da concepção, relacionados aos genes herdados, à epigenética, legados ecológicos, herança cultural, entre outros fatores.

3. FILOGENIA - Como isso evoluiu (ao longo da história da espécie)? Refere-se à ‘evolução’. De que forma a seleção natural atuou sobre a população para a permanência daquela característica na espécie.

4. MECANISMO - Como funciona? Essa pergunta é referente à fisiologia do metabolismo e do comportamento. O termo inicial foi ‘causalidade’, mas foi substituído por ‘mecanismos de controle’ que captura melhor a ideia de aqui e agora, sem os processos de construção dessa fisiologia.

As hipóteses, que buscam responder à pergunta de investigação, foram dadas pelos estudantes antes do contato com o material de apoio e trazem seus conhecimentos prévios sobre o tema. Essas respostas, dadas de forma escrita, foram categorizadas a partir das quatro esferas de respostas de Tinbergen (1963). Algumas respostas dos estudantes foram divididas em duas categorias, como por exemplo, respostas que trataram de homologia, pois abordam tanto questões de Filogenia, quanto de Finalidade.

Cinco alunos não responderam a essa primeira etapa. Os outros 11 estudantes (Quadro 1) se dividiram nas seguintes categorias: Finalidade, Ontogenia e Filogenia conforme pode ser observado na Figura 3. A categoria Finalidade foi



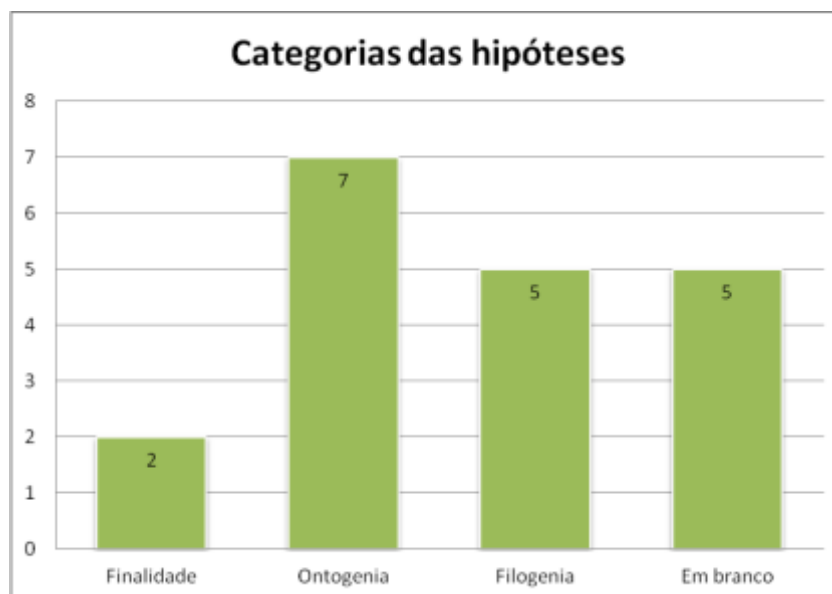
contemplada nas alegações dos estudantes de que os esternos são diferentes, pois, têm funções diferentes. No entanto, essas funções não foram especificadas. Na categoria Ontogenia, encontramos explicações sobre os nichos ecológicos ocupados pelas espécies e o tipo de alimentação, que apesar de fazer parte do nicho ecológico, foi destacado por ser mais específico. Ainda nessa categoria, encontramos respostas referentes às diferenças corporais entre os indivíduos, remetendo principalmente a diferenças de tamanho.

**Quadro 1.** Hipóteses dos estudantes para a pergunta de investigação "Os esternos da maritaca e da rolinha são bem diferentes do esterno do gato. Que explicação você daria para justificar essa diferença?", categorizadas a partir dos quatro porquês de Tinbergen (1963) e Bateson e Laland (2013).

CODINOME	GRUPO	HIPÓTESE INICIAL	CATEGORIA
Bia	1	São bem diferentes, pois eles são de nichos ecológicos diferentes, ou seja, não possuem as mesmas necessidades/dificuldades.	ONTOGENIA Nichos ecológicos
Isa	1	Pois eles possuem uma alimentação diferente.	ONTOGENIA Alimentação
Duda	1	Por conta da rolinha e a maritaca terem um corpo menor, diferente, do gato.	ONTOGENIA Diferenças corporais
Hugo	2	Que eles são espécies diferentes, com isso o esterno é diferente um do outro.	FILOGENIA Taxonomia
Ryan	2	Por conta da diferença de ambiente em que os dois vivem e as circunstâncias que eles estão vivendo ao decorrer de sua vida,	ONTOGENIA Nichos ecológicos
		por exemplo, a maritaca e a rolinha são aves e o gato é um mamífero, a fisionomia dos dois é bem diferente.	FILOGENIA Taxonomia
Eric	2	Porque eles foram submetidos a diferentes situações, fazendo com que eles tivessem diferenças.	FILOGENIA Adaptação - Complemento na discussão em grupo
Alex	3	São diferentes, pois os animais têm hábitos distintos.	ONTOGENIA Nichos ecológicos.
		e conseqüentemente o esterno de cada um tem funções diferentes.	FINALIDADE Sem especificar
Iris	3	Pois é um exemplo de órgãos homólogos que apesar de serem os mesmos,	FILOGENIA Homologia.
		possuem funções diferentes e formas diferentes.	FINALIDADE Sem especificar;
Ayla	3	Porque a maritaca e a rolinha tem um corpo diferente do gato.	ONTOGENIA Diferenças corporais
Luiz	4	O esterno do gato é diferente das dessas aves porque ele é um animal de porte diferente das aves, então o esterno vai ser diferente.	ONTOGENIA Diferenças corporais
Theo	4	Porque são espécies diferentes de animais.	FILOGENIA Taxonomia

Fonte: Autores (2021).

**Figura 3** - Distribuição das hipóteses dos estudantes nas categorias definidas pelos autores a partir de Tinbergen (1963) e Bateson e Laland (2013).



Fonte: Autores (2021).

A Filogenia foi apresentada por uma estudante que mencionou homologia, atrelando Filogenia a Finalidade (Iris). Temos também a Filogenia ligada à taxonomia como explicação para a diferença, trazendo a informação implícita de que os táxons são definidos pelas características distintas entre os grupos.

Nesse momento, não é de interesse caracterizar as explicações em corretas ou incorretas, uma vez que há várias respostas corretas a partir de pontos de vista diferentes, como visto em Tinbergen (1963) e Bateson e Laland (2013). Também temos respostas consideradas incorretas listadas nas hipóteses. No entanto, “o erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas, quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio” (Carvalho, 2013, p. 3). O que convém destacar é a diversidade de hipóteses fornecidas pelos estudantes como ponto positivo para as discussões em grupo e com toda a turma, que se sucedem nessa atividade, pois a partir de explicações distintas e por vezes contraditórias, é possível debater ideias para chegar a uma explicação mais plausível promovendo, assim, práticas epistemológicas da ciência em sala de aula.

### 3.2 A discussão em pequenos grupos – escolhendo a melhor explicação

Foram abertas quatro salas do *GoogleMeet* para os pequenos grupos de discussão. Em cada sala foram alocados quatro alunos. Os participantes receberam e leram o material de apoio para discutir suas hipóteses iniciais, combinadas com essas novas informações. A partir das imagens dos esternos dos animais (rolinha, maritaca e gato) e do material de apoio, com informações relacionadas à resposta do tipo funcional (utilidade atual), espera-se que a explicação esteja enquadrada na categoria de Finalidade de Tinbergen (1963). Os esternos são diferentes, pois esse osso tem a função de ancorar os músculos peitorais, e esses músculos tem a função de movimentar os membros anteriores. Assim, esperamos que com essas informações, os estudantes concluam que o esterno é maior nessas aves, porque seu músculo peitoral é maior, e este músculo é maior porque é mais exigido em animais que voam, conforme podemos observar no argumento construído na figura 4. Sobre a história evolutiva dessa diferença, não esperamos que ela apareça com riqueza de detalhes, uma vez que esses estudantes estão fazendo a atividade de forma introdutória ao tema Evolução e não como estratégia de retomada de conceitos evolutivos.

**Figura 4.** Esquema do Argumento de Toulmin, que sustenta a explicação de que a quilha presente na maritaca e na rolinha tem função de voo. Em dados, temos as informações fornecidas aos estudantes que baseiam a defesa da explicação (apresentada na conclusão).



Fonte: Autores (2021).

Após a discussão, cada estudante foi instruído a escrever a conclusão a que o grupo chegou, ou seja, a explicação mais plausível. Os quatro grupos foram gravados e os diálogos foram transcritos.

No grupo 1, após a leitura do material, Isa justifica a diferença entre gato, rolinha e maritaca a partir da Finalidade do esterno na locomoção desses animais. Mas em outro turno<sup>5</sup> acrescenta o tipo de alimentação desses animais como justificativa dessa diferença, que é refutada por Duda.

**Tabela 1.**

Turno	Grupo 1	
3	Isa	então, gente, eu pensei que fosse tipo, é... que eles têm funções diferentes. Gatos andam e as aves voam...
5	Isa	e também o tipo de alimentação. As aves comem sementes e os gatos... é... assim, se fosse viver assim
6	Duda	tipo, eu acho que a questão do alimento não faz tanto sentido assim... porque o vídeo que a gente viu aqui, é meio que na musculação, quando eles vão se exercitando assim... sei lá...

Fonte: Autores.

Essa refutação é um início de argumentação dentro do grupo. No entanto, ainda muito precário, pois apesar da refutação ser baseada num dado fornecido pelo material (musculação), não fica clara qual a relação entre a musculação e as diferenças entre os esternos. No desenrolar da transcrição, as meninas discutem quem vai apresentar a resposta na sala principal e declaram que não compreenderam:

<sup>5</sup> Turno é caracterizado pela fala de uma única pessoa, independente do período de fala.

**Tabela 2.**

Turno	Grupo 1	
24	Nina	Entender 100%, eu não entendi.
28	Duda	Se ela [professora] perguntar porquê, como eu vou responder pra ela se eu não entendi muito bem?

Fonte: Autores.

Mesmo assim, elas se apressam para ir para a sala principal, quando tinham tempo para discutir um pouco mais e construir uma resposta mais consistente. O que observamos na grande maioria dos turnos de fala desse grupo é a busca pela definição de quem iria apresentar a conclusão para a turma toda ao final do tempo disponível para discussão em grupo. Ou seja, o engajamento das estudantes para realização da atividade, aparentemente, estava mais relacionada a realizar a tarefa do que analisar as explicações apresentadas. Esse comportamento foi chamado por Bloome et al (1989) de exibição processual<sup>6</sup>. “As exibições processuais são os hábitos sociais, por assim dizer, da vida em sala de aula que são encenados sem questionamento e muitas vezes sem um propósito para os alunos” (Jiménez-Aleixandre et al., 2000), ou seja, é o aluno cumprindo seu papel de aluno, como no caso das estudantes que teriam que apresentar uma conclusão do grupo para a turma toda. No grupo 2, temos comportamento semelhante. Os estudantes se restringem a expor algumas explicações para ser escolhida uma delas sem deixar claro quais os critérios utilizados. A exceção, foi o turno 4 do estudante Eric:

**Tabela 3.**

Turno	Grupo 2	
4	Eric	mas, daí dá pra gente pensar porque o pássaro usa mais o peito pra bater as asas porque ele precisa esticar o peito e... essa parada do ossinho... e o gato... é, ele não estica o peito.

Fonte: Autores.

Ele encoraja o enriquecimento de sua explicação, mas não há continuidade nesse diálogo. Os estudantes apresentam suas explicações e selecionam a explicação da Sara.

O grupo 3, optou por discutir pelo *Whatsapp*, utilizando a sala do *GoogleMeet* apenas para organizar a entrada dos participantes no aplicativo.

O grupo 4 apresentou o maior número de interações na busca de uma resposta mais adequada, através de contribuições de colegas às ideias explicitadas e trocas que duraram cerca de 13 minutos em 44 turnos.

**Tabela 4.**

Turno	Grupo 4	
2	Theo	Cara, pelo que eu entendi, o músculo da asa fica nesse... do ... da ave fica nesse bagulho... esse esterno... só não entendi o do gato. Não entendi muito bem pra que serve não.
3	Luiz	Tipo, deve ser diferente porque o porte do animal é diferente, entendeu? Daí cada... cada... qual o nome desse bagulho aí mesmo? Esterno, né? Vai ter uma função diferente em cada animal. Como a ave, o porte é menor vai ter uma função diferente. Eu acho que é isso.
4	Theo	Então, tipo assim, a função da ave é porque o músculo que a ave bate... que a asa da ave bate fica nesse esterno. Só que o do gato... não entendi a função do gato.
5	Bela	calma aí, eu vou ler aqui.

Fonte: Autores.

Essa sequência mostra, nos dois primeiros turnos a explicitação das hipóteses de dois estudantes. Theo não concorda com a afirmativa de Luiz de que a diferença entre os esternos é devido ao porte dos animais, apesar de não haver uma

<sup>6</sup> O termo em inglês é *procedural display*. Em português, adotamos a tradução encontrada no trabalho de Sasseron e Souza (2019).

refutação clara da hipótese. Isso fica evidente, quando no turno seguinte (turno 4), Theo ignora a hipótese dada pelo colega e repete sua dúvida buscando mais informações dos outros membros do grupo. Bela (turno 5), afim de contribuir com informações que possam ajudar a complementar a hipótese de Theo, busca apoio no material disponibilizado.

**Tabela 5.**

Turno	Grupo 4	
6	Theo	pelo que eu entendi, como isso, tipo, fica o músculo dos braços, na... então, com a gente fica o músculo do braço, com a ave fica o músculo da asa e com o felino fica o músculo da pata. Então deve ser diferente porque obviamente um felino é bem diferente de uma ave, então eles andam em quatro patas... sei lá.

Fonte: Autores.

No turno 6, podemos acompanhar a construção da explicação pelo estudante Theo. Ele reuniu os dados do material de apoio em relação à musculatura peitoral que serve para movimentação do membro anterior. Nesse caso aqui, faltaram duas informações que devem ser deduzidas: a primeira, a partir de seus conhecimentos prévios, que o tamanho do músculo é diretamente proporcional à força; a segunda é que a ancoragem de mais músculo requer uma área de contato maior no esterno. Durante toda a discussão, não foi levantada a questão da força para movimentação das asas.

Eles continuam buscando uma explicação mais completa para a diferença entre os esternos:

**Tabela 6.**

Turno	Grupo 4	
19	Theo	Eu coloquei aqui que ave tem <i>um formato específico para o batimento das asas</i> , então sem esse esterno ela não conseguiria levantar voo e o gato... é diferente porque como... <i>anda de uma forma diferente... tem uma velocidade maior...</i>
20	Bela	Precisa ter uma <i>estrutura melhor pra...segurar o corpo...</i>
21	Theo	É... e as patas. Principalmente da frente

Fonte: Autores.

No entanto, apesar de tentativas de complementação de respostas, elas não são aprofundadas e parecem não se encaixar, por faltar a percepção de força como mencionado anteriormente.

Com exceção das interações mostradas, nos quatro grupos, observamos a dominância das discussões baseadas em quem vai apresentar a resposta final e uma preocupação em dar uma resposta, ainda que não completamente satisfatória para a professora da disciplina. Essas são ações esperadas pelos alunos numa escola. Como no trabalho de Jiménez-Aleixandre et al (2000), encontramos o “fazer escola” predominando sobre o que os autores chamaram de “fazer ciência”, relacionado ao uso de operações epistêmicas específicas da construção do conhecimento, como a argumentação. Nesses grupos de discussão, mais de 80% das interações foram classificadas como “fazer escola”.

### 3.3 A discussão com toda a turma

Na sala principal, os estudantes foram convidados a explicar as conclusões do grupo e a professora, que é também uma das autoras desse trabalho, atuou como mediadora, com perguntas que nortearassem o pensamento e novas discussões. Essa última parte da estratégia – a sistematização (Pedaste et al., 2015) – é importante para que haja uma estruturação do conhecimento em sala de aula de forma a inserir os termos e conceitos científicos.

**Tabela 7.**

4	Duda	tá, professora, deixa eu ver aqui como está a resposta. Ó, a gente respondeu, aqui no caso, que os ossos das aves, dos felinos e aves, são diferentes por conta das aves já terem o voo, sabe, conseguirem voar, por isso os ossos delas tem que ser menores, menos pesados pra conseguir o voo, e no caso dos felinos é bem diferente, né, que eles caçam, então é um pouco diferente os ossos, sabe, tipo, mais robusto assim... e é essa resposta aí...
---	------	--

Fonte: Autores.

A aluna baseia a explicação na finalidade para o voo nas aves. No entanto, a justificativa dos esternos das aves serem menores e mais leves em contraposição ao esterno do gato não condiz com os dados fornecidos. A professora não se aprofundou nessa incongruência, optando por dar voz ao próximo grupo, buscando a exploração de outros pontos de vista encontrados pelos estudantes:

**Tabela 8.**

8	Eric	e... calma aí... a gente respondeu que os esternos são diferentes porque os animais foram adaptados para desempenhar funções distintas. O esterno do pássaro é adaptado para ter uma melhor aerodinâmica no voo, enquanto o gato foi adaptado exclusivamente para sua locomoção em quatro patas.
9	Professora	tá. E o esterno tem exatamente o que a ver com isso?
10	Eric	é porque essa questão do esterno... ele tá na área do peitoral, né? E o pássaro, ele usa muito o peitoral pra alçar voo, já o felino não, o felino não usa muito o peitoral.

Fonte: Autores.

Ouvindo a resposta do aluno Eric (turno 8), a professora detectou que não foi explicitado de que maneira o formato do esterno contribui para as adaptações e complementou com uma pergunta que serve como estrutura (*scaffolding*) para a resposta mais completa do estudante (turno 9). “Essa ação anseia que aluno desenvolva suas asserções, explicitando raciocínios e conclusões, e, além disso, pode garantir que os demais alunos que estão participando da discussão também compreendam com maior clareza o que está sendo exposto” (Ferraz & Sasseron, 2017b, p. 49).

**Tabela 9.**

11	Professora	show de bola. O grupo 3?
12	Alex	eu posso ir. É... o esterno das aves faz um movimento mais horizontal com as asas quando vai voar, já nos felinos, fazem movimentos verticais com as patas. Isso causa uma certa diferença entre ambos os tipos de esternos...
13	Professora	Hum... mas o que o esterno teria a ver com o movimento horizontal e vertical?
14	Alex	é como se fosse a pedra da amolar faca, quanto mais vai passando a faca, mais ela vai se deformando.
15	Professora	ah... você acha que o formato do esterno é por conta do atrito do músculo? Seja mais claro, vai...
16	Alex	é mais ou menos isso, que o movimento vai causar uma reação no formato do... da estrutura do esterno. A resposta que coloquei foi isso.

Fonte: Autores.

A professora explora a explicação do aluno Alex, nos turnos 13 e 15, permitindo que o estudante possa organizar melhor sua resposta. Assim, o estudante, no turno 16, se mostra inseguro com sua própria resposta. Mas a professora busca a resposta do último grupo para que a discussão possa ser encorajada. É importante frisar que as discussões numa aula online são bem menos naturais do que aconteceria pessoalmente. Isso impossibilita a percepção da professora em relação à compreensão dos estudantes ou à intenção de contribuir com a discussão.

**Tabela 10.**

17	Professora	grupo 4, vamos agora juntar todo mundo.
18	Theo	eu vou falar pelo grupo 4. A ave tem um formato específico para o batimento das asas, então, é... sem o esterno ela não conseguiria levantar o voo porque o músculo da asa fica conectado ao esterno e o gato tem um esterno diferente por ser um quadrúpede, então tem uma estrutura diferente por ser uma locomoção terrestre e por precisar usar as duas patas da frente. Então o músculo das patas da frente ficam no esterno.
19	Professora	tá. E quais os músculos que vocês acham que é mais forte? Pode falar os outros grupos também, mas Theo, qual músculo que você acha que é mais forte?... das maritacas e rolinhas, ou do gato?
20	Theo	do gato. Acho que do gato .
21	Professora	do gato? Todo mundo concorda? Duda... Eric...
22	Duda	sim, sim ...
23	Eric	assim, eu não sei, eu ach..., às vezes acho que o músculo mais forte tem que ser do pássaro, porque ele voa. Sabe, um músculo pra alçar voo, ele tá sempre usando aquele músculo...
24	Duda	mas o gato, o gato briga cara . Ele briga, ele briga com rato entendeu...
25	Theo	mas... e o pássaro é bem menor
26	Eric	é... tem isso também...
27	Igor	a ave usa mais tempo que o gato . O gato não fica todo o tempo usando aquele músculo pra poder escalar alguma coisa, assim, e ou caçar
28	Duda	mas ele usa em algumas horas, entendeu Igor, ele usa ...
29	Eric	Mas o passarinho vive voando, a resistência do músculo dele é maior, né ...
30	Duda	sim, ele voa, é mais resistente, mas ele não briga com outro ...
31	Professora	Moderadora, mostra o... músculo da ave e do gato, por gentileza, naquele slide. Meninos, vamos tirar a prova... A Moderadora vai compartilhar a tela.

Fonte: Autores.

Essa sequência traz a participação de estudantes de grupos distintos. Após perceber que o aluno Theo não tinha muita clareza sobre a importância da musculatura para a explicação, a professora faz uma pergunta exploratória (turno 19) para esclarecer esse ponto. O diferencial é que agora a pergunta é estendida para os demais alunos (turno 21). Theo justifica que a musculatura do pássaro tem que ser menos desenvolvida porque ele é menor (turno 25), Duda concorda com Theo sobre a musculatura peitoral do gato ser mais forte, mas a sua justificativa está relacionada ao fato do gato brigar (turnos 22, 24, 28,30) e apesar das justificativas dos alunos que defenderam que as aves tem a musculatura mais forte por conta do uso intenso das asas para o voo, Duda não pareceu se convencer. Eric expressa sua opinião inicial, mas logo após as falas contrárias, ele fica inseguro (turno 26). Igor reforça que a ave é mais forte por usar o músculo por mais tempo (turno 27) e isso fortalece a explicação inicial de Eric, que a reitera (turno 29). Essa sequência mostra a tentativa dos alunos de persuadir a audiência, o que é uma das dimensões da argumentação. Essa dimensão tem como objetivo persuadir um crítico razoável da aceitabilidade de um ponto de vista mediante apresentação de proposições que justifiquem ou refutem o ponto de vista (Jiménez-Aleixandre & Brocos, 2015). Num processo argumentativo pressupõe-se também a possibilidade de mudança de perspectivas por quaisquer dos participantes a respeito do tema discutido (Ferraz & Sasseron, 2017b). Como os estudantes estão iniciando o processo de argumentação em sala de aula, visto que eles não são familiarizados ao ensino de ciências por investigação, compreendemos que alguns estudantes podem não estar abertos a ouvir as refutações de suas conclusões e refletir sobre elas, como aconteceu com a estudante Duda. Para que essa questão fosse esclarecida, a professora chamou outra pesquisadora – a moderadora – para trazer novas evidências de forma a resolver o impasse.

A moderadora traz uma longa explicação sobre a musculatura peitoral, trazendo exemplos e construindo o pensamento, sistematizando a prática investigativa. Jiménez-Aleixandre e Brocos (2015), a partir de outros trabalhos, explicam que em aulas de ciências não basta o consenso entre os estudantes, pois o consenso pode não levá-los para o conhecimento

científico adequado. Por isso, é importante a discussão com toda a turma e o professor, de forma a sistematizar o conhecimento científico discutido e para que possíveis conclusões inadequadas sejam reorientadas: "Na aula de ciências, o acordo do alunado sobre um ponto não tem valor enquanto não é ratificado pelo docente, representante do saber disciplinar" (Jiménez-Aleixandre & Brocos, 2015, p. 145).

Ao final da explicação, é apresentado um novo caso de esterno de animal:

**Tabela 11.**

32	Moderadora	Aí aqui eu trouxe uma outra imagem... essa daqui do lado direito do esqueleto humano... e eu gostaria que vocês dissessem de que animal, vocês acham que são? Porque... a gente viu que o tamanho maior do esterno, essa superfície maior no esterno tá relacionada com a ave que voa... pra ter mais espaço para os músculos peitorais ficarem presos. Essa foto aqui dá pra ver que o esqueleto tem essas saliências, umas proeminências... tem uma superfície maior do que a do humano... são chamadas de cristas... então de quem vocês acham que pode ser esse esqueleto aqui? Não é uma ave.
----	------------	--

Fonte: Autores.

Os dois movimentos feitos pela moderadora são classificados por Ferraz e Sasseron (2017b) como sintetizar, que consiste na organização de informações e explicações importantes que foram trazidas à discussão, e problematizar, que “consiste em proposições que tornam o objeto de estudo passível de investigação pelos alunos. É por meio da problematização que o professor explicita situações sobre as quais eles não possuem pleno entendimento, possibilitando assim que eles ampliem seus conhecimentos, construindo novos entendimentos que necessitam da compreensão de, por exemplo, novos conceitos e explicações” (Ferraz & Sasseron, 2017b, p. 48). Bricker e Bell (2012) se baseiam em Simoni, para justificar que quando o diagrama do argumento de Toulmin é aplicado na argumentação cotidiana, parece que ela é empobrecida, pois não contém todos os seus elementos. Porém isso acontece porque o argumentador, por considerar informações conhecidas ou presumidas por seu interlocutor, não considera necessário explicitá-las para persuadir o outro. A partir disso, o professor de ciências deve estimular a argumentação com perguntas que desafiam as garantias em busca de apoios ou até perguntas que levantem a possibilidade de refutação da conclusão.

#### 4. Considerações Finais

A argumentação em sala de aula de ciências tem como uma das funções a aprendizagem da epistemologia da ciência, e em consequência, promove a AC referente principalmente ao eixo aprender a fazer ciência (Scarpa & Campos, 2018). Como podemos observar em outros trabalhos, os estudantes não se saem muito bem em argumentações que requeiram o uso de evidências científicas. Entendemos que argumentação é treino e quanto antes essas práticas epistêmicas forem inseridas na escola, mais ambientado o estudante estará para avaliar a validade de afirmações à luz de evidências. O domínio desse processo traz criticidade ao cidadão empoderando-o em relação à seleção de informações para a tomada de decisão em temas relacionados à ciência. No entanto, inserir a argumentação em sala de aula no ensino remoto emergencial é um grande desafio. Foi possível observar que esses estudantes participantes da estratégia, quando em pequenos grupos de discussão se preocuparam em fazer a tarefa ou “fazer escola”, dispensando pouquíssimo tempo na avaliação das explicações apresentadas pelos membros do grupo. Alguma tentativa de argumentação mais elaborada só foi vista quando esses estudantes, estimulados por perguntas da professora, foram capazes de fortalecer ou refutar argumentos dos colegas. Assim, fica clara a importância do professor na estruturação das atividades e de sua condução como autoridade social e epistêmica em sala de aula (Scarpa & Campos, 2018).

Esse trabalho foi realizado a partir de uma única prática argumentativa em sala de aula remota, evidenciando que com o apoio do professor, a prática epistêmica da argumentação pode ser desenvolvida. No entanto, se faz necessária a avaliação de



um conjunto mais amplo de práticas promotoras de argumentação, de maneira que os estudantes estejam mais ambientados à cultura científica em sala de aula, conforme foi evidenciado nos estudos de Conrado et al (2020), que tratam da argumentação no ensino de Biologia, Guimarães e Massoni (2020) que trabalharam com a argumentação no ensino de Física e Menezes e Farias (2020) que trataram do tema em aulas de Química. Todos os trabalhos concordam com o uso da argumentação em sala de aula de forma mais ampla para a promoção da criticidade dos estudantes em temas relacionados às ciências. Apesar das limitações do ensino remoto, acreditamos que atividades investigativas devam ser fomentadas de maneira a promover uma atitude ativa dos estudantes diante de sua aprendizagem, com foco na argumentação, que contribui diretamente para o desenvolvimento do pensamento e, conseqüentemente, “empoderando-os para manifestação de atitudes crítica e investigativa frente a outros problemas, que não apenas aqueles apresentados com finalidades didáticas” (Sasseron, 2020, p. 22).

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) Proc. E-26/202.774/2018).

## Referências

- Bateson, P., & Laland, K. N. (2013). Tinbergen's four questions: An appreciation and an update. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(12), 712–718. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.09.013>
- Bloome, D., Puro, P., & Theodorou, E. (1989). Procedural Display and Classroom Lessons. *Curriculum Inquiry*, 19(3), 265–291. <https://doi.org/10.1080/03626784.1989.11075331>
- Bricker, L. A., & Bell, P. (2012). Argumentation and Reasoning in Life and in School: Implications for the Design of School Science Learning Environments. In M. S. Khine (Org.), *Perspectives on Scientific Argumentation: Theory, Practice and Research* (p. 1–290). Springer Science+Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-2470-9>
- Burch, S. (2005). Da sociedade da Informação à sociedade do Conhecimento. In A. Ambrosi, V. Peugeot, & D. Pimienta (Orgs.), *Desafios de Palavras: Enfoques Multiculturais sobre as Sociedades da Informação*. (p. 232–234). C & F Éditions.
- Carvalho, A. M. P. (2013). *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula* (1º ed). Cengage.
- Carvalho, A. M. P. (2018). Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 157–158.
- Conrado, D. M., Nunes-Neto, N., & El-Hani, C. N. (2020). Dimensões dos conteúdos mobilizados por estudantes de biologia na argumentação sobre antibióticos e saúde. *Educação e Pesquisa*, 46, 1–22. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202046223593>
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova Escola*, Maio(9), 31–40. <http://qnesc.sbj.org.br/online/qnesc09/aluno.pdf>
- European Union. (2006). Recommendation Of The European Parliament And Of The Council. of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning (2006/962/EC). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006H0962>
- Ferraz, A. T., & Sasseron, L. H. (2017a). Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 19, 1–25. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190117>
- Ferraz, A. T., & Sasseron, L. H. (2017b). Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 22(1), 42. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2017v22n1p42>
- Guimarães, R. R., & Massoni, N. T. (2020). O uso do modelo padrão de argumentação de stephen toulmin no ensino de ciências no âmbito da disciplina de física: alguns resultados de pesquisa e reflexões a partir de debates em sala de aula. *Investigacoes em Ensino de Ciências*, 25(3), 487–502. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2020V25N3P487>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107. <https://doi.org/10.1080/00461520701263368>
- Jiménez-Aleixandre, M. Pilar, Rodríguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “doing science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F)
- Jiménez-Aleixandre, Maria Pilar, & Brocos, P. (2015). Desafios Metodológicos na Pesquisa da Argumentação em Ensino de Ciências. *Revista Ensaio*, 17(especial), 139–159. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s08>

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work : An Analysis of the Failure of Constructivist , Discovery , Problem-Based , Experiential , and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)

Latour, B. (2000). *Ciência em Ação: Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora* (1ª). Editora UNESP.

Menezes, J. M. D. S., & Farias, S. A. de. (2020). O Desenvolvimento de Argumentação e Mobilização de Conceitos Químicos por Meio da Atividade Experimental Investigativa. *Revista Virtual de Química*, 12(1), 223–233. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200017>

National Research Council. (2013). Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century. In *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13398>

OECD. (2015). Matriz de Avaliação de Ciências. In *PISA - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes* (Número 2013). <http://inep.gov.br/pisa>

Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638. <https://doi.org/10.1002/sce.20438>

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(spe), 49–67. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>

Sasseron, L. H. (2020). Interações discursivas e argumentação em sala de aula: a construção de conclusões, evidências e raciocínios. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 22(e20073), 5–26. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172020210135>

Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77.

Sasseron, L. H., & Souza, T. N. de. (2019). O engajamento dos estudantes em aula de física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 24(1), 139–153. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n1p139>

Scarpa, D. L., & Campos, N. F. (2018). Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estudos Avancados*, 32(94), 25–42. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>

Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 91–97. <https://doi.org/10.1080/00461520701263350>

Tavares, M. de L., Jiménez-Aleixandre, M. P., & Mortimer, E. F. (2010). Articulation of conceptual knowledge and argumentation practices by high school students in evolution problems. *Science and Education*, 19(6), 573–598. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9206-6>

Tebaldi-Reis, L., Bevilacqua, G. D., & Coutinho-Silva, R. (2021a). A Genética de Dark : uma Experiência no Ensino de Ciências por Investigação no Ensino Remoto Emergencial. *EaD Em Foco*, 11(2), 17. <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/1558>

Tebaldi-Reis, L., Bevilacqua, G. D., & Coutinho-Silva, R. (2021b). Ensino de Ciências por investigação: contribuições de artigos de bases de dados abertas para a práxis docente. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 12(3), 1–23. <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n3a26>

Tinbergen, N. (1963). On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 20(4), 410–433. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1963.tb01161.x>

Toulmin, S. E. (2001). *Os usos do argumento* (1ª). Mertins.

Trivelato, S. L. F., & Tonidandel, S. M. R. (2015). Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17(spe), 97–114. <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>

Zômpero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 13(3), 67–80. <https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305>